

I-082 - AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DA FILTRAÇÃO EM MÚLTIPLAS ETAPAS (FIME) NO TRATAMENTO DA ÁGUA DO RIBEIRÃO SOZINHA EM GOIANÁPOLIS – GOIÁS

Wanderlei Elias Perez⁽¹⁾

Farmacêutico Bioquímico pela Universidade Federal de Goiás, Mestre em Engenharia do Meio Ambiente pela Universidade Federal de Goiás, Professor do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia (IFG Goiás).

Eduardo Queija de Siqueira⁽²⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Goiás, Mestre em Hidráulica e Saneamento pela USP e Doutor pela University of Guelph. Professor Titular da Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás.

Thaissa Machado Elias⁽³⁾

Engenharia de Alimentos e Especialista em Garantia e Qualidade Microbiológica de Alimentos pela UNICAMP. Atua na AQUALIT Tecnologia em Saneamento S/S Ltda.

Cassiano Pacheco da Silva⁽⁴⁾

Químico Industrial e Pós Graduado em Docência Universitária pela Faculdade Estácio de Sá. Atua na AQUALIT Tecnologia em Saneamento S/S Ltda.

Luciana de Souza Melo Machado⁽⁵⁾

Bióloga, especialista em Saúde Pública pela UNAERP. Especialista em Planejamento e Gerenciamento de Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Goiás. Mestranda em Engenharia do Meio Ambiente pela Universidade Federal de Goiás. Atua na SANEAGO, na Estação de Tratamento de Água Jaime Câmara em Goiânia-Goiás.

Endereço⁽¹⁾: Rua 16-A nº672 aptº 801 Condomínio Veiga Valle Setor Aeroporto - CEP: 74075-150 - Brasil - Tel: (62) 3223.8228 - e-mail: weliasperez@yahoo.com.br.

RESUMO

Este trabalho apresenta uma avaliação do desempenho de um sistema de Filtração em Múltiplas Etapas (FiME), em escala piloto, no tratamento da água bruta retirada do manancial superficial (Ribeirão Sozinha) que abastece a cidade de Goianápolis-GO. O arranjo da instalação utilizado nessa pesquisa constituiu de 1 pré-filtro dinâmico (PFD), 1 pré-filtro ascendente (PFA) e 2 filtros lentos, sendo um com areia (FLA) e outro com areia e carvão ativado granular (FLACAG). As taxas de filtração utilizadas foram de 24, 48, 24 e 24 m³/m².d para o PFD; 12, 18, 12 e 12 m³/m².d para o PFA; e 3, 4, 3 e 3 m³/m².d para o FLA e FLACAG. O desempenho de cada unidade foi avaliado quanto à remoção de cor, turbidez, ferro total, sólidos suspensos, oxigênio consumido, coliformes totais e termotolerantes, e o desenvolvimento da perda de carga. Os resultados obtidos demonstraram que o PFD e o PFA são unidades importantes na preparação da água afluente aos filtros lentos, possibilitando carreiras relativamente longas em função da retenção de partículas maiores, diminuindo consideravelmente a turbidez da água bruta. Os filtros lentos apresentaram eficiência superior a 90% na remoção de cor, turbidez, sólidos suspensos e ferro total, remoção de oxigênio consumido superior a 80% e de coliformes acima de 95%. Na última carreira de filtração foi realizada uma comparação da qualidade da água produzida pela tecnologia da FiME com a ETA de ciclo completo, na remoção de cor e turbidez, comprovando que a qualidade da água produzida na FiME é compatível com a qualidade da água produzida pela tecnologia de ciclo completo. De maneira geral, os filtros lentos apresentaram rendimento satisfatório na remoção de turbidez, ferro total e coliformes, sendo que o filtro lento com camada intermediária de carvão ativado granular foi mais eficiente na remoção de cor verdadeira e oxigênio consumido do que os filtro lento com camada simples de areia. Embora tenha ocorrido picos de cor e turbidez durante a quarta e última carreira de filtração, o sistema FiME mostrou-se eficiente na remoção de coliformes totais e termotolerantes nas três últimas semanas de operação. A verificação da existência de correlação na remoção de cor, turbidez, sólidos suspensos, oxigênio consumido, coliformes totais e termotolerantes, demonstrou a existência de uma boa correlação na remoção dos parâmetros cor e turbidez nos efluentes dos filtros lentos, apresentando um coeficiente de correlação igual a 0,92. Os resultados obtidos sugerem que o sistema FiME é eficiente no tratamento de águas superficiais.

PALAVRAS-CHAVE: Filtração em múltiplas etapas, pré-filtro dinâmico, pré-filtro ascendente, filtros lentos.

INTRODUÇÃO

O tratamento de água é de suma importância diante da possibilidade da existência de substâncias químicas e patógenos naturalmente encontrados na água ou decorrentes de atividades antrópicas que possam causar mal à saúde humana, como atividades agrícolas e industriais. Estas substâncias podem estar em concentrações impróprias ao consumo humano. (DI BERNARDO; DANTAS, 2005).

As principais alterações da qualidade da água de um manancial estão relacionadas ao crescimento ou adensamento das populações urbanas, à expansão industrial e aos diferentes usos do solo na bacia hidrográfica. A qualidade da água do manancial influencia diretamente na escolha da tecnologia de tratamento e no custo final da água a ser distribuída à população. Porém, na seleção da tecnologia de tratamento de água, a sustentabilidade do sistema deve ser assegurada para garantir que a água produzida tenha quantidade e qualidade satisfatórias e compatíveis com as necessidades da população durante o período de alcance do projeto. (DI BERNARDO; DANTAS, 2005).

Na prática, o tratamento da água é realizado basicamente por dois grupos de tecnologias, um que faz uso de produtos químicos e outro que não utiliza produtos químicos nas etapas do tratamento, sendo utilizada apenas desinfecção. Em ambos os casos é comum que o efluente seja encaminhado para desinfecção. Entretanto, em todos os processos de tratamento a filtração é parte integrante do sistema. Dentre outros fatores, são as características físico-químicas e microbiológicas da água a ser tratada que definem a tecnologia de tratamento a ser empregada. Se a necessidade de produção e a turbidez forem altas, frequentemente utiliza-se ETA's de ciclo completo, onde os filtros empregados são rápidos. Caso contrário pode ser empregado processo de filtração em múltiplas etapas ou simplesmente filtros lentos que tem sido usado no tratamento da água desde o começo do século XIX (PROSAB, 1999).

Dependendo da qualidade da água bruta, tanto tecnologias de tratamento de água com coagulação química quanto sem coagulação química podem ser utilizadas para o tratamento de águas superficiais. Porém, o tratamento com coagulação química ainda não é uma opção sustentável para um grande número de pequenos municípios e comunidades rurais de países em desenvolvimento por causa das limitações em infra-estrutura e mão-de-obra qualificada. Devido a isto, as tecnologias sem coagulação química são mais indicadas nestas condições. Dentre as tecnologias sem coagulação química destaca-se a filtração lenta em areia, a qual é reconhecida por ser uma tecnologia apropriada para pequenas comunidades e municípios de pequeno porte devido a sua simplicidade de construção, operação e manutenção.

O sistema de filtração lenta oferece diversas vantagens no que se refere ao tratamento de água: (1) é de simples construção; (2) dispensa uso de produtos químicos; (3) não requer mão-de-obra especializada; (4) é baixo o consumo de energia para operação; (5) é um sistema confiável e tem se mostrado eficiente ao produzir água potável (MELLO, 1998).

Entretanto, a filtração lenta necessita de grandes áreas para sua instalação quando a vazão demandada é grande, o que inviabiliza sua adoção para abastecimento de grandes centros urbanos.

No Brasil há duas estações do ano bem definidas: a de estiagem e a de chuva. Durante a estiagem, a água proveniente de mananciais superficiais localizados em bacias hidrográficas protegidas, normalmente apresenta água com qualidade compatível com a requerida para bom funcionamento da filtração lenta. Porém, em épocas de chuva, a água aumenta o teor de microrganismos, turbidez e sólidos suspensos dificultando o funcionamento adequado da filtração lenta, tornando necessária a utilização de tecnologia que torne a água com padrões que possibilite que os filtros lentos funcionem adequadamente bem. Para que os filtros lentos funcionem com carreiras longas em momentos de elevação de turbidez, vêm sendo desenvolvidas pesquisas utilizando pré-tratamento da água bruta através da filtração em múltiplas etapas (FiME). Um dos objetivos da FiME é promover a retenção de partículas nas unidades de pré-filtração dinâmica (PFD) e pré-filtros de areia, que podem ser de fluxo ascendente ou horizontal, tornando a água afluyente aos filtros lentos com turbidez e cor dentro do recomendado para essa tecnologia.

Visando ampliar a aplicação da filtração lenta, no que tange à qualidade do efluente e à duração das carreiras, a filtração em múltiplas etapas (FiME) apresenta-se como boa alternativa com essa finalidade.

Utilizando-se o sistema FiME, este operado adequadamente na preparação da água, é possível tratar água de mananciais superficiais que apresentem picos de cor e turbidez com qualidade exigida pela Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004).

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a aplicabilidade e a eficiência da filtração em múltiplas etapas, constituída de pré-filtro dinâmico, pré-filtro com escoamento ascendente em camadas e filtro lento, no tratamento da água do Ribeirão Sozinha em Goianápolis no Estado de Goiás.

MATERIAIS E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

O sistema foi instalado na área da estação de tratamento de água da cidade de Goianápolis-Goiás, operada pela COMPANHIA DE SANEAMENTO. A ETA do município de Goianápolis trata 18 L/s de água, usando tratamento do tipo ciclo completo. A planta piloto com FiME é composta de 1 pré-filtro dinâmico (PFD), 2 pré-filtros de pedregulho de escoamento ascendente (PFA), 5 filtros lentos (FL) e 1 coluna de carvão ativado (CCAG), Figura 01.



Figura 1. Instalação piloto da FIME na ETA de Goianápolis.

Ribeirão Sozinha, Goiás

A água utilizada nos experimentos é oriunda do Ribeirão Sozinha, o qual abastece a população da cidade de Goianápolis-Goiás. O sistema de captação da ETA piloto foi concebido para aproveitar o poço de sucção da ETA convencional. A água é captada por uma tubulação de 75 mm e é bombeada e conduzida por uma tubulação de 50 mm até a unidade de pré-filtração dinâmica.

Foram realizadas na ETA piloto de Goianápolis quatro carreiras de filtração, sendo a primeira carreira realizada do dia 25/09/08 ao dia 22/10/08, a segunda carreira do dia 29/10/08 a 03/12/08, a terceira carreira do dia 08/12/08 a 14/01/09, e a quarta e última carreira entre o dia 19/02/09 ao dia 18/03/09, totalizando 130 dias experimentais.

Durante cada carreira de filtração, a água bruta captada no Ribeirão Sozinha era bombeada até o pré-filtro dinâmico, onde, em função das condições operacionais desse pré-filtro, parte da água percolava pelo meio filtrante e parte era descartada, retornando ao Ribeirão Sozinha. A água filtrada do PFD era encaminhada a uma caixa cilíndrica construída em fibra de vidro utilizada para distribuição da vazão efluente. Além de distribuir o efluente do PFD para o pré-filtro ascendente, esse dispositivo permite descartar o excesso de água efluente do pré-filtro dinâmico. A coleta de amostra do PFD era realizada na entrada do PFA, onde também eram feitas as medidas de vazão do PFA.

Embora a ETA piloto possuísse dois PFA's, o experimento foi realizado com apenas um. A alimentação do pré-filtro ascendente era realizada pela parte inferior da unidade, sendo o efluente coletado após a caixa distribuidora na tubulação que alimenta os dois filtros lentos. Em função das taxas de aplicação adotadas nos

pré-filtros ascendentes e filtros lentos, apenas metade do efluente do pré-filtro ascendente era encaminhado para os filtros lentos e o restante era descartado, retornando ao Ribeirão Sozinha.

No projeto foram utilizadas duas unidades de filtros lentos, sendo uma somente com areia e outra com areia e carvão granulado. A Areia adotada como meio filtrante apresenta as características granulométricas recomenda por Galvis *et al.*, (1991) e Di Bernardo, (1993). Os filtros lentos eram alimentados pela parte superior por meio de tubulação. Na tubulação de acesso ao filtro lento de areia e carvão foi instalado um registro que permite equalizar a vazão afluente aos dois filtros, através de descarte do excesso do efluente proveniente do PFA. O efluente dos filtros lentos era encaminhado para o Ribeirão Sozinha.

Na estação piloto foi possível analisar o comportamento de cinco sistemas distintos. A Figura 2 mostra o sistema completo da FiME piloto, porém os experimentos foram realizados utilizando 1 pré-filtro dinâmico, 1 filtro ascendente de pedregulho e 2 filtros lentos, sendo 1 de areia e 1 de areia e carvão granulado (Figura 2 área colorida).

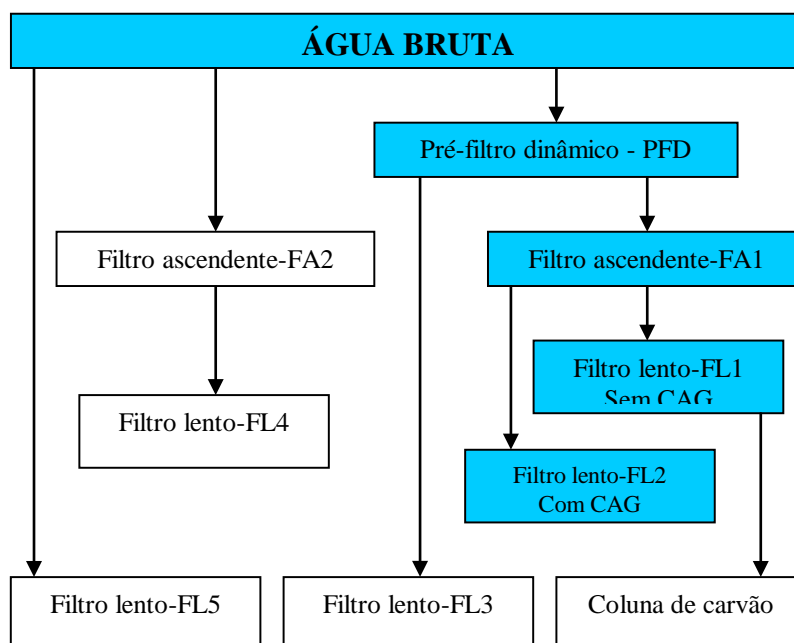


Figura 2. Sistema completo da FiME piloto e da experiência realizada

Tipos de amostras analisadas

Para monitorar a eficiência do tratamento em suas diversas etapas e no todo, amostras de água foram coletadas na entrada e saída de cada unidade da ETA piloto. A frequência de amostragem foi semanal para os parâmetros estabelecidos.

É importante salientar que o período experimental teve uma fase de ajuste das unidades operacionais, detecção e controle dos vazamentos, verificação do comportamento hidráulico e das condições de fluxo, medição da cota de cada unidade, dentre outras atividades.

Estipulou-se o período de aproximadamente 30 dias para o encerramento de cada carreira de filtração. Foi avaliada a influência do arranjo do próprio sistema bem como os parâmetros de qualidade da água de estudo em relação às taxas de operação estipuladas.

Análises laboratoriais

A fim de avaliar o comportamento dos arranjos experimentais, foram monitorados os seguintes parâmetros de qualidade: cor, turbidez, pH, alcalinidade, oxigênio consumido, sólidos suspensos, ferro total, coliformes totais e coliformes termotolerantes. As amostras foram analisadas no Laboratório AQUALIT TEC em SANAMENTO DE GOIÂNIA, seguindo as metodologias preconizadas nos STANDART METHODS, (2005)

Juntamente com os parâmetros de qualidade de água analisados, foi feito controle da vazão nas diversas unidades da ETA piloto e leitura piezométrica da perda de carga nos pré-filtros ascendentes e filtros lentos.

RESULTADOS

A seguir são apresentados e discutidos os resultados obtidos durante as carreiras de filtração. A **Tabela 1** mostra o início e fim de cada carreira de filtração e o total da duração de cada carreira.

Tabela 1. Período e duração das carreiras avaliadas

CARREIRA	PERÍODO	DURAÇÃO
1	25/09/08 – 22/10/08	28 dias
2	29/10/08 – 03/12/08	36 dias
3	08/12/08 – 14/01/09	38 dias
4	19/02/09 – 18/03/09	28 dias
TOTAL		130 dias

CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS

Foram realizadas análises com amostras da água bruta proveniente do Ribeirão Sozinha. A Tabela 2 mostra os resultados dos valores mínimos e máximos das características físicas, químicas e bacteriológicas analisados semanalmente.

Tabela 2. Valores mínimos e máximos da água bruta durante as quatro carreiras de filtração

Parâmetros	Valor mínimo	Valor máximo
Cor	58,00 uC	1100,00 uC
Turbidez	3,81 uT	105,00 uT
Sólidos suspensos	3,00 mg/L	47,00 mg/L
Ferro total	0,63 mg/L	13,11 mg/L
Alcalinidade total	12,00 mg/L	19,00 mg/L
Oxigênio consumido	1,00 mg/L	7,10 mg/L
pH	6,49	7,10
Coliformes totais	280 NMP/100mL	11000 NMP/100mL
Coliformes termotolerantes	70 NMP/100mL	11000 NMP/100mL

Com objetivo de caracterizar os parâmetros físico-químicos e bacteriológicos da água bruta do Ribeirão Sozinha, foi realizada análise de correlação (SOUNIS,1975).

Os coeficientes de correlação em negrito da Tabela 3 abaixo verifica-se que houve uma associação significativa, direta e acentuada, entre algumas variáveis, nominalmente: cor (turbidez, oxigênio consumido, sólidos suspensos e ferro total); turbidez (oxigênio consumido, sólidos suspensos e ferro total); oxigênio consumido (sólidos suspensos e ferro total); e coliforme total com coliformes termotolerantes.

Tabela 3. Coeficiente de correlação Pearson com base nas variáveis analisadas (Temperatura (TEMP), Cor Aparente (COR), Turbidez (TUR), pH, Alcalinidade (ALC), Oxigênio Consumido (OC), Sólidos Suspensos (SS), Ferro Total (FeT), Coliformes Totais (CT) e Coliformes Termotolerantes (CTT).

	TEMP	COR	TURB	pH	ALC	OC	SS	FeT	CT	CTT
TEMP	1,00									
COR	0,08	1,00								
TURB	0,05	0,97	1,00							
pH	-0,38	-0,32	-0,31	1,00						
ALC	-0,05	-0,31	-0,38	0,30	1,00					
OC	-0,04	0,95	0,95	-0,26	-0,40	1,00				
SS	0,05	0,74	0,78	-0,28	-0,47	0,74	1,00			
FeT	0,02	0,97	0,95	-0,27	-0,28	0,96	0,66	1,00		
CT	0,34	0,03	-0,04	-0,24	-0,26	0,04	-0,29	0,10	1,00	
CTT	0,09	0,27	0,22	-0,10	0,00	0,29	-0,11	0,32	0,60	1,00

A análise de correlação mede o grau de associação entre variáveis oscilando entre os limites de +1 a -1, quando positiva demonstra uma relação direta em que o aumento de uma esta associado ao aumento da outra, mas não necessariamente indicando dependência entre elas. E quando negativa, a relação é inversa. Dentro dos limites de 0 a 1 há uma gama de valores que expressam os diferentes graus de associação assim, como termo de comparação afim de aquilatar se os valores de “r” é alto ou baixo adotaremos a tabela de Rugg (Tabela 4) (SOUNIS,1975).

Tabela 4. Tabela de Rugg para aquilatar os valores do coeficiente de correlação de Pearson.

Valor do coeficiente de correlação Pearson	Conceito
$r < 0,15$	Desprezível
$0,15 < r < 0,29$	Baixo
$0,30 < r < 0,49$	Apreciável
$r > 0,50$	Acentuado
1	Perfeito

A Tabela 5 mostra a vazão e as taxas de filtração adotadas nas quatro carreiras de filtração.

Tabela 5. Vazão e taxas de filtração adotadas nas carreiras de filtração

		UNIDADES DO SISTEMA			
		PFD	PFA	FLA	FLACA G
Taxa de filtração (m ³ /m ² .d)	1ª carreira	23,69	12,03	3,09	3,09
	2ª carreira	47,75	30,77	4,13	4,13
	3ª carreira	23,69	12,03	3,09	3,09
	4ª carreira	23,69	12,03	3,09	3,09
Vazão (m ³ /d)	1ª carreira	30,24	6,04	1,55	1,55
	2ª carreira	60,48	15,47	2,07	2,07
	3ª carreira	30,24	6,04	1,55	1,55
	4ª carreira	30,24	6,04	1,55	1,55

A Figura 2 mostra a variação da perda de carga nas diferentes unidades do sistema durante as quatro carreiras de filtração.

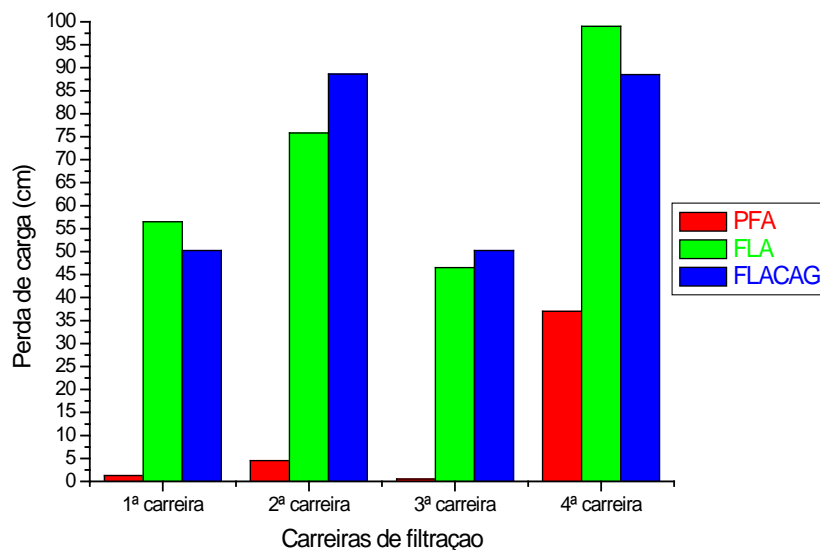


Figura 2. Gráfico da variação da perda de carga

As Figuras 3, 4, 5 e 6 apresentam os valores de cor das carreiras em estudo.

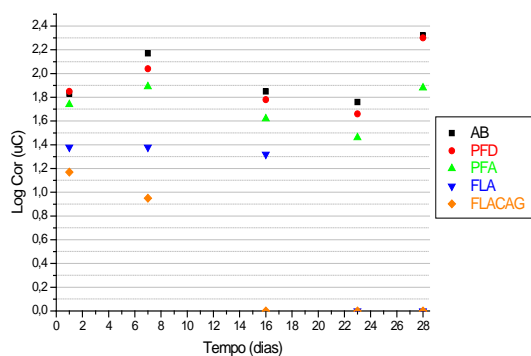


Figura 3. Valores de cor na 1ª carreira de filtração

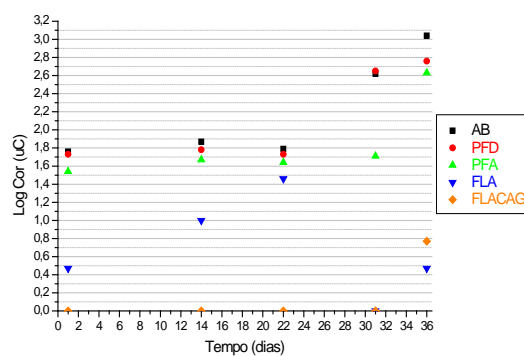


Figura 4. Valores de cor na 2ª carreira de filtração

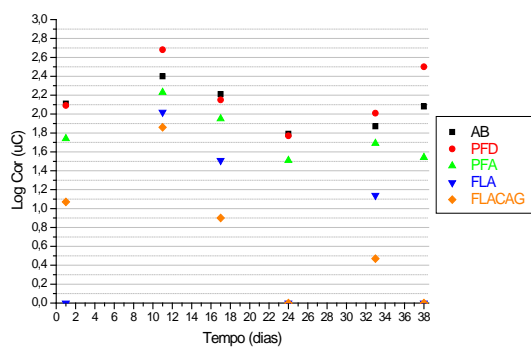


Figura 5. Valores de cor na 3ª carreira de filtração

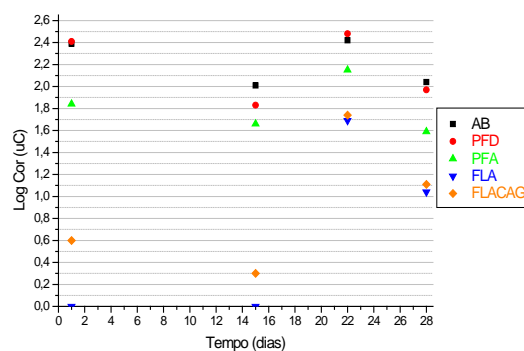


Figura 6. Valores de cor na 4ª carreira de filtração

Durante o período experimental, a cor da água bruta variou de 62,00 uC a 257,00 uC e a turbidez variou de 4,95 uT a 25,10 uT. É importante salientar que a água bruta apresentou picos com valores de cor acima do recomendado para essa tecnologia de tratamento. Galvis *et al.*, (1992) recomenda picos de cor máximo de 230,00 uC e valor médio de 60,00 uC.

O PFD produziu efluente com valores de cor variando de 56,00 a 487,00 uC, apresentando eficiência de remoção de cor de 0,0 a 13,3%, e turbidez variando de 11,00 a 65,00 uT e eficiência de remoção de 0,0 a 48,3%.

O PFA produziu efluentes com valores de cor variando de 35,00 a 173,00 uC, com eficiência de remoção de 33,3 a 71,5% e turbidez de 2,69 a 13,50 uT, com eficiência de remoção variando de 17,1 a 57,3%.

O FLA produziu efluente com cor variando de < 1,0 a 106,00 uC, com eficiência de remoção de 58,7 a 100,0% e efluente com turbidez variando de 0,70 a 8,77 uT, com eficiência de remoção variando de 65,0 a 97,2%.

O FLACAG produziu efluente com cor variando de < 1,0 a 73,00 uC, com eficiência de remoção variando de 71,6 a 100,0% e efluente com turbidez variando de 1,20 a 6,59 uT, com eficiência de remoção de 73,9 a 95,3%.

As Figuras 7, 8, 9 e 10 apresentam os valores de turbidez das carreiras em estudo.

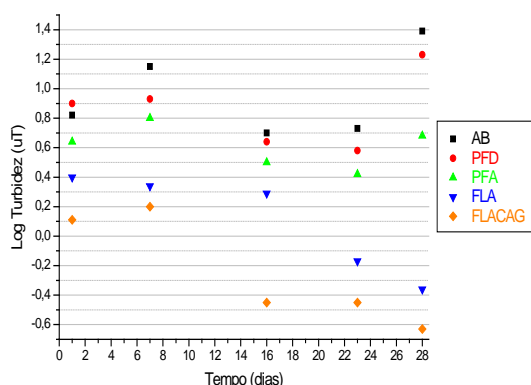


Figura 7. Valores de turbidez na 1ª carreira de filtração

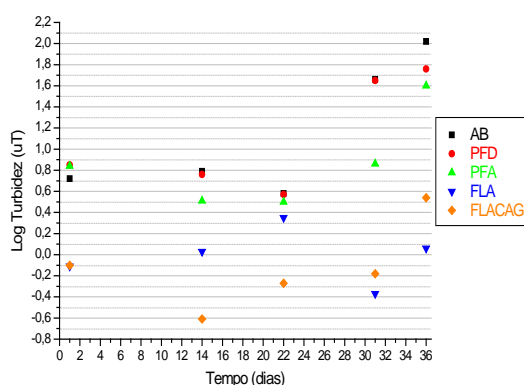


Figura 8. Valores de turbidez na 2ª carreira de filtração

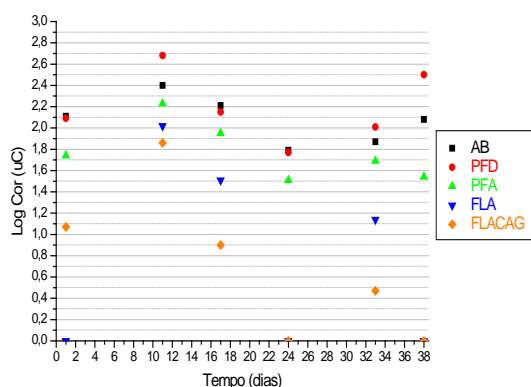


Figura 9. Valores de turbidez na 3ª carreira de filtração

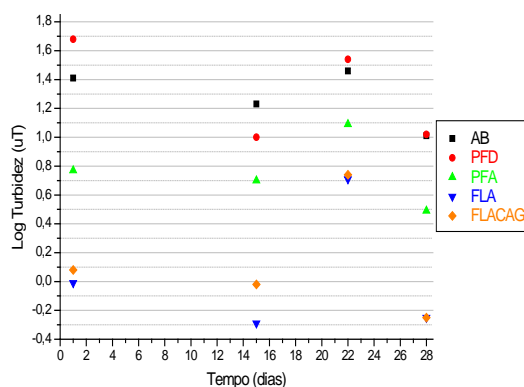


Figura 10. Valores de turbidez na 4ª carreira de filtração

As Figuras 11, 12, 13 e 14 apresentam os valores de Coliformes totais das carreiras em estudo.

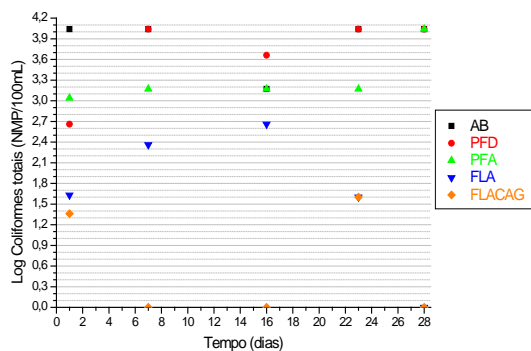


Figura 11. Valores de Coliformes totais na 1ª carreira de filtração

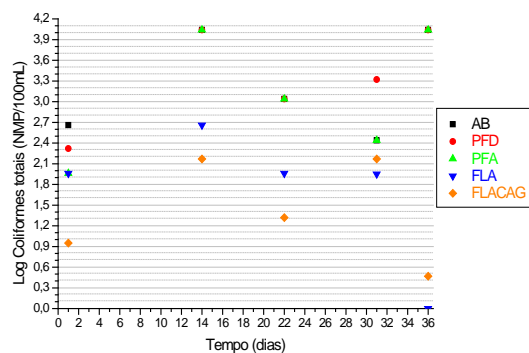


Figura 12. Valores de Coliformes totais na 2ª carreira de filtração

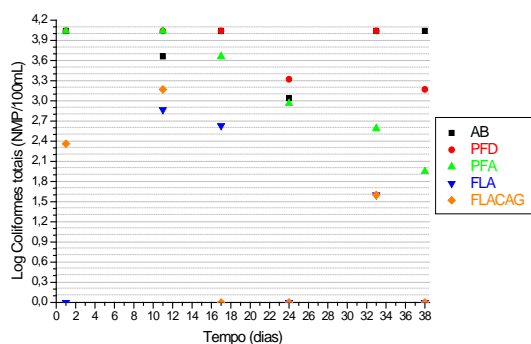


Figura 13. Valores de Coliformes totais na 3ª carreira de filtração

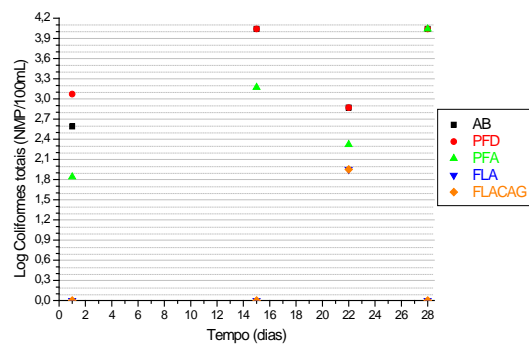


Figura 14. Valores de Coliformes totais na 4ª carreira de filtração

As Figuras 15, 16, 17, 18 apresentam os valores de Coliformes Termotolerantes das carreiras em estudo.

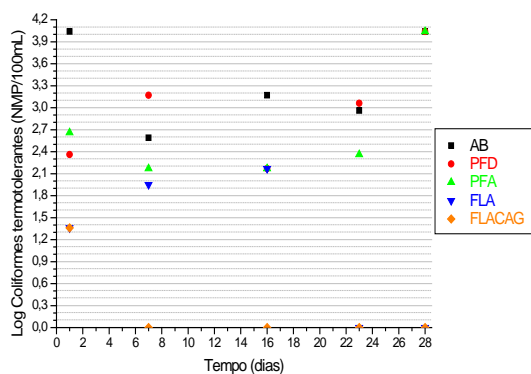


Figura 15. Valores de Coliformes Termotolerantes na 1ª carreira de filtração

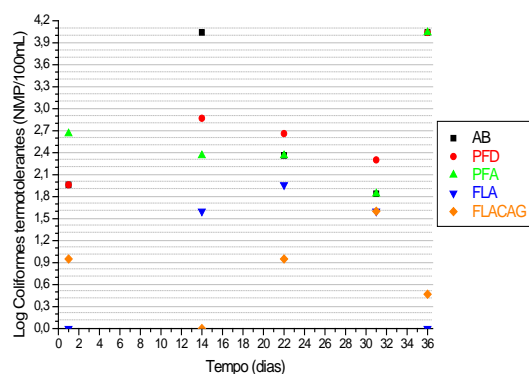


Figura 16. Valores de Coliformes Termotolerantes na 2ª carreira de filtração

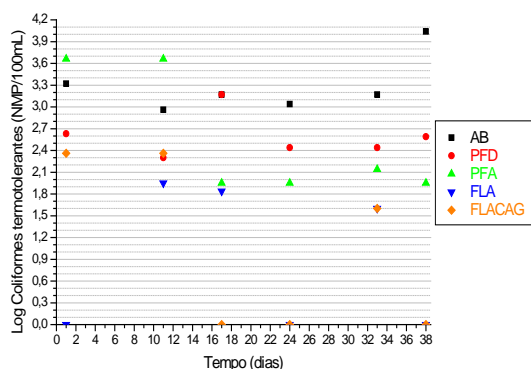


Figura 17. Valores de Coliformes Termotolerantes na 3ª carreira de filtração

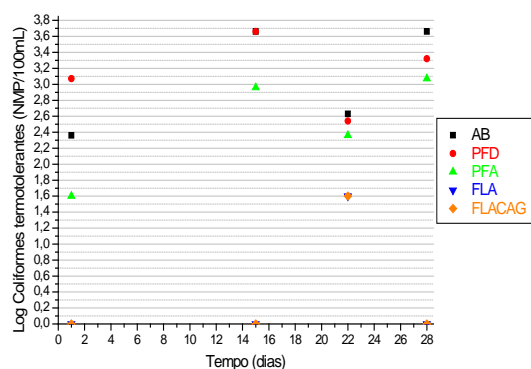


Figura 18. Valores de Coliformes Termotolerantes na 4ª carreira de filtração

Realizou-se uma comparação do desempenho da FiME com a ETA de ciclo completo operada pela SANEAGO, dos parâmetros cor e turbidez. A Figura 19 mostra o resultado do estudo comparativo para os parâmetros determinados.

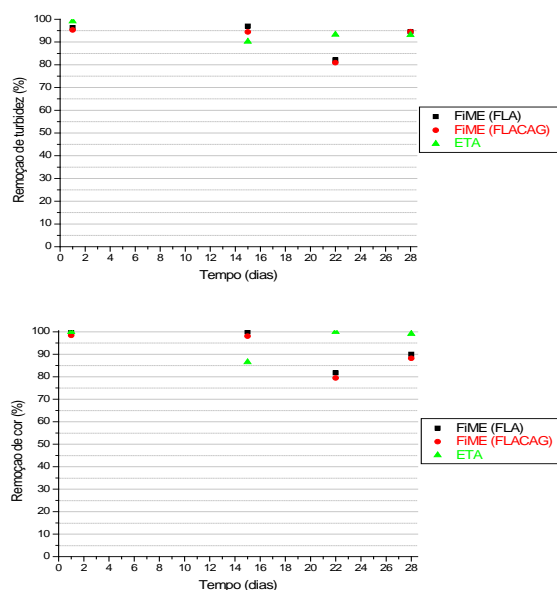


Figura 19. Comparação da FiME com a ETA de ciclo completo

CONCLUSÕES E DISCUSSÃO

O presente trabalho é o primeiro realizado no Estado de Goiás sobre a utilização da tecnologia de tratamento conhecida como filtração em múltiplas etapas - FiME no tratamento de água superficial. Os experimentos incluíram períodos com alta concentração de turbidez, cor, ferro total, coliformes totais e termotolerantes.

Dos resultados obtidos foi permitido verificar que a tecnologia da FiME, constituída por pré-filtro dinâmico, pré-filtro com escoamento ascendente e filtro lento de areia e carvão ativado granular, apresenta grande potencial de aplicação no Estado de Goiás, visto que 41,7% dos municípios do estado possuem população menor que 10.000 habitantes (IBGE, 2007), podendo assim, caso queira a Companhia de Saneamento, optar por essa tecnologia de tratamento de operação simples, a qual necessita apenas de desinfetante como produto químico.

Através das análises dos efluentes das unidades componentes do sistema, foi demonstrado que as águas possuem valores de pH na faixa exigida pela Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde, que é de 6,0 a 9,5,

comprovando que não houve nenhuma modificação significativa do valor da alcalinidade e do pH da água tratada em relação à água bruta. Sendo assim, não há necessidade de usar produto para correção do pH, no caso em estudo, resultando em economia na produção de água potável.

O sistema FiME mostrou-se, em média, compatível com o desempenho atribuído a essa tecnologia de tratamento na bibliografia estudada, mesmo trabalhando com água bruta de turbidez e cor com valores maiores do que o recomendado pela literatura para este tipo de tecnologia com picos de turbidez e cor.

O sistema FiME apresentou, em todas as carreiras de filtração, momentos em que houve remoção de 100,0% de coliformes totais e termotolerantes, e ferro total tendo sido removido, nos efluentes dos filtros lentos, a valores menores do que o recomendado pela Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde, que é de 0,3 mg/L de Fe.

Os filtros lentos apresentaram eficiência superior a 90,0% na remoção de cor, turbidez, sólidos suspensos e ferro total, remoção de oxigênio consumido superior a 80,0% e de coliformes acima de 95,0%. De maneira geral, os filtros lentos apresentaram rendimento satisfatório na remoção de turbidez, ferro total e coliformes, sendo que o filtro lento com camada intermediária de carvão ativado granular foi mais eficiente na remoção de cor verdadeira e oxigênio consumido do que o filtro lento com camada simples de areia. Durante as quatro carreiras de filtração o FLACAG apresentou eficiência ligeiramente melhor do que o FLA.

Os problemas operacionais ocorridos na segunda carreira de filtração foram importantes, pois observou-se, por exemplo, que o aumento da taxa de filtração no PFD de 48 m³/m².dia e no PFA de 18 m³/m².dia influenciou negativamente na eficiência de remoção, principalmente de coliformes e levou à segunda maior perda de carga entre as quatro carreiras. Não houve alteração na duração da carreira, pois ocorreu pico de cor e turbidez com aproximadamente 36 dias, onde todas as unidades foram lavadas, encerrando a carreira de filtração. Embora tenha ocorrido interferências negativas em algumas unidades do sistema, os filtros lentos apresentaram eficiência significativa na remoção de cor, turbidez, sólidos suspensos, coliformes totais e termotolerantes, demonstrando a viabilidade do sistema FiME na produção de água para consumo humano.

A eficiência da filtração lenta é afetada pela turbidez da água a ser tratada, pois tal parâmetro reflete a quantidade de partículas pequenas presentes na água, nas quais muitos microrganismos se encontram aderidos. Para que a filtração lenta produza água filtrada com turbidez relativamente baixa, a qual não diminua a eficiência da desinfecção final e que apresente carreiras de duração razoável, muitos pesquisadores limitam em 10,00 uT a turbidez da água afluente aos filtros lentos. Isso ocorreu durante todas as carreiras de filtração, onde a turbidez efluente ao PFA apresentou valores, em 80,0 a 100,0%, inferiores a 10,00 uT, demonstrando a importância da pré-filtração na preparação da água para ser tratada por essa tecnologia.

Durante a última carreira de filtração, período em que foram realizadas análises da água da ETA de ciclo completo com metodologia igual às análises realizadas na água produzida pelo sistema FiME, foi realizada uma comparação da qualidade da água produzida pela tecnologia FiME com a tecnologia de ciclo completo, na remoção de cor e turbidez, ficando comprovado que a partir do momento que ocorre o período de “amadurecimento” das unidades filtrantes, a qualidade da água produzida pela FiME é igual a qualidade da água produzida pela ETA de ciclo completo. Portanto, a partir do momento em que ocorre a formação da superfície de coesão ou *Schmutzdecke* (aproximadamente 15 dias), aumenta significativamente a retenção de impurezas.

Diante dos resultados obtidos ficou evidenciado a viabilidade de aplicação dessa tecnologia na produção de água para consumo humano, necessitando apenas de desinfecção no efluente final para atender as recomendações da Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde, que dita a existência de 0,2 a 2,0 mg/L de cloro residual livre na água tratada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA. SMEWW – **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. Washington, EUA: APHA, 2005.
2. BRASIL (2004) Ministério da Saúde. **Portaria nº 518, de 25 de março de 2004: Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**. Brasília: Diário Oficial da União, nº 59, 26/03/2004.
3. COELHO, E. R. C.; DI BERNARDO, L. **Avaliação da filtração lenta em leito de areia e carvão ativado granular e da pré-ozonização na remoção de matéria orgânica, microrganismos e atrazina**. CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITÁRIA Y AMBIENTAL, 2002, Cancun, México.
4. DI BERNARDO, L. E DANTAS, A.D.B. **Métodos e Técnicas de Tratamento de Água**. 2ª Edição, Editora Rima, São Carlos-SP, 2 vol., 2005
5. GALVIS, G., LATORRE, J. AND VISSCHEER, J. T. **Multi-stage Filtration: An Innovative Water Treatment Technology**. International Water and Sanitation Centre (IRC) and Instituto de Investigación y Desarrollo en Agua Potable, Saneamiento Básico y Conservación del Recurso Hídrico (CINARA), 1998.
6. IBGE-INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Informações de População. Acessado em fevereiro de 2009.
7. MELLO, O.M.T. **Avaliação do Desempenho da Filtração em Múltiplas Etapas no tratamento de águas com elevadas concentrações de algas**. Brasília-DF Dissertação de Mestrado- Faculdade de Tecnologia- Universidade de Brasília, 1998
8. PROSAB – Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. **Tratamento de água de abastecimento por filtração em múltiplas etapas**. – Rio de Janeiro: ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1999.
9. PROSAB – Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. **Contribuição ao estudo da remoção de cianobactérias e microcontaminantes orgânicos por meio de técnicas de tratamento de água para consumo humano** / Valter Lúcio de Pádua (coordenador). Rio de Janeiro: ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2006.
10. SOUNIS, E. **Bioestatística: Princípios Fundamentais, Metodologia Estatística, Aplicação às Ciências Biológicas**. São Paulo. McGraw-Hill, 1975.