

# VIII SILUBESA

SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO  
DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL



26 a 30 de Abril de 1998  
João Pessoa - Paraíba - Brasil

## ANAIS

Volume I

# O SANEAMENTO AMBIENTAL

# NA PRESERVAÇÃO

# DOS RECURSOS HÍDRICOS

PROMOÇÃO / REALIZAÇÃO



**ABES**

Associação Brasileira  
de Engenharia Sanitária  
e Ambiental



**APRH**

Associação Portuguesa  
dos Recursos  
Hídricos

SHS  
020/05/98

## DIRETORIA NACIONAL - ABES

### **Presidente:**

Clovis Francisco do Nascimento Filho

### **Vice-Presidente:**

Rodolfo José da Costa e Silva Junior

### **Diretor Região Norte:**

Demétrio Celestino Pinheiro da Costa

### **Diretor Região Nordeste:**

Cícero Onofre de Andrade Neto

### **Diretor Região Centro-Oeste:**

Marcos Helano Fernandes Montenegro

### **Diretor Região Sudeste:**

Aloísio de Araujo Prince

### **Diretor Região Sul:**

Alberto Zocco Junior

### **Secretária Geral:**

Marcia Bruna Orione

### **Secretário Geral Adjunto:**

Afonso Veiga Filho

### **Tesoureiro Geral:**

Edmilson Fonseca

### **Tesoureiro Geral Adjunto:**

Aloísio Souza da Silva

## DIRETORIA DA APRH

### **Presidente:**

Antonio Pinheiro

### **Vice-Presidente:**

Armênio de Figueiredo

Rui Rodrigues

### **Vogal:**

Carlos Pais

Helena Escudeiro

### **Presidente:**

Efigênio da Costa Vilar

### **Vice-Presidente:**

Joaquim Almeida Neto

### **Diretora:**

Maria Edelcides Gondim de Vasconcelos

### **1ª Secretária:**

Célia Dalva Alves Serafim

### **2ª Secretária:**

Maria de Fátima Morais Morosine

### **1º Tesoureiro:**

Abel Bezerra Júnior

### **2º Tesoureiro:**

Cláudia Coutinho Nóbrega

## COMISSÃO ORGANIZADORA

### **. Coordenação Geral:**

Clovis Francisco do Nascimento Filho - Brasil  
João Bau - Portugal

### **. Comissão Executiva**

Edmilson Fonseca - Coordenador

Airson Medeiros da Silva

Antonio Batista Guedes

Antonio Pinheiro

Cícero Onofre de Andrade Neto

Clarice Arnt

Edmilton Nunes da Silva

Efigênio da Costa Vilar

Guarany Marques Viana

João Bau

Luis Mesquita David

Maria Isabel Pulcherio Guimarães

Roberto Souza Barros

Rubens Falcão da Silva Neto

Vicente Calixto da Silva

### **. Secretaria Executiva**

Airson Medeiros da Silva - Coordenador Nacional

Joaquim Almeida Neto - Coordenador Local

Aécio Germano de Oliveira

Ana Carolina Lemos Sá M. De Meneses

Celia Dalva Alves Serafim

Cláudia Coutinho Nóbrega

Dailton Uchoa Leite

Fábio Lúcio de Almeida Lima

Maria Edelcides Gondim de Vasconcelos

Maria de Lourdes Cabral Batista

Maria Isabel Pulcherio Guimarães

Mirian Teixeira

Roberto Souza Barros

### **. Comitês de Trabalho**

#### **Comitê de Promoção Social, Recepção e Hospedagem**

##### **Coordenador:**

Maria de Fatima Morais Morosine

##### **Comitê Técnico e Científico**

##### **Coordenador:**

Antonio Batista Guedes

##### **Comitê de Divulgação e Imprensa**

##### **Coordenador:**

Marconi Paiva

##### **Comitê de Exposição Técnica**

##### **Coordenador:**

Sérvulo Mário Lacerda

##### **Comitê de Finanças**

##### **Coordenador:**

Abel Bezerra Jr.

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL - ABES**

**Anais do VIII Simposio Luso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**

**João Pessoa - PB , 26 a 30 de abril de 1998**

## **TRABALHOS TÉCNICOS**

### **Volume I**

**Promoção : Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental - ABES  
Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos - APRH**

**Realização : ABES - Seção Paraíba**

Reservados todos os direitos de tradução e adaptação Copyright © 1997 by  
Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental

Direitos desta edição:  
Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental



Av. Beira Mar, 216 - 13º andar - Castelo - 20021-060 - Rio de Janeiro - RJ - Brasil  
Tel: (021) 210-3221 - Fax: (021) 262-6838 - 2626-3941  
e-mail: abes@virtual.com.br

CIP-BRASIL. CATALOGAÇÃO NA FONTE  
FUNDAÇÃO BIBLIOTECA NACIONAL - RJ

S612a

Simpósio Luso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental ( 7. :  
1998 : João Pessoa, PB).

Anais do VIII Simpósio Luso Brasileiro de Engenharia Sanitária e  
Ambiental : trabalhos técnicos. - Rio de Janeiro : ABES, 1998.

2v. ;

ISBN 85-7022-131-2 volume 1

85-7022-130-4 volume 2

I. Engenharia sanitária - Brasil - Congressos.

CDD-628.0981

Impresso no Brasil/Printed in Brazil  
Depósito Legal na Biblioteca Nacional conforme Decreto  
nº 1825, de 20 de dezembro de 1907

## FILTRAÇÃO EM MÚLTIPLAS ETAPAS PARA TRATAMENTO DE ÁGUAS DE ABASTECIMENTO

**Gerardo Galvis C.** : Profesor Titular de la Universidad del Valle e Director de CINARA - Instituto de Investigación y Desarrollo en Agua Potable, Saneamiento y Conservación de Recursos Hídricos - Cali, Colômbia (Email : gegalvis@cinara.univalle.edu.co)

**Luiz Di Bernardo** : Professor Titular do Departamento de Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo (Email: bernardo@sc.usp.br)

**Cristina Celia S. Brandão<sup>1</sup>** : Professora Adjunta do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Tecnologia - Universidade de Brasília (Email: cbrandão@guarany.unb.br)

Endereço: (1) Campus Universitário Darcy Ribeiro, Asa Norte, Brasília - DF, CEP 70910-900  
Fone: (061) 348-2304 R.23, Fax: (061) 347-4743,

### RESUMO

A filtração em múltiplas etapas - FiME para tratamento de água de abastecimento vem sendo estudada com profundidade em instalações pilotos em vários países, destacando-se Colômbia e Brasil. Esta tecnologia consiste de unidades de pré-filtração dinâmica, pré-filtração ascendente em pedregulho e filtração lenta antes da desinfecção final. São apresentadas e discutidas as principais características deste sistema de tratamento e fornecidos dados básicos de projeto e de operação das primeiras estações em escala real construídas e que se encontram em funcionamento na Colômbia há mais de cinco anos. A facilidade de operação, a pouca manutenção requerida em tais sistemas, o emprego de materiais e mão de obra locais, a comprovada eficiência tanto em escala piloto quanto em escala real, além do fato de não ser utilizado coagulante químico, coloca a instalação FiME em condições privilegiadas para ser utilizada com sucesso no Brasil.

Palavras chave : pré-filtração em pedregulho, filtração lenta; filtração em múltiplas etapas

788470  
061098

SYSNO	988470
PROD	003143
ACERVO EESC	

## **INTRODUÇÃO**

A filtração é um processo imprescindível para a produção contínua e segura de água potável, e pode ser rápida ou lenta, dependendo da taxa de filtração. Usualmente, os filtros rápidos funcionam com taxas de filtração entre 150 e 300 m/d enquanto os filtros lentos operam com taxas geralmente inferiores a 6 m/d. Para o uso eficiente da filtração rápida, é necessário o pré-tratamento da água bruta com coagulação química, podendo ou não haver a floculação e decantação (ou flotação) dependendo da qualidade da água a ser tratada. Como na filtração lenta não é utilizada a coagulação química, a água a ser filtrada deve possuir características apropriadas, pois caso contrário o processo torna-se ineficiente. Por isso, na atualidade, a filtração lenta tem sido precedida por unidades de pré-tratamento, geralmente constituídas por pré-filtros de pedregulho.

Além de trabalhos de pesquisa sobre a filtração lenta realizados na década de setenta e sobre a pré-filtração em pedregulho e filtração lenta, realizados partir de 1983 no Departamento de Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, tais processos vêm sendo estudados por diversos organismos internacionais, destacando-se o CINARA-Instituto de Investigación y Desarrollo en Agua Potable, Saneamiento Básico y Conservación del Recurso Hídrico da UNIVALLE-Universidad del Valle (Cali-Colômbia), o Department of Civil Engineering - Imperial College of Science, Technology and Medicine (Londres-Reino Unido), o Department of Civil Engineering-University of Surrey (Guilford, Surrey-Reino Unido), o IRC-International Water and Sanitation Centre (Haia-Holanda), IHE-International Institute for Infrastructural, Hydraulic and Environmental Engineering (Delft-Holanda), o EAWAG-Swiss Federal Institute for Environmental Science and Technology (Dübendorf-Suíça), o Department of Civil Engineering-College of Engineering and Physical Sciences, University of New Hampshire (Durham-Estados Unidos).

## **NECESSIDADE DE PRÉ-TRATAMENTO PARA A FILTRAÇÃO LENTA**

A água bruta proveniente de cursos d'água superficiais geralmente contém material flutuante (pequenos galhos e folhas de árvores, grama), areia fina, silte, argila, e, algumas vezes, matéria orgânica natural e algas, conforme ilustrado na Figura 1. Organismos, tais como protozoários, bactérias e vírus também podem estar presentes e representar riscos à saúde pública, razão pela qual

sua inativação deve ser prioritária em qualquer sistema de tratamento. Quando não se emprega a coagulação química, a filtração lenta e a cloração são os principais processos de tratamento capazes de assegurar a produção de água com qualidade que pode ser usada pelo ser humano. Para que o emprego da filtração lenta seja viável, muitos autores limitam a turbidez da água bruta em 10 uT, pois dessa forma resultam carreiras de filtração com duração razoável e água filtrada com características apropriadas para que se tenha desinfecção eficiente. Além da turbidez, são considerados outros parâmetros de qualidade da água bruta para que somente a filtração lenta possa ser adotada antes da desinfecção, como apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 : Características da Água Bruta para o Uso da Filtração Lenta (Galvis et al, 1997)

Parâmetro de Qualidade	Valor Máximo Recomendado Segundo os Autores		
	Spencer & Collins	Cleasby	Di Bernardo
Turbidez (uT)	10	5	10
Algas (ind./L)	$2 \times 10^5$		$2,5 \times 10^5$
( $\mu\text{g}$ clorofila a/L)		5	
(UPA/mL)			$1 \times 10^3$
Cor Verdadeira (uC)	25		5
Absorvância ( $\lambda=254$ nm)	0,08		
Fósforo (mg $\text{PO}_4$ /L)	30		
Ferro Total (mg/L)	1	0,3	2
Manganês (mg/L)		0,05	0,2
Coliformes Fecais (NMP/100 mL)			200

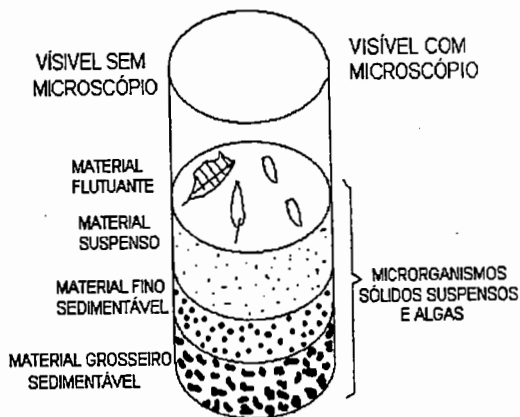


Figura 1. Impurezas Presentes em Água Superficial

É interessante observar que, na atualidade, a filtração lenta constitui a etapa final de tratamento em muitos países europeus. Em muitos casos, as instalações de filtração lenta foram construídas no final do século passado ou no início do século vinte e, devido ao aumento do conteúdo de matéria orgânica natural, agrotóxicos, algas e seus sub-produtos na água bruta, os quais praticamente não são removidos na filtração lenta, e também à adoção de padrões de potabilidade mais rigorosos, a água é inicialmente submetida a diferentes tecnologias de pré-tratamento, destacando-se a pré-oxidação com uso de ozônio (com ou sem peróxido de hidrogênio), coagulação, floculação seguida de flotação ou decantação, filtração rápida e finalmente, adsorção em colunas de carvão ativado granular. Na Figura 2 é apresentado um fluxograma da instalação de Lengg em Zurique (Suíça), na qual os filtros lentos funcionam com taxas de filtração altíssimas, de até 20 m/d, uma vez que os parâmetros de qualidade da água afluente aos mesmos são inferiores àqueles mostrados na Tabela 1. É evidente que esta utilização de filtros lentos não corresponde à situação comumente encontrada na maioria dos países em desenvolvimento.

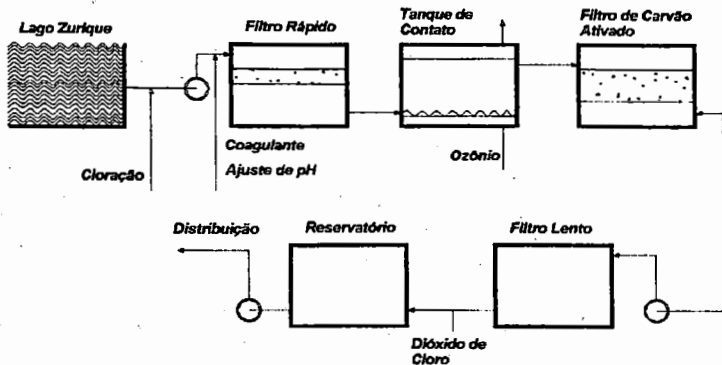


Figura 2 : Esquema da Instalação de Tratamento de Água de Lengg - Suíça

O meio filtrante dos filtros lentos, antigamente constituído unicamente de areia fina, foi alterado recentemente em instalações da Inglaterra, mediante a introdução de uma subcamada intermediária de carvão ativado granular, com o fim de aumentar a eficiência de remoção de matéria orgânica. Estudos em instalações pilotos têm comprovado a potencialidade do uso de mantas sintéticas não tecidas dispostas no topo da camada de areia, evidenciando a possibilidade de diminuir sua espessura, aumentar a taxa de filtração e obter carreiras de filtração mais longas.

Nos países tropicais há duas épocas do ano bem definidas, de estiagem e de chuva. Durante a estiagem, a qual pode representar a maior parcela do ano, a água proveniente de mananciais localizados em bacias hidrográficas sanitariamente protegidas, geralmente possui qualidade condizente com a requerida para que a filtração lenta funcione satisfatoriamente com produção água filtrada eficientemente desinfetada por meio da cloração. No entanto, em épocas de chuva, a água geralmente apresenta-se com concentração de alguns tipos de microrganismos, valores de turbidez e teor de sólidos suspensos relativamente altos, para que a filtração lenta funcione adequadamente, tornando-se imperiosa a utilização de alguma forma de pré-tratamento.

## CARACTERÍSTICAS DA FILTRAÇÃO EM MÚLTIPLAS ETAPAS - FiME

Como ilustrado nas Figuras 3 e 4, na FiME a água passa por diferentes etapas de tratamento. Na primeira delas, há principalmente a remoção de sólidos grosseiros, porém, organismos e material fino também são parcialmente removidos. A pré-filtração dinâmica é geralmente usada para esta finalidade, tendo-se um meio granular apropriado (pedregulho) sob o qual situa-se um sistema de drenagem, geralmente constituído por tubos perfurados; uma parcela da vazão afluente à unidade escoo superficialmente e outra infiltra, sendo coletada e encaminhada para unidades subseqüentes. Com a progressiva retenção de impurezas no topo do meio granular, a vazão de água que é filtrada diminui, sendo a limpeza comumente realizada por meio do revolvimento das subcamadas superiores do meio granular, utilizando-se ancinho ou rastelo para que as impurezas sejam liberadas e carreadas pelo escoamento superficial.

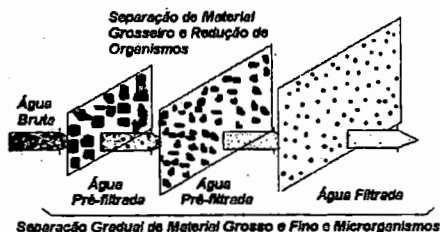


Figura 3. Representação da Filtração em Múltiplas Etapas - FiME

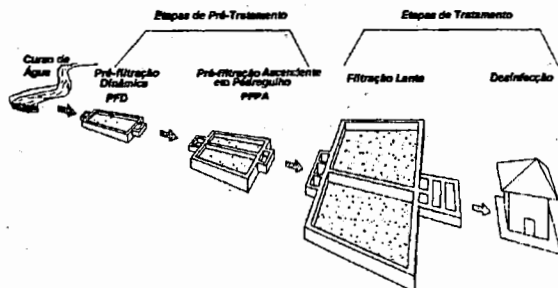


Figura 4 - Esquema Geral da Instalação FiME

Nota-se nas Figuras 3 e 4 que o efluente da pré-filtração dinâmica apresenta menor quantidade de impurezas de maior tamanho e passa, na segunda etapa, por outra unidade de pré-filtração em pedregulho contendo sub-camadas com pedregulho de tamanho decrescente, na qual o escoamento pode ser vertical ascendente ou descendente, ou horizontal. O efluente de qualquer tipo dessas unidades apresenta-se, em geral, com qualidade passível de ser submetido à filtração lenta. Os pré-filtros de escoamento ascendente têm sido preferidos por sua limpeza ser relativamente fácil, a qual é comumente efetuada por meio de descarga de fundo.

A filtração lenta evoluiu consideravelmente nos últimos dez anos, especialmente com relação ao meio filtrante e à forma de funcionamento. O uso de mantas sintéticas em conjunto com areia fina possibilita a adoção de taxas de filtração mais elevadas que as convencionalmente utilizadas. A comprovação de que filtros lentos com nível de água variável em seu interior apresenta resultados semelhantes aos de nível constante, facilitou sobremaneira sua operação, dispensando o emprego de equipamentos para controle de nível. O uso de carvão ativado granular em conjunto com areia fina favorece a remoção de matéria orgânica dissolvida, o que em geral não acontecia na filtração lenta.

Na filtração em múltiplas etapas ocorre redução gradual do conteúdo de material suspenso e dissolvido e do número de microrganismos presentes na água, de forma a garantir, após a desinfecção, a produção de água que pode ser consumida pelo ser humano sem riscos à sua saúde.

Na Figura 5 são apresentados esquemas de diferentes unidades de pré-filtração, comumente utilizadas a montante de filtros lentos. Com base em estudos de custos de implantação de FiME na Colômbia, foi estimada a distribuição porcentual de custos das etapas de tratamento de diferentes opções de FiME, como se observa na Tabela 2.

Tabela 2 : Custos de Implantação dos Diferentes Componentes de uma Instalação FiME no Vale do Rio Cauca na Colômbia (Agosto de 1996)

Componente de FiME \ Alternativas de FiME	PFD	PFD	PFD	PFD
	FLA	PFVAC FLA	PFVAS2 FLA	PFVAS3 FLA
PFD (pré-filtro dinâmico)	10	9	8	7
PFPAC (unidade com subcamadas)	-	15	-	-
PFPAS2 (duas unidades em série)	-	-	24	-
PFPAS3 (três unidades em série)	-	-	-	32
FLA (filtro lento em areia)	55	46	42	37
Área de Armazenamento de Areia	12	10	-	8
Outros	23	20	17	16
Total	100%	100%	100%	100%

Observa-se nesta tabela que o custo da pré-filtração dinâmica varia entre 7 e 10 % do custo total, razão pela qual é recomendável incluir sempre esta etapa de tratamento nas instalações FiME, tendo em vista também, sua elevada capacidade de retenção de sólidos suspensos. Da comparação realizada entre a pré-filtração em pedregulho horizontal e a vertical para diferentes taxas de filtração, a segunda resultou superior, não somente em termos de eficiência de remoção de impurezas, como também na facilidade de operação e manutenção, especialmente com relação às limpezas periódicas que são realizadas.

Com relação à pré-filtração em pedregulho vertical ascendente ou descendente, foi observado que ambas apresentam eficiência similar, porém, a facilidade de limpeza da ascendente faz com que esta seja mais apropriada. Atualmente, pode-se considerar que, uma estação de tratamento constituída de pré-filtração dinâmica, pré-filtração ascendente e filtração lenta, é capaz de fornecer água com qualidade satisfatória a custos de operação e manutenção relativamente baixos quando comparados aos de instalações com coagulação química.

Observa-se na Figura 6, a qual contém um esquema de um pré-filtro dinâmico, que a vazão afluyente à unidade de pré-filtração dinâmica é ligeiramente maior que aquela encaminhada ao tratamento subsequente - parte da vazão afluyente à unidade escoas superficialmente, constituindo o excesso,

enquanto a vazão desejada, correspondente à taxa de filtração fixada, infiltra e é coletada por um sistema de drenagem, geralmente constituído por tubulações providas de orifícios. Por este motivo, quando a água bruta é bombeada em distâncias relativamente longas, há que se computar o custo desta perda de água ou então, ter-se uma caixa de recepção desta parcela de água, a qual deve ser recirculada. O meio granular é constituído de pedregulho, com tamanho menor no topo e maior no fundo. Com o decorrer do tempo de funcionamento, há retenção de impurezas e aumento da perda de carga no meio granular, exigindo ajustes na válvula existente na tubulação de efluente para que a vazão de água efluente permaneça aproximadamente constante. A partir do momento em que a válvula na tubulação de efluente estiver completamente aberta, a vazão filtrada irá diminuir, exigindo que a unidade seja retirada de operação para sua limpeza. Com a válvula de efluente fechada, a vazão total afluente,  $Q_a$ , irá escoar pela superfície da camada de pedregulho e o operador, com auxílio de rastelo, revolve o material retido, o qual se desprende e é carregado pelo escoamento superficial, uma vez que a velocidade de escoamento resulta maior.

Na Figura 7 tem-se o esquema de uma unidade de pré-filtração ascendente, contendo três subcamadas de pedregulho de diferentes tamanhos. O sistema de drenagem deve ser compatível com a vazão de descarga desejada para que resulte limpeza eficiente durante a sua execução. No início da carreira a perda de carga no meio granular será baixa e aumentará com o tempo de funcionamento e, quando atingir um valor previamente fixado (em geral da ordem de 40 a 60 cm) a unidade deve ser retirada de operação para limpeza, a qual geralmente é feita algumas vezes por meio de enchimento dos filtros com água bruta e execução de descarga de fundo. O pré-filtro ascendente também pode ser operado com descargas de fundo intermediárias, pois tem sido comprovado que as mesmas propiciam aumento na duração da carreira. Em função das características do afluente, pode-se programar a execução de uma descarga de fundo intermediária a cada acréscimo de 10 cm na perda de carga no meio granular.

Na Figura 8 é mostrado um esquema de um filtro lento com taxa de filtração constante e nível de água variável no seu interior. No início de funcionamento, quando o meio filtrante encontra-se limpo, a eficiência de remoção de impurezas é relativamente baixa, havendo a necessidade da formação de uma camada biológica no topo da areia, conhecida por *Schmutzdecke*, para que seja produzida água

com qualidade aceitável, caracterizando o período de amadurecimento do nitrógeno lento. O nível de água no interior do filtro varia desde um valor mínimo, no início da filtração, até um valor máximo pré-fixado, quando o filtro deve ser retirado para que seja efetuada sua limpeza, por meio de raspagem de aproximadamente 1 a 3 cm do topo da areia. Após a retirada do material superficial, o filtro é recolocado em operação.

É conveniente salientar que há instalações em escala real que utilizam outros tipos de pré-tratamento, tais como lagos, desarenadores, micropeneiradores, etc, o que deve ser objeto de estudo em cada caso.

### **EXPERIÊNCIA DE INSTALAÇÕES EM ESCALA REAL**

Na Tabela 3 são apresentados algumas características de instalações FIME em escala real que se encontram em funcionamento na Colômbia, geridas e operadas por pessoal das comunidades.

Observa-se na Tabela 3 que há instalações contendo pré-filtros dinâmicos e pré-filtros com escoamento vertical ascendente em camadas e unidades em série, antecedendo os filtros lentos. Os principais resultados de operação das instalações mencionadas na Tabela 3 são apresentados nas Tabelas 4 e 5. Nessas tabelas, os valores constantes das colunas de P90, significam que 90 % dos dados apresentaram valores menores ou iguais àqueles considerados. Por exemplo, para a instalação de El Retiro, 90 % dos dados tinham valores de turbidez menores ou iguais a 0,9 uT. Observa-se também que o efluente final da maioria das instalações FIME apresentam turbidez menor ou igual a 5

uT durante o período de amostragem; de 84 a 98 % dos dados amostrados, a turbidez resultou menor ou igual a 1 uT. Há instalações, como a de Ceylan e de Shaloom, que durante quase todo o período de amostragem, foi produzido efluente com turbidez menor ou igual a 1 uT.

Com base nos dados de operação dessas instalações e de outras que foram construídas após 1995 e que se encontram em funcionamento na Colômbia, não há a menor dúvida quanto à potencialidade do uso da tecnologia de FIME no Brasil.

Tabela 3 - Características de Instalações em Escala Real na Colômbia

Instalação	Vazão Média	Sistema de Pre-tratamento				Filtro Lento de Areia	
		Tipo	Taxa	Meio filtrante		No de Unidades	Taxa
(L/s)	(m/h)		Tam.(mm)	Espes. (m)	(m/h)		
Ceylan	9.6	PFVAS2	0.75	25,4-3,2	2.0	2	0.14
La Marina	7.9	PFVAS3	0.90	19,0-6,4	1.8	2	0.16
Cañas Gordas	8.6	PFD	10.2	25,4-7,9	0.60	3	0.16
		PFVAS2	0.67	25,4-3,2	2.0		
El Retiro	20.0	PFD	1.50	25,4-7,9	0.6	4	0.15
		PFVAC	0.60	25,4-4,0	1.0		
Colombo	0.70	PFD	1.05	25,4-12,7	0.6	2	0.11
		PFVAC	0.60	25,4-4,0	1.2		
Shaloom	1.0	PFD	1.50	25,4-6,4	0.6	2	0.15
		PFVAC	0.60	25,4-3,2	1.5		
La Rivera	3.0	FGAC	0.60	25,4-4,0	1.2	2	0.15

Tabela 4 - Valores de Turbidez (uT) em Sistemas de Tratamento em Escala Real na Colômbia (período de amostragem entre 1990 e 1995)

ESTAÇÃO	AGUA BRUTA			EFLUENTE FINE			
DE	Varição	Nº de	P90	Varição	P90	Freq. (%)	
TRATAMENTO		Dados				≤ 5	≤ 1
Ceylan	0.6 - 15	114	4	0.1 - 6.0	0.6	99	98
La Marina	0.5 - 112	110	9	0.2 - 8.6	1.9	98	65
Cañas Gordas	2.0 - 75	112	29	0.2 - 4.1	1.3	100	84
El Retiro	4.0 - 180	85	25	0.3 - 2.7	0.9	99	91
Colombo	2.8 - 122	219	30	0.3 - 3.7	0.9	100	93
Shaloom	0.6 - 115	31	6	0.2 - 2.0	1.0	100	97
La Rivera	1.5 - 130	42	14	0.2 - 3.3	1.6	100	69

Tabela 5 - Valores da Concentração de Coliformes Fecais (UFC/100 mL) em Sistemas de Tratamento em Escala Real na Colômbia (período de amostragem entre 1990 e 1995)

ESTAÇÃO	AGUA BRUTA			EFLUENTE FINE			
DE	Varição	Nº de	P90	Varição	P90	Freq. (%)	
TRATAMENTO		Dados				≤ 25	≤ 3
Ceylan	46 - 1920	110	610	0 - 24	3	100	95
La Marina	30 - 35700	103	1050	0 - 29	4	99	84
Cañas Gordas	260 - 56000	111	11600	0 - 11	3	98	92
El Retiro	240 - 69500	85	10200	0 - 92	3	97	91
Colombo	800 - 470000	219	97000	0 - 17	2	99	94
Shaloom	200 - 3300	31	7000	0 - 17	6	100	74
La Rivera	370 - 23100	43	6500	0 - 2	1	100	100

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pré-filtração dinâmica (PFD) e a pré-filtração em pedregulho ascendente (PFPA), em camadas em unidades em série, como alternativas de pré-tratamento, juntamente com a filtração ler constituem a tecnologia denominada Filtração em Múltiplas Etapas-FiME, a qual tem condições tratar água bruta com níveis de contaminação superiores aos comumente considerados para emprego somente da filtração lenta, sem necessidade de utilizar coagulantes químicos. A qualid:

dos efluentes que se pode obter com FiME facilita a aplicação da desinfecção terminal, para produ: água de baixo risco sanitario. Este potencial para remover ou reduzir contaminantes de importânc sanitária, juntamente com os baixos custos de operação e manutenção e a possibilidade de utiliz: materiais e mão de obra local, fazem da FiME uma opção de tratamento muito atrativa para s adotada em um grande número de localidades que ainda não contam com os beneficios c abastecimento de água no Brasil, em especial comunidades de pequeno porte e comunidades rurais. Levando em conta o exposto anteriormente, os governos da Colômbia, através da "Direccic Nacional de Agua Potable y Saneamiento del Ministerio de Desarrollo Económico" e do Brasil, p: intermédio PROSAB - Programa de Pesquisa em Saneamento Básico, financiado pela FINE: CNPq, CAPES, CEF e MCT/RHA, estão apoiando a execução de atividades de pesquisa desenvolvimento (P&D) sobre a FiME, orientadas a um melhor entendimento desta tecnologia e a estabelecimento de parâmetros de projeto e de recomendações para operação e manutenção qu: facilitem seu apropriado aproveitamento no futuro. As atividades de P&D estão sendo realiza atualmente no Brasil pela ESSC-USP e pelo ENC da UnB, e na Colômbia pelo "Instituto Cinara c la Univalle". O intercâmbio de experiências entre estes grupos de trabalho universitários ver ocorrendo graças ao convênio existente entre a USP e a Univalle desde 1992 e ao acordo d cooperação científica e acadêmica entre o CNPq no Brasil e Colciencias na Colômbia.

## BIBLIOGRAFIA

- Ahsan, T. Process Analysis and Optimization of Direct Horizontal-Flow Roughing Filters PhD Thesis A. A. Balkema / Rotterdam 1995, The Netherlands.
- Cinara-Instituto de Investigación y Desarrollo en Agua Potable, Saneamiento Básico y Conservación del Recurso Hídrico Manual de Operación y Mantenimiento de Plantas de Tratamiento por Filtración en Múltiples Etapas CINARA 1996, Santiago de Cali, Colômbia.
- Di Bernardo, L. Water Supply Problems and Treatment Technologies in Developing Countries in South America JWATER SRT Aqua Vol. 40, n. 3, Jun. 1990, England.
- Di Bernardo, L. Filtração Lenta In: Métodos e Técnicas de Tratamento de Água Cap. 14, p: 281-399 1a Ed. Rio de Janeiro: Ed. Luiz Di Bernardo e Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental 1993, Rio de Janeiro, Brasil
- Di Bernardo, L. Algas e suas Influências na Qualidade das Águas e nas Tecnologias de Tratamento Ed. Luiz Di Bernardo e Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1995, Rio de Janeiro, Brasil.
- Galvis, G., Visscher, J. T., Fernandes, J. & Berón, F. Pre-Treatment Alternatives for Drinking Water Supply - Selection, Design, Operation and Maintenance IRC International Water and Sanitation Centre 1993, The Hague, The Netherlands.
- Seminário Internacional sobre Filtração em Múltiplas Etapas para Tratamento de Águas de Abastecimento - Vários Autores Anais São Carlos, 8 a 10 de Dezembro de 1997, Brasil.
- Vargas F, V Modelo de Decision para la Selección de un Sistema de Tratamiento de Agua con Tecnologia por Filtración en Múltiples Etapas Santiago de Cali, Colômbia, UNIVALLE, 1996
- Wegelin, M. Surface Water Treatment by Roughing Filters - A Design, Construction and Operation Manual Duebendorf, Swiss, SANDEC-EAWAG, 1996

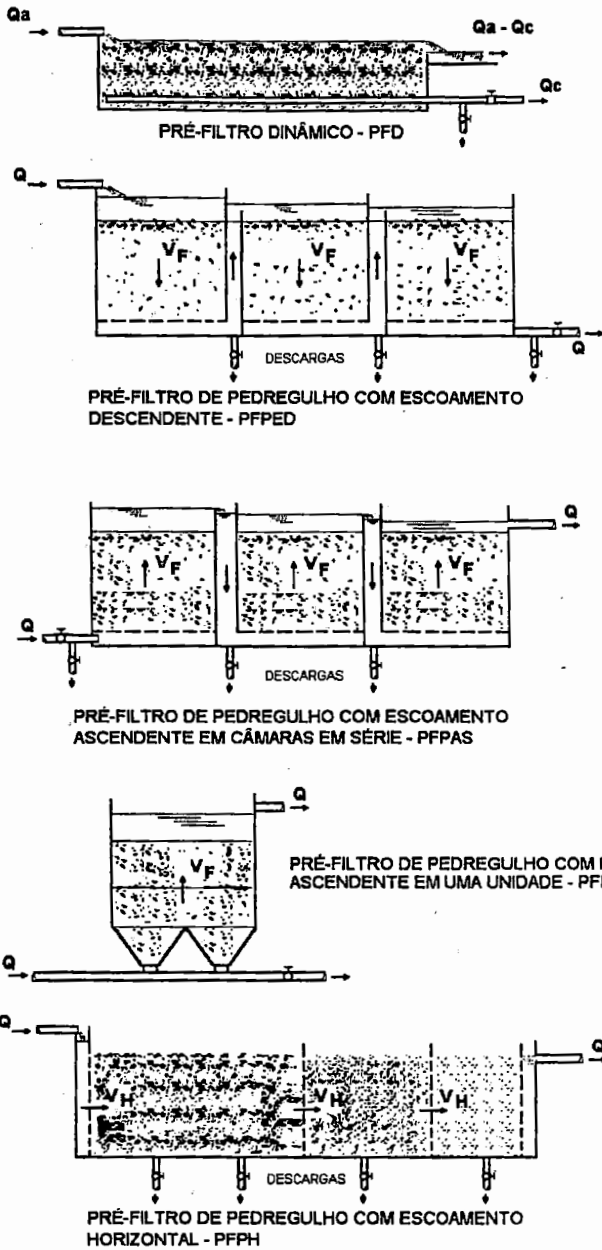


Figura 5 - Esquemas das Diferentes Unidades de Pré-Tratamento

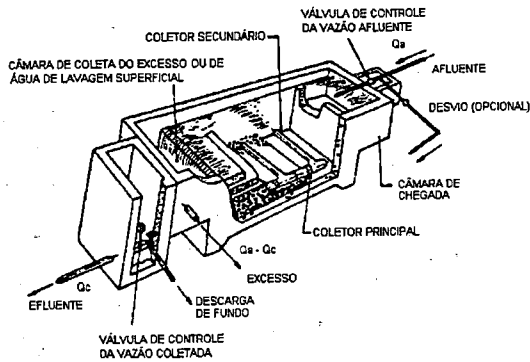


Figura 6 - Esquema de uma Unidade de Pré-filtração Dinâmica em Pedregulho

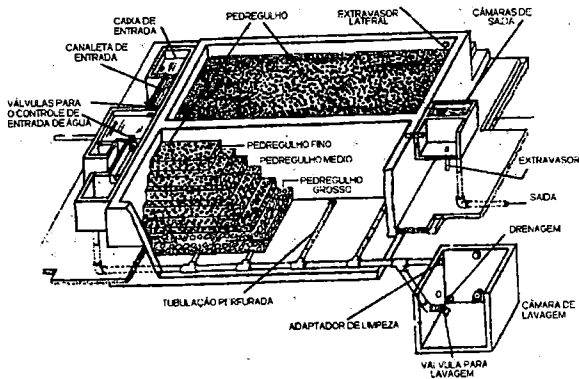


Figura 7 - Esquema de um Pré-Filtro de Pedregulho com Escoamento Ascendente

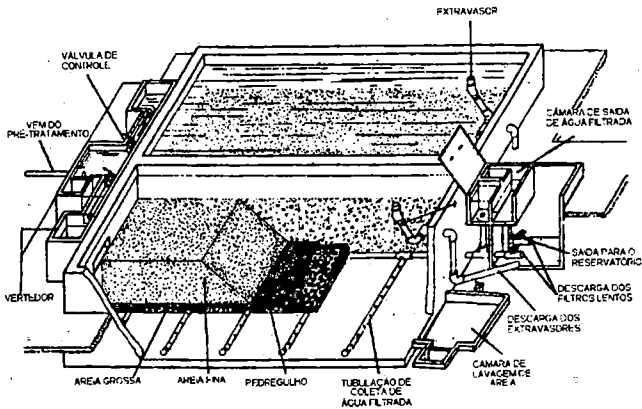


Figura 8 - Esquema de Um Filtro Lento de Areia