



## I-405 – AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE MICRORGANISMOS INDICADORES E OOCISTOS DE *CRYPTOSPORIDIUM* POR MEIO DA FILTRAÇÃO DIRETA ASCENDENTE

**Marcelly Ferreira Nascimento<sup>(1)</sup>**

Engenheira Sanitarista pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos pela Universidade de Brasília (UnB). Professora do Instituto Federal do Pará (IFPA)-Conceição do Araguaia.

**Yovanka Péres Ginoris**

Engenheira Química. Doutora em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos pela Universidade de Federal do Rio de Janeiro. Professora da Faculdade da Universidade de Brasília (UnB)-Gama.

**Rosely Harumi Tango Rios**

Bióloga pela Pontifícia Universidade Católica de Campinas. Especialista em Saneamento Ambiental pelo CEFET/MG. Laboratório de Análise de Água do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Brasília (UnB) e Pró-reitoria de ensino do Instituto Federal de Brasília (IFEB).

**Cristina Célia Silveira Brandão**

Doutora em Engenharia Ambiental pelo Imperial College of Science and Technology. Professora do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Brasília (UnB), DF.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** UnB Colina, Bloco K, Apto 306- Asa Norte - Brasília - DF - 70910-900- Brasil - Tel: (61) 3307-2304, Ramal 25- e-mail: [celyfn@yahoo.com.br](mailto:celyfn@yahoo.com.br)

### RESUMO

A dificuldade da inativação dos oocistos de *Cryptosporidium* com uso do cloro faz com que somente com a combinação de vários desinfetantes e o uso da filtração seja garantido baixo risco de contaminação da água para consumo humano por esse microrganismo. A literatura internacional e nacional apresenta vários estudos sobre remoção de oocistos de *Cryptosporidium* por filtros rápidos descendentes, mas verifica-se uma escassez de avaliação de filtros rápidos de escoamento ascendente. Nesse contexto, o presente trabalho apresenta os resultados iniciais do estudo voltado para avaliação da remoção de oocistos de *Cryptosporidium* por meio da filtração direta ascendente. O estudo envolveu de duas etapas, uma em escala de bancada e outra em escala piloto. A primeira teve como objetivo a construção do diagrama de coagulação, e a segunda, a avaliação da eficiência de remoção de oocistos de *Cryptosporidium* por filtração direta ascendente. Foram utilizadas duas águas de estudo, água do Lago Paranoá e água do Córrego do Torto, inoculadas com oocistos de *Cryptosporidium*. Para as águas de estudo, os diagramas de coagulação revelaram a existência de uma grande região (valor de pH entre 5 e 7 e dosagens de sulfato de alumínio entre 4 e 20 mg/L para a água do Lago Paranoá, e entre 5 e 30 mg/L para a do Córrego do Torto) na qual a turbidez da água efluente dos filtros de laboratório de areia foi inferior a 0,5 UT. Nos experimentos de filtração direta ascendente em escala piloto, o efluente do filtro apresentou valores de turbidez inferiores ao limite estabelecido por legislação brasileira, Portaria MS No. 518/2004, porém pouco superiores ao limite estabelecido pela legislação americana. Foi verificada menor eficiência de remoção de oocistos de *Cryptosporidium* no início do experimento de filtração (período de amadurecimento), apesar disso, a remoção média de oocistos de *Cryptosporidium* no filtro ascendente nesse período foi próxima a 3 log, quando usada água de estudo baseada na água do Lago Paranoá. Remoção de oocistos de *Cryptosporidium* da ordem de 4 log foi obtida quando o filtro ascendente se apresentava em funcionamento estável (6 a 8 horas de operação).

**PALAVRAS-CHAVE:** Oocistos de *Cryptosporidium*, Coagulação, Filtração Direta Ascendente..

### INTRODUÇÃO

A deficiência dos serviços de saneamento em diversas regiões brasileiras ainda representa um importante problema de saúde pública, que tem se intensificado com o aumento populacional nos centros urbanos, a industrialização e a ocupação do solo de forma acelerada, provocando deterioração dos recursos hídricos e aumentando consideravelmente o risco de doenças de veiculação hídrica.



Dentre as doenças de veiculação hídrica que vêm recebendo maior atenção nos últimos anos destaca-se a Criptosporidiose que é causada pela contaminação do trato gastrointestinal de animais e humanos pelo protozoário *Cryptosporidium*. Uma das principais vias de transmissão do *Cryptosporidium* é através da água, seja pelo uso de água superficial não tratada, por sistemas de distribuição contaminados ou pelo tratamento inadequado. Esse protozoário é considerado um dos mais importantes patógenos emergentes que ameaçam a segurança da qualidade da água para consumo humano.

Numerosos casos de contaminação da água por oocistos de *Cryptosporidium* têm sido relatados (Hashimoto *et al.*, 2002; Farias, *et al.*, 2002; Karanis *et al.*, 2006; Lee *et al.*, 2007) demonstrando a importância do monitoramento desses protozoários para a garantia de qualidade da água distribuída e preservação da saúde pública. Em decorrência desses casos e da dificuldade em inativar os oocistos de *Cryptosporidium*, as agências de proteção ambiental e de saúde pública têm imposto limites para a densidade de oocistos na água destinada ao consumo humano.

Os oocistos de *Cryptosporidium* são altamente resistentes à inativação por desinfetantes químicos comumente utilizados nas estações de tratamento de água e possuem habilidade para passar através do processo de tratamento físico de água, além de serem capazes de sobreviver sob as mais variadas condições ambientais, sendo resistentes ao estresse ambiental. Por isso, o conceito de múltiplas barreiras é sempre evocado na concepção de sistemas e estações de tratamento de água para consumo humano no esforço de preservar a saúde pública contra patógenos transmitidos pela água, particularmente os resistentes como o *Cryptosporidium*.

Nesse contexto, apesar do desenvolvimento de tecnologias de desinfecção capazes de alcançar níveis razoáveis de inativação de oocistos de *Cryptosporidium*, os processos físico-químicos tradicionais de separação continuam sendo importantes ferramentas para se obter níveis desejáveis de remoção desse microrganismo.

Embora o processo de tratamento convencional ainda seja o mais utilizado, os tratamentos não-convencionais, baseados na filtração direta, vêm sendo difundidos cada vez mais no Brasil em função dos menores custos de implantação e operação. Quanto à eficiência de remoção dos oocistos de *Cryptosporidium*, os poucos trabalhos que avaliaram a remoção de oocistos de *Cryptosporidium* por filtração direta demonstram que esta tecnologia, que representa uma importante opção de tratamento é capaz de apresentar elevados níveis de eficiência de remoção desse patógeno.

Considerando a popularização da filtração direta e que não são numerosos os trabalhos que avaliam a remoção de oocistos de *Cryptosporidium* por essa técnica (devido, provavelmente, ao limitado número de barreiras) e que são ainda mais raros os relatos na literatura sobre a utilização da filtração direta ascendente para remoção desse protozoário, é importante avaliar como a filtração direta ascendente se comporta frente à ocorrência de oocistos de *Cryptosporidium* na água bruta. Dessa forma, o presente trabalho apresenta os resultados iniciais de estudo, realizado em escala piloto, com objetivo investigar a eficiência de remoção de oocistos de *Cryptosporidium* pela técnica de filtração direta ascendente.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho experimental foi realizado no Laboratório de Análise de Água (LAA) do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Brasília e foi composto de duas etapas: a primeira, em escala de bancada (Etapa I), voltada para a construção de diagramas de coagulação a partir de testes de jarros modificado para filtração direta; e a segunda etapa, em escala piloto (Etapa II), que se destinou aos experimentos de filtração direta ascendente para avaliação da remoção de oocistos de *Cryptosporidium*. Os experimentos foram realizados durante o período de chuva com águas provenientes do Lago Paranoá e Córrego do Torto, Brasília/DF, e com oocistos de *Cryptosporidium* fornecidos pelo Laboratório de Parasitologia da Faculdade de Medicina do Triângulo Mineiro.

Na etapa de construção do diagrama de coagulação (escala de bancada) foi empregada água bruta *in natura*, e na etapa de experimentos de filtração (escala piloto) a água bruta foi inoculada com oocistos de *Cryptosporidium* para se obter uma concentração na água de alimentação da instalação piloto da ordem de  $10^3$  oocistos/L.



## ETAPA I: EXPERIMENTO EM ESCALA DE BANCADA

Nesta etapa, testes de jarro, seguindo metodologia modificada com uso de filtros de laboratório de areia descrita por Di Bernardo *et al.* (2003), foram realizados para a construção do diagrama de coagulação e determinação das condições ótimas de coagulação para cada água de estudo. O coagulante adotado foi o sulfato de alumínio por ser amplamente utilizado nas estações de tratamento de água. Os parâmetros operacionais que foram adotados nos testes de jarro são apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1- Parâmetros adotados para a realização dos testes de jarro.**

Parâmetro	Valor
Gradiente de velocidade para a mistura rápida ( $G_{mr}$ )	$1000 s^{-1}$
Tempo de mistura rápida ( $t_{mr}$ )	30 s
Gradiente de velocidade para a floculação ( $G_f$ )	$60 s^{-1}$
Tempo de floculação ( $t_f$ )	4 min

Seguindo a rotina proposta por Di Bernardo *et al.* (2003), após o período de coagulação e floculação, amostras de cada jarro foram filtradas nos filtros de laboratório de areia, cujas especificações estão apresentadas na Tabela 2, com taxa de filtração de 60 m/d e vazão de 12 mL/min. Após 20 min de descarte dos efluentes dos filtros, fez-se a coleta de água filtrada de cada jarro para verificação dos valores de turbidez.

**Tabela 2 - Especificações do filtro de laboratório de areia utilizado.**

Material	Acrílico
Diâmetro interno (mm)	19
Comprimento do filtro (cm)	30
Altura do meio filtrante (cm)	15
Granulometria da areia (mm)	0,42 a 0,84
<b>Coefficiente de uniformidade (mm)</b>	<b>1,22</b>

## ETAPA II: EXPERIMENTO EM ESCALA PILOTO

A partir dos resultados da Etapa I, na Etapa II foram realizados os ensaios de filtração direta ascendente em escala piloto. A instalação piloto, montada na parte externa e interna do Laboratório de Análises de Água da Universidade de Brasília, ilustrada na Figura 1, era basicamente composta de: reservatório de água bruta para armazenamento e alimentação da água de estudo (dotada de misturador mecânico para manter a homogeneização da água); bomba de alimentação de água bruta; reservatório de coagulante e bomba peristáltica destinada à dosagem de coagulante; dispositivo de mistura rápida hidráulico (DMR); câmara de carga e filtro rápido ascendente em coluna de acrílico e meio filtrante de areia; tomadas piezométricas para monitoramento da perda de carga; reservatório e bomba para lavagem do filtro e reservatórios de desinfecção.

A coluna de filtração foi confeccionada em acrílico com 3,75 m de comprimento e diâmetro interno de 0,123 m, preenchida com 1,80 m de meio filtrante e camada suporte de 0,85m. Como meio filtrante foi utilizada areia estratificada com as características granulométricas apresentadas na Tabela 3, conforme proposto por Sens *et al.* (2002).

**Tabela 3 – Características granulométricas do meio filtrante.**

Camada	Diâmetro dos Grãos (mm)	Espessuras das camadas (cm)
1º	0,59 a 0,83	26
2º	0,83 a 1,19	40
3º	1,19 a 1,68	54
Base	1,68 a 2,30	60

Antes do início de cada experimento era realizado um teste de jarros para definição de dosagem de coagulante a ser utilizada no experimento, específica para a água de trabalho do dia em questão, tendo como referência o diagrama de coagulação. Após a definição da dosagem, era realizada, quando necessária, a correção do pH (selecionado com base no diagrama de coagulação) e, em seguida, a água bruta era inoculada com oocistos de *Cryptosporidium* visando atingir uma concentração de  $10^3$  oocistos/L. Após inoculação dos oocistos, a água era homogeneizada por aproximadamente 20 minutos antes de se iniciar o experimento de filtração propriamente dito.

O filtro rápido ascendente (FRA) era operado com taxa de filtração de  $120 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$ , selecionada em função de ser a taxa de filtração recomendada pela norma brasileira para tal tecnologia (ABNT, 1992). Após cada experimento de filtração, efetuava-se a lavagem ascendente do filtro por 20 minutos utilizando água da torneira e vazão de água de lavagem ajustada para promover uma expansão do meio filtrante de 18 cm. O experimento tinha duração de cerca de 8 horas, limitado pelo elevado custo do inóculo de oocistos de *Cryptosporidium* e da necessidade de inativar esses organismos na água filtrada e água de lavagem antes de descartar na rede de esgotamento sanitário.

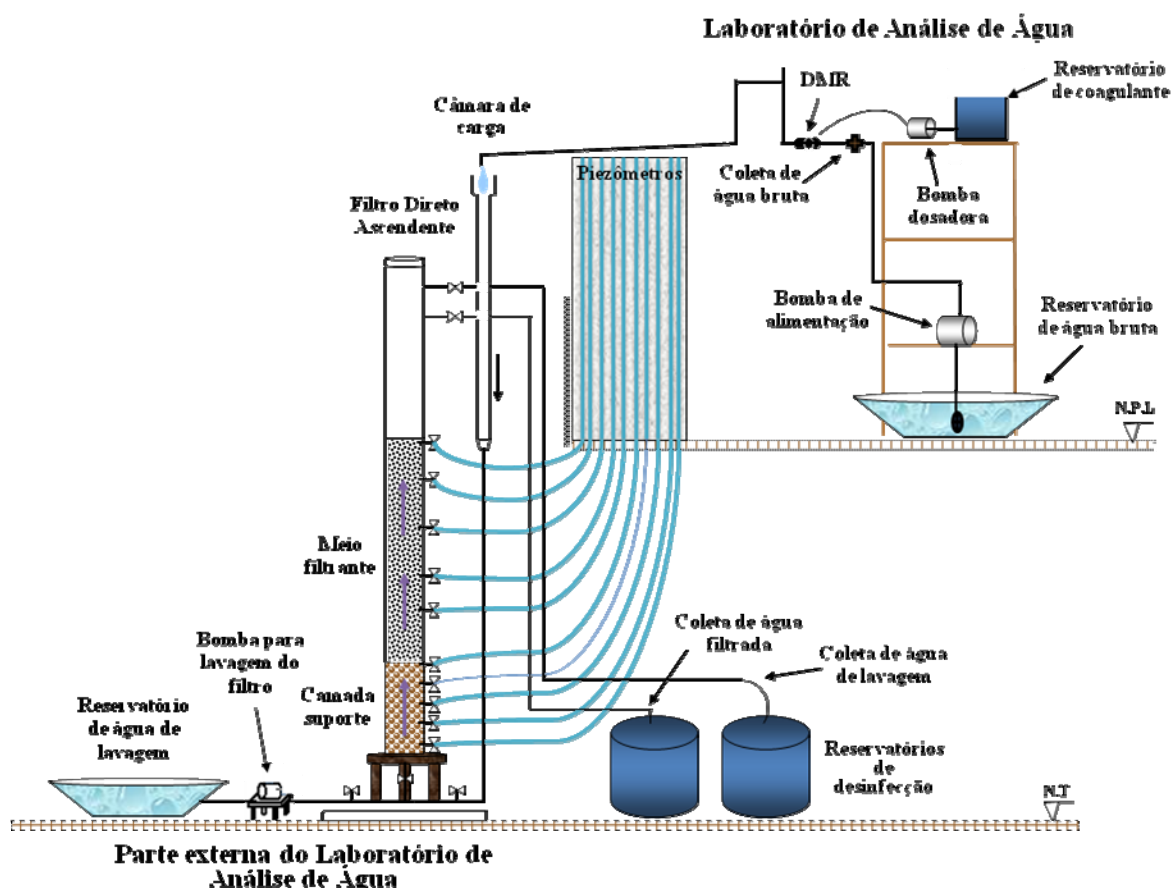


Figura 1 – Esquema da instalação piloto.

Para avaliação do desempenho do filtro ascendente ao longo dos experimentos, além da perda de carga, foram monitoradas a qualidade da água bruta (Lago Paranoá e Córrego do Torto), da água de estudo (água do Lago Paranoá/Córrego do Torto inoculada com oocistos de *Cryptosporidium* com correção prévia do pH, se necessário) com relação aos parâmetros: absorvância a 254nm, alcalinidade, clorofila-a, turbidez, coliformes totais, *E. coli* e oocistos de *Cryptosporidium*. Os métodos analíticos e equipamentos usados são apresentados na Tabela 4, sendo que para a quantificação de oocistos de *Cryptosporidium* adotou-se o procedimento preconizado pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos, Método 1623 (USEPA, 2005).



Tabela 4 – Parâmetros monitorados e respectivos métodos a serem utilizados.

Parâmetro	Unidade	Método
Alcalinidade	mg CaCO <sub>3</sub> /L	Titulométrico
Matéria orgânica	-	Espectrofotométrico UV (Absorbância a 254nm)
Clorofila-a	µg/L	Extração em clorofórmio-metanol medida de absorbância em espectrofotômetro
Coliformes Totais e <i>E. Coli</i>	NMP/100mL	Método do substrato cromogênico MUG ONPG – Método Colilert
pH	-	Potenciométrico
Turbidez	UT	Nefelométrico

Os parâmetros de pH, turbidez e perda de carga foram monitorados ao longo do experimento de filtração (a cada 30 minutos) e os parâmetros alcalinidade, clorofila-a, coliformes totais, *E. Coli*, Absorbância a 254 nm e oocistos de *Cryptosporidium* foram determinados na água bruta inoculada, para água filtrada após 23 minutos de operação (período de amadurecimento, AFA) e 30 minutos antes do final do experimento de filtração (AFF).

## RESULTADOS

### RESULTADOS DA ETAPA I: EXPERIMENTO EM ESCALA DE BANCADA

Uma vez realizados os testes de jarros para as duas águas de estudo, água do Lago Paranoá e água do Córrego do Torto, foram construídos os respectivos diagramas de coagulação, os quais estão apresentados na Figuras 2.

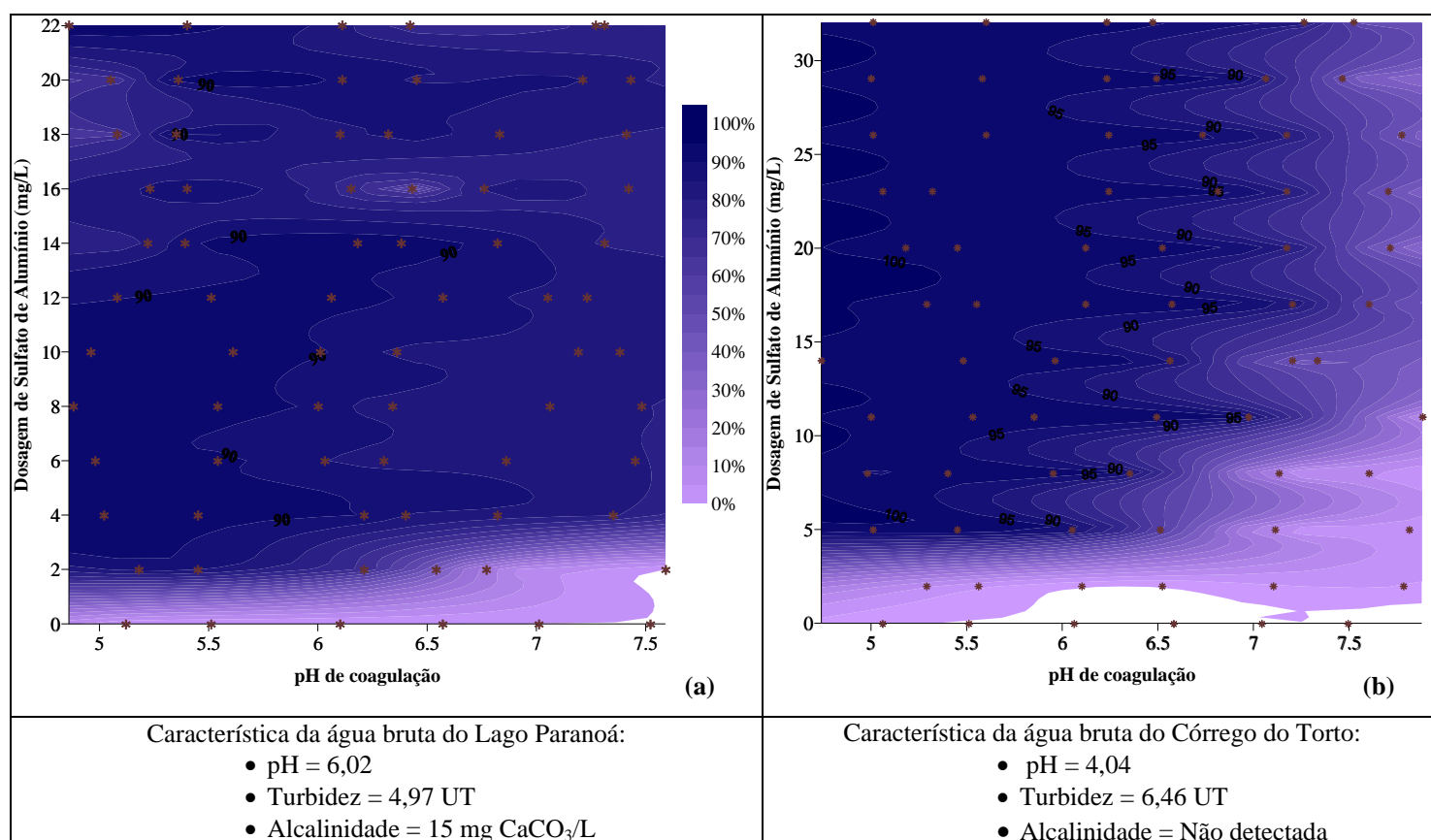


Figura 2 – Diagramas de coagulação para a água do Lago Paranoá (a) e Córrego do Torto (b), utilizando sulfato de alumínio como coagulante.





Nos diagramas de coagulação referentes à época de chuva observa-se a existência de uma grande região (dosagens de sulfato de alumínio entre 4 e 20 mg/L para a água do Lago Paranoá e entre 5 e 30 mg/L para a do Córrego do Torto e valores de pH de 5 a próximo de 7, para ambas) na qual a turbidez da água efluente dos filtros de laboratório de areia é inferior a 0,5 UT, valor de turbidez recomendado pela Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde para água filtrada em filtros rápidos, com vistas a assegurar a adequada eficiência de remoção de enterovírus, cistos de *Giardia* spp e oocistos de *Cryptosporidium*.

Verifica-se também que para a água do Córrego do Torto, nos valores de pH mais elevados (pH entre 6,5 e 7) as melhores remoções ocorrem com adição de dosagens elevadas de coagulante. Nessa faixa acredita-se que predomina o mecanismo de varredura. Já na faixa de pH entre 5 e 6 é possível se obter, nas duas águas de estudo, residuais baixos de turbidez com dosagens de coagulação também baixas que favorece a predominância do mecanismo de adsorção e neutralização de cargas, o qual é mais indicado para o processo de filtração direta. Importante mencionar que nesses valores de pH mais baixo é possível se atingir valores de turbidez residual inferiores a 0,3 UT que é o valor de turbidez recomendado pela USEPA para os sistemas que utilizam a filtração direta como tratamento.

## RESULTADOS DA ETAPA II: EXPERIMENTO EM ESCALA PILOTO

Apesar da baixa turbidez da água bruta, os experimentos de filtração direta ascendente discutidos nesse trabalho foram realizados no período chuvoso. Foram realizados cinco experimentos, dois com água do Córrego do Torto e três com água do Lago Paranoá. O resultado da caracterização das águas brutas inoculadas, quanto aos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos, estão apresentados na Tabela 5. A variação dos valores dos parâmetros da água do córrego do Torto pode estar associada ao período de chuva e devido a barragem ter passado por recente reforma.

**Tabela 5 – Características físico-químicas e bacteriológicas da água bruta do Lago Paranoá e Córrego do Torto.**

Experimento	Turbidez (UT)	pH	Alcalinidade (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	Clorofila-a (µg/L)	Coliformes Totais (NMP/100mL)	<i>E.Coli</i> (NMP/100mL)
Água do Lago Paranoá						
1	5,35	6,9	18,6	18,37	$2,9 \times 10^3$	$3,6 \times 10^2$
2	4,36	6,9	17	21,82	$8,7 \times 10^3$	$6,6 \times 10^2$
3	5,04	6,8	17,3	16,9	$1,8 \times 10^4$	$895 \times 10^2$
Água do Córrego do Torto						
1	5,20	6,2	34	0,43	$2,9 \times 10^3$	795
2	7,78	6,4	36	8,63	$1,2 \times 10^4$	916,6

A Tabela 6 apresenta um resumo dos experimentos de filtração direta ascendente (com valores médios de turbidez), enfocando os parâmetros turbidez e oocistos de *Cryptosporidium*. Durante todos os experimentos realizados a turbidez da água bruta foi baixa, o que levou a baixos percentuais de remoção desse parâmetro.

**Tabela 6 – Resumo dos experimentos de filtração direta ascendente, quanto aos parâmetros turbidez e oocistos de *Cryptosporidium*.**

Água do Lago Paranoá							
Experimento	Turbidez AB (UT)	Turbidez residual		Remoção de oocistos de <i>Cryptosporidium</i>			
		AFA	AFF	AFA (%)	AFA (log)	AFF (%)	AFF (log)
1	5,35	0,46	0,32	99,78	2,62	100	0,01
2	4,36	0,25	0,30	99,75	2,60	99,985	3,83
3	5,04	0,35	0,27	99,94	3,19	99,987	3,89
Água do Córrego do Torto							
1	5,20	5,25	1,25	86,63	0,87	94,75	1,28
2	7,78	2,81	2,9	67,10	0,48	99,82	2,75

Como pode ser observado na Tabela 4, os valores de turbidez da água filtrada final (AFF) nos experimentos com a água do Córrego do Torto foram elevados, que está associado a deficiências no processo de coagulação observados durante a carreira de filtração. Isso também refletiu na menor eficiência de remoção de oocistos de



*Cryptosporidium*. De acordo com a literatura (Huck *et al*, 2002; States *et al*, 2002; Emelko, 2003; Ongerth e Percoraro, 1995) eficiências no controle da etapa de coagulação (afastamento das condições ótimas de coagulação) comprometem significativamente a eficiência de remoção de oocistos de *Cryptosporidium* na etapa de filtração rápida.

Para a água do Lago Paranoá, a turbidez residual manteve-se abaixo do limite estabelecido por legislação brasileira, a qual determina enfaticamente, por meio da Portaria 518/2004, valores inferiores a 0,5 UT em 95 % das amostras mensais, essencialmente objetivando assegurar o êxito na remoção física de microrganismos patogênicos mais resistentes como os oocistos de *Cryptosporidium*. Porém quando considerado os limites estabelecidos por legislação americana, o qual determina que seja inferior a 0,3 UT em 95% do tempo, a turbidez residual apresenta valores um pouco superiores.

A elevada remoção de oocistos de *Cryptosporidium* nos experimentos realizados com água base do lago Paranoá, reforça a importância de um bom controle da etapa de coagulação como elemento fundamental para eficiência do filtro rápido. Ao mesmo tempo, os resultados também reforçam que nos primeiros minutos da filtração (período de amadurecimento) a remoção de oocistos pelo filtro tende a ser uma ordem de grandeza inferior ao período em que o filtro se encontra em funcionamento estável. A menor eficiência na remoção de oocistos de *Cryptosporidium* e a vulnerabilidade do período de amadurecimento do filtro já foram relatadas em vários estudos (Ongerth e Pecoraro, 1995; Emelko, 2003; Fagundes, 2006; Fernandes, 2007). A Figura 3 apresenta os valores absolutos de oocistos de *Cryptosporidium* nos experimentos realizados com água do lago Paranoá inoculada com esses organismos.

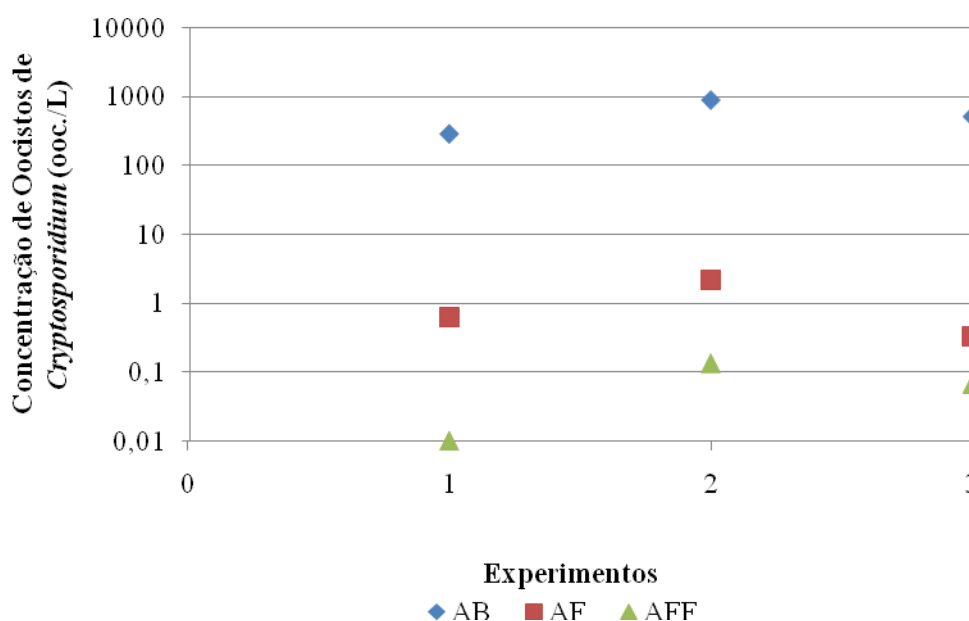


Figura 3 – Concentração de oocistos de *Cryptosporidium* na água inoculada e filtrada no início e fim dos experimentos (água do lago Paranoá inoculada com oocistos).

## CONCLUSÕES

Embora o número de experimentos realizados nesta pesquisa seja limitado, os resultados obtidos indicam que:

- Nos experimentos de filtração direta ascendente a turbidez efluente do filtro ascendente pode atingir valores abaixo do limite de 0,5 UT recomendado na legislação brasileira, Portaria MS No. 518/2004, com vistas a assegurar a adequada eficiência de remoção de enterovírus, cistos de *Giardia* spp e oocistos de *Cryptosporidium*, desde que garantido eficácia da etapa de coagulação. Porém quando considerado os limites estabelecidos por legislação americana a turbidez residual apresenta valores um pouco superiores ao valor de 0,3 UT.
- Considerando que foram mantidas as condições de operação em todos os experimentos, houve uma menor eficiência na remoção de oocistos de *Cryptosporidium* no período de amadurecimento do filtro em



todos os experimentos, indicando a importância do controle desse período na garantia da qualidade microbiológica da água produzida para consumo humano.

- A filtração direta ascendente foi capaz de promover remoção média de oocistos de *Cryptosporidium* de aproximadamente 3 log para amostras de água filtrada da água durante o período de amadurecimento (AFA) e de quase 4 log de remoção nas amostras de água filtrada quando o filtro se apresentava em funcionamento estável (AFF).

Os resultados sugerem que os filtros rápidos ascendentes apresentam eficiências de remoção de oocistos de *Cryptosporidium* similares aos filtros rápidos descendentes, porém as pesquisas devem prosseguir para verificar o efeito da taxa de filtração sobre a remoção desses patógenos e, além disso, devem ser investigadas estratégias operacionais para minimizar riscos, tendo em vista que o conceito de múltiplas barreiras no tratamento fica fragilizado nessa alternativa tecnológica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1992). *Projeto de Estação de Tratamento de Água para Abastecimento Público*, NBR 12216, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
2. Di Bernardo, L. (2003). *Tratamento de água para abastecimento por filtração direta*. ABES, Projeto PROSAB, Rio de Janeiro, 480p.
3. Emelko, M.B. (2003). "Removal of viable and inactivated *Cryptosporidium* by dual- and tri-media filtration". *Water Research*, 37 (12), 2998-3008.
4. FAGundes, A.P. (2006). Remoção de oocistos de *Cryptosporidium* por filtração direta – influência de alguns aspectos operacionais. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF
5. Farias, E.W.C.; Gamba, R.C.; Pellizari, V.H. (2002). "Detection of *Cryptosporidium* sp. oocysts in raw sewage and creek water in the city of São Paulo, Brazil". *Brazilian Journal*, 33 (1), 41-43.
6. Fernandes, N.M.G. (2007). *Influência do pH de coagulação e dosagem de sulfato de alumínio na remoção de oocistos de Cryptosporidium por Filtração Direta Descendente*. Dissertação de Mestrado. Programa de Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, p.144.
7. Hashimoto, A.; Kunikane, S.; Hirata, T. (2002). "Prevalence of *Cryptosporidium* oocysts and *Giardia* cysts in the drinking water supply in Japan". *Water Research*, 36 (3) 519–526.
8. Huck, P.M., Coffey, B.M., Maurizio, D.D., Slawson, R.M., Anderson, W.B., Oover, J.V.D., Douglas, I.P e O'Melia, C.R. (2002). "Effects of filter operation on *Cryptosporidium* removal." *Journal of the American Water Works Association*, 94(6), 97-111.
9. Karanis, P.; Sotiriadou, I.; Kartashev, V.; Kourenti, C.; Tsvetkova, N.; Stojanova, K. (2006). "Occurrence of *Giardia* and *Cryptosporidium* in water supplies of Russia and Bulgaria". *Environmental Research*, 102 (3), 260–271.
10. Lee, H. S.; Lee, C.H., Kim, Y.H., Do, J.H. Kim, S. H. (2007). "Occurrence of *Cryptosporidium* oocysts and *Giardia* cysts in the Nakdong River and their removal during water treatment". *Journal of Water and Health*, 5 (1) 163-169.
11. Ongerth, J. E.; Pecoraro, J. P. (1995). "Removing cryptosporidium using multimedia filters". *Journal American Water Works Association*, 87 (12), 83-89.
12. Sens, M.L; Dalsasso, R.L.; Melo Filho, L.C.; Mondardo, R.I.; Simioni, D. Relatório de Atividades – PROSAB - Edital 3 – Tema I, 2002, 20 p.
13. States, S.; Tomko, R.J. (2002). "Enhanced coagulation and removal of *Cryptosporidium*". *Journal American Water Works Association*, 94 (11), 67-77.
14. USEPA (2005). Method 1623: *Cryptosporidium* and *Giardia* in Water by Filtration/IMS/FA.