



# Revista AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:  
Investigación, desarrollo y práctica

Volúmen 1, número 3, año 2007 ISSN 0718-378X  
PP

## **CARACTERIZAÇÃO MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA DE LAVAGEM DE FILTROS E AVALIAÇÃO DE DIFERENTES CENÁRIOS DE RECIRCULAÇÃO**

Microbiologic characterization of filter backwash water and  
assessment of some recycling scenarios

Mônica Durães Braga  
Paula Dias Bevilacqua  
Rafael K.X. Bastos  
Adiéliton Galvão de Freitas  
Graziele Menezes Ferreira

### ABSTRACT

The objective of the study was to characterize filter backwash water considering the turbidity and microorganisms (*Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Clostridium perfringens*, *Giardia* spp. e *Cryptosporidium* spp.) and to analyze some possible recycling scenarios as a way of planning this operation with views to minimize health risks. Regarding the parameters analyzed in the clarification process, the best results were obtained when cationic polymer was used in comparison with other situations. The presence of resistant organisms in filter backwash water, even after clarification process, indicates the need of greater attention when considering recycling situation in water treatment plants. The results suggest that the clarification contributes to reduce the risks associated to filter backwash recycling. The best results found in the clarification processes suggest the use of the cationic polymer resulting in considerable reduction of organisms and consequent reduction of associated risks.

Key-words: filter backwash water, recycling, risks.

## CARACTERIZAÇÃO MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA DE LAVAGEM DE FILTROS E AVALIAÇÃO DE DIFERENTES CENÁRIOS DE RECIRCULAÇÃO

### **Mônica Durães Braga<sup>(1)</sup>**

Bacharel em Ciências Biológicas (UNIMONTES). Mestranda em Medicina Veterinária (UFV) - Bolsista do CNPq/CTHidro – Brasil.

### **Paula Dias Bevilacqua**

Médica Veterinária (UFV), Mestrado em Epidemiologia (UFMG), Doutorado em Epidemiologia (UFMG), professora adjunta e pesquisadora do Departamento de Veterinária (UFV).

### **Rafael K.X. Bastos**

Engenheiro Civil (UFJF), Especialização em Engenharia de Saúde Pública (ENSP/FIOCRUZ), PhD em Engenharia Sanitária (University of Leeds, UK), Professor Adjunto - Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa (UFV), Chefe da Divisão de Água e Esgotos da UFV.

### **Adiéliton Galvão de Freitas**

Engenheiro Ambiental (UFV). Mestrando em Saneamento Ambiental (UFV).

### **Graziele Menezes Ferreira**

Médica Veterinária (UFV). Mestranda em Medicina Veterinária (UFV).

<sup>(1)</sup>Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Veterinária. CEP: 36.570--000, Viçosa-MG, Brasil. Fone:(31) 3899-1467; Fax: (31) 3899-2317. e-mail: [mb\\_duraes@yahoo.com.br](mailto:mb_duraes@yahoo.com.br)

## **RESUMO**

O objetivo do estudo foi caracterizar a ALF quanto aos parâmetros microbiológicos e valores de turbidez e analisar alguns possíveis cenários de recirculação, no sentido de planejamento dessa operação com vistas a minimizar riscos à saúde. Com relação aos parâmetros avaliados no processo de clarificação, foram obtidos melhores resultados quando utilizado o polímero catiônico em comparação às demais situações analisadas. A considerável presença de organismos resistentes na ALF, mesmo em cenários de clarificação, indica a necessidade de maior atenção ao considerar a situação de recirculação em uma ETA. Os resultados sugerem que a clarificação contribui para redução de riscos associados à recirculação da ALF. Os melhores resultados encontrados nos processos de clarificação sugerem o uso do polímero catiônico com considerável redução de organismos e conseqüente redução de riscos associados a eles.

**Palavras-chave:** água de lavagem de filtros, recirculação, riscos.

## ABSTRACT

The objective of the study was to characterize filter backwash water considering the turbidity and microorganisms (*Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Clostridium perfringens*, *Giardia* spp. e *Cryptosporidium* spp.) and to analyze some possible recycling scenarios as a way of planning this operation with views to minimize health risks. Regarding the parameters analyzed in the clarification process, the best results were obtained when cationic polymer was used in comparison with other situations. The presence of resistant organisms in filter backwash water, even after clarification process, indicates the need of greater attention when considering recycling situation in water treatment plants. The results suggest that the clarification contributes to reduce the risks associated to filter backwash recycling. The best results found in the clarification processes suggest the use of the cationic polymer resulting in considerable reduction of organisms and consequent reduction of associated risks.

**Key-words: filter backwash water, recycling, risks.**

## INTRODUÇÃO

No Brasil, grande parte das estações de tratamento de água utiliza os métodos convencionais com ciclo completo. Durante tal processo, a geração de resíduos é fator relevante e atualmente tem chamado a atenção, principalmente quanto à disposição final dos mesmos. A água de lavagem de filtro (ALF) é parte integrante dos resíduos de uma estação de tratamento de água (ETA) e, na maioria dos casos, é lançada diretamente nos mananciais sem qualquer tratamento, o que provoca intensas agressões ao meio ambiente.

Os filtros são normalmente lavados através do fluxo de água limpa no sentido contrário à filtração. A vazão utilizada deve ser suficiente para expandir o leito filtrante e liberar o material sólido retido na camada filtrante, por isso é necessária a utilização de uma vazão bem acima da vazão de operação da estação, levando à produção de grande volume de água residuária, num curto espaço de tempo (USEPA, 2000).

A lavagem dos filtros pode consumir de 2 a 10% do volume total de água produzido por uma ETA. Um consumo tão elevado de água em um momento de crescente escassez de fontes de abastecimento desperta o interesse no reaproveitamento deste efluente. Uma vez que se realiza a reciclagem da ALF pode-se reduzir a extração de água das fontes naturais, além de diminuir substancialmente o lançamento do efluente em corpos receptores.

Contudo, para que essa prática seja feita de forma segura é importante o conhecimento das características das águas a serem reutilizadas, visando evitar possíveis contaminações. A recirculação da ALF pode ser considerada como um perigo no processo de tratamento da água, podendo implicar em risco à saúde da população consumidora. Assim, a reciclagem de ALF deve ser realizada com os devidos cuidados em termos de tratamento e manejo operacional, por exemplo, por meio da clarificação e, ou, do controle da razão de recirculação da ALF (USEPA, 2000).

Neste trabalho, objetivou-se caracterizar microbiologicamente a ALF da ETA da Universidade Federal de Viçosa (UFV) e analisar alguns possíveis cenários de reciclagem a partir da clarificação e diluição da ALF, com o intuito de avaliar riscos à saúde.

## MATERIAL E MÉTODOS

A Estação de Tratamento de Água da Universidade Federal de Viçosa (ETA-UFV) emprega o tratamento em ciclo completo, com vazão de  $60 \text{ L s}^{-1}$  e períodos de operação médios diários de dez horas. A carreira de filtração média dos filtros (duas unidades) é de 36 horas, sendo a retrolavagem efetuada a partir de um reservatório elevado com capacidade de  $100 \text{ m}^3$  abastecido com água tratada.

### Caracterização da água de lavagem dos filtros

O monitoramento da ALF foi realizado, mensalmente, no período entre outubro de 2005 e agosto de 2006. As amostras foram coletadas ao longo do processo de lavagem dos filtros resultando em amostras compostas. Os parâmetros pesquisados foram: turbidez, coliformes totais, coliformes termotolerantes e *Escherichia coli* (técnica dos tubos múltiplos); esporos de bactérias aeróbias e *Bacillus subtilis* (RICE et al., 1996); esporos de bactérias anaeróbias e *Clostridium perfringens* (FOUT et al., 1996) e (oo)cistos de *Giardia* e *Cryptosporidium*, empregando-se a técnica de floculação com carbonato de cálcio seguida da identificação por imunofluorescência direta (VESEY et al., 1993). Adicionalmente, durante dois momentos também foi pesquisado o cloro residual livre (CRL) em amostras de ALF, coletadas a cada minuto, ao longo do processo de lavagem dos filtros, cuja duração varia de 8 a 10 minutos.

### Ensaio de clarificação

Os ensaios de clarificação, com e sem o uso de polímeros, foram realizados com a finalidade de avaliar a eficácia de remoção de microrganismos da ALF. Para os ensaios, foi coletada uma amostra composta da água de lavagem de um dos filtros, obtida a partir de coletas realizadas a cada 15 segundos durante o processo de lavagem (8 a 10 minutos) e armazenada em uma caixa d'água de 500 L. Os ensaios de clarificação foram conduzidos em uma coluna de sedimentação, construída em PVC com capacidade de 21 L, diâmetro de 150 mm e altura de 1.200 mm. Para cada ensaio, a coluna era preenchida com a ALF armazenada na caixa d'água, previamente homogeneizada; após o preenchimento, a amostra era mantida sob agitação, a um gradiente de  $100 \text{ s}^{-1}$ , sendo adicionado, quando era o caso, o polímero. Para cada tipo de polímero utilizado, a amostra era mantida sob agitação por um tempo que variou de 5 a 10 minutos, quando o agitador era desligado. Após

o tempo de realização de cada ensaio (44 minutos), o sobrenadante era coletado para pesquisa dos parâmetros microbiológicos citados acima. Os polímeros utilizados foram do tipo não iônico, catiônico e aniônico, na dosagem de  $1 \text{ mgL}^{-1}$  e concentração de 0,1%. Antes de iniciar os ensaios, foi coletada uma amostra da água de lavagem armazenada na caixa d'água, previamente homogeneizada, para posterior pesquisa dos parâmetros microbiológicos.

Como exercício para caracterização do perigo de recirculação de ALF, foram imaginados seis cenários a partir das concentrações de microrganismos encontrados na água bruta, na ALF e na ALF clarificada por sedimentação com e sem polímero: (1) recirculação da ALF realizada de forma contínua, durante toda a operação da ETA sem clarificação; (2) recirculação realizada numa razão de 10%, sem clarificação; (3) recirculação da ALF realizada de forma contínua (razão de recirculação de 4,63%), precedida de clarificação por sedimentação assistida por polímero (CORNWELL & LEE, 1993); (4) recirculação da ALF numa razão de 10%, precedida de clarificação assistida por polímero; (5) recirculação da ALF realizada de forma contínua, precedida de clarificação por sedimentação sem uso de polímero; (6) recirculação da ALF numa razão de 10%, precedida de clarificação por sedimentação sem uso de polímero.

### Análise dos dados

Os dados foram analisados a utilizando técnicas da estatística descritiva e a comparação de médias, quando possível, foi realizada a partir da análise de variância. Os resultados foram interpretados considerando o nível de significância de 5%.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Caracterização da água de lavagem dos filtros

Na Tabela 1 encontram-se os resultados da caracterização microbiológica obtidos no monitoramento da água bruta e da ALF dos dois filtros da ETA-UFV. De forma geral, observa-se, que para bactérias heterotróficas não foram observadas grandes variações entre os valores encontrados na água bruta e de lavagem dos filtros. Contudo, para os parâmetros coliformes e *Escherichia coli*, notam-se valores inferiores aos da água bruta, o que provavelmente é explicado pelo fato de se utilizar água tratada para a lavagem dos filtros, com residuais de cloro que podem exercer sua ação bactericida durante a operação de lavagem. De fato, a pesquisa de CRL na ALF, durante o período de lavagem dos filtros, revelou residuais variando de 0,02 a 0,89 ppm para o filtro 1 e 0,03 a 1,13 ppm para o filtro 2.

Em contrapartida, registra-se o aumento das concentrações de organismos reconhecidamente mais resistentes, como esporos de bactérias, na ALF. Considerando os

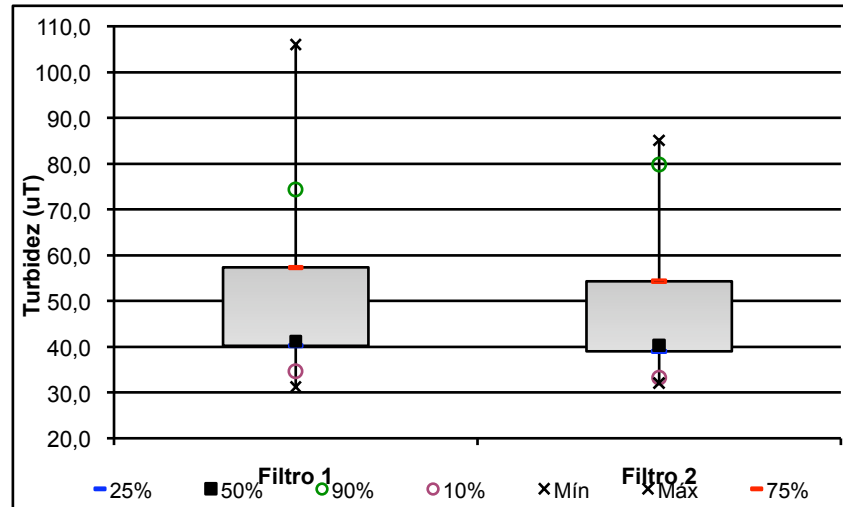
valores máximos dos parâmetros, verifica-se, para a ALF do filtro 1 e do filtro2, respectivamente, 1,6 e 1,08 vezes mais esporos de bactérias anaeróbias e 18,5 e 10,43 vezes mais esporos de bactérias aeróbias do que na água bruta. O mesmo ocorre com relação aos (oo)cistos de protozoários. Chegando a alcançar aumento de 4,6 e 18,8 vezes para os oocistos de *Cryptosporidium* sp. e 22,8 e 6,7 vezes para cistos de *Giardia* sp. na ALF do filtro 1 e 2, respectivamente.

**Tabela 1: Caracterização microbiológica da água bruta e de lavagem dos filtros, ETA/UFV, outubro de 2005 a agosto de 2006**

Parâmetros	Água bruta				Água de lavagem Filtro 1				Água de lavagem Filtro 2			
	Máximo	Mínimo	n <sup>(1)</sup>	+ <sup>(2)</sup>	Máximo	Mínimo	n <sup>(1)</sup>	+ <sup>(2)</sup>	Máximo	Mínimo	n <sup>(1)</sup>	+ <sup>(2)</sup>
Bactérias heterotróficas <sup>(3)</sup>	$7,2 \times 10^2$	$2,2 \times 10^1$	11	11	$3,6 \times 10^2$	$1,7 \times 10^1$	10	10	$4,1 \times 10^2$	$1,8 \times 10^1$	9	9
Coliformes totais <sup>(4)</sup>	$2,8 \times 10^3$	$2,3 \times 10^2$	11	11	$7,9 \times 10^1$	1,8	10	8	$4,5 \times 10^1$	2	9	9
Coliformes termotolerantes <sup>(4)</sup>	$4,9 \times 10^2$	$4,0 \times 10^1$	11	8	$3,3 \times 10^1$	1,8	10	6	$4,5 \times 10^1$	1,8	9	5
<i>Escherichia coli</i> <sup>(4)</sup>	$3,3 \times 10^2$	$4,0 \times 10^1$	11	8	$3,3 \times 10^1$	1,8	10	6	$2,0 \times 10^1$	1,8	9	5
Esporos bactérias anaeróbias <sup>(5)</sup>	$7,4 \times 10^1$	3	11	10	$1,2 \times 10^2$	$4,1 \times 10^1$	10	9	$8,0 \times 10^1$	$1,9 \times 10^1$	9	9
<i>Clostridium perfringens</i> <sup>(5)</sup>	$3,9 \times 10^1$	1	11	10	$1,0 \times 10^2$	4	10	9	$5,4 \times 10^1$	6	9	9
Esporos bactérias aeróbias <sup>(5)</sup>	$4,6 \times 10^3$	$1,7 \times 10^3$	11	11	$8,5 \times 10^4$	$6,4 \times 10^3$	10	10	$4,8 \times 10^4$	$6,5 \times 10^3$	9	9
<i>Bacillus subtilis</i> <sup>(5)</sup>	$5,0 \times 10^1$	2,5	11	3	$1,0 \times 10^2$	$2,5 \times 10^1$	10	1	0	0	9	1
<i>Giardia</i> spp. <sup>(6)</sup>	7	2	7	3	$1,6 \times 10^2$	$1,3 \times 10^1$	7	1	$4,7 \times 10^1$	$1,6 \times 10^1$	6	2
<i>Cryptosporidium</i> spp. <sup>(7)</sup>	$2,5 \times 10^1$	2	7	5	$1,15 \times 10^2$	$4,3 \times 10^1$	7	4	$4,7 \times 10^2$	$4,7 \times 10^2$	6	1

**NOTAS:** (1) número de amostras; (2) número de amostras positivas; (3) UFC mL<sup>-1</sup>; (4) NMP 100mL<sup>-1</sup>; (5) UFC 100mL<sup>-1</sup>; (6) cistos L<sup>-1</sup>; (7) oocistos L<sup>-1</sup>.

Na Figura 1 está apresentada a estatística descritiva da turbidez da água de lavagem dos filtros 1 e 2. Os percentis 25 e 75 foram de 40,20 e 57,35 uT para o filtro 1 e 39,00 e 54,30 uT para o filtro 2. A análise de variância dos valores de turbidez encontrados ao longo do ano para os filtros individualmente, não revelou diferença entre as épocas de chuva e seca ( $p > 0,05$ ), o mesmo foi verificado na análise realizada para todos os parâmetros microbiológicos, sugerindo que as simulações efetuadas a seguir podem ser extrapoladas para as duas épocas do ano.



**Figura 1: Turbidez da água de lavagem dos filtros 1 e 2, ETA/UFV, outubro de 2005 a agosto de 2006.**

Considerando os parâmetros microbiológicos investigados, a comparação das médias entre os dois filtros não apresentou diferença estatisticamente significativa ( $p > 0,05$ ), indicando que as características das águas de lavagem de ambos os filtros são semelhantes, conforme Tabela 2. Sendo assim, optou-se, nesse trabalho, por realizar o ensaio de clarificação com amostras obtidas durante a lavagem do filtro 2.



**Tabela 2: Valores de p da análise de variância entre filtro 1 e filtro 2, segundo os parâmetros microbiológicos, ETA/UFV, outubro de 2005 a agosto de 2006**

Parâmetros	Água de lavagem				Valores de p
	Filtro1		Filtro 2		
	Amostras	MG (DP) <sup>(1)</sup>	Amostras	MG (DP) <sup>(1)</sup>	
Bactérias heterotróficas <sup>(2)</sup>	10	66,08 (1,46)	9	60,56 (1,91)	0,9440
Coliformes totais <sup>(3)</sup>	10	6,57 (3,51)	9	7,83 (1,73)	0,6604
Coliformes termotolerantes <sup>(3)</sup>	10	2,41 (2,99)	9	1,53 (2,87)	0,9250
<i>Escherichia coli</i> <sup>(3)</sup>	10	2,41 (2,99)	9	1,02 (1,98)	0,3470
Esporos bacterias anaeróbias <sup>(4)</sup>	10	45,96 (3,08)	9	41,41 (0,57)	0,1101
<i>Clostridium perfringens</i> <sup>(4)</sup>	10	19,91 (3,61)	9	17,23 (1,09)	0,2025
Esporos bacterias aeróbias <sup>(4)</sup>	10	1,31 x 10 <sup>4</sup> (1,32)	9	1,27 x 10 <sup>4</sup> (0,92)	0,6735
<i>Bacillus subtilis</i> <sup>(4)</sup>	10	1,19 (4,37)	9	0,00 (0,00)	0,2549
<i>Giardia</i> spp. <sup>(5)</sup>	7	9,27 (9,33)	6	4,57 (5,80)	0,2837
<i>Cryptosporidium</i> spp. <sup>(6)</sup>	7	10,09 (8,70)	6	1,79 (11,30)	0,6320

**NOTAS:** (1) Média geométrica e desvio padrão geométrico; (2) UFC mL<sup>-1</sup>; (3) NMP 100mL<sup>-1</sup>; (4) UFC 100mL<sup>-1</sup>; (5) cistos L<sup>-1</sup>; (6) oocistos L<sup>-1</sup>.

### Ensaio de clarificação

A água de lavagem do filtro 2, utilizada nos ensaios de clarificação, foi caracterizada segundo parâmetros microbiológicos, tendo-se constatado a ausência de alguns organismos pesquisados (Tabela 3). Embora tenha sido feita apenas uma análise para cada parâmetro, pode-se especular que a não ocorrência de coliformes termotolerantes e *E. coli*, microrganismos menos resistentes à presença do cloro, provavelmente pode ser explicada pela utilização de água tratada na lavagem do filtro, conforme discutido anteriormente. Já, a ausência de valores detectáveis de (oo)cistos pode estar relacionada a limitações da técnica de detecção, uma vez que ao longo do monitoramento realizado de outubro de 2005 a agosto de 2006, foram identificados cistos de *Giardia* spp. e oocistos de *Cryptosporidium* spp. nas amostras de ALF, com valores médios (média geométrica) de 4,57 e 1,79, respectivamente. Dessa forma, embora na amostra de água de lavagem utilizada nos ensaios não tenham sido detectados protozoários, esses, sem dúvida, estão presentes na ALF.

A partir da coleta de uma amostra composta da água de lavagem do filtro 2, foram realizados quatro ensaios de clarificação. Os resultados obtidos, com e sem uso de polímero, demonstram redução dos microrganismos inicialmente detectados na água de lavagem. Considerando o tipo de clarificação avaliada, não foram observados coliformes totais e *Clostridium perfringens* em nenhuma amostra, inclusive quando não foi utilizado polímero. Para os demais parâmetros bacteriológicos, foram identificados valores de remoção mais elevados quando a clarificação foi realizada utilizando o polímero catiônico (Tabela 3).

Avaliando os parâmetros individualmente, para clarificação sem uso de polímero, houve redução de 72,5% para as bactérias heterotróficas; 72,7% para esporos de bactérias anaeróbias e 25,8% para esporos de bactérias aeróbias. Quando o polímero catiônico foi utilizado, a redução foi de 97,3%; 100% e 97,2%, respectivamente.

**Tabela 3: Caracterização microbiológica da água de lavagem do filtro 2 e das amostras clarificadas, ETA/UFV, agosto de 2006**

Parâmetros	ALF	Água de lavagem clarificada			
		Sem polímero	Aniônico	catiônico	Não iônico
Bactérias heterotróficas <sup>(1)</sup>	2,03 x 10 <sup>2</sup>	7,25 x 10 <sup>1</sup>	2,15 x 10 <sup>1</sup>	5,5	4,8 x 10 <sup>1</sup>
Coliformes totais <sup>(2)</sup>	2,30 x 10 <sup>1</sup>	ND	ND	ND	ND
Coliformes termotolerantes <sup>(2)</sup>	ND <sup>(6)</sup>	ND	ND	ND	ND
<i>Escherichia coli</i> <sup>(2)</sup>	ND	ND	ND	ND	ND
Esporos anaeróbios <sup>(3)</sup> bactérias	8,80 x 10 <sup>1</sup>	2,4 x 10 <sup>1</sup>	1	ND	3,5
<i>Clostridium perfringens</i> <sup>(3)</sup>	2,40 x 10 <sup>1</sup>	ND	ND	ND	ND
Esporos aeróbios <sup>(3)</sup> bactérias	1,78 x 10 <sup>4</sup>	1,32 x 10 <sup>4</sup>	2,8 x 10 <sup>3</sup>	5,0 x 10 <sup>2</sup>	1,30 x 10 <sup>3</sup>
<i>Giardia</i> spp. <sup>(4)</sup>	ND	1,0 x 10 <sup>1</sup>	ND	ND	ND
<i>Cryptosporidium</i> spp. <sup>(5)</sup>	ND	3,0 x 10 <sup>1</sup>	5	ND	4

**NOTAS:** (1) UFC mL<sup>-1</sup>; (2) NMP 100mL<sup>-1</sup>; (3) UFC 100mL<sup>-1</sup>; (4) cistos L<sup>-1</sup>; (5) oocistos L<sup>-1</sup>; (6) Não detectado.

Com relação aos protozoários, observou-se a presença de (oo)cistos nas amostras de água clarificada, sem que os mesmos tivessem sido identificados na água de lavagem de filtro utilizada nos ensaios. Todas as análises para detecção e contagem de protozoários foram realizadas utilizando a mesma metodologia e partindo do mesmo volume de amostra. Contudo, a amostra composta da ALF apresentou valores de turbidez (33,5 uT) e de sólidos em suspensão totais (75 mg L<sup>-1</sup>) consideravelmente superiores em relação às amostras que passaram por processo de clarificação (valores médios de 5,32 uT e 13,5 mg L<sup>-1</sup> para turbidez e sólidos em suspensão totais, respectivamente). Sabe-se que a presença de partículas sólidas é fator limitante na visualização de (oo)cistos nas análises de imunofluorescência dificultando a leitura, nesse sentido, a não detecção de protozoários na ALF, provavelmente ocorreu devido a limitações da técnica analítica utilizada. Ressalta-se, ainda, que foi realizada uma única pesquisa dos parâmetros microbiológicos na água de lavagem utilizadas nos ensaios.

Analisando os dados obtidos durante os experimentos de clarificação, para oocistos de *Cryptosporidium* spp. o ensaio com uso de polímero catiônico foi o único a apresentar valor não detectável, sendo que foram detectados 3,0 x 10<sup>1</sup> oocistos L<sup>-1</sup> quando não se utilizou polímero e 5 e 4 oocistos L<sup>-1</sup>, quando o polímero utilizado foi aniônico e não iônico, respectivamente. Quanto à *Giardia* spp., a mesma foi encontrada apenas na amostra clarificada sem o uso de polímero (1,0 x 10<sup>1</sup> cistos L<sup>-1</sup>), nas demais, apresentou sempre valor não detectável.

Partindo-se dos valores encontrados, foram criados possíveis cenários de recirculação utilizando os efluentes sem clarificação, com clarificação sem uso de polímeros e com clarificação com uso de polímero catiônico; tendo-se variado, também, as razões de recirculação, adotando-se valores iguais a 4,63 e 10%. Para fins desse exercício, foram arbitrados, para os (oo)cistos de protozoários, os valores encontrados no monitoramento do mês de agosto para a ALF do filtro 1, quais sejam, 43,2 oocistos  $L^{-1}$  de *Cryptosporidium* spp. e 144 cistos  $L^{-1}$  de *Giardia* spp.

Quando a recirculação é proposta sem o tratamento prévio com clarificação (cenários 1 e 2), observam-se acréscimos de todos os parâmetros microbiológicos, com exceção dos coliformes. Já para a situação de recirculação com o tratamento prévio da água com clarificação, porém sem o uso de polímero (cenários 5 e 6), os acréscimos são observados para esporos de bactérias anaeróbias e aeróbias, cistos de *Giardia* spp. e oocistos de *Cryptosporidium* spp. Nos cenários onde foi utilizado polímero catiônico (cenários 3 e 4), todos os parâmetros microbiológicos apresentaram redução (Tabela 4).

De forma geral, os resultados sugerem que a clarificação minimiza os perigos associados à recirculação da ALF. Nos cenários onde não se utilizou tratamento prévio com clarificação (cenários 1 e 2), esperar-se-ia aumento de todos os parâmetros microbiológicos na água afluyente à ETA, e, por outro lado, o uso de clarificação resultaria na redução de alguns (clarificação sem o uso de polímero) ou de todos os parâmetros microbiológicos investigados (clarificação com uso de polímero catiônico).

Independentemente do cenário proposto, deve-se considerar que os organismos, cuja carga afluyente à ETA seria aumentada com a recirculação da ALF poderiam ser removidos nos processos unitários de tratamento (decantação, filtração e desinfecção). A esse respeito, durante o monitoramento realizado na ETA-UFV a avaliação da remoção foi realizada, sendo encontrados os seguintes resultados: heterotróficas: 62,93% no decantador e 38,19% nos filtros; coliformes totais: 84,54% no decantador e 12,69% nos filtros; coliformes termotolerantes: 85,63% no decantador e 36,32% nos filtros; *Escherichia coli*: 85,16% no decantador e 39,89% nos filtros; esporos anaeróbios: 75,51% no decantador e 92,45% nos filtros; *Clostridium perfringens*: 83,31% no decantador e 100% nos filtros; esporos aeróbios: 71,74% no decantador e 76,41% nos filtros; *Bacillus subtilis*: 41,65% no decantador e 69,48% nos filtros; oocistos de *Cryptosporidium* sp.: 53,76% no decantador e 100% nos filtros; cistos de *Giardia* sp.: 52,46% no decantador e 75,86% nos filtros.

Entretanto, mesmo que as etapas de tratamento possam remover e, ou, inativar, adequadamente, os microrganismos presentes na água, não se pode negligenciar o perigo que se evidencia em situações de recirculação de água de lavagem de filtros. Conforme demonstrado nos diferentes cenários explorados, em algumas condições há evidente aumento da carga de organismos (indicadores e que oferecem risco à saúde humana) afluyente à ETA.

Os resultados também sugerem que as razões de recirculação impactariam na reintrodução de organismos na água afluyente à ETA, uma vez que, de forma, geral, nos cenários onde foi considerado um maior volume de água recirculado (10%), haveria maior concentração

de microrganismos. Contudo, tal consideração deve ser vista com cuidado, já que os valores aqui referidos são baseados em único ensaio.

**Tabela 4: Variação percentual da carga microbiana afluyente à ETA em diferentes cenários de recirculação da água de lavagem do filtro 2, ETA/UFV, agosto de 2006**

Parâmetros	Cenários <sup>(1)</sup>					
	1	2	3	4	5	6
Bactérias heterotróficas <sup>(2)</sup>	3,1	6,1	-4,4	-9,5	-1,7	-3,6
Coliformes totais <sup>(3)</sup>	-4,4	-9,5	-4,6	-10,0	-4,6	-10,0
Coliformes termotolerantes <sup>(3)</sup>	-4,6	-10,0	-4,6	-10,0	-4,6	-10,0
Escherichia coli <sup>(3)</sup>	-4,6	-10,0	-4,6	-10,0	-4,6	-10,0
Esporos bactérias anaeróbias <sup>(4)</sup>	22,4	37,2	-4,6	-10,0	4,5	8,7
<i>Clostridium perfringens</i> <sup>(4)</sup>	46,1	63,7	-4,6	-10,0	-4,6	-10,0
Esporos bactérias aeróbias <sup>(4)</sup>	5,6	10,9	-4,3	-9,3	3,2	6,3
<i>Giardia</i> spp. <sup>(5)</sup>	34,6	52,1	-4,6	-10,0	29,5	30,6
<i>Cryptosporidium</i> spp. <sup>(6)</sup>	89,9	94,8	-4,6	-10,0	87,8	89,1

**NOTAS:** (1) Cenário 1: razão de recirculação: 4,63% sem clarificação. Cenário 2: razão de recirculação: 10% sem clarificação. Cenário 3: razão de recirculação: 4,63%; com clarificação utilizando polímero catiônico. Cenário 4: razão de recirculação: 10%; com clarificação utilizando polímero catiônico. Cenário 5: razão de recirculação: 4,63%; com clarificação sem polímero. Cenário 6: razão de recirculação: 10%; com clarificação sem polímero. (2) UFC mL<sup>-1</sup>; (3) NMP 100mL<sup>-1</sup>; (4) UFC 100mL<sup>-1</sup>; (5) cistos L<sup>-1</sup>; (6) oocistos L<sup>-1</sup>.

## CONCLUSÕES

A água de lavagem de filtro se caracterizou por apresentar diferentes organismos de importância para o tratamento da água de consumo (sejam indicadores ou organismos patogênicos). De fato, alguns organismos ocorreram em maiores quantidades na ALF do que na água bruta, a exemplo de esporos de bactérias e (oo)cistos de protozoários, considerando a situação investigada no presente estudo. Nesse sentido, a recirculação de ALF pode se configurar como uma situação de perigo, pela possibilidade de reintrodução de cargas elevadas de microrganismos na água afluyente à ETA.

A utilização de tratamento prévio da ALF, por exemplo, clarificação, pode minimizar esse perigo, uma vez que contribui para a redução da presença de diferentes organismos, indicadores ou não, na água de recirculação. Adicionalmente, a clarificação com uso de

polímeros catiônicos, aparentemente, apresenta melhores resultados do que com o uso de outros tipos de polímeros (aniônico ou não iônico).

## AGRADECIMENTOS

Esse trabalho contou com apoio financeiro da FAPEMIG para condução dos experimentos e com bolsas de pesquisa concedidas pelo CNPq e CAPES.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 20ª ed. New York, 1998.
2. CORNWELL, D., LEE., R. Recycle stream effects on water treatment. AWWARF Report #90624. Denver, CO. 1993.
3. FOUT, G.S.; SCHAEFFER III, F.W.; MESSER, J.W.; DAHLING, D.R.; STETLER, R.E. Membrane filtration method for *C perfringens*. ICR Microbiological Laboratory Manual, EPA 600/R- 95/178, Cincinnati, 1996.
4. GRACZYK, T. K.; EVANS, B. M.; SHIFF, C. J.; KARRENAN, H. J.; PATZ, J. A. Environmental and geographical factors contributing to watershed contamination with *Cryptosporidium parvum* oocysts. Environ. Research (Section A) 82:263-271, 2000.
5. KARANIS, P.; SCHOENEN, D.; SEITZ, H.M. *Giardia* and *Cryptosporidium* in backwash water from rapid sand filters used for drinking water production. Zbl.Bact. 284:107-114, 1996.
6. RICE, E. W.; FOX, K.R.; MILTNER, R. J.; LYTLE, D. A.; JOHNSON, C. H. A Microbiological surrogate for evaluating treatment efficiency. Proc. AWWA WQTC, San Francisco, nov., 1994.
7. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. National primary drinking water regulations. Long Term 1 Enhanced Surface Water Treatment and Filter Backwash Rule; Proposed Rule. Part II (40 CFR, Parts 141, and 142). Washington, DC, Federal Register, Rules and regulations, Federal Register/Vol. 65, No. 69/Monday, April 10, 2000. Proposed Rules, p.19046-19150.
8. VESEY, G; SLADE, J.S.; BYRNE, M.; SHEPHERD, K.; DENNIS, P.J.; FRICKER, C.R. A new method for the concentration of *Cryptosporidium* oocysts from water; Journal of Applied Bacteriology, 75: 82-86, 1993.