

# Influência da realização de descargas de fundo durante a carreira de filtração no comportamento de sistemas de filtração direta ascendente

Luiz DI Bernardo (\*)  
João Donizete Razaboni (\*\*)

## RESUMO

A filtração direta ascendente tem sido intensivamente estudada na Escola de Engenharia de São Carlos/USP (Brasil) e, como resultado, são inúmeras as evidências que indicam a grande potencialidade desse sistema para o tratamento de águas de abastecimento. Em trabalhos anteriores, foi constatada a importância do papel que desempenha a camada suporte nesse sistema, além das vantagens do uso de amido de batata como auxiliar de filtração.

O presente trabalho foi realizado com o objetivo principal de investigar a influência da realização de descargas de fundo durante a carreira de filtração para taxas de filtração compreendidas entre 120 e 240 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/dia. Adicionalmente, foi também estudada a influência do uso de amido de batata na qualidade do efluente produzido e seu efeito na duração da carreira de filtração quando, durante o funcionamento do filtro, são efetuadas as descargas de fundo.

Com base no trabalho realizado ficou evidenciada a grande potencialidade da operação de sistemas de filtração direta ascendente incluindo a realização de descargas de fundo durante a carreira de filtração, pois além da turbidez média global do efluente produzido resultar inferior, as carreiras de filtração para as taxas de filtração estudadas resultaram consideravelmente mais longas que aquelas referentes ao método de operação em que não foram efetuadas as descargas.

Adicionalmente, o uso de amido de batata atenuou os picos de turbidez causados pelas perturbações devidas às descargas, porém, as carreiras de filtração foram mais curtas em relação ao filtro em que esse polímero natural não foi aplicado.

Os autores agradecem ao Serviço Autônomo de Água e Esgoto da cidade de São Carlos por permitirem a realização da investigação experimental nas dependências da Estação de Tratamento de Água.

Finalizando, os autores agradecem a Fapesp-Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo, pelo auxílio financeiro concedido para a aquisição de equipamentos, execução e montagem da instalação-piloto (Processo n.º 80/1018-5), e à concessão de bolsa de mestrado ao eng. João Donizete Razaboni (Processo n.º 80/1437-8) e ao CNPq-Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo auxílio financeiro para participação no XIX Congresso da Aids (Processo n.º 405971/84-EC).

## 1 — INTRODUÇÃO

Um dos resultados mais interessantes do trabalho realizado por Di Bernardo e colaboradores (1) sobre o estudo da influência das características hidráulicas e da camada de areia na filtração direta ascendente diz respeito ao papel que a camada suporte desempenha durante o processo de filtração. Esses autores verificaram que, devido à floculação que ocorria nessa camada, grande parte da turbidez do afluente era retida na mesma, reduzindo a quantidade de sólidos afluentes à camada de areia e propiciando condições para que variações repentinas da qualidade da água bruta não afetassem substancialmente a qualidade do efluente.

Devido à grande quantidade de matéria retida na camada suporte, Di Bernardo e colaboradores (1) constataram ser mais difícil efetuar eficientemente a lavagem em contracorrente, e recomendaram a realização de descarga de fundo antes do início da operação da lavagem. Essa medida, juntamente com lavagem auxiliar, mediante o emprego de ar, resolveu satisfatoriamente o problema de lavagem enfrentado por aqueles pesquisadores. Apesar de não publicarem os resultados de ensaios preliminares, foi observado que a realização de descargas intermediárias durante o funcionamento poderia propiciar uma recuperação de carga hidráulica, devido à retirada parcial de matéria suspensa retida na camada suporte, possibilitando a obtenção de carreiras de filtração mais longas. Entretanto, somente com a realização de uma investiga-

ção experimental criteriosa é que se poderiam obter resultados que comprovassem a potencialidade desse novo método de operação.

Assim, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de investigar, em uma instalação-piloto, a influência da execução de descargas de fundo (junto à camada suporte) durante a carreira de filtração, no comportamento do filtro quando se varia a taxa de filtração e se utiliza o amido de batata como auxiliar.

## 2 — MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 — Descrição Geral da Instalação-Piloto

A instalação-piloto era constituída de: dois filtros-piloto de acrílico, três turbidímetros de escoamento contínuo (Hach Chemical Company, EUA), três registradores de turbidez (Modelo Rus-trak, da Hach Chemical Company — EUA), dois medidores e registradores de perda de carga, do tipo de pressão diferencial (Bristol — Babcock — Brasil), uma câmara de nível constante, uma bomba centrífuga para recalque de água coagulada, recipiente para armazenamento e dosagem de solução de amido de batata e compressor de ar para lavagem auxiliar.

A descrição a seguir deve ser acompanhada pela consulta à Figura 1. Inicialmente, a água coagulada na ETA de São Carlos (SP-Brasil) era recalcada para uma caixa, localizada em cota superior à saída dos filtros (aproximadamente 3,5 m de desnível) e provida de extravasor. Dessa caixa, partiam duas canalizações, providas de válvula de gaveta, com descarga livre em uma outra caixa contendo dois compartimentos independentes, num dos quais era também adicionada a solução de amido de batata. Individualmente, as canalizações de PVC de 15 mm de diâmetro conduziam os afluentes aos dois filtros.

O arranjo das canalizações na entrada de cada filtro permitia que fosse desviado o afluente através da manobra de válvulas de gaveta por ocasião da execução das descargas de fundo ou para se proceder à lavagem

(\*) Professor livre-docente da Escola de Engenharia de São Carlos/USP  
(\*\*) Professor da PUC/Campinas

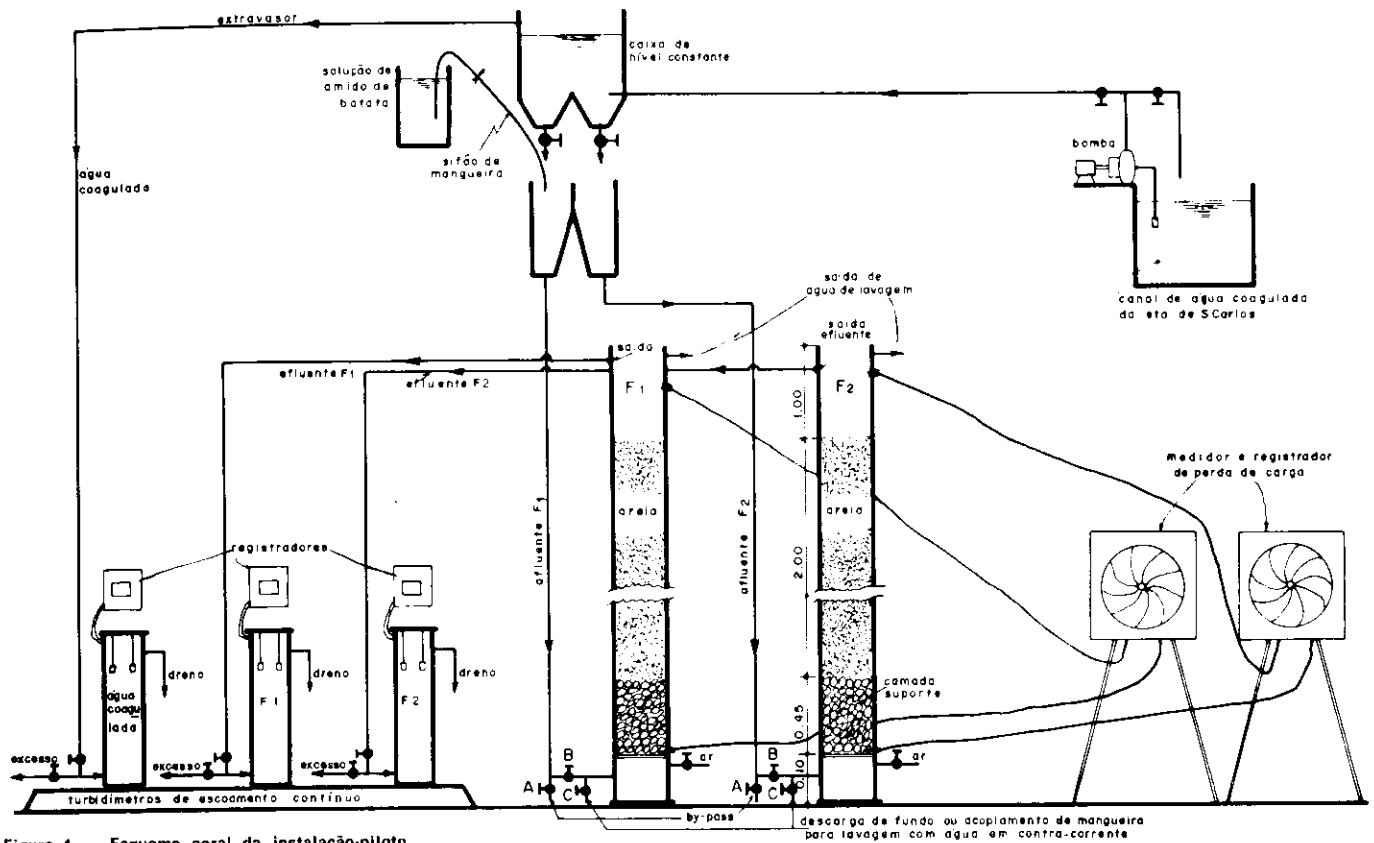


Figura 1 — Esquema geral da instalação-piloto.

em contracorrente. A entrada em cada filtro era feita em um compartimento localizado na parte inferior, sob uma placa perfurada, sobre a qual estava disposta a camada suporte, de granulometria variável. A camada de areia permanecia sobre a camada de pedregulho. Através de uma entrada no compartimento inferior do filtro, o ar para lavagem auxiliar era introduzido sob a placa perfurada.

Duas tomadas de pressão, uma imediatamente sobre a placa perfurada (início da camada de pedregulho) e outra próxima à saída de cada filtro, foram conectadas, por meio de mangueiras plásticas, aos medidores e registradores de pressão do tipo diferencial. Através de derivação de cada canalização de efluente dos filtros, uma parcela da água filtrada era conduzida para o respectivo turbidímetro de escoamento contínuo. A medida e registro de turbidez de água coagulada eram feitos em um terceiro turbidímetro de escoamento contínuo que recebia água coagulada do extravasor da caixa de nível constante.

A água bruta afluyente à ETA de São Carlos era proveniente de três mananciais de superfície recebendo cal no canal de chegada e sulfato de alumínio na garganta de uma calha Pashall. Em seguida, a água juntamente com os produtos químicos era agitada em uma câmara de mistura rápida mecanizada. Após a câmara de mistura

rápida da ETA foi instalada a bomba de recalque do afluyente à instalação-piloto.

## 2.2 — Características da Camada Suporte e Material Filtrante

Os dois filtros receberam, de forma aleatória, as mesmas subcamadas de pedregulho e camada de areia, com características recomendadas por Di Bernardo e colaboradores (1). O Quadro 1 apresenta as características dos materiais.

## 2.3 — Metodologia

Devido à grande quantidade de ensaios, apresenta-se, neste trabalho, somente a parte referente à comparação entre a operação do sistema de fil-

tração direta ascendente com e sem descarga intermediária. Para que se programasse a realização das descargas intermediárias, tornou-se necessário conhecer a evolução da perda de carga durante a carreira de filtração de ambos os filtros e assim o trabalho experimental foi dividido em duas fases. Na primeira fase, foram estudadas as taxas de filtração de 120, 180 e 240  $m^3/m^2$  dia, empregando-se as seguintes dosagens de amido de batata: 0,02; 0,05; 0,10; 0,20 e 0,50 mg/l. Todos os resultados, assim como a discussão dos mesmos e as conclusões da primeira fase, são apresentados em outro trabalho intitulado "Estudo das Influências do Emprego de Amido de Batata como Auxiliar na Filtração Direta Ascendente" (2). De posse dos resultados do trabalho re-

Quadro 1 — Características do material filtrante e camada suporte

CAMADA SUPORTE	POSIÇÃO				
	Fundo	1ª	2ª	3ª	Tipo
Espessura (mm)	150	90	70	70	70
Tamanho (mm)	63,50-31,70	31,70-19,10	19,10-12,70	12,70-4,76	4,76-2,00
AREIA	Espessura da Camada (mm)	Tamanho do Menor Grão (mm)	Tamanho do Maior Grão	Tamanho Efetivo (mm)	Coefficiente Desuniformidade
	2000	0,71	1,68	0,88	1,4

ferente à primeira fase (2), foi escolhido o ensaio que apresentou os melhores resultados para cada taxa de filtração, isto é, a dosagem de amido de batata mais apropriada.

A segunda fase do trabalho experimental foi repetir aqueles ensaios, porém, realizando descargas intermediárias pré-programadas para ambos os filtros para verificar, também, se a utilização do auxiliar atenuaria os picos de turbidez que eram esperados no efluente após a execução da descarga.

As Figuras 2, 3 e 4 apresentam os dados referentes à turbidez do afluente e efluentes dos filtros e a curva de evolução de perda de carga durante o ensaio para as taxas de filtração de 120, 180 e 240 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.dia, respectivamente, para as dosagens de amido de batata que apresentaram os melhores resultados. De posse dos valores de perda de carga total inicial para cada taxa de filtração (Figuras 2, 3 e 4) e levando-se em conta que a carga hidráulica disponível era de 2,4 m, foi programada a realização das descargas intermediárias, conforme mostra o Quadro II, de modo que a diferença entre a perda de carga total final (2,4 m) e a perda de carga total inicial (variável) dividida por um incremento de perda de carga aproximadamente igual para as três taxas de filtração, resultasse um número inteiro de descargas intermediárias para cada taxa.

As descargas eram realizadas da seguinte forma (ver Figura 1): (I) abertura da válvula A; (II) fechamento da válvula B; (III) abertura completa da válvula C; (IV) manutenção da válvula C aberta até que o nível de água no interior do filtro atingisse um ponto correspondente a 10 cm acima do topo da camada de areia; (V) fechamento da válvula (C); (VI) fechamento da válvula A e concomitantemente, abertura da válvula B.

As vazões dos afluentes aos filtros eram verificadas várias vezes durante um ensaio. Todos os aparelhos e equipamentos foram calibrados previamente, porém, entre os ensaios eram feitas verificações dos mesmos para aferições, caso fossem necessárias.

A condição para que um ensaio fosse encerrado era ditada por uma das duas condições: (I) turbidez do efluente igual a 5 UT; (II) perda de carga total na camada suporte e camada de areia igual a 2,4 m.

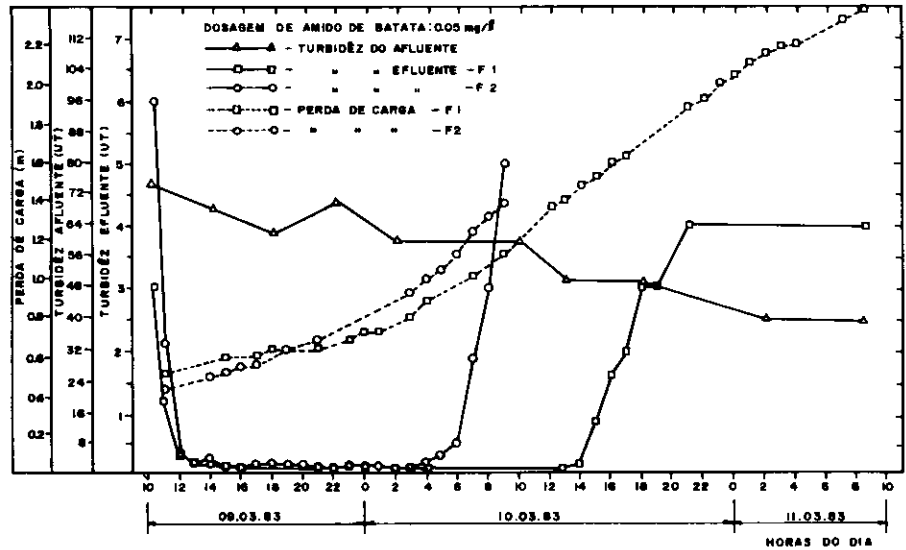


Figura 2 — Método de operação: sem descargas intermediárias. Taxa de filtração: 120 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/dia

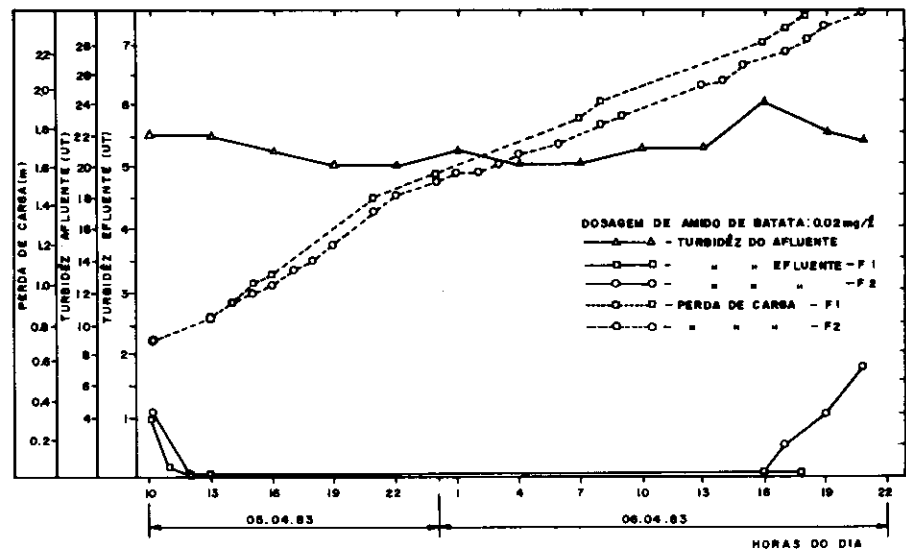


Figura 3 — Método de operação: sem descargas intermediárias. Taxa de filtração: 180 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/dia

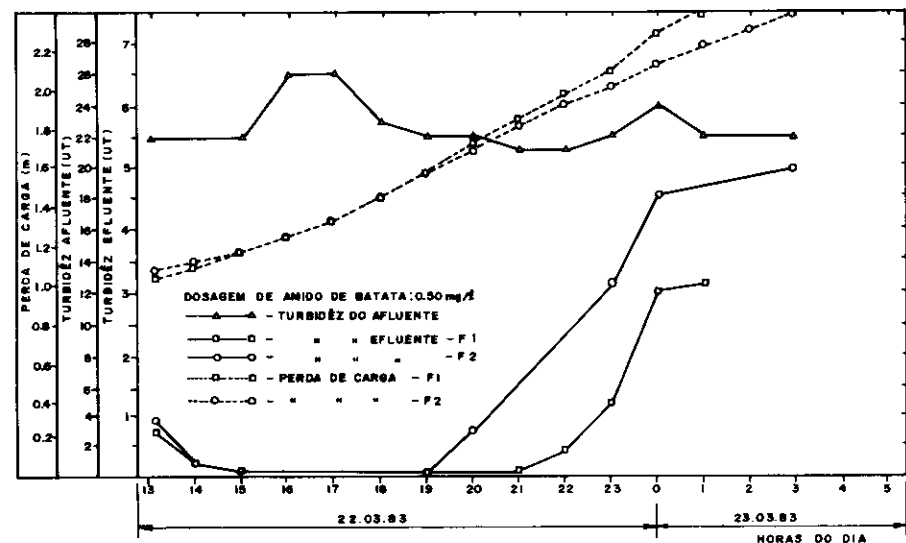


Figura 4 — Método de operação: sem descargas intermediárias. Taxa de filtração: 240 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/dia

Quadro 2 — Programação das descargas intermediárias

FILTRO	TAXA DE FILTRAÇÃO (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .dia)	PERDA DE CARGA TOTAL INICIAL (cm)	CARGA HIDRÁULICA DISPONÍVEL PARA RETENÇÃO DE IMPUREZAS (cm)	NÚMERO DE DESCARGAS	VALOR DA PERDA DE CARGA TOTAL NO INSTANTE DA DESCARGA (cm)					
					1*	2*	3*	4*	5*	6*
F <sub>1</sub> (* )	120	48	192	6	80	112	144	176	208	240
	180	76	164	5	112	144	176	208	240	-
	240	96	144	4	132	168	204	240	-	-
F <sub>2</sub> (**)	120	48	192	6	80	112	144	176	208	240
	180	76	164	5	112	144	176	208	240	-
	240	96	144	4	132	168	204	240	-	-

(\*) — com auxiliar de filtração  
 (\*\*) — sem auxiliar de filtração

Quadro 3 — Resumo dos resultados obtidos

TAXA DE FILTRAÇÃO (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .dia)	FILTRO	MÉTODO DE OPERAÇÃO														DOSAGEM DE AMIDO (mg/l)	RELAÇÃO TA/TB
		SEM DESCARGAS INTERMEDIÁRIAS							COM DESCARGAS INTERMEDIÁRIAS								
		Turbidez (UT) Efluente			Condição de Término do Ensaio		Turb.Med. do Afluente (UT)	Tempo de Operação -TA(Hora)	Turbidez (UT) Efluente			Perda de Carga Total Final (m)	Carga Hidráulica Recuperada (m)	Turb.Med. do Afluente (UT)	Tempo de Operação -TA(Hora)		
		Máx.	Med.	Mín.	Turbidez Efluente (UT)	Perda de Carga (m)			Máx.	Med.	Mín.						
120	F <sub>1</sub>	4,00	1,55	0,05	4,00	2,40	64,81	47	1,40	0,21	0,05	2,40	3,52	23,71	146	0,05	3,11
	F <sub>2</sub>	6,00	0,90	0,07	5,00	1,38	55,06	22	1,60	0,12	0,06	2,40	4,40	23,69	158	-	7,18
180	F <sub>1</sub>	1,10	0,08	0,05	0,05	2,40	21,15	32	1,50	0,18	0,06	2,40	2,10	17,41	58	0,02	1,81
	F <sub>2</sub>	1,75	0,25	0,06	1,75	2,40	21,17	35	1,00	0,24	0,07	2,40	3,01	17,79	70	-	2,00
240	F <sub>1</sub>	3,10	0,69	0,05	3,10	2,40	22,60	12	2,50	0,39	0,05	2,40	1,42	19,37	29	0,50	2,42
	F <sub>2</sub>	5,00	1,86	0,05	5,00	2,40	22,69	14	0,45	0,10	0,05	2,40	1,76	19,78	34	-	2,43

F<sub>1</sub> — com auxiliar; F<sub>2</sub> — sem auxiliar

## 2.4 — Resultados

Apresenta-se, no Quadro 3, um resumo dos resultados obtidos, destacando-se os principais fatores envolvidos.

As Figuras 5, 6 e 7 apresentam a variação da turbidez do afluente e efluentes e as curvas de evolução de perda de carga e recuperação de carga hidráulica dos filtros F<sub>1</sub> e F<sub>2</sub> para as taxas de filtração estudadas.

## 3 — DISCUSSÃO

As Figuras 2, 3 e 4 mostram nitidamente, que, utilizando-se da água coagulada na ETA de São Carlos, há uma tendência para a ocorrência do transpasse final, isto é, a partir de um certo instante, a turbidez do efluente aumenta, muitas vezes alcançando o valor limite (5 UT), sem contudo haver o consumo da carga hidráulica total

disponível (2.4 m). Essas figuras mostram também que, quando se emprega o amido de batata como auxiliar, o transpasse deixa de existir ou é retardado em relação ao filtro que não recebe aquele polímero.

É bem provável que as dosagens de produtos químicos usados na ETA de São Carlos, com o fim de promover a coagulação e floculação para posterior sedimentação, sejam maiores que aquelas recomendáveis para sistemas de filtração direta ascendente, causando a ocorrência do transpasse antes que a carga hidráulica total disponível seja consumida.

As Figuras 5, 6 e 7 mostram claramente as vantagens da execução de descargas intermediárias durante a carreira de filtração, pois com relação à qualidade dos efluentes produzidos, há pequena variação da turbidez dos efluentes de ambos filtros durante a perturbação causada pela descarga,

como também pela eliminação da ocorrência do transpasse final. Além da vantagem da qualidade dos efluentes produzidos, há que se levar em conta os aumentos consideráveis da duração das carreiras de filtração para as três taxas de filtração estudadas, chegando em alguns casos a se obter períodos de funcionamento cerca de duas a sete vezes maiores que no caso em que não são efetuadas as descargas (Figuras 2, 3 e 4).

Apesar da turbidez do efluente do filtro F<sub>1</sub> (com auxiliar) ser relativamente inferior à do filtro F<sub>2</sub> (Figuras 5, 6 e 7) referentes aos ensaios em que foram processadas as descargas intermediárias, os picos de turbidez do efluente do filtro F<sub>2</sub> ainda assim são relativamente pequenos quando comparados com o máximo de 5 UT permitido pela Norma Brasileira. Em geral, os picos de turbidez ocasionados pelas descargas intermediárias são atenuados.

nuados quando é utilizado o auxiliar (Figuras 5, 6 e 7).

As Figuras 5, 6 e 7 mostram também que, quando são efetuadas as

descargas intermediárias, a carreira de filtração do filtro F<sub>2</sub> resultou mais longa para as três taxas de filtração estudadas, isto é, como não houve o

traspasse final, a perda de carga limite de 2,4 m foi atingida antes no filtro F<sub>1</sub> devido à adição do amido de batata.

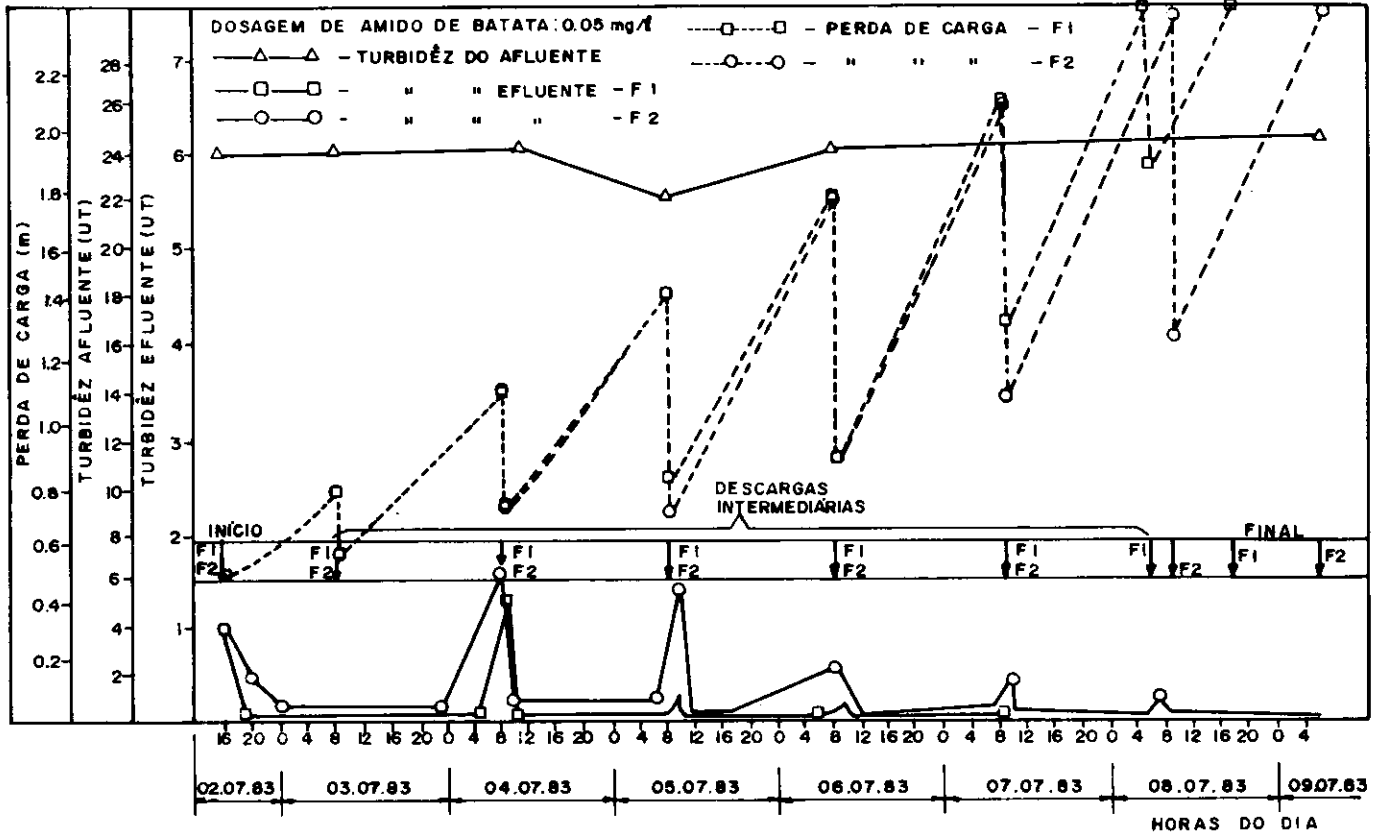


Figura 5 — Método de operação: com descargas intermediárias. Taxa de filtração: 120 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/dia

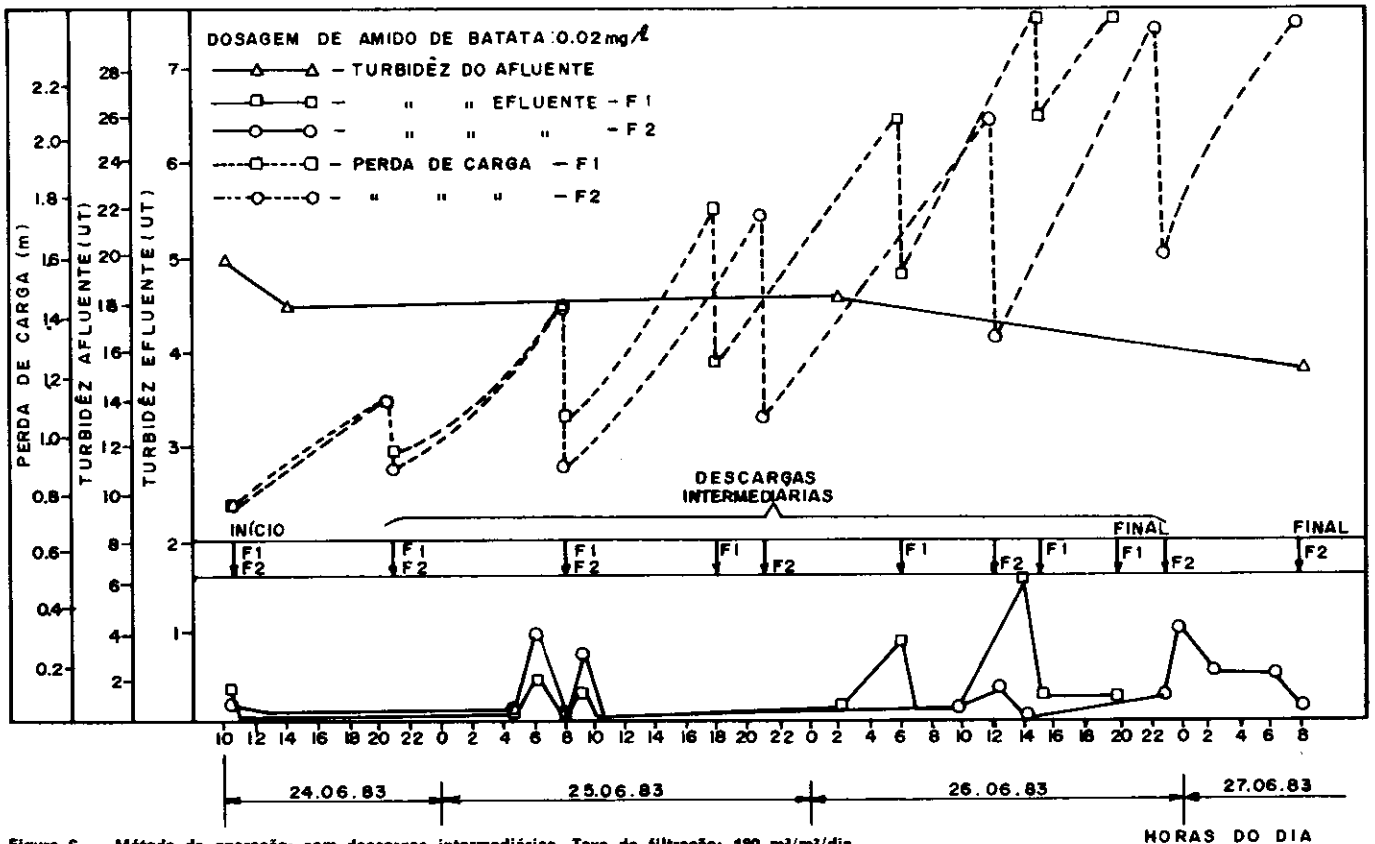


Figura 6 — Método de operação: com descargas intermediárias. Taxa de filtração: 180 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/dia

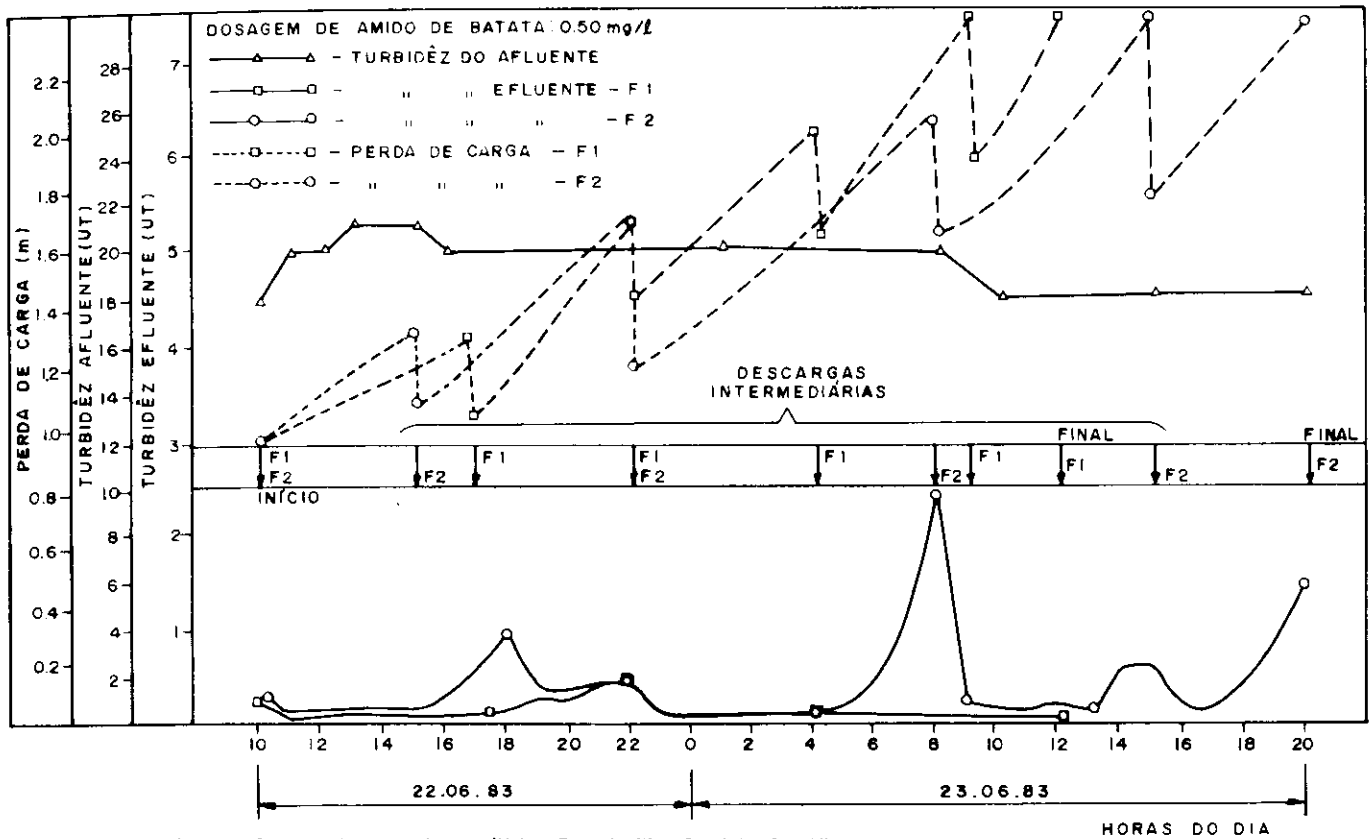


Figura 7 — Método de operação: com descargas intermediárias. Taxa de filtração: 240 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/dia

Para a carga hidráulica total inicial disponível de 2,4 m, as Figuras 5, 6 e 7 mostram também que, em geral, o valor absoluto da carga hidráulica recuperada é crescente da primeira para a última descarga efetuada para o filtro F<sub>2</sub>, porém, para o filtro F<sub>1</sub>, o valor recuperado cresce até um valor máximo e diminui para as últimas descargas. Tanto no Quadro III como nas Figuras 5, 6 e 7, nota-se que a carga hidráulica total recuperada do filtro F<sub>2</sub> é superior à do filtro F<sub>1</sub>, pois é bem provável que, devido à adição do amido de batata, os gradientes de velocidade que ocorrem durante as descargas intermediárias sejam menos atuantes no tipo de matéria retida no filtro F<sub>1</sub>.

#### 4 — CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com base no trabalho realizado e utilizando-se como afluente à instalação-piloto, a água coagulada da ETA de São Carlos (que posteriormente é floculada, sedimentada e filtrada), pode-se concluir que:

a) quando o método de operação não incluiu a realização de descargas intermediárias, a utilização de amido de batata como auxiliar conduziu a melhores resultados para as três taxas de filtração estudadas, pois além da turbidez dos efluentes serem inferiores, as carreiras de filtração resultaram mais longas;

b) quando o método de operação não incluiu a realização de descargas intermediárias, a ocorrência do transpasse, isto é, a deterioração acentuada da qualidade do efluente para as três taxas de filtração estudadas é atenuada ou até mesmo eliminada quando se aplica o amido de batata como auxiliar;

c) a evolução da perda de carga é mais acentuada quando se aplica o amido de batata como auxiliar, independentemente do método de operação;

d) quando o método de operação incluiu a execução de descargas intermediárias, os picos de turbidez, resultantes das perturbações introduzidas, são menores quando se usa o amido de batata como auxiliar, para as três taxas de filtração estudadas;

e) para as três taxas de filtração estudadas, as carreiras de filtração, quando são efetuadas as descargas intermediárias, resultaram mais longas para o filtro que não recebeu o amido de batata como auxiliar, pois a recuperação de carga hidráulica é maior.

Levando-se em conta os resultados obtidos, é recomendável que:

a) seja investigada, nas instalações existentes de filtração direta ascendente, a possibilidade do emprego do método de operação através de descargas intermediárias;

b) em novas instalações, sejam feitos arranjos do fundo dos filtros que permitam a realização das descargas com facilidade e eficiência na retirada dos sólidos retidos na camada suporte;

c) seja estudada a redução das dosagens de produtos químicos, tendo-se em vista, principalmente, a floculação que ocorre na camada suporte;

d) seja investigada, criteriosamente, a eficiência de remoção de microrganismos, principalmente no início da carreira de filtração e quando são efetuadas as descargas do fundo;

e) seja investigado para uma mesma taxa de filtração e mesma carga hidráulica total disponível, o efeito do número de descargas na recuperação de carga hidráulica.

#### 5 — BIBLIOGRAFIA

- 1 — DI BERNARDO, L. et alii. Estudo das Influências das Características Hidráulicas e da Camada de Areia na Filtração Ascendente. Revista DAE, Ano XLII, n.º 131, págs. 94-102, dezembro 1982.
- 2 — DI BERNARDO, L. & RAZABONI, J. D. Estudo das Influências do Emprego de Amido de Batata como Auxiliar na Filtração Direta Ascendente. XIX Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. Santiago, Chile, 11-16 de novembro de 1984.