

Remoção de microrganismos na filtração lenta de água de abastecimento

Luiz Di Bernardo (1)
Irineu Francisco Neves (2)

Resumo

A filtração lenta constitui-se numa tecnologia que vem sendo estudada com profundidade a partir da década de 80 em muitos países da Europa, África e América do Norte. Quando a água bruta apresenta determinadas características, a filtração lenta pode substituir com vantagens os processos onde a coagulação é necessária.

No presente trabalho, foi estudado o comportamento do processo da filtração lenta com relação à eficiência de remoção de microrganismos, com o NMP de coliformes totais por 100 ml variando entre 1.000 e 100.000, utilizando-se de taxas de filtração compreendidas entre 4 e 12 m³/m²/dia. Com base no trabalho realizado, concluiu-se que tanto a taxa de filtração quanto o valor de NMP de coliformes totais influem significativamente no desempenho da filtração lenta, pois quanto mais elevados esses parâmetros, pior resultou a qualidade da água filtrada. Foi utilizada a técnica da fermentação em tubos múltiplos para a determinação do NMP de coliformes totais.

Os autores desejam expressar seus agradecimentos à Finep-Financiadora de Estudos e Projetos (Convênio 41.83.0867.00) pelo auxílio financeiro concedido.

1 Introdução

Quando a água bruta apresenta determinadas características, a filtração lenta, comparada com outros processos de tratamento, pode substituí-los com vantagens, pois é realizada através de uma única operação de forma simplificada. Além de melhorar a qualidade física, química e bacteriológica da água bruta, devido à ação de uma série de mecanismos de transporte e aderência, ocorre também a oxidação

biológica com remoção de matéria orgânica e partículas coloidais.

Embora Huisman (11) e Azevedo Neto (1) indiquem que a qualidade do efluente produzido não se altera quando se empregam taxas de filtração entre 4 e 20 m³/m²/dia e afluente com turbidez inferior a 10 UT e cor verdadeira inferior a 20 unidades, resultando carreiras de filtração de semanas ou meses, parece ser necessário efetuar um estudo mais profundo, referente ao funcionamento do processo de filtração lenta, principalmente quando se consideram os valores máximo, médio e mínimo das características físico-químicas, bioquímicas e bacteriológicas do afluente. Comprovadamente os filtros lentos são capazes de receber um afluente com turbidez variando entre 100 e 200 UT, durante poucos dias (2, 3), muito embora o valor máximo desejável durante períodos longos não exceda a 50 UT, sendo recomendável água bruta com turbidez inferior a 10 UT para que ocorra uma melhoria considerável na eficiência do processo. Além da remoção elevada de microrganismos, obtendo-se valores próximos de 100% (6, 7, 15), tem-se uma redução considerável de matéria orgânica presente na água bruta, devido à oxidação biológica realizada pelas bactérias presentes na camada superior do filtro (0,30 a 0,40 metro), onde são retidas devido ao pequeno tamanho dos grãos de areia e à formação de uma película de matéria retida, conhecida como "Schmutzdecke".

Em geral, os exames bacteriológicos são realizados semanalmente, resultando, portanto, de fundamental importância que sejam realizados em um espaço de tempo menor, para se acompanhar e obter conhecimento melhor do funcionamento e capacidade de remoção de microrganismos na filtração lenta.

Como todo processo de tratamento, a filtração lenta apresenta certas limitações (10), porém, se for estudada previamente e com critério, verifica-se que, para pequenas instalações, principalmente no meio rural (14), é

o melhor processo de tratamento para países em desenvolvimento. Quando utilizada em função das condições locais, há uma redução do custo de implantação, de operação e manutenção, pois não são empregados coagulantes. O que mais torna esse processo atrativo, é o fato de não ser necessária a existência de operadores altamente qualificados.

A falta de pesquisas sobre o funcionamento do processo de filtração lenta, quando submetida a taxas elevadas de filtração e utilizando-se de água superficial com características físico-químicas, bioquímicas e bacteriológicas variáveis, sugere a possibilidade da realização de um trabalho com a finalidade de estudar o comportamento do processo da filtração lenta, levando-se em conta o efeito da variação da concentração de microrganismos presentes no afluente quando se utilizam taxas de filtração elevadas.

Assim, o objetivo do presente trabalho é investigar o comportamento da filtração lenta, variando-se o NMP de coliformes totais (entre 1.000 e 100.000 células/100 ml), para taxas de filtração compreendidas entre 4 e 12 m³/m²/dia.

2 Investigação experimental

2.1 Características da Instalação e Parâmetros de Controle

2.1.1 — Descrição da Instalação-Piloto

A figura 1 apresenta um esquema da instalação-piloto utilizada, que é constituída de: bomba de recalque de água bruta da adutora do Espirado (Sistema de Abastecimento de Água de São Carlos — Brasil), reservatório de água bruta, bomba de recalque de água do reservatório a uma caixa de distribuição de vazão (provida de vertedores triangulares) aos filtros, reservatório de esgoto sanitário filtrado, bomba dosadora de esgoto sanitário, cinco filtros construídos em chapa

(1) Professor Adjunto da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.

(2) Engenheiro Civil, Aluno de Pós-graduação do Departamento de Hidráulica e Saneamento, da Escola de Engenharia de São Carlos - USP.

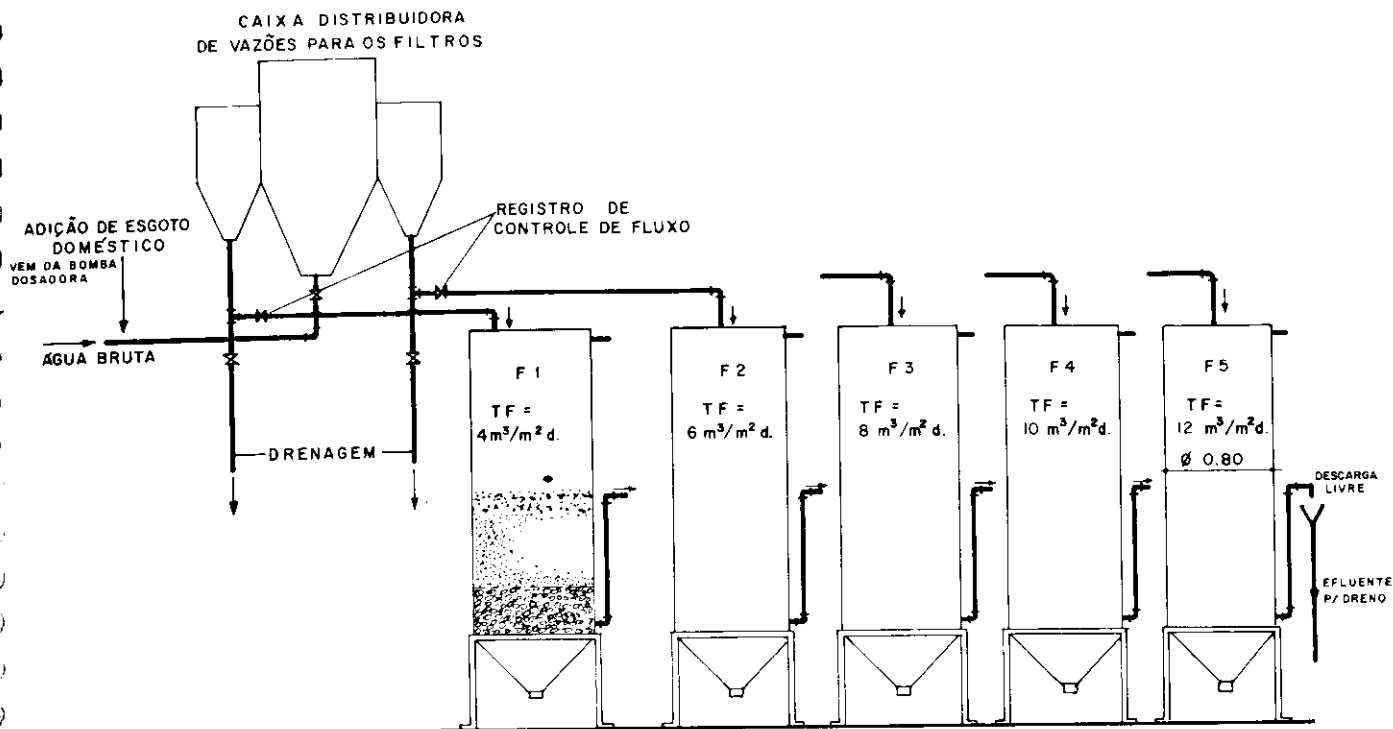


Figura 1 — Esquema da instalação-piloto

metálica e revestidos com epóxi, e piezômetros para medida de perda de carga na camada de areia.

A água bruta proveniente da adutora do Espreado é bombeada para um reservatório de acumulação de 16 m³, de onde é recalçada à caixa de distribuição, com vazão igual à soma das vazões nos filtros através de uma canalização de 25,4 mm provida de rotâmetro. A caixa de distribuição possui vertedores triangulares que permitem o ajuste de vazão correspondente à taxa em cada filtro. Cada canalização de alimentação ao filtro possui derivação de modo a permitir o desvio do afluyente quando a carreira de fil-

tração encerra, permanecendo, portanto, inalterada a vazão total de água bruta recalçada à caixa de distribuição.

Cada filtro possui diâmetro interno de 0,90 m, altura total de 2,70 m, leito filtrante com 0,80 m de espessura e camada de pedregulho de 0,30 m de espessura, cujos detalhes são apresentados na figura 2.

2.1.2 — Características da Areia e Camada-Suporte

A camada de pedregulho, disposta sobre uma placa provida de orifícios, é constituída de três subcamadas, conforme mostra o Quadro 1.

Quadro 1 — Características da camada-suporte

Tamanho (mm)	Espessura (mm)
25,4-19,7	100
12,7- 6,4	100
6,4- 3,2	100

A areia utilizada nos filtros possui as seguintes características:

- Tamanho dos grãos: entre 0,074 e 1,0 mm
- Tamanho efetivo: 0,23 mm
- Coeficiente de desuniformidade: 1,86

2.1.3 — Taxas de Filtração e Índice de Coliformes Totais

Foram estudadas as seguintes taxas de filtração: 4, 6, 8, 10 e 12 m³/m²/dia. Através da adição de esgoto sanitário na água bruta, foi estudada a eficiência de remoção desses microrganismos para o NMP de coliformes totais/100 ml variando entre 1.000 e 100.000.

2.1.4 — Tempo de Funcionamento

A duração da carreira de filtração era determinada pela ocorrência de uma perda de carga na areia de 1,10 m, medida nos piezômetros instalados. Para cada condição programada, eram realizadas, no mínimo, duas carreiras de filtração.

2.1.5 — Parâmetros de Controle do Processo

Os parâmetros medidos para avaliação da eficiência da filtração foram: pH, turbidez, cor aparente, NMP de coliformes totais e contagem do número de colônias de bactérias do afluen-

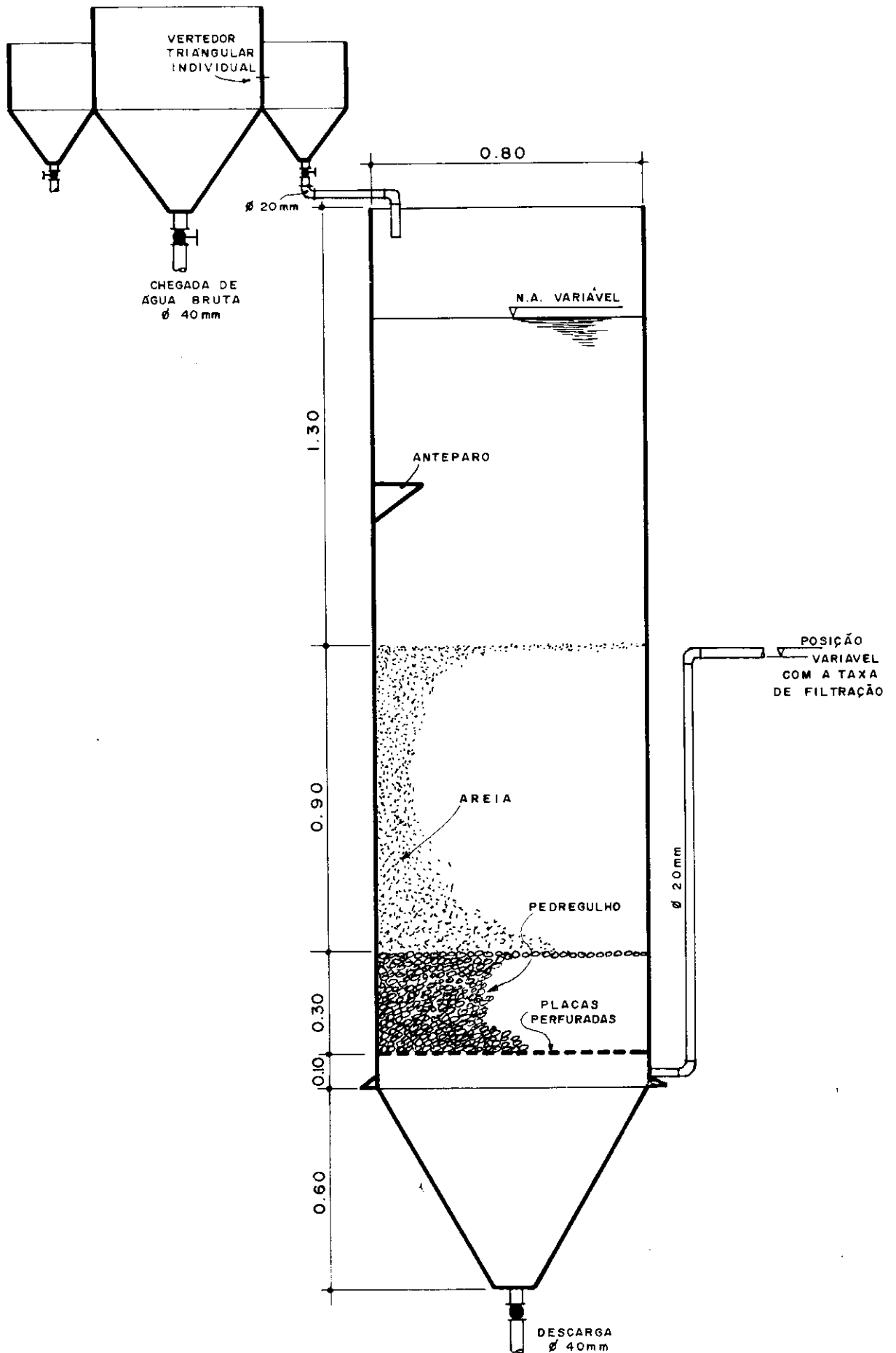


Figura 2 — Esquema do filtro lento

te e efluentes dos filtros e perda de carga na camada de areia. Os exames físicos e físico-químicos eram realizados com duas amostras diárias, uma coletada no período da manhã (em torno das 8 horas) e outra, coletada no período da tarde (entre 16 e 18 horas). Os exames bacteriológicos eram efetuados com a amostra coletada no período da tarde. A determinação do NMP de coliformes totais foi feita através da técnica de fermentação em tubos múltiplos (5).

2.1.6 — Limpeza dos Filtros

Após o encerramento de uma carreira de filtração, o registro da canalização de alimentação do filtro era fechado, abrindo-se o existente na canalização de desvio. Em seguida, o registro da canalização de descarga de fundo era aberto até que o nível de água se localizasse a 20 cm abaixo do topo da camada de areia.

Cerca de 5 cm da parte superior da camada de areia eram removidos, sendo revolvidos 10 cm, aproximadamente, da parte superior. A areia removida era disposta em um cilindro, onde, por meio de água filtrada em contracorrente, produzia-se uma expansão de

50%. Promovia-se, também, agitação manual para auxiliar a remoção da matéria impregnada nos grãos de areia. Após lavada, a areia era recolocada no filtro, mantendo-se constante a espessura do meio filtrante para todas carreiras de filtração.

2.2 Programação dos Ensaios

Foram programadas três séries de ensaios descritos a seguir:

2.2.1 — Período de Maturação - Série I

Antes da realização dos ensaios programados, os cinco filtros funcionaram durante 30 dias, com taxa variando entre 4 e 12 m³/m²/dia, período em que foram efetuadas medidas de pH, turbidez, cor aparente e perda de carga.

A finalidade desses ensaios preliminares era verificar a evolução do aumento da eficiência de remoção de turbidez e cor aparente.

2.2.2 — Comparação das Características dos Filtros — Série II

Como cada filtro recebia afluente de mesmas características, porém, funcio-

nava com taxa de filtração diferente, era necessário que eles fossem idênticos, para que os resultados obtidos, com as diferentes taxas de filtração, fossem confiáveis.

Assim, todos os filtros funcionaram em paralelo, com taxa de filtração de 10 m³/m²/dia, efetuando-se medidas de turbidez e cor aparente.

2.2.3 — Remoção de Microrganismos — Série III

Após as duas séries anteriores, foram iniciados os ensaios de filtração com o objetivo de verificar a influência da taxa de filtração e do NMP de coliformes totais na eficiência do processo.

Para cada condição do afluente, foram efetuadas, no mínimo, duas carreiras de filtração. Como a instalação era composta de cinco filtros, foram estudadas cinco taxas de filtração, a saber: 4, 6, 8, 10 e 12 m³/m²/dia.

Como o NMP de coliformes totais na água bruta não era muito elevado, foi usado esgoto sanitário, coletado diariamente (no mesmo horário) em um ponto fixo da rede pública. Para

Quadro 2 — Resultados obtidos na fase de maturação — Série I

Filtro	Taxa de Filtração (m ³ /m ² .dia)	Ensaio	Turbidez (UT)				Cor Aparente(un.)				Duração da Carreira de Filtração(h)
			Água Bruta		Efluente		Água Bruta		Efluente		
			Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	
F ₁	4	M ₁₁	13,0	10,0	10,0	1,8	60	30	20	2,5	257
		M ₁₂	13,0	9,0	6,7	0,5	50	30	15	2,5	307
F ₂	6	M ₂₁	13,0	10,0	9,8	1,4	60	30	20	2,5	231
		M ₂₂	13,0	9,0	8,5	0,8	50	30	20	2,5	221
F ₃	8	M ₃₁	13,0	10,0	9,2	2,5	60	30	20	5,0	200
		M ₃₂	11,0	9,0	6,1	1,0	45	30	15	2,5	225
F ₄	10	M ₄₁	13,0	10,0	8,7	2,7	60	30	20	7,5	180
		M ₄₂	11,0	9,0	8,5	1,3	45	30	20	2,5	172
F ₅	12	M ₅₁	10,0	9,0	8,4	1,0	45	30	15	2,5	125
		M ₅₂	13,0	9,0	5,6	0,5	50	30	15	2,5	138

Quadro 3 — Valores de perda de carga, turbidez, cor aparente em função do tempo de operação — Série II
Taxa de filtração: 10 m³/m²/dia.

Tempo de Operação (h)	Horário de Coleta	PERDA DE CARGA (cm)					AFLUENTE		EFLUENTE											
		F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	Turb. (UT)	Cor Ap. (UN)	F ₁		F ₂		F ₃		F ₄		F ₅			
									Turb. (UT)	Cor Ap. (UN)	Turb. (UT)	Cor Ap. (UN)	Turb. (UT)	Cor Ap. (UN)	Turb. (UT)	Cor Ap. (UN)	Turb. (UT)	Cor Ap. (UN)		
00:30'	15:30	15.5	19.2	17.6	18.9	21.0														
00:30'	16:00	16.6	19.6	17.8	19.1	21.5	9.7	30	2.7	7.5	2.7	7.5	2.3	5	2.0	5	2.2	5		
17:15'	8:45	20.0	24.5	25.4	25.5	26.5	9.8	30	2.5	5	2.1	5	2.2	5	2.0	5	1.8	5		
23:30'	15:00	22.2	26.4	27.8	27.9	28.5	9.5	22.5	1.8	2.5	1.7	2.5	1.8	2.5	1.7	2.5	1.7	2.5		
42:30'	10:00	26.5	31.8	36.3	36.2	35.7	10	37.5	1.3	<2.5	1.2	2.5	1.5	<2.5	1.4	2.5	1.4	2.5		
48:30'	16:00	29.5	36.2	41.1	39.9	40.2	10	30	1.1	<2.5	1.1	<2.5	1.3	<2.5	1.2	2.5	1.2	2.5		
64:30'	8:00	40.0	50.7	48.7	48.7	49.5	10	30	0.42	<2.5	0.44	<2.5	0.59	<2.5	0.57	<2.5	0.60	<2.5		
72:30'	16:00	49.0	50.3	55.1	52.8	53.9	10	30	0.45	<2.5	0.46	<2.5	0.54	<2.5	0.60	<2.5	0.58	<2.5		
89:00	8:30	57.7	60.6	65.2	63.0	59.2	10	30	0.37	<2.5	0.40	<2.5	0.51	<2.5	0.56	<2.5	0.56	<2.5		
95:00	14:30	64.6	63.5	68.3	65.5	65.1	9.5	30	0.37	<2.5	0.34	<2.5	0.45	<2.5	0.59	<2.5	0.58	<2.5		
112:50'	8:20	72.3	75.7	78.2	77.5	77.5	9.7	37.5	0.30	<2.5	0.24	<2.5	0.32	<2.5	0.38	<2.5	0.32	<2.5		
120:30'	16:00	78.4	79.5	83.5	81.2	82.0	9.9	28	0.24	<2.5	0.23	<2.5	0.36	<2.5	0.40	<2.5	0.35	<2.5		
137:30'	9:00	84.3	86.8	88.3	89.2	91.3	9.5	30	0.27	<2.5	0.30	<2.5	0.32	<2.5	0.45	<2.5	0.46	<2.5		
144:30'	16:00	91.1	94.7	98.4	98.6	98.0	9.5	30	0.28	<2.5	0.30	<2.5	0.30	<2.5	0.40	<2.5	0.41	<2.5		
147:00	18:30	98.0	100.0	103.0	105.6	102.0														
150:30'	22:00	108.0	110.0																	

se ter uma idéia do NMP de coliformes totais presentes no esgoto sanitário, foram coletadas amostras durante uma semana, submetidas à filtração em pano (filó) para retenção de sólidos suspensos. Os exames bacteriológicos foram realizados com as amostras filtradas, resultando um NMP de coliformes totais por 100 ml da ordem de 10⁷. Com base nesse número, era ajustada a bomba dosadora para se variar a quantidade de coliformes totais no afluente aos filtros.

2.3 Resultados

2.3.1 — Considerações Preliminares

Devido à grande quantidade de resultados decorrentes das medidas efetuadas durante as três fases da pesquisa experimental, serão apresentados dados que permitam uma visualização global do trabalho realizado.

2.3.2 — Fase de Maturação — Série I

O Quadro 2 apresenta um resumo dos dados obtidos nessa fase, cujos ensaios foram encerrados pela ocorrência da perda de carga-limite.

2.3.3 — Comparação das Características dos Filtros — Série II

O Quadro 3 apresenta os dados obtidos nessa fase, cujos ensaios foram encerrados pela ocorrência da perda de carga-limite.

3 Discussão, conclusões e recomendações

Apesar de o trabalho ter sido programado para estudar a remoção de microrganismos para diferentes taxas na

filtração lenta, foram, também, efetuadas medidas de turbidez e cor aparente, pois esses parâmetros afetam a eficiência da desinfecção da água filtrada.

Embora não fossem apresentados os dados de turbidez, cor aparente e perda de carga durante o decorrer do tempo para os ensaios realizados durante a fase inicial de funcionamento dos filtros, denominada de fase de maturação, verificou-se claramente que a redução de turbidez e cor aparente para as diferentes taxas de filtração era mais acentuada no segundo ensaio. No primeiro ensaio correspondente a cada taxa de filtração, o tempo requerido para que a turbidez do efluente fosse inferior a 5 UT resultou, em geral, bem superior ao observado no segundo ensaio. Pode-se verificar no Quadro 2 que os valores máximo e mínimo de turbidez e cor aparente dos efluentes dos segundos ensaios resultaram inferiores àqueles obtidos no primeiro ensaio de cada taxa de filtração.

Ressalta-se, neste caso, que a evolução da perda de carga no segundo ensaio era mais acentuada que no primeiro para uma mesma taxa de filtração, embora a turbidez e cor aparente da água bruta não variassem substancialmente. O aumento da taxa de crescimento de perda de carga foi maior para as taxas mais elevadas, decorrente, provavelmente, de uma penetração mais profunda das impurezas na camada de areia.

Os resultados apresentados no Quadro 3 evidenciam que, para fins práticos, os meios filtrantes possam ser considerados semelhantes, permitindo

que a análise da eficiência da filtração lenta seja feita em função da taxa de filtração, pois cada filtro funcionava com uma taxa diferente.

São evidentes no Quadro 4 dois aspectos interessantes. Verifica-se, em primeiro lugar, que o número de coliformes totais na água bruta, (entre 1.500 e 100.000 NMP/100 ml) parece influir na eficiência de remoção desses microrganismos, indicando que, quanto maior o NMP de coliformes totais na água bruta, maior o NMP de coliformes totais nos efluentes filtrados. Em segundo lugar, a taxa de filtração (entre 4 e 12 m³/m²/dia) parece influir significativamente na eficiência de remoção desses microrganismos, pois para as menores taxas, os valores máximos resultaram consistentemente inferiores aos observados para as taxas mais elevadas. Aparentemente, a redução do número de colônias de bactérias, para os diferentes ensaios com uma mesma taxa de filtração, é coerente com a observada no caso dos coliformes totais, apesar de a técnica de medição ser criticada por muitos pesquisadores, principalmente com relação à contaminação por ocasião da inoculação.

A variação grande do NMP de coliformes totais durante o decorrer de um ensaio pode ter resultado da metodologia empregada para a preparação diária da "amostra-mãe" desses microrganismos. Procurou-se coletar diariamente um mesmo volume de esgoto sanitário, no mesmo horário de cada dia, porém, no local disponível para coleta, observou-se a presença de despejos industriais, (coloração diferen-

Quadro 4 — Valores máximos e mínimos de coliformes totais e número de colônias de bactérias — Série III

Nº do Filtro Taxa Nº do Ensaio			Coliformes Totais NMP/100 ml				Nº de Colônias Bactérias/ / ml			
			Água Bruta		Efluente		Água Bruta		Efluente	
			Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx	Min.	Máx.	Min.
I	4	A	100.000	1.500	430	9.1	20.950	1.350	280	8
		B	46.000	4.300	430	3.6	26.950	2.413	238	4
		C	24.000	9.300	240	3.6	13.350	3.060	55	1
		D	43.000	1.500	460	0	17.750	890	180	6
II	6	A	100.000	1.500	1.100	23	14.300	1.350	820	7
		B	75.000	4.300	4.600	43	26.950	2.413	630	22
		C	43.000	9.300	430	23	16.300	4.800	62	13
		D	23.000	9.300	240	3.6	13.350	3.060	83	6
		E	43.000	2.300	4.600	3.6	17.450	1.410	360	12
III	8	A	100.000	1.500	1.100	23	14.300	1.350	110	3
		B	75.000	7.500	4.600	75	20.950	2.520	277	41
		C	41.000	9.300	930	43	16.300	2.690	296	30
		D	23.000	9.300	93	3.6	13.350	3.060	34	8
		E	43.000	3.900	930	23	17.450	2.300	351	15
IV	10	A	100.000	1.500	4.300	23	14.300	1.350	71	7
		B	93.000	15.000	730	23	20.950	5.400	113	7
		C	46.000	4.300	930	43	26.950	3.060	85	35
		D	43.000	9.300	93	43	14.900	4.800	62	16
		E	23.000	9.300	4.300	29	13.350	9.100	690	16
		F	43.000	3.900	2.400	46	17.450	2.300	1.020	12
V	12	A	100.000	1.500	11.000	43	14.300	1.350	140	15
		B	93.000	15.000	430	43	20.950	5.400	425	13
		C	46.000	4.300	2.400	41	26.950	3.060	150	20
		D	43.000	9.300	75	9.1	14.900	4.800	71	17
		E	23.000	9.300	430	15	12.050	3.060	68	16
		F	43.000	3.900	2.400	43	17.450	2.300	1.010	21

te), o que poderia acarretar uma diluição do esgoto sanitário. Entretanto, como a determinação do NMP de coliformes totais do afluente e efluentes dos filtros era feita diariamente, essa influência não prejudica a análise dos resultados.

O Quadro 4 apresenta os valores máximos e mínimos de turbidez e cor aparente do afluente e efluentes dos filtros, correspondentes aos mesmos ensaios discriminados no Quadro 3. Verifica-se a obtenção de uma redução dessas características a níveis que uma desinfecção eficiente concorreria para a produção de água tratada que

atende aos padrões de potabilidade.

Com base no trabalho experimental realizado, concluiu-se que:

a) a filtração lenta requer um período de maturação para que seja produzido um efluente satisfatório, para taxas de filtração compreendidas entre 4 e 12 m³/m²/dia;

b) a filtração lenta é um sistema de tratamento que apresenta eficiência elevada de remoção de microrganismos, medida em termos da redução de coliformes totais;

c) quanto menor a taxa de filtração, obtém-se uma redução maior de coliformes totais;

d) quanto maior o NMP de coliformes totais no afluente, maior resultou o NMP de coliformes totais nos efluentes para todas as taxas de filtração estudadas.

É recomendável que sejam estudados com detalhes outros aspectos da filtração lenta, como influência da granulometria da camada de areia, da concentração e espécie de algas no afluente e, principalmente, as espécies de microrganismos que habitam a superfície e interior da areia no período de maturação para que se tenha uma compreensão melhor do processo da filtração lenta.

Quadro 5 — Valores máximos e mínimos de turbidez e cor aparente — Série III

Nº do Filtro	Taxa de Filtração	Nº do Ensaio	Turbidez (UT)				COR APARENTE (UN)				Período de Funcionamento (horas)
			Água Bruta		Efluente		Água Bruta		Efluente		
			Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	
I	4	A	86	6.7	7.7	0.65	200	25	20	2.5	281.5
		B	46	11.0	25.0	0.61	75	30	37.5	2.5	231.5
		C	67	10	10	0.44	20	25	20	2.5	189.0
II	6	A	9.9	6.7	2.3	0.35	40	25	7.5	2.5	209
		B	19	11	6.0	1.4	50	30	15	2.5	138.5
		C	62	8.5	4	0.8	150	25	15	2.5	148.5
III	8	A	9.8	7.2	1.8	0.55	40	25	7.5	2.5	166
		B	150	7.1	76	2.0	375	37.5	125	5	171
		C	19	11.0	7.8	1.4	50	37.5	20	2.5	97
		D	36	8.5	4.5	0.62	100	25	17.5	2.5	141.5
IV	10	A	9.7	7.2	4.6	0.42	40	25	5	2.5	137
		B	86	6.7	18	0.61	200	30	37.5	2.5	112.5
		C	36	19	14	1.2	60	50	25	2.5	89:45'
		D	67	8.5	7.9	0.8	175	25	20	2.5	120
		E	130	41	79	1.2	400	75	175	15	133.5
V	12	A	9.7	7.2	3.0	0.42	40	25	15	2.5	137
		B	86	6.7	25	0.84	200	30	45	2.5	112.5
		C	28	16	14	0.9	65	50	25	2.5	87
		D	13	10	3.5	0.85	37.5	20	12.5	2.5	73
		E	14	9.5	4.7	0.66	60	37.5	17.5	2.5	93.5

4 Bibliografia

1. AZEVEDO NETTO, J. M. — "Filtros Lentos - Aplicações". In: Tratamento de Águas de Abastecimento, São Paulo, Edgard Blücher, Ed. da USP, 1966. Cap. 12, pp. 193-202.
2. CARCEDO, M. et alii — "Filtros Lentos: Campo de Aplicaciones y algunos Aspectos de Su Diseño". In: Rosario Universidad Nacional, Facultad de Ciencias, Ingeniería y Arquitectura. **El Saneamiento Urbano**. Rosario, 1970. Cap. 2, apartado 6. Trabalho apresentado no XII Congresso Interamericano de Saneamiento, Caracas, ago/1970.
3. CEPIS - Cir. Documento Técnico n.º 11, Lima, Peru, Diciembre, 1978.
4. CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - "Filtração Lenta", In: Técnica de Abastecimento e Tratamento de Água. 2.ª Edição, São Paulo, 1977. Vol. 2, cap. 23, pp. 869-882.
5. CHRISTÓVÃO, Dacio de Almeida — "Bacteriologia de Águas, seu exame e controle bacteriológico", separata do livro "Operação e Manutenção de Estações de Tratamento de Água, publicado pela Faculdade de Higiene e Saúde Pública da Universidade de São Paulo e Organização Panamericana de Saúde, São Paulo, 1965.
6. CLEASBY, J. L., et alii — "Slow Sand and Direct In-line Filtration of a Surface Water". Journal AWWA, December, 1984.
7. COSTA, Rejane Helena Ribeiro da — "Estudos Comparativos da Eficiência de Filtros Lentos de Areia Convencional e de Fluxo Ascendente". São Carlos, 1980. 169 p. Dissertação de Mestrado do Departamento de Hidráulica e Saneamento — Escola de Engenharia de São Carlos - USP.
8. EDWARDS, D. M. & MOUKE, E. J. — "Electrokinetic Studies of Slow Sand Filtration Process". JAWWA, 59 (10): 1310-1319, oct/74.
9. FOX, K. R. et alii — "Pilot-Plant Studies of Slow-Rate Filtration", JAWWA, December, 1984.
10. HESPANHOL, Ivanildo — "Investigação sobre o Comportamento e Aplicabilidade de Filtros Lentos no Brasil". São Paulo, 1969. Universidade de São Paulo — Faculdade de Higiene e Saúde Pública.
11. HUISMAN, L. — Slow Sand Filtration, Delf University of Technology, Nether Lands, July, 1977.
12. HUISMAN, L. and WOOD, W. E. — Slow Sand Filtration, World Health Organization, Geneva, 1974.
13. HUISMAN, L. — Research and Demonstration Project on Slow Sand Filtration, reprinted for the AIDIS Congress Panama, August 1-6, 1982.
14. DIJK, J. C. Van y OOMEN, J. H. C. M. — "Filtracion Lenta en Arena para Abastecimento Público de Água en Países en Desarrollo" Centro Internacional de Referencia de la OMS para abastecimento público de água, Wooburg (La Haya). Países Bajos, 1977.
15. LLOYD, A. S. and SIMS, R. C., — "The Application and Effectiveness of Slow Sand Filtration in the United States". Journal AWWA, December/1984.
16. PARDON, M. et alii — "Process Aids for Slow Sand Filtration Waterlines, Vol. 2, n.º 2, october, 1983.
17. PEREZ, J. M. and WARGAS, L. C., — "Guia para Diseño de Plantas de Filtracion Lenta para el Medio Rural", Manual DTIAPA NOC-3 — CEPIS, Programa de Proteccion de La Salud Ambiental. HPE.
18. POVINELLI, Jurandy — Redução do Teor de Ferro em Filtros Lentos, 10.º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Manaus, 21 a 26 de janeiro de 1979.
19. POVINELLI, J. & MARTINS, F. — Pesquisa sobre a Eficiência de Filtros Lentos em Unidade-Piloto. São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos — USP, 1973, Trabalho apresentado no VII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária, Salvador, 1973.