

XII Simposio Iberoamericano sobre planificación de sistemas de abastecimiento y drenaje

“ESTIMATIVA DO PONTO ÓTIMO DE LAVAGEM DE FILTROS EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA (ETA) UTILIZANDO A CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA DO MEIO POROSO”

Mariano da Franca Alencar Neto (1), Marco Aurélio Castro Holanda (2), Francisco Maurício de Sá Barreto (3)

(1) IFCE, Av. 13 de maio s/n, +55 (85) 96193307, mariano@ifce.edu.br

(2) UFC, campus do pici s/n, +55 (85) 3366 9624, marco@ufc.br

(3) IFCE, Av. 13 de maio s/n, +55 (85) 96790035, barreto@ifce.edu.br

RESUMO

O presente trabalho utiliza os fundamentos do escoamento em meio poroso para a determinação do ponto ótimo de lavagem em filtros de estações de tratamento de água, tomando como referência o monitoramento de um filtro na estação de tratamento de água da CAGECE em Fortaleza-Ceará. Ao longo da carreira de filtração de 14h verificou-se que a partir da 10ª hora a condutividade hidráulica que vinha em uma descendente se estabiliza de tal forma que da 10ª a 14ª hora da carreira de filtração o filtro trabalha com baixa eficiência, indicando que a lavagem poderia na 10ª hora evitando que o sistema trabalhasse em baixa eficiência durante 28,6% do tempo. Foi desenvolvida uma metodologia para estimativa do lodo gerado por cada filtro a partir da estimativa da porosidade do leito de poroso antes e depois do processo de filtração.

Palabras claves: Modelos matemáticos, Redes Água, Filtros, Estação de Tratamento de Água, Perda de Carga .

ABSTRACT

This work uses the fundamentals of flow in porous media to determine the optimal washing filters in water treatment plants, taking as reference the monitoring a filter in water treatment station of CAGECE in Fortaleza-Ceará. Throughout his career filtration 14h showed that from the 10th hour of the hydraulic conductivity that came in a descending stabilizes so that the 10th to 14th hour career filtration the filter works with low efficiency, indicating that the could wash at the 10th hour preventing the system worked at low efficiency for 28.6% of the time. A methodology for estimating the sludge through each filter from the estimated porosity of the bed of porous proceso before and after filtering.

Key words: Mathematical models, Water networks, Filters, Water treatment plant, Lost Head.

SOBRE EL AUTOR PRINCIPAL

Autor 1: Engenheiro Civil, Mestre em Saneamento e Doutor em Ciências da Engenharia Ambiental. Professor do Departamento de Construção Civil do Instituto Federal de Ciencia e Tecnologia do Ceará.

INTRODUÇÃO

A Determinação do ponto ótimo de lavagem pode economizar água tratada, usada na lavagem, e aumentar a vida útil do filtro.

A lavagem de um dado filtro na ETA Gavião é determinada pela observação direta da perda de carga por meio de sensores diferenciais de carga instalados em cada filtro, quando esta atinge um valor indicativo da baixa taxa de infiltração o filtro é lavado.

Observa-se que a perda de carga imposta pelo processo de filtração tende a crescer conforme há a retenção no leito filtrante do material filtrado, a condutividade hidráulica do meio tende a diminuir. Em outras palavras a diminuição da taxa de infiltração deve-se à diminuição das condutividades hidráulicas em cada camada do leito filtrante (ocasionada pela retenção do material existente na água bruta).

O cálculo da condutividade hidráulica torna-se imperativo para a estimativa do ponto ótimo de lavagem do sistema.

Como a condutividade hidráulica se modifica devido a retenção de material filtrado no meio filtrante, pode-se dizer que esse processo é devido à diminuição da porosidade do meio e que esta diminuição deve-se quase que exclusivamente pela ocupação dos espaços vazios durante a carreira de filtração.

Ao determinar a porosidade do leito de filtração antes do processo de filtração no momento em que será realizada a lavagem será possível determinar o volume ocupado pelo lodo retido.

METODOLOGIA

A metodologia baseia-se no acompanhamento da perda de carga em um filtro da ETA bem como da vazão que passa pelo filtro.

Usando então a equação de Darcy para escoamentos em meios porosos, conforme Feitosa (1997):

$$Q = -KA \frac{\Delta h}{L} \quad (1)$$

Sendo:

Q = vazão [m³/s]

A = área do leito filtrante [m²]

L – espessura da camada filtrante [m]

Δh – perda de carga [m]

K – condutividade hidráulica [m/s]

Com o monitoramento da vazão e da perda de carga ao longo da carreira de filtração é possível o cálculo da condutividade hidráulica K, uma vez que a área de filtração e a espessura do leito filtrante não se alteram significativamente e isolando-se o valor de K da equação (1) chega-se então à equação:

$$K = -\frac{QL}{A\Delta h} \quad (2)$$

Tendo a estimativa da condutividade hidráulica ao longo da carreira de filtração é possível estimar a eficiência do filtro visto que quanto menor for a condutividade hidráulica menor capacidade de retenção de material o filtro apresentará.

A porosidade do leito filtrante faz referência ao volume de vazios que o meio possui.

Ao longo da carreira de filtração os vazios do leito filtrante são preenchidos com o material filtrado da água bruta, concentrando-os. Esse material retido nos poros do meio é retirado no processo de lavagem do filtro, gerando o lodo - resíduo da ETA.

Conforme a porosidade do meio vai diminuindo o mesmo acontece com sua capacidade de transmitir (permitir a passagem) água, desta maneira a condutividade hidráulica também é Diminui.

Alguns autores defendem que em meios homogêneos e Isotrópicos a porosidade do meio possui uma relação direta com a condutividade hidráulica dada pela relação, conforme Pontes (2010):

$$n = aK^{b/c} \quad (3)$$

é comum na literatura de águas subterrâneas os valores, conforme Pontes (2010):

a = 0,117

b = 1

c = 7

Em hidráulica de aquíferos a equação de Bieciniski, citada por Pontes (2010):

$$n = 0,117\sqrt[7]{K} \quad (4)$$

K – Condutividade Hidráulica

A determinação dos coeficientes a, b e c para as camadas do leito de filtragem pode indicar o indiretamente o valor da porosidade do filtro antes e depois da lavagem, sendo importante indicador do volume de lodo gerado a cada lavagem.

Para efeito deste estudo estamos considerando o leito filtrante homogêneo e isotrópico.

Observa-se que devido a granulometria e isotropia bem definidas das camadas do material filtrante as equações para a determinação da porosidade e condutividade hidráulica são muito bem ajustadas, e favorecem a pesquisa.

Construção do Experimento

O experimento de identificação da relação entre condutividade hidráulica e porosidade será dado pela construção de sete filtros de bancada, com espessura e material filtrante semelhante ao perfil do filtro da ETA Gavião (CAGECE) – Figura 1:

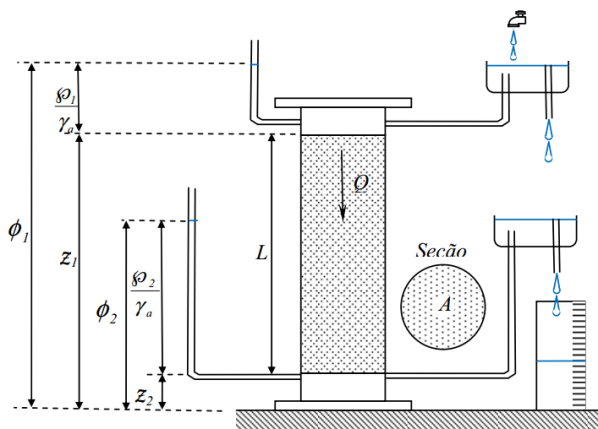


Figura 1 – Amostra de leito filtrante submetida à ensaio de condutividade hidráulica

Simulação do processo de escoamento com água bruta semelhante ao existente no açude gavião será realizado ao longo de 14 horas, para tal pretende-se submeter o filtro experimental (a cada 2 horas) para determinação da condutividade hidráulica e porosidade correspondente.

Condutividade Hidráulica será estimada por meio de permeametro de carga variável.

A porosidade determinada pelo volume de vazios dividido pelo volume total da amostra:

$$n = \frac{V_v}{V_T} = \frac{V_v}{V_s + V_v} \quad (5)$$

n – porosidade

V_v – Volume de Vazios

V_T – Volume Total

V_s – Volume do solo

Entretanto o método da **Massa Específica Real** dos Grãos para determinação do volume do sólido seco, implica em secar uma dada amostra de solo em estufa, o que pode volatilizar parte importante do lodo retido.

Deve-se executar o ensaio de porosidade efetiva: volume de poros efetivamente disponível para ser ocupado por fluidos livres (exclui todos os poros não conectados) / volume total:

$$n_e = \frac{V_{vc}}{V_T} \quad (6)$$

n_e – porosidade efetiva

V_{vc} – volume de vazios conectados

A porosidade efetiva será verificada pela medida do volume de água drenada (após saturação) pela gravidade da amostra. No caso, o processo de filtragem será interrompido a cada duas horas para esse procedimento.

È pertinente a comparação, nos diversos estágios de análise, da porosidade efetiva e a porosidade total das amostras, com isso pretende-se ter um indicador do grau de conectividade dos vazios no leito filtrante e também a quantidade dos sólidos voláteis ou volatilizáveis presentes na água bruta.

Ao final do ensaio será possível constituir um conjunto de dados de condutividade hidráulica e porosidade efetiva relacionados: $(n_e)_i \mid K_i$.

Onde i representa o momento de parada do processo de filtragem, ou seja, momentos diversos em que a amostra deverá apresenta diferentes níveis de retenção de lodo, consequentemente de eficiência no processo de filtração – Figura 3.

Tratamento dos dados

Os dados colhidos para a condutividade hidráulica e a porosidade efetiva serão ajustados a uma curva exponencial de forma que permita o uso do método dos mínimos quadrados para encontrar os parâmetros de ajuste. Ou seja, os valores de a, b e c da equação 3, adequados às condições do solo estudado juntamente com o processo de filtração.

Importante determinar a qualidade do ajuste por meio do coeficiente r^2 (Coeficiente de determinação).

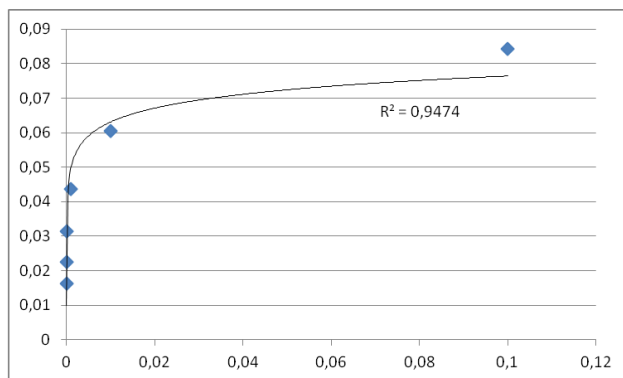


Figura 3 – Exemplo de ajuste dos dados

Estimativa de volume de lodo gerado

Uma vez determinados os parâmetros da equação da porosidade efetiva em função da condutividade hidráulica ajustada ao caso do leito filtrante é possível, a qualquer momento do processo de filtração (carreira de filtração), obter uma estimativa do volume de lodo retido.

Para tal, deve-se obter a condutividade hidráulica (por meio da diferença de carga observada) e com esses dados calcular a porosidade efetiva no início do processo e subtrair da porosidade no momento desejado. Pela subtração da porosidade e multiplicando o resultado pelo volume total do leito filtrante obtemos o volume retido até aquele instante.

APRESENTAÇÃO RESULTADOS

Ao verificar o comportamento da Condutividade Hidráulica resultante em um leito filtrante da ETA-GAVIÃO, Macedo (2011) observou o comportamento desta em relação à carreira de filtração estabelecido no gráfico da figura 2.

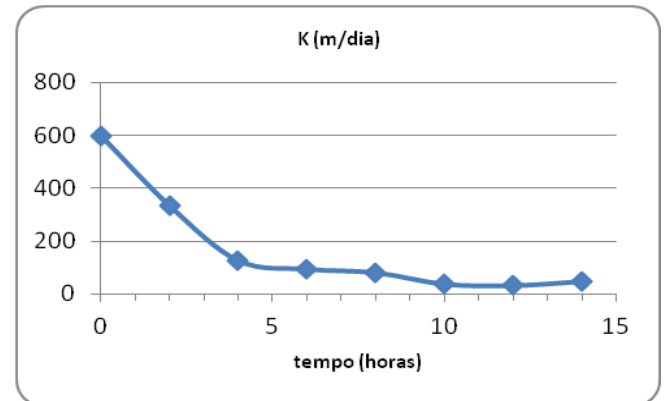


Figura 2 – Gráfico Condutividade Hidráulica x Tempo

Constata-se a partir da 10ª hora de filtração não o filtro se estabiliza em sua condutividade hidráulica mais baixa (com conseqüente menor taxa de filtração).

ANÁLISE DOS RESULTADOS

O gráfico apresentado na figura 1 demonstra que da 10ª a 14ª hora o filtro trabalha com a mais baixa eficiência de filtração (28,6% do tempo de filtração), retardando em pelo menos 4 horas o ponto de lavagem.

O volume de água que poderia estar sendo produzido no período (4 horas), ou seja, em uma maior eficiência de retenção do filtro deve exceder o volume de água tratada usado a mais para a lavagem do filtro em intervalos mais frequentes que o adotado, possibilitando um ganho de eficiência.

A determinação da condutividade hidráulica permite que se possa aplicar estudos de escoamento de águas subterrâneas em meio poroso ao problema de estimativa do lodo produzido.

CONCLUSÃO

Como conclusão temos que a estimativa da condutividade hidráulica do leito filtrante durante a carreira de filtração permite melhorar a eficiência do filtro e otimizar as carreiras de filtração.

No caso apresentado identificou-se que o filtro trabalhe 28,6 % do tempo em baixa eficiência.

Além disso a estimativa do lodo gerado por meio da estimativa da porosidade via condutividade hidráulica mostrou-se promissora.

TRABALHOS FUTUROS E RECOMENDAÇÕES

- Recomenda-se fortemente a adaptação da metodologia para sistema de filtros em vasos comunicantes e assim aprofundar estudo para operação de uma ETA com vários filtros nessa configuração.
- Analisar a influencia da expansão do leito filtrante após a lavagem ascendente na estimativa da condutividade hidráulica é relevante e ajuda a refinar a metodologia.
- Estimar a porosidade via equação de Bielski em leitos de diferentes porosidades se apresenta como estudo promissor.

BIBLIOGRAFIA

- Feitosa, F. A. C. e Filho J. M. (1997). Hidrogeologia: conceitos e aplicações. Fortaleza: CPRM, LABHID-UFPE.
- Macedo, E. C. (2011) Análise do Sistema de Filtração da ETA – Gavião e uso de Medidores de Perda de Carga para Estimativa de Parâmetros de Lavagem de Filtros. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Saneamento Ambiental – Departamento de Construção Civil IFCE) Fortaleza-CE, 2011.
- Pontes, A. P (2010). Estudo da Contaminação, Vulnerabilidade à Poluição e Fluxo do Aquífero no Entorno do Cemitério São João Batista – Dissertação de Mestrado (IFCE). Fortaleza-CE. 2010