

Influência de descargas de fundo durante o funcionamento de instalações de filtração direta ascendente

Prof. Luiz Di Bernardo (1)
Eng. José E. S. Paterniani (2)

Resumo

As perturbações causadas pelas descargas de fundo no leito filtrante são responsáveis pela ocorrência de pisos de turbidez no efluente, conforme já observado em trabalhos de pesquisa anteriores. Em decorrência, torna-se necessário conhecer os efeitos das descargas, durante a filtração, na qualidade bacteriológica do efluente produzido.

Com o objetivo de investigar a influência das descargas de fundo na eficiência de remoção de microrganismos, foi utilizada uma instalação-piloto, constituída de dois filtros operados com taxa de $200 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$, recebendo afluente com o NMP de coliformes totais variando entre 200 e 10.000 coli/100 m. Enquanto em um dos filtros não se procediam às descargas de fundo, no outro foi estudado o efeito da realização de 1, 2, 4, 6 e 8 descargas, com coleta de amostras do afluente e efluentes das unidades.

Com base na investigação experimental, concluiu-se que, com as descargas de fundo, são obtidas carreiras de filtração mais longas, porém, há um prejuízo à qualidade bacteriológica do efluente, principalmente quando ocorrem picos de turbidez.

Os autores agradecem à Fapesp-Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Processo n.º 83/2003-0) pelo auxílio financeiro concedido.

1 Introdução

Como já foi comprovado experimentalmente, a camada suporte exerce um papel importante na filtração direta ascendente (8). A realização de descargas de fundo intermediárias tem prolongado as carreiras de filtração, com acréscimos de 100 a 150% em relação à operação sem descargas, sem prejudicar substancialmente a qualidade físico-química do efluente produzido (10), porém, ocorriam picos de turbidez quando era reiniciada a operação do filtro.

Segundo Geldreich e colaboradores (16), o simples aumento da turbidez da água filtrada, em filtros de fluxo descendente, de 0,1 para 0,2 UT, pode causar um aumento sensível do número de microrganismos. Com base nesse trabalho, para valores de turbidez superiores a 3,8 UT, os autores afirmam que a cloração pode resultar ineficiente, implicando riscos à saúde pública.

Com base no trabalho de Logsdon (22) que estudou a remoção de cistos de *Giardia* em filtros de areia de fluxo descendente, a turbidez da água filtrada da ordem de 1 UT não implicava necessariamente que a mesma se encontrava isenta desses microrganismos.

Robeck e colaborador (29) também mostraram que a remoção de vírus é maior na filtração descendente quando a água filtrada possui turbidez inferior a 0,5 UT.

Trabalhando com a filtração direta ascendente, Haney e Steimle (19) obtiveram resultados satisfatórios de remoção de coliformes totais, atingindo até 99,6%.

Entretanto, em trabalho recente sobre a filtração direta ascendente, Teixeira (33) mostrou que existe uma relação íntima entre turbidez da água filtrada e MMP de coliformes totais. Em geral, para valores de turbidez superiores a, aproximadamente, 1 UT, o número de coliformes resultava elevado. Para taxas de filtração compreendidas entre 160 e $280 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ dia}$ e com a realização de quatro descargas de fundo durante a carreira da filtração, esse autor observou a ocorrência de pisos de turbidez, acompanhados de um aumento substancial do NMP de coliformes totais, comprometendo seriamente a qualidade da água filtrada logo após as descargas. Esses dois efeitos somados, turbidez maior que 1 UT e NMP de coliformes totais por 100 ml superior a 100, podem tornar ineficiente a desinfecção.

Como todo processo de tratamento de água deve remover, além da turbidez e cor, os microrganismos presentes na água bruta, é desejável conhecer com maior profundidade a eficiência de remoção bacteriológica no

processo da filtração direta ascendente.

Assim, o presente trabalho teve por objetivo investigar em uma instalação-piloto, para uma taxa de $200 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$, a remoção de coliformes totais na filtração direta ascendente, notadamente quando são efetuadas descargas de fundo durante a carreira de filtração.

2 Investigação experimental

2.1 Descrição Geral da Instalação-Piloto

A Figura 1 mostra um esquema da instalação-piloto utilizada na investigação experimental. A água coagulada na Etasc-Estação de Tratamento de Água de São Carlos, era bombeada para uma caixa de nível constante, onde também era introduzida a mistura de esgoto contendo coliformes. Dessa caixa, partiam dois sifões, com alturas definidas e descargas livres para duas canalizações independentes que conduziam o afluente aos filtros. Uma terceira canalização, partindo da parte inferior da caixa de nível constante, conduzia a água coagulada a um turbidímetro de escoamento contínuo com registrador.

A entrada aos filtros era feita na parte inferior, abaixo de uma placa provida de orifícios. Sobre essa placa perfurada encontrava-se disposta a camada de pedregulho, suporte da areia. Duas tomadas de pressão, uma localizada imediatamente acima da placa perfurada e outra, próxima à saída do filtro, eram conectadas por meio de mangueiras plásticas a cada um dos dispositivos de medida e registro de perda de carga (Bristol — Babcock).

Uma parcela do efluente de cada filtro era encaminhada para um turbidímetro de escoamento contínuo, provido de registrador (Hach-Chemical Company) para medição da turbidez.

A lavagem dos filtros era feita inicialmente com ar (inserido na parte inferior do filtro) durante três minutos. Em seguida, era feita a lavagem

(1) Professor Adjunto da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo
(2) Docente da Unesp — Ilha Solteira

com água em contracorrente, para produzir uma expansão da ordem de 20% na areia, durante cerca de 15 minutos.

mitir um valor de 5 UT, o valor limite de 3 UT foi fixado no presente trabalho em função da escala do turbidímetro de escoamento contínuo de

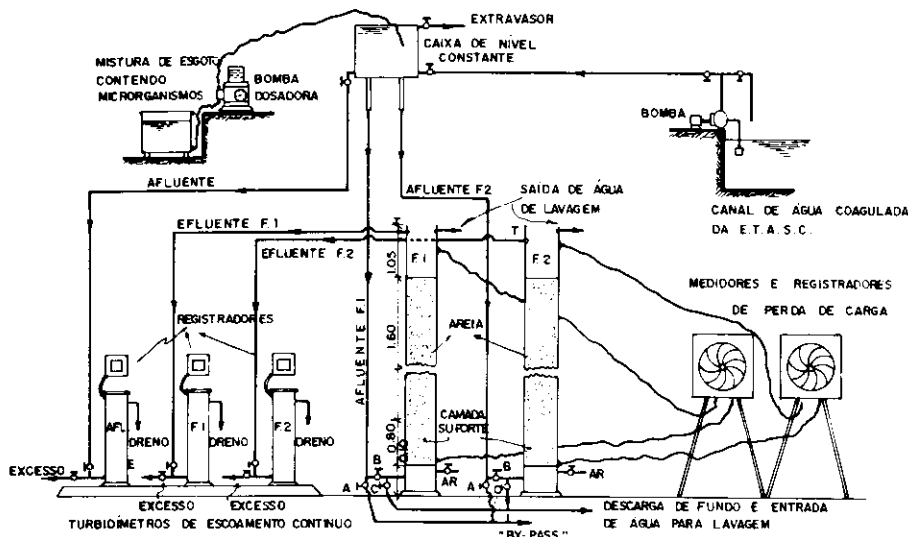


Figura 1 — Esquema geral da instalação-piloto

2.2 Características da Camada Suporte e Meio Filtrante

Com base no trabalho de Teixeira (33), a camada suporte e de areia foi especificada conforme se apresenta no Quadro 1.

zero a três apresentar maior precisão que a de zero a dez.

2.3.2 — Programação dos Ensaios

O Quadro 2 apresenta as condições de cada ensaio. No ensaio 1, preten-

horário, em um poço de visita, selecionado previamente na rede coletora pública. Os exames preliminares do esgoto doméstico revelaram que o NMP de coliformes totais era da ordem de 10^7 . coli/100 ml.

A amostra de esgoto sanitário era inicialmente coada em tecido para remover sólidos grosseiros e, em seguida, introduzida em um recipiente onde se promovia diluição com água destilada. A mistura obtida era preparada para ser consumida em 24 horas e, caso isso não ocorresse, nova mistura era preparada, descartando-se o restante.

2.3.4 Coleta de Amostras para Exame Bacteriológico

As amostras do afluente e dos efluentes dos filtros eram coletadas de acordo com a técnica preconizada na referência 32, em frascos esterilizados. Além do NMP de coliformes totais, foram feitas inoculações em placas de Petri para contagem do número de colônias de bactérias. O Quadro 3 apresenta um resumo do número de amostras para cada ensaio realizado.

2.3.5 Descargas de Fundo

O momento da realização de uma descarga de fundo era determinado em função da carga hidráulica disponível para a retenção de impurezas. Como a perda de carga inicial, para a taxa de $200 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$, era de 0,48 m, resultava o valor de 1,92 m, que era dividido pelo número total de descargas durante a carreira, conforme mostra o Quadro 4.

Quadro 1 — Características das camadas suporte e areia

CAMADA SUPORTE		AREIA	
Espessura (cm)	Granulometria (mm)	Espessura (cm)	
10	31,7 a 25,4	160	
10	25,4 a 15,9	Granulometria (mm)	0,59 a 2,0
10	15,9 a 9,5	Tamanho efetivo	
20	9,5 a 4,2	$D_{10\%}$ (mm)	0,88
30	4,2 a 2,0	$D_{90\%}$ (mm)	1,32
80		Coefficiente de desuniformidade	1,5

2.3 Metodologia dos Ensaios

2.3.1 Parâmetros de Controle

Para cada ensaio foram medidos e registrados valores de turbidez, cor aparente, pH, NMP de coliformes totais e número de colônias de bactérias do afluente e efluentes dos filtros, além da perda de carga na camada suporte e areia.

O término de um ensaio resultava da ocorrência de uma das seguintes condições limitantes:

a) turbidez máxima do efluente igual a 3 UT;

b) perda de carga total (areia + pedregulho) igual a 2,4 m.

Apesar de a Norma Brasileira per-

deu-se verificar a igualdade das camadas suporte e de areia. Os ensaios foram realizados de forma aleatória, alternando-se, inclusive, o filtro onde seriam efetuadas as descargas de fundo intermediárias. Conforme se pode notar no Quadro 2, foram efetuadas 1, 2, 4, 6 e 8 descargas de fundo durante a carreira de filtração, com três faixas de variação do NMP de coliformes totais, de 200 a 1.000, 1.000 a 5.000 e 5.000 a 10.000 coli/100 ml. Para todos os ensaios a taxa de filtração foi mantida constante e igual a $200 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$.

2.3.3 Preparação da Mistura de Esgoto

O esgoto predominante doméstico foi coletado diariamente, no mesmo

3 Resultados

Os Quadros 5 e 6 fornecem um resumo dos resultados dos 17 ensaios realizados.

Para ilustrar o efeito das descargas, são apresentadas as Figuras 2 e 3 que mostram, respectivamente, a variação da perda de carga e da turbidez durante a descarga.

As Figuras 4, 5, 6, 7 e 8 mostram os efeitos das descargas, correspondentes a ensaios considerados representativos do trabalho experimental, cuja especificação é apresentada a seguir:

4 Discussão, conclusões e recomendações

O ensaio 1, realizado com os dois filtros operados em paralelo, nas mesmas condições, comprovou que os meios filtrantes poderiam ser conside-

Quadro 2 — Condições dos ensaios realizados

Nº do ensaio	Nº de descargas de fundo		NMP de coliformes totais por 100 ml no afluente
	F ₁	F ₂	
01	--	--	
02	--	01	200 a 1.000 (1. ^a etapa)
03	02	--	
04	--	04	
05	06	--	
06	--	08	
07	01	--	
08	--	02	1.000 a 5.000 (2. ^a etapa)
09	04	--	
10	--	06	
11	08	--	
12	--	01	
13	02	--	5.000 a 10.000 (3. ^a etapa)
14	--	04	
15	06	--	
16	--	08	

Quadro 3 — Programação das coletas de amostras

Nº do ensaio	Condições do ensaio		Nº médio de amostras coletadas			
	Coliformes totais no afluente (NMP/100ml)	Nº de descargas de fundo		AFL.	F ₁	F ₂
		F ₁	F ₂			
01		-	-	3	3	3
02	200 a 1.000	-	01	6	3	6
03		02	-	9	9	3
04		-	04	15	3	15
05		06	-	21	21	3
06		-	08	27	3	27
07		01	-	6	6	3
08	1.000 a 5.000	-	02	9	3	9
09		04	-	15	15	3
10		-	06	21	3	21
11		08	-	27	27	3
12		-	01	6	3	6
13	5.000 a 10.000	02	-	9	9	3
14		-	04	15	3	15
15		06	-	21	21	3
16		-	08	27	3	27

rados praticamente iguais não exercendo, portanto, qualquer influência nos resultados dos ensaios restantes, já que os mesmos foram realizados de forma alternada.

Conforme constatado por Mendes (23), a dosagem de coagulante utiliza-

da na Etasc não é a apropriada para a filtração direta, concorrendo para o aparecimento prematuro do traspasse final. Quando foram realizadas as descargas de fundo, esse fenômeno não ocorreu em alguns ensaios (2, 3, 4, 7, 11 e 16), onde o término se deu pela

perda de carga total limite. Assim, pode-se dizer que, em geral, as descargas de fundo retardavam o momento em que era atingida a turbidez limite de 3 UT, embora o traspasse já fosse notado. Apesar de não ter sido utilizada a dosagem de coagulante adequada à filtração direta, os resultados obtidos no presente trabalho não foram prejudicados, pois o objetivo era investigar a remoção de microrganismos nos filtros de fluxo ascendente quando são efetuadas descargas de fundo e utilizados efluentes contendo graus diferentes de contaminação bacteriológica.

Embora não fosse o objetivo principal do trabalho experimental, os resultados obtidos com relação à duração da carreira de filtração, quando são efetuadas as descargas de fundo, mostram que esse método de operação conduz a uma produção líquida de água tratada consideravelmente maior em relação ao método em que as descargas não são realizadas, devido, principalmente, à recuperação de carga hidráulica, decorrente da limpeza que ocorre na camada de pedregulho e início da de areia. Para se ter uma idéia da economia que se consegue, foi preparado o Quadro 7, que mostra a quantidade de água perdida durante as descargas.

Considerando-se que a lavagem do filtro seja efetuada durante 15 minutos, com uma taxa de 1.130 m³/m².dia (0,78 m/min), que produzia uma expansão da ordem de 20% na areia, a quantidade de água tratada usada na lavagem seria de 11,8 m³/m², aproximadamente igual a 5% da produzida durante uma carreira de 30 horas, sem a realização de descargas de fundo. Porém, analisando-se os dados do Quadro 5, a duração da carreira com oito descargas atingiu mais de 100 horas, reduzindo a quantidade de água para lavagem a, aproximadamente, 1,3%, que somada à perda nas descargas, resultaria da ordem de 2%, comprovando que realmente se consegue uma economia substancial quando são efetuadas as descargas de fundo.

Outro resultado interessante que merece ser destacado é que quanto maior o número de descargas mais longa foi a duração da carreira de filtração.

Em contraste com a maior produção de água que se obtém com a realização das descargas de fundo interdiárias, tem-se, como resultado, uma qualidade pior da água filtrada, tanto física quanto bacteriológica. Da forma com que foram realizadas as descargas de fundo, isto é, desviando-se o afluente e drenando-se o filtro até que o nível de água no interior do filtro baixasse até 0,20 m acima do topo da

Quadro 4 —
Programação das
descargas de fundo

Taxa de filtração (m ³ /m ² .dia)	Perda de carga total inicial (cm)	Carga hidráulica disponível para retenção de im- purezas (cm)	Nº de descar- gas	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º
				a descarga era realizada na metade							
			01	(144 cm) ou quando se iniciava o tras- passe final							
			02	144	240	-	-	-	-	-	-
200	48	192	04	92	144	192	240	-	-	-	-
			06	80	112	144	176	208	240	-	-
			08	72	96	120	144	168	198	240	-

Nº do En- sai	Nº de descargas		Duração da carreira (horas)		Perda de carga (cm)		Dosem de coagulante (cm/l)			Turbidez Afluente (UT)			Turbidez Efluente (UT)						Aumento no tempo de duração na car. de filtração (horas)
	F ₁	F ₂	F ₁	F ₂	F ₁	F ₂	Max	Med	Min	Max	Med	Min	F ₁			F ₂			
													Max	Med	Min	Max	Med	Min	
1	-	-	39	39	200	200	13,2	11,8	11,4	16	11,3	10	3,0	0,94	0,08	3,0	0,91	0,08	0
2	-	02	48	67	204	240	12,2	10,9	10,0	12	10,1	9,0	3,0	0,65	1,10	2,0	0,19	0,10	19
3	04	-	86	40	240	188	12,5	11,3	11,0	14	10,3	7,0	2,6	0,34	0,08	3,0	0,55	0,08	46
4	-	08	39	111	184	240	11,8	10,8	10,0	14	11,2	10,0	3,0	0,87	0,08	3,0	0,25	0,08	72
5	06	-	96	33	240	180	28,0	13,7	11,0	20	13,6	10,0	7,0	1,17	0,10	3,0	0,83	0,10	63
6	-	01	36	52	172	240	12,0	11,6	11,0	18	11,9	10,0	3,0	0,72	0,08	3,0	0,42	0,08	16
7	-	01	36	58	196	240	12,9	12,0	10,5	24	14,1	9,5	3,0	0,53	0,10	3,0	0,35	0,10	22
8	06	-	79	22	240	138	16,7	14,8	14,2	30	18,7	12,5	7,0	0,97	0,10	3,0	0,63	0,10	57
9	-	08	10	80	118	240	25,0	18,4	15,0	55	34,0	20,0	3,0	1,42	0,15	25,0	3,44	0,15	70
10	02	-	66	29	240	156	20,2	17,0	16,3	29	21,5	14,0	7,0	1,51	0,15	3,0	0,57	0,15	37
11	-	01	30	39	190	240	18,7	17,4	17,0	18	16,2	14,0	3,0	0,41	0,08	2,0	0,22	0,08	9
12	-	04	8	61	96	240	54,5	27,6	18,6	170	73,3	30,0	3,0	1,04	0,10	100,0	12,3	0,10	53
13	06	-	88	15	240	110	35,3	25,8	20,0	80	53,4	30,0	55,0	10,3	0,15	3,0	0,97	0,15	73
14	-	08	16	92	140	240	29,0	21,1	15,5	42	20,3	15,0	3,0	0,73	0,10	21,0	2,21	0,10	76
15	04	-	82	19	240	134	29,8	17,0	13,1	20	16,5	15,0	14,0	1,67	0,15	3,0	0,71	0,15	63
16	-	02	24	57	140	240	20,0	14,9	12,5	22	14,8	11,0	3,0	0,52	0,10	3,0	0,41	0,10	33
17	01	-	52	41	240	206	27,0	17,7	14,6	29	14,2	10,0	3,0	0,42	0,10	3,0	0,37	0,10	11

Quadro 5 —
Valores da
turbidez afluente,
efluente, dosagem
de coagulante,
perda de carga e
duração das
carreiras de
filtração

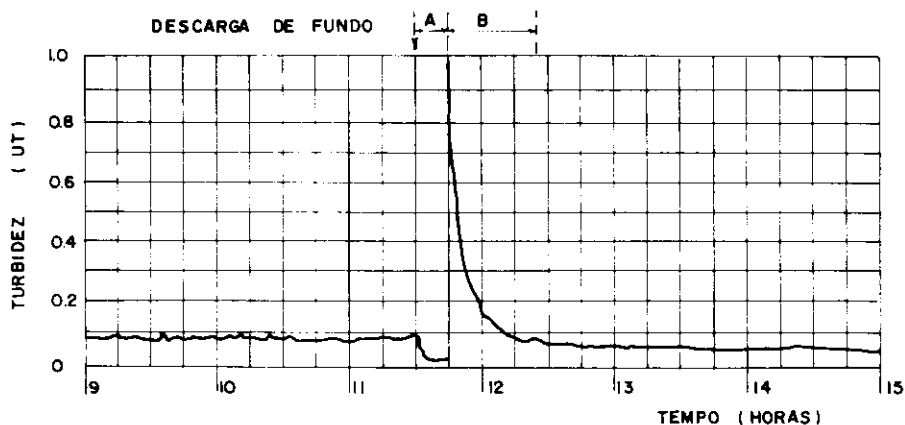
Nº do ensaio	Nº de descargas de fundo		NMP DE COLIFORMES TOTAIS POR 100 ml									Nº DE COLÔNIAS DE BACTÉRIAS POR 100 ml (x10)								
	F ₁	F ₂	NO AFLUENTE			NO F ₁			NO F ₂			NO AFLUENTE			NO F ₁			NO F ₂		
			Máx.	Méd.	Mín.	Máx.	Méd.	Mín.	Máx.	Méd.	Mín.	Máx.	Méd.	Mín.	Máx.	Méd.	Mín.	Máx.	Méd.	Mín.
01	-	-	910	630	360	93	35,3	0	43	17,4	0	300	230	0	84	40	13	48	47	22
02	-	02	930	346	0	44	14,6	0	120	18,4	0	83	50	0	162	78	23	300	189	0
03	04	-	910	622	360	43	14,6	3,0	23	9,7	3,0	125	110	3,0	240	56	48	91	46	21
04	-	08	1000	687	360	93	51,2	0	23	5,9	0	300	144	0	67	30	30	300	102	30
05	06	-	1200	837	360	460	49,6	0	7,3	3,3	0	300	177	0	300	124	30	267	125	30
06	-	01	1200	687	230	1100	290	0	75	27,1	0	300	170	0	125	111	104	300	104	32
07	-	01	1200	1000	750	43	14,5	7,3	93	32,2	9,1	205	138	9,1	122	54	20	300	113	26
08	06	-	5700	3328	910	2100	625,5	3,6	1100	300,0	3,6	3000	1940	3,6	281	103	22	135	91	50
09	-	08	5300	1880	910	430	232,0	43	7500	817,0	3,6	1320	770	3,6	63	43	24	280	81	10
10	02	-	4300	1550	910	4300	623,0	3,6	230	85,0	0	1230	740	0	191	54	12	93	55	10
11	-	01	2300	1575	910	430	161,2	23	91	43,0	0	2100	810	0	300	124	12	300	147	18
12	-	04	5.600	3367	1500	150	83,3	9,1	4600	1022,0	23	2120	1550	23	57	38	20	282	129	15
13	06	-	9300	6262	1100	9300	1527,0	0	930	347,0	23	2260	990	23	283	92	12	113	73	30
14	-	08	9300	6356	1500	430	168,0	7,2	4600	552,0	0	1200	610	0	216	100	45	300	114	7
15	04	-	9300	5917	1500	2400	754,0	0	4600	1617,0	0	1040	1080	0	278	101	48	192	102	33
16	02	-	11000	9560	7500	2400	980,0	91	4300	1126,0	36	3000	2390	36	160	103	58	298	126	12
17	01	-	9300	7275	5300	930	378,0	36	930	187,0	36	2500	2060	36	300	85	12	150	68	25

Quadro 6 —
Remoção de
microorganismos
durante as
carreiras de
filtração

camada de areia, foram introduzidas perturbações no meio filtrante e criadas transientes, que se refletem negativamente na qualidade do efluente logo

após o filtro reiniciar a filtração, surgindo picos de turbidez, acompanhados de um aumento significativo do NMP de coliformes totais. É provável

que os picos de turbidez sejam causados por impurezas que não foram removidas durante as descargas, mas que se despreendem dos grãos da



A = TEMPO TRANSCORRIDO PARA Esvaziar e encher novamente a caixa do filtro : DE 15 A 20 minutos.

B = TEMPO TRANSCORRIDO PARA A recuperação do filtro : DE 20 A 40 minutos.

Figura 2 — Comportamento do filtro na remoção da turbidez durante uma descarga de fundo

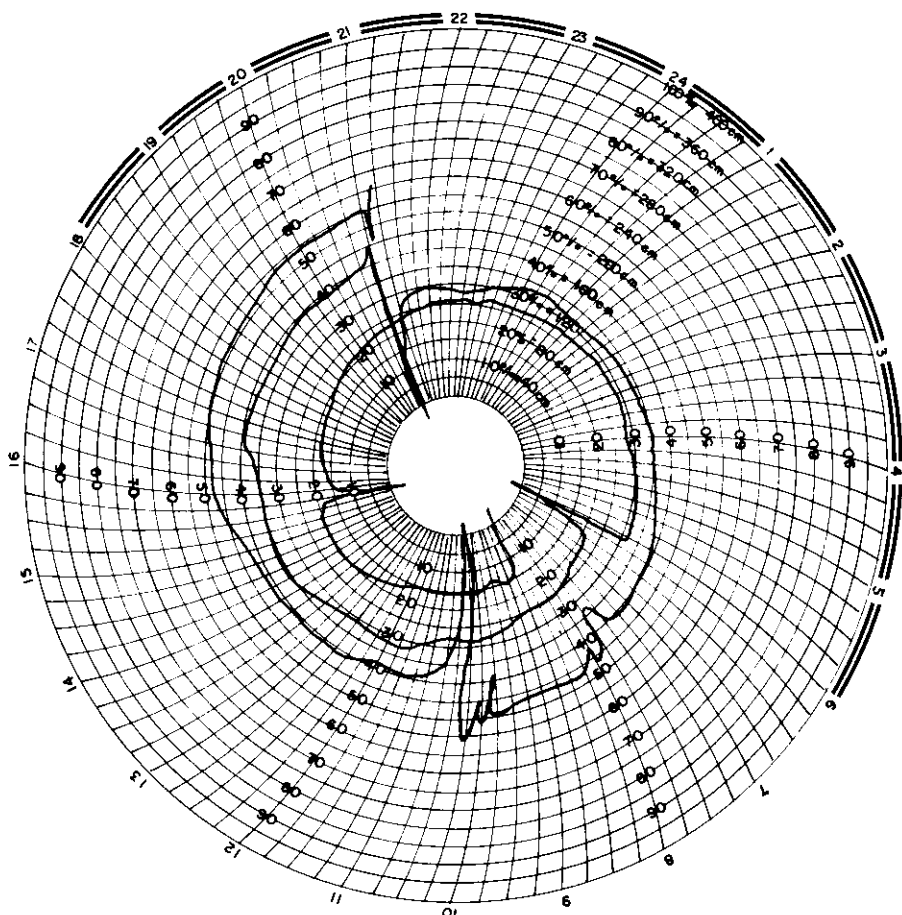


Figura 3 — Carta registradora de perda de carga

areia, quando se introduz novamente a água coagulada.

O tempo necessário para que seja novamente produzido um efluente de qualidade satisfatória, após a realização de uma descarga de fundo, pode ser verificado na Figura 3. Esse período de tempo é variável, porém, relativamente longo (20 a 30 minutos) a partir da quinta descarga, num total de oito. Na maior parte dos ensaios, os picos de turbidez não eram tão

acentuados até a quarta descarga, devido, possivelmente, ao fato de que não havia ainda ocorrido uma penetração maior na camada de areia.

Do ponto de vista bacteriológico, as descargas de fundo, da forma com que foram executadas neste trabalho, são prejudiciais, comprometendo temporariamente a qualidade do efluente produzido. Quanto maior o NMP de coliformes totais, mais elevado resultou o NMP de coliformes totais do efluente,

logo após a realização de uma descarga de fundo. Portanto, a realização de descargas de fundo num sistema de filtração direta ascendente, visando uma produção líquida maior de água por metro quadrado de areia filtrante, deixa de ser um processo recomendável quando a água bruta for contaminada e não for descoberta uma forma de executá-las sem que ocorram os picos acentuados de turbidez (e microrganismos).

Outro aspecto que merece ser ressaltado diz respeito ao inchamento da camada de areia observado, principalmente nos ensaios em que foi executado um número menor de descargas (superior a 4). Com a realização de descargas, ocorre uma compactação progressiva da areia, com aumento da velocidade intersticial, provocando esse fenômeno. Aliás, o aumento da taxa de crescimento da perda de carga, após a terceira descarga, tem sido, também, observado em outros trabalhos (33), resultado dessa provável compactação, concorrendo inclusive para o surgimento de rupturas na interface da areia e pedregulho.

Com base na investigação experimental realizada, pode-se concluir que:

a) a realização de descargas de fundo intermediárias durante a carreira de filtração promoveu um grande aumento na duração desta, diretamente proporcional ao número de descargas de fundo. Assim sendo, em ensaios com oito descargas de fundo foi obtido um acréscimo na duração da carreira de filtração de até cinco vezes em relação ao filtro operado sem descargas de fundo;

b) do ponto de vista econômico as operações de descargas de fundo foram favoráveis, uma vez que distanciaram as operações de lavagem dos filtros devido ao aumento da duração da carreira de filtração;

c) em geral, do ponto de vista bacteriológico, as descargas de fundo resultaram prejudiciais ao sistema, pois provocaram perturbações no filtro, responsáveis pela passagem de grande quantidade de microrganismos. No entanto, houve casos em que o número de microrganismos encontrados no efluente diminuiu com a realização da descarga de fundo;

d) melhores resultados foram obtidos com a realização de descargas de fundo mais próximas umas das outras e mais próximas do início da carreira de filtração, principalmente quando a turbidez do afluente era alta;

e) o prolongamento excessivo da duração da carreira de filtração, através de descargas de fundo, não forneceu bons resultados referentes à qualidade do efluente, no final da car-

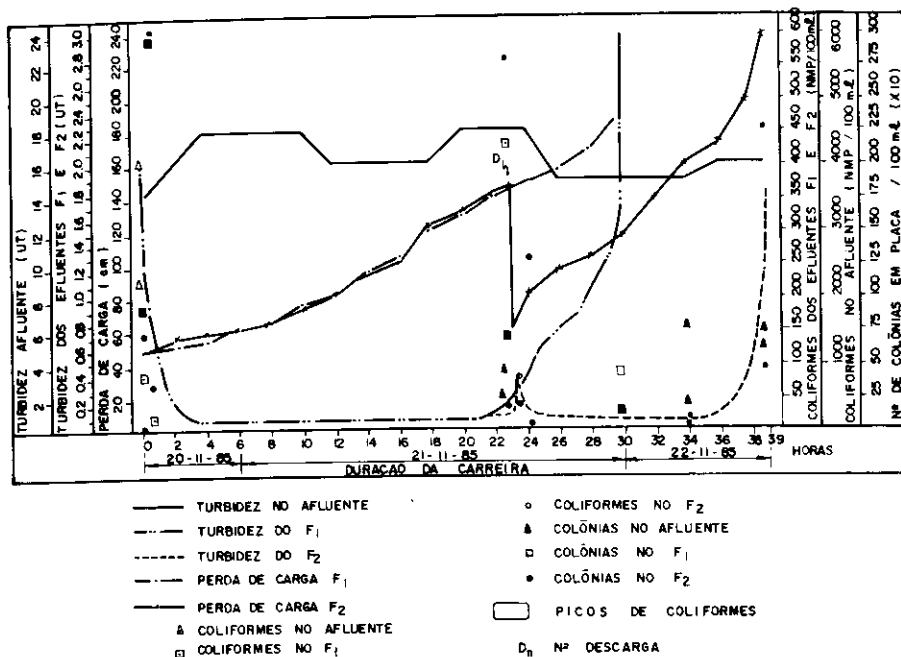


Figura 4 — Variação da turbidez, perda de carga e determinações do NMP de coliformes totais e contagens de colônias de bactérias durante a carreira de filtração para as seguintes condições:

Nº DO ENSAIO : 11 NMP DE COLIFORMES TOTAIS POR 100 mL F₁ SEM DESCARGA DE FUNDO
 TAXA DE FILTRAÇÃO : 200 m³/m² DIA NO AFLUENTE : 1000 A 5000 Nº DE DESCARGAS NO F₂ : 01

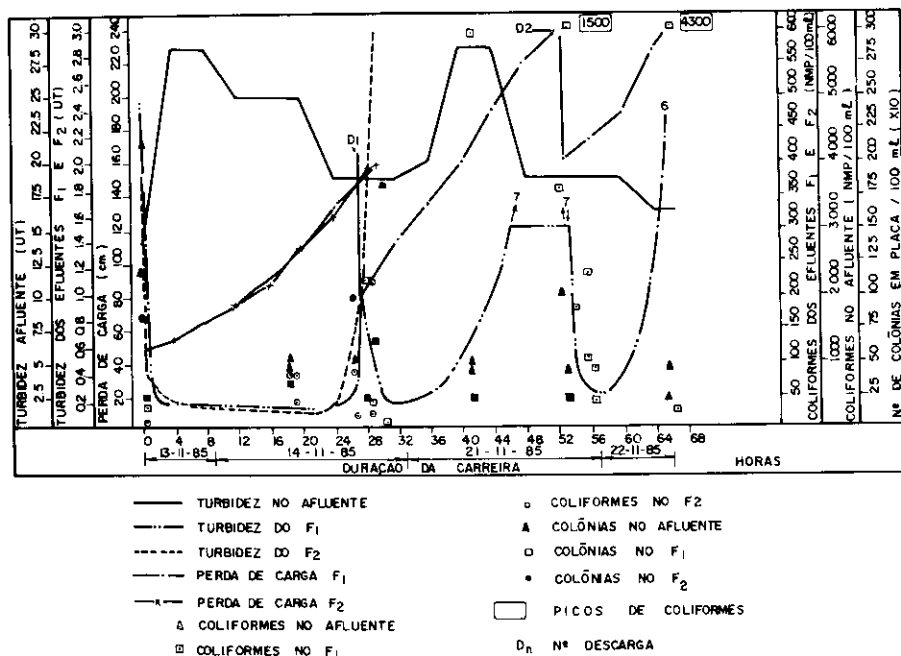


Figura 5 — Variação da turbidez, perda de carga e determinações do NMP de coliformes totais e contagens de colônias de bactérias durante a carreira de filtração para as seguintes condições:

Nº DO ENSAIO : 10 NMP DE COLIFORMES TOTAIS POR 100 mL Nº DE DESCARGAS NO F₁ : 02
 TAXA DE FILTRAÇÃO : 200 m³/m² DIA NO AFLUENTE : 1000 A 5000 F₂ SEM DESCARGA DE FUNDO

reira, uma vez que há risco de ocorrer inchamento do leito filtrante;

f) de um modo geral, quanto maior foi o NMP de coliformes totais por 100 ml no afluente, pior resultou a qualidade bacteriológica do efluente produzido, independentemente da realização das descargas de fundo;

g) quanto maior foi o NMP de coliformes totais por 100 ml no afluente,

maior foi o prejuízo causado pelas descargas de fundo à qualidade bacteriológica do efluente filtrado.

A seguir, são apresentadas algumas recomendações baseadas nas conclusões obtidas no presente trabalho:

a) se for adotada a mesma forma para executar as descargas de fundo intermediárias, o efluente deve ser descartado imediatamente após a rea-

lização das mesmas, por um período de pelo menos 30 minutos, devido à grande quantidade de microrganismos presente;

b) as operações de descarga de fundo intermediárias durante a carreira de filtração não devem ser realizadas quando o afluente não for seguro do ponto de vista sanitário, enquanto não for descoberta uma forma de executá-las que atenuem os picos de turbidez (e microrganismos);

c) não se deve realizar descargas de fundo em sistemas que tratam águas com alto índice de contaminação ou que recebam esporadicamente altas cargas poluidoras, pois a influência das descargas de fundo são maiores, do ponto de vista bacteriológico, do que para águas não contaminadas;

d) recomenda-se investigar a qualidade bacteriológica da água bruta e do manancial antes da elaboração do projeto de uma instalação de tratamento de água que leva em conta o sistema de descargas de fundo durante a carreira de filtração;

e) recomenda-se que as descargas de fundo sejam programadas em função de um intervalo de tempo cada vez menor entre uma descarga e outra, ao invés de programá-las em função da evolução da perda de carga. Assim, pode-se prolongar a carreira de filtração evitando-se a ocorrência do transpasse no intervalo entre duas descargas de fundo;

f) deve-se adotar um sistema eficiente de desinfecção do efluente filtrado, principalmente se forem realizadas operações de descarga de fundo no sistema de filtração.

5 Bibliografia

- (1) AMIRTHARAJAH, A. e WETSTEIN, P. — "Initial Degradation of Effluent Quality During Filtration", Journal of A. W. W. A., 72(9), september, 1980.
- (2) ARBOLEDA, V. J. — "Filtros de Fluxos Ascendentes" — Aspecto de Projeto — tema 3 — capítulo 7 — 9.º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária, Belo Horizonte, MG, Abes — 3 a 8 de julho de 1977.
- (3) AWWA, APHA, WPCF — "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater", 13.ª Ed., N. Y., 1971.
- (4) AZEVEDO NETTO, J. M. — "Filtros de Fluxo Ascendente" — In: Técnicas de Abastecimento e Tratamento de Água, vol. 2, Cetesb, São Paulo, 2.ª Ed., 1979, 145 p.
- (5) CALISE, V. J. e HOMER, W. A. — "Russian and Eastern European Water Treatment Practices" — 19th Annual Water Conference of the Engineers Society of Western, Pennsylvania, Pittsburgh, USA, dec., 1958.
- (6) CHRISTOVÃO, D. A. — "Bacteriologia da Água — Seu Exame e Controle Bacteriológico" — Separata do li-

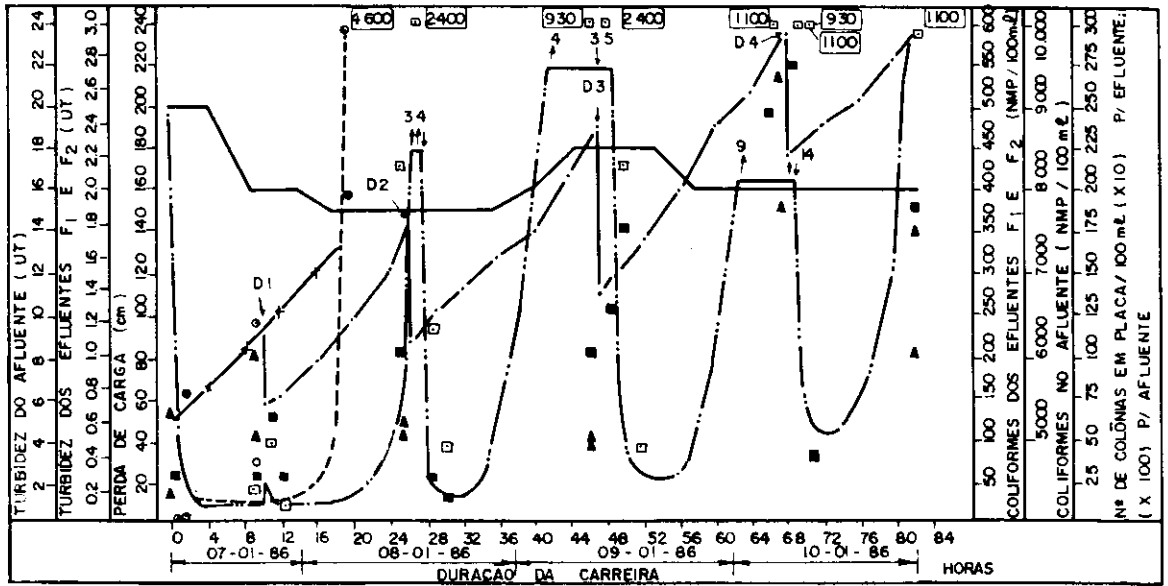


Figura 6 — Variação da turbidez, perda de carga e determinações do NMP de coliformes totais e contagens de colônias de bactérias durante a carreira de filtração para as seguintes condições:

Nº DO ENSAIO : 15

TAXA DE FILTRAÇÃO : $200\text{m}^3/\text{m}^2$. DIA

- TURBIDEZ NO AFLUENTE
- - - TURBIDEZ DO F₁
- · · TURBIDEZ DO F₂
- · - PERDA DE CARGA F₁
- - - PERDA DE CARGA F₂
- ▲ COLIFORMES NO AFLUENTE
- COLIFORMES NO F₁
- COLIFORMES NO F₂
- PICOS DE COLIFORMES
- D_n Nº DESCARGA

NMP DE COLIFORMES TOTAIS POR 100mL

Nº DE DESCARGAS NO F : 04

NO AFLUENTE : 5.000 A 10.000

F₂ SEM DESCARGA DE FUNDO

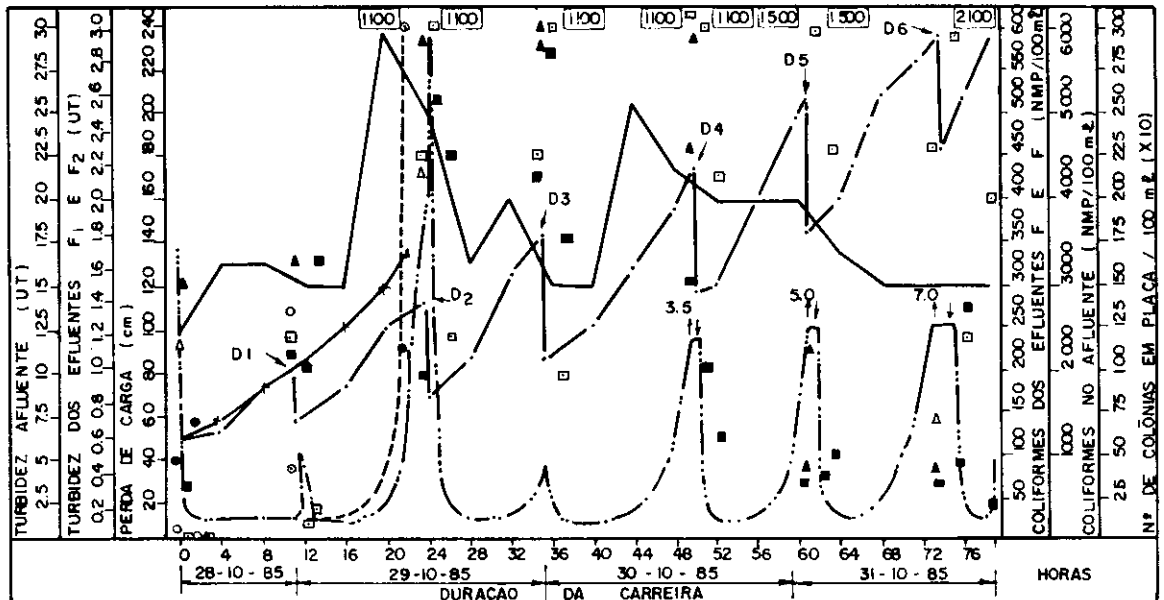


Figura 7 — Variação da turbidez, perda de carga e determinações do NMP de coliformes totais e contagens de colônias de bactérias durante a carreira de filtração para as seguintes condições:

Nº DO ENSAIO : 08

TAXA DE FILTRAÇÃO : $200\text{m}^3/\text{m}^2$. DIA

- TURBIDEZ NO AFLUENTE
- - - TURBIDEZ DO F₁
- · · TURBIDEZ DO F₂
- · - PERDA DE CARGA F₁
- - - PERDA DE CARGA F₂
- ▲ COLIFORMES NO AFLUENTE
- COLIFORMES NO F₁
- COLIFORMES NO F₂
- PICOS DE COLIFORMES
- D_n Nº DESCARGA

NMP DE COLIFORMES TOTAIS POR 100mL

Nº DE DESCARGAS NO F : 06

NO AFLUENTE : 1.000 A 5.000

F₂ SEM DESCARGA DE FUNDO

vro Operações e Manutenção de Estações de Tratamento de Água, Faculdade de Saúde Pública — USP e OPS, 1965, 198 p.

(7) DI BERNARDO, L. — "Filtração Ascendente" — In: Programa Regional OPS/EHP/Cepis de Melhoramento de Águas para Consumo Humano —

Manual de Instrução — versão em português, abr. 1981.

(8) DI BERNARDO, L. et al. — "Estudo das Influências das Características

Hidráulicas e da Camada de Areia na Filtração Ascendente" — Revista DAE, ano XLII, 42(131), dezembro, 1982, p. 94-102.

- (9) DI BERNARDO, L. e RAZABONI, J. D. — "Estudos das Influências do Emprego do Amido de Batata como Auxiliar de Filtração Direta Ascendente" — XIX Congresso Interamericano da Aids, Santiago, Chile, 11 a 16 de novembro de 1984.
- (10) DI BERNARDO, L. e RAZABONI, J. D. — "Influência da Realização de Descargas de Fundo durante a Carreira de Filtração no Comportamento de Sistemas de Filtração Direta Ascendente" — XIX Congresso Interamericano da Aids, Santiago, Chile, 11 a 16 de novembro de 1984.
- (11) DI BERNARDO, L. — "Comparação entre a Filtração Realizada em Papel Filtro e em Instalação-Piloto de Filtração Direta Ascendente" — XIX Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, Santiago, Chile, 1984.
- (12) DI BERNARDO, L. — "Considerações Hidráulicas sobre o Funcionamento de Sistemas de Filtração Direta Ascendente" — Boletim de Hidráulica e Saneamento, n.º 10, Escola de Engenharia de São Carlos — USP, 1985.
- (13) DIAPER, E. W. J. e IVES, K. J. — "Filtration Through Size-Graded Media" — Journal of the Sanitary Engineering, Division Proceeding of the A. S. C. E. 91(SA3), jun. 1965, pág. 89-144.
- (14) FERNANDEZ, L. C. — Comunicação pessoal.
- (15) GELDREICH, E. E. et al. — "Type Distribution of Coliforme Bacteria in the Faces of Warm Blooded Animal" — Journal of W. P. C. F., vol. 34(34), 1962, p. 295-301.
- (16) GELDREICH, E. E. — "The Necessity of Controlling Bacterial Populations in Potable Water: Community Water Supply" — Journal of A. W. W. A. vol. 64 (9) september, 1972.
- (17) GRINPLASTCH, B. S. — "Nova Técnica de Filtração em Uso no Brasil" — IV Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária, tema I, vol. 1, São Paulo, 1971.
- (18) HAMANN, C. L. e MCKINNEY, R. E. — "Upflow Filtration Process" Journal of A. W. W. A., vol. 60(9) september, 1968, p. 1023-1039.
- (19) HANEY, B. J. e STEIMPLE, S. E. — "Potable-Water Supply by Means of Upflow Filtration (L'Eau Claire Process)" — Journal of A. W. W. A., vol. 66(2), feb., 1974, p. 117-123.
- (20) IVES, K. H. — "Advanced in Deep-bed Filtration" — Transactions of the Institution of Chemical Engineers, vol. 48(3), april, 1970.
- (21) LING, J. T. — "Progress in Technology of Water Filtration" — Journal of W. S. W., vol. 109(8), August, 1962, p. 315-319.
- (22) LOGSDON, G. S. et al. — "Alternative Filtration Methods for Removal of Giardia Cysts Model" — Journal of A.W.W.A., vol. 54(2), 1962, p. 111-118.
- (23) MENDES, C.G.N. — "Estudo das Influências das Dosagens de Produtos Químicos na Filtração Direta Ascendente" — Tese de Mestrado apresentada na EESC-USP — Departamento de Hidráulica e Saneamento, janeiro, 1985, São Carlos — SP.

Quadro 7 — Quantidade de água perdida durante as descargas

Ensaio-tipo	Água produzida em média (m ³ /m ²)	Água perdida (m ³ /m ²)	Saldo (m ³ /m ²)	%
sem D.F.	316,5	-	316,5	-
1 D.F.	424,8	0,85	423,9	0,21
2 D.F.	558,1	1,70	556,4	0,30
4 D.F.	716,4	3,40	713,0	0,47
6 D.F.	799,4	5,10	794,6	0,60
8 D.F.	916,3	6,80	909,5	0,74

D.F. = Descargas de fundo

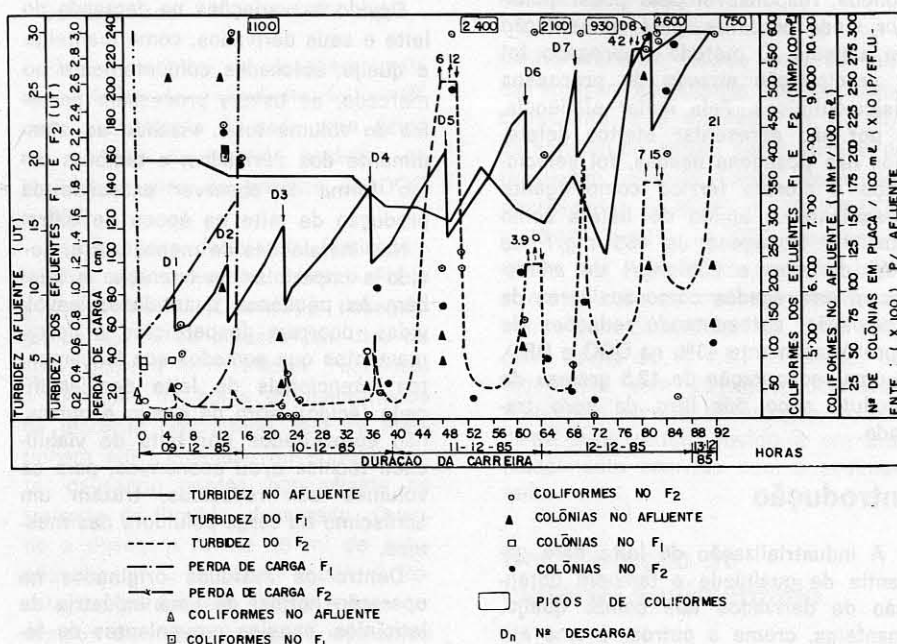


Figura 8 — Variação da turbidez, perda de carga e determinações do NMP de coliformes totais e contagens de colônias de bactérias durante a carreira de filtração para as seguintes condições:

N.º DO ENSAIO : 10 NMP DE COLIFORMES TOTAIS POR 100 mL F1 SEM DESCARGA DE FUNDO
TAXA DE FILTRAÇÃO : 200m³/m².DIA NO AFLUENTE : 5.000 A 10.000 N.º DE DESCARGAS F2 : 08

- (24) MILLER, D. G. — "Experiences with Upflow Filters" — Simposium of New Methods on Water Treatment — PAHO, Assuncion, Paraguay, 1972.
- (25) NAYLOR, A. E. et al. — "Recent Developments on the Rapid Sand Filters at Luton" — Reprinted of Journal of the Institute of Water Pollution Control., 66(4), 1967, p. 309-315.
- (26) OEBEN, R. W. et al. — "Comparison of Normal and Reverse Graded Filtration" — Journal of A.W.W.A. vol. 60(11), april 1968, p. 429-439.
- (27) O'MELIA, C. R. — "Particles, Pretreatments, and Performance in Water Filtration" — Journal of Environmental Engineering, A.S.C.E., vol. 111 (6), dec. 1985.
- (28) RICHTER, C. A. — "Floculadores de Médios Porosos" — In: Floculation — Processos Unitários — Teoria — Ciências Básicas de Tratamento de Água — Programa Regional OPS/EHP/Cepis — 1981.
- (29) ROBECK, G. C. et al. — "Effectiveness of Water Treatment Processes in Virus Removal" — Journal of A. W.W.A., vol. 54 (10), 1962, p. 1275-1290.
- (30) SETH, A. K. et al. — "Nematode Removal by Rapid Sand Filtration" — Journal of A.W.W.A., vol. 60(8), august, 1968, p. 962-968.
- (31) SMIT, P. — "Upflow Filter" — Journal of A.W.W.A., vol. 55(6), Jun. 1963, p. 804-806.
- (32) SOUZA, H. B. — "Guia Técnico de Coleta de Amostras de Água" — Cetesb, São Paulo, 1977, 257 p.
- (33) TEIXEIRA, B. A. N. — "Influência das Características da Camada Suporte e da Areia na Eficiência da Filtração Direta Ascendente" — Dissertação de Mestrado — Biblioteca da Escola de Engenharia de São Carlos — USP, junho de 1986.