

FILTROS DE FLUXO ASCENDENTE

PROF. JOSÉ M. DE AZEVEDO NETTO (*)

INTRODUÇÃO

Os filtros de corrente ascendente, também conhecidos pelas denominações de «filtros russos» ou «clarificadores de contacto» ou ainda «filtros KO-1», vêm sendo extensivamente utilizados, principalmente na Rússia, para a clarificação de águas de pouca turbidez e de baixo conteúdo mineral.

A idéia da filtração ascendente não é nova. No século XVIII foram construídas algumas instalações na França e na Inglaterra.

Em 1918 a Candy Filter Co. patentou um filtro desse tipo.

Esses filtros são semelhantes aos filtros rápidos, funcionando, porém, em sentido inverso, e sendo lavados periodicamente de maneira usual, isto é, com uma corrente de água, de baixo para cima, de velocidade adequada.

Em fins de 1968 tivemos a oportunidade de inspecionar e estudar detidamente instalações russas, na qualidade de membro do «Travelling Seminar on Purification and Desinfection of Water». Naquela ocasião pudemos discutir vários aspectos técnicos sobre instalações desse tipo com autoridades no assunto, entre os quais o Dr. D. M. Mintz, G. A. Orlov e S. A. Shubert.

Pouco depois, quando o Instituto de Engenharia Sanitária da SURSAN, Guanabara, promoveu um curso sobre Técnicas Modernas de Tratamento de Água, tivemos a oportunidade de expor o processo, chamando a atenção para as suas vantagens e para a sua aplicabilidade em nosso País.

Após reunir maior quantidade de dados e observações voltamos agora ao assunto com os resultados de uma experiência mais segura.

FUNCIONAMENTO

Na Rússia os filtros de fluxo ascendente vêm sendo aplicados como unidades completas de clarificação, isto é, sem unidades anteriores ou posteriores de tratamento.

Os coaguladores são aplicados e dispersos na água alguns minutos (3 a 10 minutos) antes da filtração.

A água bruta depois de receber os coagulantes é diretamente encaminhada para os filtros sem passar por floculadores ou por decantadores. O efluente obtido é utilizado para abastecimento após a desinfecção.

A floculação da água se realiza satisfatoriamente no próprio meio filtrante. A experiência tem demonstrado que a coagulação e a floculação realizadas no meio poroso e na presença de substâncias previamente precipitadas conduzem a resultados excelentes, podendo permitir economias de reagentes de 15 a 30%.

A medida que a água coagulada atravessa o meio filtrante as impurezas vão sendo parcialmente retidas e em parte deslocadas sob a forma de flocos, de uma subcamada para a seguinte, onde ocorre uma retenção e um novo deslocamento parcial. Dois processos ocorrem simultaneamente no meio filtrante:

a) — A remoção de partículas da água e a sua **aderência** aos grãos de areia sob a influência de forças moleculares de adesão, e

b) — a remoção de partículas previamente «presas» (fracamente aderidas) e o seu deslocamento provocado pelas forças hidrodinâmicas do escoamento (pelo aumento de velocidade).

É claro que, predominando o primeiro processo, a água se clarifica.

(*) PLANIDRO — Engenheiros Consultores S/A.
— São Paulo.

Verifica-se, portanto, que toda a camada filtrante trabalha no processo de clarificação e que a acumulação de impurezas não ocorre apenas na primeira face de contacto (subcamada inferior).

A disposição do meio filtrante em relação ao sentido de escoamento da água faz com que a água mais impura encontre primeiramente o material mais grosseiro, de maior porosidade. A medida que a água vai se livrando de impurezas, no seu movimento ascendente ela vai encontrando meios cada vez mais finos e de menor porosidade.

A filtração se realiza, portanto, no sentido do material filtrante mais grosso para o mais fino, sem a necessidade do emprego de materiais heterogêneos e sem a ocorrência de interfaces.

APERFEIÇOAMENTOS

Para garantir melhores resultados para os filtros de fluxo ascendente deve-se evitar a fluidificação do meio filtrante, isto é, deve-se limitar a vazão ou velocidade de escoamento (taxa de filtração).

Entretanto, e mesmo com esse limite de velocidade, observa-se uma tendência de fluidificação no topo da camada de areia, fenômeno este que prejudica parcialmente os resultados.

Para evitar essa tendência foram propostas duas soluções:

a) — Na Rússia adotou-se, em alguns casos, o sistema A.K.X., no qual uma parte da vazão é aplicada acima do meio filtrante, sendo a água clarificada coletada no interior do próprio meio, pouco abaixo da sua superfície;

b) — Na Holanda foi concebido o filtro chamado «Immedium», com uma grelha colocada junto ao topo do material filtrante, para mantê-lo em posição (essa grelha com espaçamentos de cerca de 5 cm é suficiente para manter a areia devido ao efeito de «arco»).

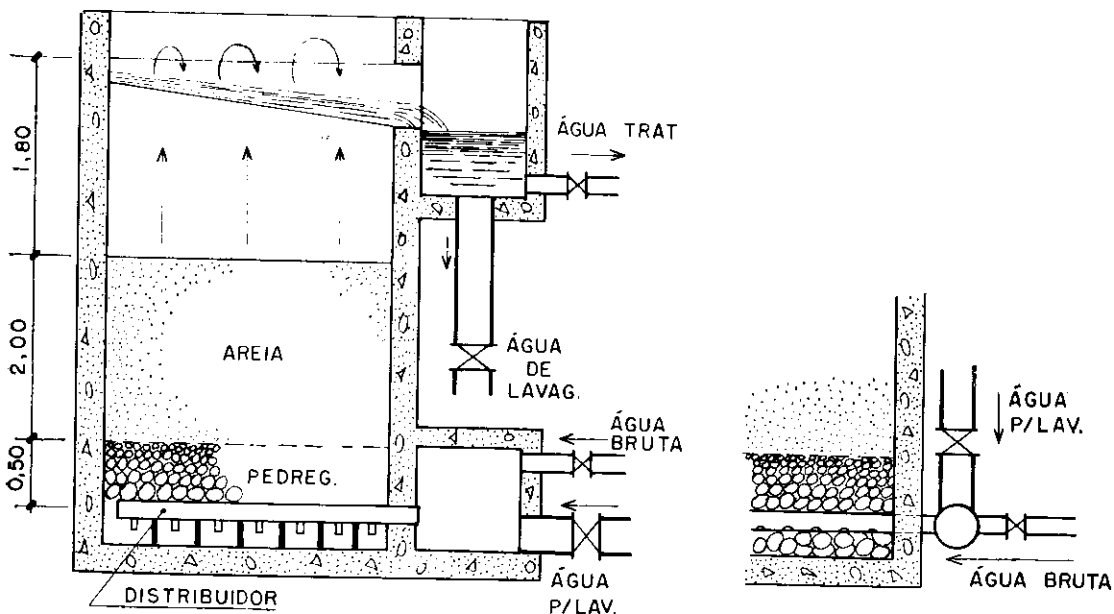
QUALIDADE DA ÁGUA BRUTA

Na Rússia os clarificadores de contacto geralmente são recomendados para águas provenientes de açudes ou represas, ou seja, para águas de baixa turbidez, que não estão sujeitas a variações repentinas de qualidade.

Esses filtros, são, pois, aplicáveis às águas com as seguintes características:

- a) — Pouco poluídas;
- b) — Pouco contaminadas;
- c) — De turbidez baixa;
- d) — De baixo teor de sólidos em suspensão;
- e) — Sem variações rápidas de qualidade.

Investigações feitas na Inglaterra mostraram que a turbidez da água bruta normalmente deve ficar limitada a cerca de 50 U.J.



FILTRO RUSSO

FUNDOS DE FILTROS

As autoridades russas estabelecem para os filtros do tipo KO-1 o limite de 150 mg/litro de **matéria em suspensão**, incluindo nesse valor a dose de coagulante aplicado.

ESTRUTURA DOS FILTROS — MATERIAL FILTRANTE

Os filtros de fluxo ascendente compreendem as seguintes camadas (de cima para baixo):

Altura de água sobre o leito filtrante
1,80 — 2,30 m

Altura do leito filtrante
2,00 — 2,50 m

Altura da camada suporte
0,40 — 0,60 m

Altura total da caixa do filtro
4,20 — 5,00 m

O meio filtrante consiste em uma camada de areia preparada com tamanho efetivo entre 0,7 e 0,8 mm, e coeficiente de uniformidade inferior a 2,0. Experiências inglesas mostraram bons resultados para um meio com tamanhos entre 0,7 e 2,0 mm (tamanho efetivo 0,8 e coeficiente de uniformidade 1,6).

A camada suporte recomendada pelos russos é constituída por pedregulhos de tamanho variável desde 4,0 mm (aprox. 5/32") até 30 mm (aprox. 1 1/4").

Adotando-se a distribuição de subcamadas de acordo com a relação $C = 300 \log d$ encontra-se:

Na Rússia os fundos de filtro compreendem sistemas de canalizações para a distribuição de água bruta e de água para lavagem. Essas canalizações têm orifícios voltados para baixo, descarregando água em células, conforme mostrado na figura. Esse sistema é projetado com grande cuidado, considerando-se que, no caso, a boa distribuição deve ser considerada requisito importante. (Devem ser adotados sistemas com boas características hidráulicas).

Os quadros anexos dão indicações sobre as tubulações empregadas em filtros rápidos, adequáveis ao caso em apreço.

TAXAS DE FILTRAÇÃO E DE LAVAGEM. PERDA DE CARGA

Os filtros russos são projetados para funcionar com taxas de filtração compreendidas entre 120 e 150 m³/m². dia.

Vazões mais elevadas podem provocar as seguintes consequências: redução excessiva do tempo de funcionamento entre lavagens e tendência para a deterioração do efluente («breakthrough» ou passagem de impurezas).

Os filtros são lavados durante 6 a 8 minutos com velocidade ascensionais de 0,70 a 0,90 m/min. (1 000 a 1 300 m³/m². dia).

O consumo de água de lavagem em muitas instalações aproxima-se de 5%, podendo chegar a atingir 10% em alguns casos.

Tamanhos, pol	3/32"	3/16"	3/8"	5/8"	1"	1 1/4"
d mm	2,4	4,8	9,5	1,6	2,5	450
log d	0,38	0,68	0,98	1,20	1,41	3,2
300 log d	114	204	294	360	423	1,50
Incrementos		90	90	66	63	27
Espessuras a adotar		100	100	75	75	50
Idem, pol		4"	4"	3"	3"	2"

Tamanhos para as subcamadas:

3/16 — 3/32"	10,0 cm
3/8 — 3/16"	10,0 cm
5/8 — 3/8"	7,5 cm
1" — 5/8"	7,5 cm
1 1/4 — 1"	5,0 cm

Total 40,0 cm

QUADRO N.º 1

Laterais — Dimensões

Furos (orifícios) mm	Área de cada furo cm ²	Espaça- mento cm	Número de furos por m	Comprimento dos laterais			
				L = 1,0 m	L = 1,5 m	L = 2,0 m	L = 2,5 m
				Diâmetro	Diâmetro	Diâmetro	Diâmetro
6,3-1/4"	0,32	7,5	13,3	50-2"	60-2 1/2"	75-3"	75-3"
9,5-3/8"	0,71	15,0	6,6	50-2"	60-2 1/2"	75-3"	75-3"
12,7-1/2"	1,26	20,0	5,0	50-2"	60-2 1/2"	75-3"	75-3"
15,8-5/8"	2,00	25,0	4,0	50-2"	60-2 1/2"	75-3"	75-3"
19,0-3/4"	2,84	30,0	3,3	50-2"	60-2 1/2"	75-3"	75-3"

As instalações russas mais recentes estão experimentando a lavagem com ar e água, com menor taxa de lavagem (700 a 900 m³/m² dia) e menor consumo de água (3 a 5%).

Os filtros de fluxo ascendente aproveitam melhor a carga disponível. A perda de carga final atinge cerca de 2,0 m.

RESULTADOS. VANTAGENS. INCONVENIENTES

Os filtros podem produzir água clarificada com baixa turbidez (frequentemente inferior a 2 U.J.).

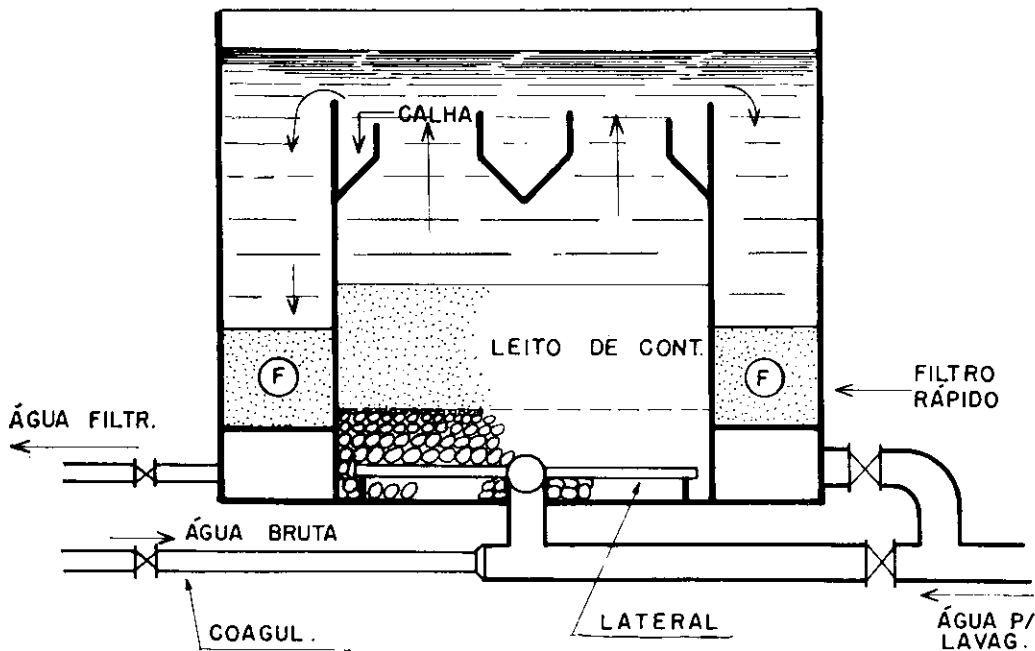
Os teores de ferro são substancialmente reduzidos nesse tipo de instalação.

Um aspecto importante da operação é a dosagem conveniente e correta de coagulantes (os coagulantes constituem nesse processo uma parte considerável da carga de sólidos aplicada).

Especialistas como S. A. Shubert reconhecem que os clarificadores de contacto são a unidade mais vantajosa atualmente em uso na Rússia.

As vantagens são:

- a) — Realizam uma boa coagulação e floculação;



INSTALAÇÃO COMPACTA EM AÇO (ENG. GERMAN SANCHES)

QUADRO N.º 2

Laterais — N.º de orifícios, vazões e perda de carga (*)

Furos (orifícios)		Espaçamento	Espaçamento dos laterais (eixo a eixo)								
			20 cm			25 cm			30 cm		
mm	pol	(cm)	N.º de orifícios (m ²)	Vazão por orifício (l/s)	Perda de carga (m)	N.º de orifícios (m ²)	Vazão por orifício (l/s)	Perda de carga (m)	N.º de orifícios (m ²)	Vazão por orifício (l/s)	Perda de carga (m)
6,3	1/4	7,5	66	0,23	2,6	53	0,28	3,8	44	0,34	6,0
9,5	3/8	15,0	33	0,46	2,1	26	0,58	3,4	20	0,75	6,0
12,7	1/2	20,0	25	0,60	1,3	20	0,75	1,8	16	0,94	2,8
15,8	5/8	25,0	20	0,75	0,7	16	0,94	1,1	13	1,15	1,6
19,0	3/4	30,0	16	0,93	0,5	13	1,15	0,8	11	1,36	1,2

(*) Para a velocidade ascensional de água de lavagem de 90 cm/min.

QUADRO N.º 3

Múltiplos

Area dos filtros (m ²)	Vazão máxima de lavagem (l/s)	D		Área (m ²)	Velocidade (m/s)
		mm	pol		
2,5	38	200	8	0,031	1,21
5,0	75	250	10	0,049	1,52
7,5	113	300	12	0,071	1,60
10,0	150	350	14	0,096	1,55
15,0	225	450	18	0,159	1,41
20,0	300	500	20	0,196	1,52
25,0	375	550	22	0,238	1,58
30,0	450	600	24	0,283	1,59
35,0	525	700	28	0,385	1,43
40,0	600	800	32	0,503	1,19
45,0	675	800	32	0,503	1,34
50,0	750	800	32	0,503	1,49

b) — Evitam a necessidade de clarificação prévia da água, eliminando floculadores e decantadores;

c) — Reduzem o consumo de coagulantes;

d) — Fazem a filtração no sentido favorável da redução de porosidade do meio filtrante;

e) — Utilizam todo o leito para a remoção de impurezas;

f) — Apresentam períodos de funcionamento mais longos;

g) — Aproveitam melhor a carga hidráulica disponível.

Os principais inconvenientes desses filtros podem ser resumidos como segue:

a) — Mistura da água de lavagem com a água bruta;

b) — Limitações relativas à qualidade da água bruta;

c) — Possibilidade de ocorrer a fluidificação do leito;

d) — A água obtida no início do funcionamento (primeiros minutos após a lavagem) é de qualidade inferior.

APLICAÇÕES

Os clarificadores de contacto do tipo KO-1 já foram extensivamente testados na URSS, tendo atualmente grande aplicação.

No Brasil o processo foi aplicado com sucesso na cidade de Colatina, conforme relata o Eng.º Bernardo S. Grinplastch, da Fundação SESP.

No Estado de São Paulo, está sendo construída uma instalação para o município de Cordeirópolis.

Na América Latina existem aplicações na Venezuela, na Colômbia e na Argentina.

No fim do ano passado existiam 611 instalações «Immedium» no mundo, das quais 25 na América Latina.

A nova instalação de tratamento de água de Leningrado, com capacidade para 1 000 000 m³/dia, emprega os filtros de fluxo ascendente.

VARIANTES COM TRATAMENTOS COMPLEMENTARES

Nos casos em que a água bruta contenha

materiais grosseiros em suspensão, inclusive quantidades excessivas de algas, mas que sob outros aspectos satisfaça às condições para tratamento em filtros de fluxo ascendente, pode-se recorrer a tratamentos preliminares de condicionamento prévio.

Na Rússia, onde é adotado o sistema de distribuição da água por tubos ranhurados (no fundo dos filtros), procura-se evitar a presença de todas as impurezas grosseiras na água, mediante o emprego de microtamizes («micro-strainers») antes da introdução de coagulantes. Essas unidades de pré-tratamento também são aplicadas para remover algas nas instalações comuns de filtração.

É necessário mencionar, porém, que os microtamizes de fabricação russa são de custo relativamente baixo em comparação com os aparelhos fabricados na Inglaterra ou nos Estados Unidos.

Devido ao fato de que os filtros de fluxo ascendente funcionam admiravelmente bem como floculadores e clarificadores, essas unidades vêm sendo utilizadas em algumas partes como a primeira fase do tratamento, nos casos em que a qualidade da água bruta seja tal que não permita a obtenção de água tratada dentro de padrões estabelecidos ou então nos casos em que são exigidas ou desejadas características melhores para a água filtrada. Em tais casos, os clarificadores de contacto são seguidos por filtros rápidos de areia, de fluxo descendente.

Instalações desse tipo, com dois estágios de filtração foram projetadas e construídas na Rússia, na Argentina e na Venezuela (V. figura).

EXPERIENCIA DE COLATINA

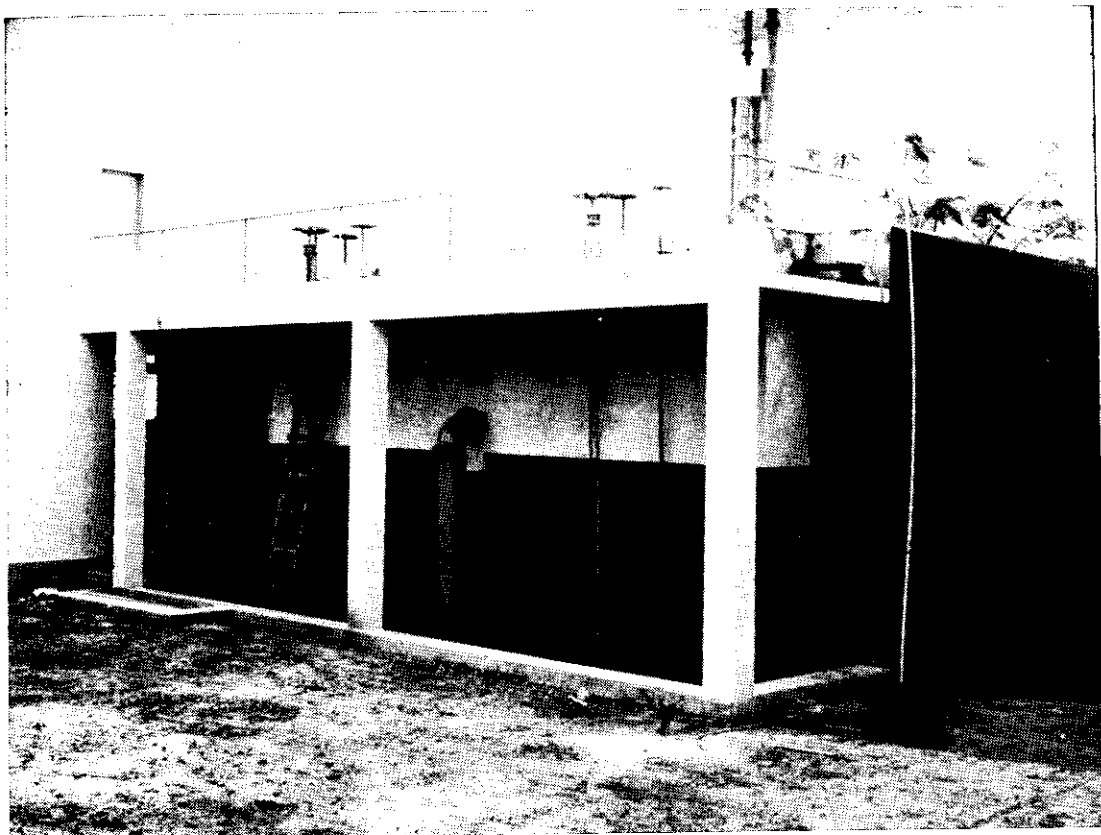
Por ocasião da realização do VI Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária, em São Paulo (1971), o Eng.º Bernardo S. Grinplastch apresentou um excelente trabalho sobre a nova técnica de filtração, tendo relatado os bons resultados obtidos na instalação construída na cidade de Colatina, Estado do Espírito Santo.

Os dados de projeto foram os seguintes:

— Vazão do projeto
30 litros/seg.

— Taxa de filtração
121 m³/m². dia

— Área do filtro
16 m²



Filtros de Fluxo Ascendente da nova ETA de Bacabal, Maranhão (Fundação SESP, 1972)

- Tipo de fundo sistema de tubulações
- Camada suporte 6,60 m
- Camada de areia 2,00 m
- Tamanho efetivo 0,7 mm
- Altura total da caixa 4,60 m

As conclusões do autor podem ser resumidas como segue:

«A filtração obtida com a utilização dos clarificadores de contacto, os chamados filtros russos, pelos bons resultados que vêm apresentando em vários países, merece ser experimentada entre nós. A simplicidade de seu equipamento e a economia com a sua instalação em face de eficiência de operação, aconselham seja o novo processo adotado no Brasil».

AZEVEDO NETTO, J. M. — «Experiência Brasileira no projeto de filtros rápidos de gravidade», Planidro, 1972.

GRINPLASTCH, BERNARDO S. — «Nova técnica de filtração em uso no Brasil», Anais do VI Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária, São Paulo (1971).

HAMAN, C. L. e R. E. MICKINNEY — «Up flow filtration process», J. A. W. W. A., 60: 1023 (sept. 1968).

IMMACTI COMPANY — «The Dutch Immedium Filter», Water and Water Engineering, 62 (1958).

MINTZ, D. M. e G. A. ORLOV — «The Technology of Purifying Drinking Water», C. I. A. M. S., Moscow (1968).

MINTZ, D. M. — «Some results of research into drinking water purification and disinfection», Bulletin World Health Organization, 26 (1962).

SHUBERT, S. A. — «The Selection of Technological Schemes for Water Purification from Surface Sources», C. I. A. M. S., Moscow (1968).

SILIN, E. A. — «Water Improvements in Rural Conditions», C. I. A. M. S., Moscow (1968).