

Filtração Direta – Um passo à frente em tratamento de água.

ENG.º MARCIAL GIL LATOU(*)

1. DEFINIÇÃO E FLUXOGRAMAS TÍPICOS

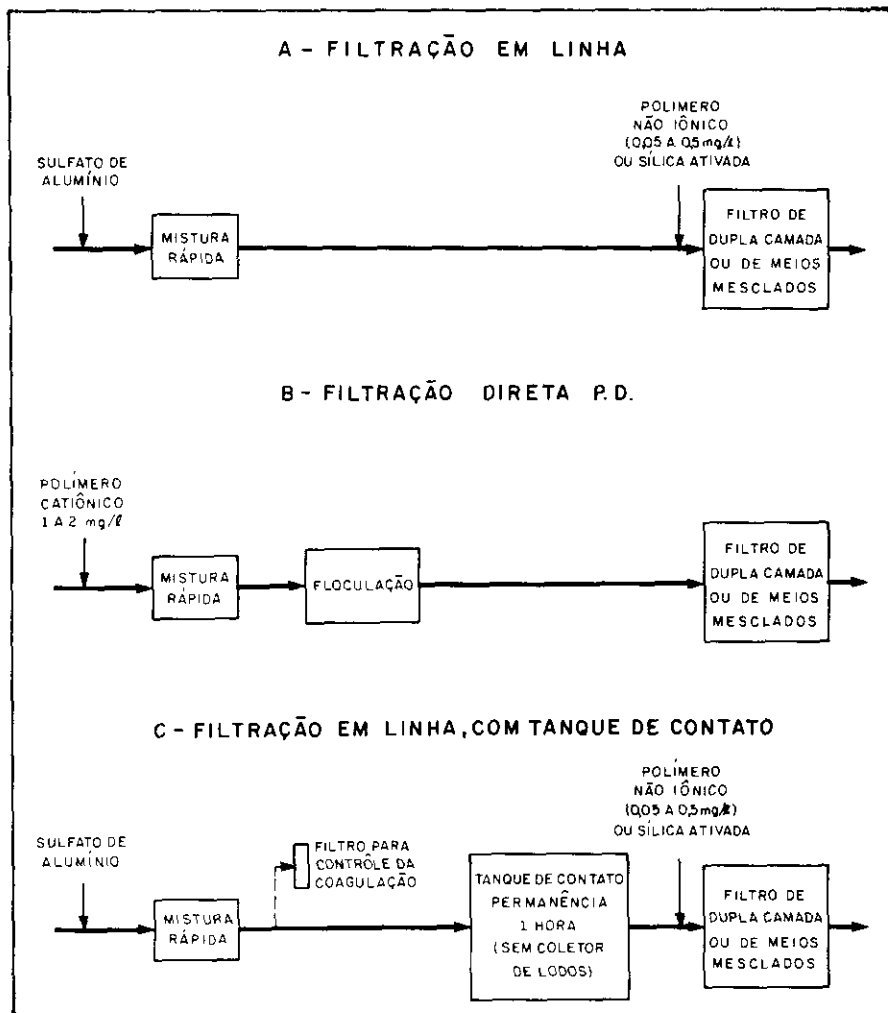
O Comitê sobre Coagulação – Filtração, da Divisão de Qualidade da Água da AWWA (American Water Works Association) definiu a Filtração Direta como sendo o processo de tratamento no qual a filtração não é precedida pela sedimentação, ficando excluídos aqueles sistemas que não utilizam qualquer reagente no pré-tratamento.

A Figura 1 apresenta os fluxogramas correspondentes a três processos de Filtração Direta diferentes entre si.

No processo A, após aplicação e dispersão do coagulante, a água recebe um coadjuvante de filtração e é imediatamente filtrada.

No caso B, acrescenta-se o processo de floculação após a dispersão do coadjuvante e antes da filtração. Observe-se que como coagulante primário é usado um polímero, enquanto se elimina o auxiliar de filtração.

Finalmente, o fluxograma C mostra um processo em que após a coagulação a água passa por uma câmara de contato de 1 hora de permanência e, finalmente, após receber um auxiliar de filtração, é filtrada.



(*) TSE – Técnicas e Serviços de Engenharia Ltda.

FIG. 1 – Fluxogramas Típicos de Filtração Direta

Assim apresentada, não se pode dizer que a filtração direta seja um método novo de tratamento, pois há muitos anos já existiram instalações que dispensavam a floculação e a decantação. Aliás, o tratamento de águas de piscinas é um bom exemplo desse processo de tratamento.

Entretanto, o seu emprego em instalações de porte, e em maior escala, através de uma técnica cientificamente desenvolvida, data de pouco tempo, talvez de 15 a 20 anos.

Talvez esse último aspecto seja o que merece maior destaque, tendo-se em vista que nos últimos tempos foram criadas e desenvolvidas uma metodologia para projeto de instalações de Filtração Direta e uma tecnologia operacional adequada a este processo.

O desenvolvimento desta técnica, na América do Norte, a partir de 1960 aproximadamente, frutificou com o seminário realizado em Oakland e Los Angeles, Califórnia, USA, em setembro de 1976. Aliás, os fluxogramas da Figura 1 foram extraídos do trabalho que nesse evento apresentara Russell L. Culp.

Analisando os 3 fluxogramas, compreende-se que a principal diferença prática entre essas modalidades está no tempo durante o qual a água pode ser floculada, o que pode variar entre zero e pouco mais de uma hora.

2. MECANISMOS DA FILTRAÇÃO DIRETA

A Filtração Direta é um processo no qual se confia exclusivamente aos filtros o trabalho de eliminar não só a turbidez e a cor presentes na água, como também uma parcela às vezes mais importante que aquela, isto é, os coagulantes e coadjuvantes usados para desestabilizar aqueles colóides.

Os mecanismos básicos que regem a Filtração Direta não são outros além dos que comandam as operações unitárias de um processo convencional, excluída a sedimentação. Há algumas pequenas, porém, importantes diferenças.

A partir do momento em que o coagulante é colocado e disperso na água bruta, tem lugar uma série de reações entre ele e as partículas de turbidez coloidal e a cor. As reações mais importantes e significativas em termos de floculação acontecem em 1 segundo, ou menos.

Neste instante do processo os colóides são desestabilizados, juntando-se às partículas de cargas contrárias resultantes da hidrólise do coagulante.

Esta ação chama-se coagulação e o produto resultante são corpúsculos de tamanho microscópico.

Num processo convencional de tratamento, o próximo passo seria o de tentar reunir essas partículas, de forma a obter outras maiores e por isso capazes de serem eliminadas por decantação. Este processo recebe a denominação de floculação.

A velocidade de aglutinação dessas partículas depende principalmente, das chances de colisão entre elas; essas chances, por sua vez, dependem do seu número (ou concentração) e dos mecanismos promotores de choques incluídos no processo.

Num floculador, o mecanismo consiste em introduzir na água coagulada uma certa quantidade de agitação — seja por via mecânica, hidráulica ou pneumática.

O aglutinamento assim promovido costuma se processar num lapso de 15 a 30 minutos.

No caso do fluxograma B, foi introduzida a operação de floculação antes da filtração. Nos fluxogramas A e C esse processo foi omitido.

Cabe, então, perguntar-se como é que nesses casos se processa a aglutinação de partículas. A resposta é, se não óbvia, pelo menos bastante lógica. A água coagulada pode ser passada através de um meio granular — filtro — onde a operação de floculação tem lugar muito rapidamente, por causa do enorme número de chances de colisão a que as partículas ficam submetidas.

À medida que o fluxo de água e partículas atravessam o meio filtrante, os corpúsculos vão sendo aderidos ou absorvidos na superfície dos grãos. De todos os mecanismos da filtração, são estes dois os que têm ação preponderante neste processo. A ação de tamisado é de importância relativamente menor.

A velocidade com que as partículas vão sendo removidas é tanto maior quanto menores são os grãos do meio filtrante, em razão da maior superfície de grãos por unidade de volume.

À medida que passa o tempo e a carreira de filtração progride, os interstícios das camadas superiores vão sendo preenchidos; as velocidades de passagem da água através dessas camadas aumentam, as forças de cisalhamento também e as partículas floculentas procuram camadas mais profundas onde existam condições para sua deposição. Este processo progride até

que a perda de carga alcança um valor excessivo ou até o momento em que as partículas floculentas começam a raspar o filtro, conferindo turbidez ao efluente. Em qualquer um desses casos teremos chegado ao fim da carreira de filtração.

Desta forma, o filtro trabalha como um verdadeiro decantador.

Isto posto, procure-se imaginar a quantidade de lodos que é capaz de se acumular num decantador: concluir-se-á que tal volume de materiais nos filtros irá colmatá-los rapidamente, o que não está longe da verdade. Na maioria dos casos, se em estações de processo convencional fossem contornados ("by passados") os decantadores, certamente iríamos nos defrontar com carreiras de filtração muito curtas e anti-econômicas. Em alguns casos teríamos, provavelmente, um balanço de produção de água verdadeiramente insignificante.

Feitas estas colocações, o leitor se perguntará qual é, então, o segredo que viabiliza a filtração direta.

A resposta, como sempre, é lógica: para que a Filtração Direta seja viável, deve-se minimizar a quantidade de sólidos totais a serem eliminados pelos filtros. Isto se poderá conseguir minimizando cada uma das duas parcelas que formam parte do afluente a essas unidades: os sólidos dos totais da água bruta e os reagentes aplicados.

Em primeiro lugar, a redução da quantidade de reagentes é possível; a experiência — tanto em escala piloto, quanto em verdadeira grandeza — mostra que é possível desestabilizar colóides e retê-los nos filtros com dosagens bem menores, normalmente na faixa de 10 a 30% das que se usariam em tratamento convencional, para a mesma água bruta.

A razão disto está no fato de que, no balanço, o número de chances de colisão entre partículas não é diminuído: se por um lado haveria menos chances em virtude da menor quantidade de reagentes introduzida, por outro lado essa deficiência é contrabalançada porque os interstícios dos meios filtrantes oferecem mais chances para a captura dos colóides pelos coágulos, do que um floculador onde as partículas têm um campo bem maior para "fugir".

Em segundo lugar, é necessário que na água bruta o teor de sólidos totais seja reduzido. Isto pode constituir-se numa verdadeira limitação da viabilidade de utilização da Filtração Direta.

Este aspecto será analisado mais adiante.

Finalmente, há também outro fator que influencia o mecanismo da Filtração Direta: o tamanho efetivo e o tipo de meio filtrante. É sabido que se conseguem carreiras de filtração mais econômicas com o uso de leitos de tamanho efetivo elevado ou de meios mesclados. Estes meios filtrantes eliminam o problema dos velhos filtros de areia, nos quais os 10 cm superiores podem concentrar 90% da perda de carga.

3. PLANEJAMENTO DE UMA INSTALAÇÃO DE FILTRAÇÃO DIRETA

O planejamento e projeto de uma instalação de Filtração Direta implica, necessariamente, na aplicação de uma metodologia própria, diferente da comumente utilizada no caso de uma ETA que use o processo convencional.

No caso de uma instalação de tratamento convencional, as normas de projeto permitem a adoção de parâmetros para dimensionamento baseados na experiência generalizada. Assim, o P-NB-592/77 admite, por exemplo, o uso de taxas de filtração de $300\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{dia}$ para filtros de camada dupla, tratando águas com baixa turbidez, em instalações bem operadas, para o caso que não for possível proceder a experiências em filtro piloto.

Já no caso da Filtração Direta todo e qualquer projeto deve basear-se no resultado de experiências em laboratório e em escala piloto, sob pena de ser levado ao fracasso.

Apresenta-se, a seguir, a metodologia a ser seguida num projeto de Filtração Direta. A viabilidade do processo e os parâmetros para projeto devem ser verificados através de 3 etapas que serão descritas a seguir.

PRIMEIRA FASE – FATORES LIMITANTES

A primeira fase consiste em determinar, a nível preliminar, as perspectivas favoráveis (ou adversas) do uso da Filtração Direta, com base no conhecimento das características da água bruta.

Segundo as primeiras formulações, feitas por Russell L. Culp por ocasião do seminário sobre o tema realizado em Oakland e Los Angeles – USA (setembro/1976), numa primeira aproximação, as possibilidades de aplicar a Filtração Direta seriam boas, se:

- a turbidez e a cor forem, ambas, menores que 25 unidades;
- a cor for baixa e a turbidez mínima não exceder a 200 U.T.;
- a turbidez for baixa e a cor não ultrapassar a 100 U.C.;
- a presença de fibras de papel ou de diatomáceas não exceder a 1000 asu/ml;
- os níveis de diatomáceas não superarem a 200 asu/ml (caso contrário dever-se-ia apelar para antracito de tamanho efetivo grande);
- o índice bacteriológico não ultrapassar a 90 (NMP/100 ml).

Atualmente, experiências mais recentes têm mostrado que, em alguns casos, os valores de cor e turbidez limitantes acima citados podem ser ultrapassados, sem necessariamente inviabilizar a Filtração Direta.

Paralelamente, pode acontecer que não seja possível tratar por Filtração Direta águas cujas características atendam aos valores pré-citados.

É importantíssimo destacar que não é possível determinar a viabilidade do uso da Filtração Direta apenas a partir desta análise ou confronto de valores; ela fornece só uma indicação preliminar.

Como o próprio Culp destaca, a análise dos fatores limitantes não é suficiente para determinar a viabilidade do processo. Mesmo que simultaneamente se tomem cuidados com o meio filtrante, pode-se estar caminhando em direção a um fracasso, caso não se tomem as devidas precauções. Ou então, pode acontecer de se estar rejeitando esse processo sem o devido fundamento. A não ser que haja uma forte indicação contra, deve-se passar às etapas seguintes para determinar a aplicação do processo.

SEGUNDA FASE – PESQUISAS DE LABORATÓRIO

Nesta etapa devem realizar-se pesquisas bastante simples em laboratório, visando verificar o resultado de desestabilizar os colóides presentes na água bruta e posteriormente passar a amostra através de papel filtro.

A desestabilização dos colóides deve ser tentada com os mesmos reagentes usados nos ensaios de floculação tradicionais. Assim, será normal tentar-se resultados positivos com sais de alumínio ou de ferro, auxiliados ou não com algum polímero, ou mesmo o uso de um polieletrólito catiônico como coagulante primário.

Além dos tipos de coagulantes, devem ser pesquisadas as seguintes variáveis:

- dosagens ótimas;
- pH ótimo;
- tempo de floculação (de zero a trinta minutos, de acordo com os fluxogramas mostrados no início);
- gradiente de velocidade.

Como se pode apreciar, existe grande similaridade entre estes ensaios e os conhecidos ensaios de floculação. A principal diferença está no fato das amostras serem passadas através de papel-filtro. A colmatação mais ou menos rápida do papel pode dar uma primeira indicação do resultado a ser esperado, em escala real.

Comparando-se os resultados dos diversos efluentes filtrados, pode-se concluir qual o melhor tratamento.

Destaque-se que, paralelamente, podem proceder-se ensaios de floculação, na forma tradicional, para comparar resultados.

TERCEIRA FASE – PESQUISAS EM ESCALA PILOTO

Os resultados das fases precedentes devem servir de base para projetar e operar uma instalação piloto.

A instalação piloto e as pesquisas a serem realizadas nela podem ser mais ou menos abrangentes, dependendo das conclusões que se pretende tirar. Entretanto, não é aconselhável limitar o alcance delas aquém de um certo ponto, apenas por razões de custo, pois o aprofundamento das pesquisas gera, via de regra, uma economia muito significativa nos custos de construção, como será visto mais adiante.

As pesquisas em escala piloto têm por finalidade confirmar definitivamente a viabilidade do uso da Filtração Direta e determinar os parâmetros para projeto da ETA. A seguir, apresentam-se as principais variáveis a serem pesquisadas, além das já ensaiadas em laboratório:

- Necessidade ou não de floculação; tempo e energia de floculação.
- Taxas de filtração.
- Qualidade do efluente.
- Carreiras de filtração.
- Auxiliares de filtração.
- Meios filtrantes: tipos, tamanho efetivo, coeficiente de uniformidade, altura.
- Taxas para lavagem.
- Expansão do meio filtrante durante a lavagem.

Seguindo-se a sistemática apresentada, é possível ir cercando as conclusões sobre a viabilidade do emprego da Filtração Direta de um grau crescente de confiabilidade.

Desta forma, poder-se-á proceder ao projeto e construção da instalação com a certeza dos resultados a serem conseguidos na prática.

É possível que com o correr do tempo, o acúmulo de experiências sobre Filtração Direta venha viabilizar o desenvolvimento de projetos sem necessidade de pesquisas. Todavia, cabe destacar que as pesquisas se justificam, mesmo no caso de ETAs convencionais, face à economia que normalmente advém da otimização de parâmetros de projeto.

4. VANTAGENS E DESVANTAGENS DA FILTRAÇÃO DIRETA

Quando comparada com o tratamento convencional, a Filtração Direta apresenta as vantagens e desvantagens que são a seguir apresentadas. Após sua análise, pode-se concluir que as primeiras superam os inconvenientes, sobretudo se se considera a aplicação do processo na atual conjuntura econômica.

4.1. VANTAGENS

— Custo de implantação

O custo de implantação de uma instalação de Filtração Direta pode ficar — segundo o caso — na faixa de 75% a 45% do custo de uma ETA convencional do mesmo porte e de igual eficiência.

Uma análise econômica comparativa realista, prática e correta é muito difícil. Todavia, se se considera o que representam os decantadores e os floculadores em relação ao volume de obras divis e equipamentos de uma ETA completa, poderá compreender-se a verdade das afirmações acima.

— Despesas com reagentes

Os consumos de reagentes e as despesas correspondentes são, via de regra, 70 a 90% inferiores aos de uma ETA operando por processo convencional. Aliás, se as dosagens não fossem mais reduzidas do que numa instalação convencional, muito provavelmente, na maioria dos casos, as carreiras de filtração seriam demasiado curtas, tornando anti-econômico o processo. É bom lem-

brar, a este respeito, que os reagentes adicionados à água podem constituir-se na parcela mais importante dos sólidos totais afluentes aos filtros.

— Custos de operação e manutenção

Os custos de operação e manutenção de uma ETA de Filtração Direta são menores, na medida em que parte dos equipamentos necessários numa ETA convencional são eliminados.

— Lodos produzidos

A produção de lodos é menor e os lodos são mais densos, o que facilita sua disposição final. O sistema de coleta de lodos é mais simples.

4.2. DESVANTAGENS

— Cuidados operacionais

A principal desvantagem da Filtração Direta é a necessidade de se terem maiores cuidados operacionais.

Comparando-se o Tratamento Convencional e a Filtração Direta verificam-se dois fatos de suma importância:

- no tratamento convencional a água é clarificada (floculação-decantação), eliminando-se boa parte das substâncias dissolvidas e em suspensão, bem como bactérias, vírus e algas, que são arrastados pelos flocos, passando a fazer parte dos lodos decantados. Na Filtração Direta a eficiência do tratamento fica sob a exclusiva responsabilidade da filtração — e, evidentemente, da desinfecção;
- numa ETA convencional, a permanência mínima da água é de 3 horas, tempo assim subdividido:

- floculação 0,5 h
- decantação 2,0 h (valor nada conservador)
- filtração 0,5 h (suposto $v \cong 240$ m/d)

Lembrando-se o fluxograma A apresentado no início, percebe-se que a Filtração Direta pode reduzir esse tempo a aproximadamente 0,5 h (17%). Este tempo pode se tornar criticamente curto quando se trata de tomar providências em razão de súbitos problemas com a qualidade da água bruta.

No caso dos fluxogramas B e C há uma defasagem de tempo entre o instante em que a água entra na ETA e o momento em que sai do filtro. Portanto, esses esquemas de trata-

mento permitem maiores facilidades para fazer correções no processo.

Os dois fatos relatados induzem à seguinte conclusão:

Numa instalação para Filtração Direta, devem-se tomar todos os cuidados possíveis para que haja um controle permanente, eficiente e seguro do processo.

Poder-se-ia dizer que, enquanto seja mantido um rigoroso controle de qualidade da água bruta, nada deveria acontecer ao processo. Isto, no entanto, seria uma meia verdade, haja visto que descontrole das dosagens de reagentes, falhas no sistema dispersor dos mesmos e acidentes com algum equipamento podem acontecer a qualquer momento, causando, obviamente, o desajuste do processo e a queda da qualidade da água tratada.

Além disso, pode ser que a qualidade da água bruta varie de forma relativamente súbita, colhendo de surpresa os operadores da ETA.

Conclui-se, portanto, que uma ETA de Filtração Direta deve, com muito mais zelo do que uma instalação convencional, possuir os seguintes requisitos:

- ser dotada de controles tais, que permitam verificar a qualidade do efluente e a eficiência do processo, com bastante rapidez;
- dispor de instrumentos e/ou aparelhos de controle de boa qualidade, além de peças sobressalentes;
- dispor, para sua operação, de pessoal bem treinado e habilitado para tomar decisões rápidas, na salvaguarda da qualidade da água;
- dispor de um serviço de manutenção eficiente e ágil.

— Carreiras de filtração

Via de regra, as carreiras de filtração numa instalação de Filtração Direta são mais curtas do que numa instalação convencional.

Entretanto, esta desvantagem é relativa e depende da premissa que se assume quando da escolha do meio filtrante.

— Água para lavagem

A quantidade de água usada para lavagem de filtros, numa instalação de Filtração Direta, pode atingir a 6% da vazão de água bruta, comparado com 2% a 3% usado numa instalação convencional com o mesmo propósito.

Entretanto, isto também é relativo, pois depende das premissas assumidas na fase de projeto.

5. INSTALAÇÕES CONVENCIONAIS OPERADAS POR FILTRAÇÃO DIRETA

Foi visto que a Filtração Direta permite, entre outras coisas, uma importante economia de reagentes e nos custos de operação e manutenção.

Por esse motivo é importante verificar se é possível operar por esse processo, instalações convencionais existentes.

Para proceder a essa verificação deve ser seguida a sistemática exposta anteriormente. Entretanto, cabe desta-

car alguns aspectos de importância.

Em primeiro lugar, o programa de pesquisas em escala piloto pode, eventualmente, ser substituído por outras, em escala real, realizadas na própria instalação existente. Isto pode ou não ser viável, dependendo da capacidade de introduzir mudanças do processo sem pôr em risco a qualidade da água entregue à população.

Em segundo lugar, há necessidade de verificar, a priori, se a instalação permite que algumas unidades de processo — decantadores e/ou floculadores — sejam contornadas por meio de construções simples e que não prejudiquem a continuidade da produção de água potável.

Em cada caso particular será necessário cotejar as economias esperadas

nos custos de operação com os de execução das reformas necessárias para passar a operar por Filtração Direta.

Tudo faz pensar que se cada companhia estadual de saneamento básico analisar suas ETAs sobre este ponto de vista, chegará à conclusão de que muito dinheiro poderia ser poupado e reinvestido em outros empreendimentos, o que na atual conjuntura é particularmente importante.

BIBLIOGRAFIA

- AWWA — American Water Works Association. *Direct Filtration Seminar*. California Section Forum. Setembro de 1976.
- AWWA — American Water Works Association. *Jornal de Março de 1980*, com destaque para Filtração Direta.