

## Artigo Técnico

# Avaliação da viabilidade de utilização de colifagos como indicadores de poluição fecal: suas relações com parâmetros físicos e químicos e indicadores bacterianos

*Evaluation of the viability of using coliphages as indicators of fecal pollution: relations with physical and chemical parameters and bacterial indicators*

Maria Cristina de Almeida Silva<sup>1</sup>, Luiz Olinto Monteggia<sup>2</sup>,  
Luis Alcides Schiavo Miranda<sup>3</sup>, Márcia Regina Thewes<sup>4</sup>

## RESUMO

As bactérias coliformes, correntemente utilizadas como indicadores de contaminação fecal, não asseguram a inexistência de outros microrganismos patogênicos em águas, principalmente vírus entéricos. O objetivo do trabalho foi avaliar a viabilidade da utilização de colifagos como indicadores virais no efluente de estações de tratamento de esgotos (ETE), pois sua análise apresenta um método mais simplificado quando comparado aos procedimentos para identificação de vírus entéricos. O comportamento de colifagos nas diferentes estações climáticas durante o período de um ano foi verificado no efluente final da ETE, apresentando-se em maior quantidade nos períodos secos. Não foi verificada relação significativa entre colifagos e coliformes, bem como com as variáveis demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5</sub>), turbidez e sólidos totais. Os resultados obtidos nesta pesquisa indicam a necessidade do monitoramento conjunto de vírus e bactérias, a fim de garantir adequada avaliação da qualidade do esgoto tratado.

**Palavras-chave:** esgoto sanitário; indicador microbiológico; bactérias coliformes; colifagos; tratamento de esgoto.

## ABSTRACT

Coliform bacteria, currently used as fecal indicator, does not ensure the absence of other pathogenic microorganisms in water, mainly enteric viruses. The objective of this study was to evaluate the viability of using coliphages as viral indicators in the effluent from Wastewater Treatment Plants (WWTP) due to the fact that Coliphages determination involves a simplified methodology. The seasonal pattern of coliphages was measured in the final effluent of a domestic WWTP, which occurred in higher values, mainly during dry seasons periods. This behavior was similar with the described by the authors in relation to enteric viruses in water. Significant relationship was not found among coliphages and coliforms, as well as with the physical and chemical parameters analyzed. The need for joint monitoring of viruses and bacteria is emphasized, in order to ensure the proper quality of treated water.

**Keywords:** wastewater; microbiological indicator; coliform bacteria; coliphages; sewage treatment.

## INTRODUÇÃO

Uma grande quantidade de microrganismos patogênicos é encontrada nos efluentes domésticos, e, mesmo após tratamento em estações de tratamento de esgoto (ETEs), são descarregados em corpos hídricos

(PUSCH *et al.*, 2005). A contaminação da água pela presença de bactérias e vírus patogênicos traz consequências indesejáveis, principalmente relacionadas à saúde pública. As doenças de veiculação hídrica são causadas, principalmente, por microrganismos patogênicos de

<sup>1</sup>Engenheira de Bioprocessos e Biotecnologia. Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pelo Instituto de Pesquisa Hidráulicas da UFRGS - Porto Alegre (RS), Brasil.

<sup>2</sup>Engenheiro Mecânico e Civil. Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pelo Instituto de Pesquisa Hidráulicas da UFRGS; Doutor em Engenharia Sanitária pela *University of Newcastle* (UK); Professor Adjunto no Departamento de Obras Hidráulicas e pesquisador do Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental do Instituto de Pesquisa Hidráulicas da UFRGS - Porto Alegre (RS), Brasil.

<sup>3</sup>Químico Industrial. Mestre em Ciência dos Alimentos pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC); Doutor em Biotecnologia Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS); Pós-doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pelo Instituto de Pesquisa Hidráulicas da UFRGS; Professor Assistente II do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS) - Porto Alegre (RS), Brasil.

<sup>4</sup>Bióloga da Divisão de Pesquisa do Departamento Municipal de Água e Esgotos (DMAE) - Porto Alegre (RS), Brasil.

**Endereço para correspondência:** Maria Cristina de Almeida Silva - Avenida Avelino Tallini, 171, prédio 11 - Bairro Universitário - 95900-000 - Lajeado (RS), Brasil - E-mail: mariasilva9@univates.br  
**Recebido:** 27/03/14 - **Aceito:** 24/02/15 - **Reg. ABES:** 132584

origem entérica, animal ou humana, transmitidos basicamente pela rota fecal-oral, ou seja, são excretados nas fezes de indivíduos infectados e ingeridos na forma de água ou alimento contaminado por água poluída com fezes (AMARAL *et al.*, 2003).

Dessa maneira, a avaliação da qualidade microbiológica da água a partir de indicadores é importante devido à impossibilidade de identificação de todos os microrganismos presentes na mesma. Um microrganismo indicador deve possuir fácil e rápida detecção, além de ser descarregado em grandes quantidades nos corpos d'água (LIN & GANESH, 2013). Os microrganismos mais frequentemente utilizados como referência para indicar e medir a grandeza da contaminação são as bactérias coliformes (ORTEGA *et al.*, 2009). No entanto, já foram verificadas variações nos padrões de sobrevivência de vírus e bactérias em ambientes aquáticos, mesmo após tratamento, demonstrando que diferentes microrganismos possuem comportamentos distintos. Como uma regra geral, os indicadores bacterianos são mais sensíveis às condições ambientais e ao tratamento do que vírus (SCHWARTZBROD, 1995).

O monitoramento adequado da presença de patógenos no ambiente pode melhorar a qualidade das decisões a serem tomadas no âmbito de saúde pública e ambiental, por isso sugere-se a avaliação do comportamento de colifagos, vírus que infectam bactérias do grupo coliforme, como possível modelo de enterovírus em esgotos sanitários. Os colifagos são considerados bons indicadores de vírus entéricos por possuírem as mesmas propriedades e características (GENTILOMI *et al.*, 2008), tais como: estrutura, composição, tamanho e modo de replicação, bem como concentrações semelhantes em águas de esgoto e fezes (GRABOW, 2001). A vantagem da utilização de colifagos é que a sua análise requer método mais simples, rápido e econômico (PEDROSO *et al.*, 2003; SOBSEY *et al.*, 2005) do que o método utilizado para detecção e quantificação de vírus entéricos. A detecção envolve análises de cultura de células e/ou PCR em tempo real, que são caras, demoradas e necessitam de mão de obra especializada (JURZIK *et al.*, 2010).

O comportamento dos microrganismos em efluentes de ETEs pode ser influenciado por diversos fatores, dentre eles a presença de sólidos e turbidez. Os microrganismos em meio aquático aparecem agregados a partículas sólidas que os protegem de fatores que podem causar a sua inativação (SCHWARTZBROD, 1995; GONÇALVES, 2006).

A matéria orgânica constitui cerca de 50% da quantidade de sólidos totais e de 72,5% da quantidade de sólidos em suspensão, ambos presentes em esgoto bruto (VON SPERLING, 2005). Devido à maior prevalência de matéria orgânica (medida na forma de demanda bioquímica de oxigênio) como constituinte dos sólidos em suspensão, acredita-se que ela também interfira diretamente no comportamento dos microrganismos presentes em esgotos sanitários.

A concentração dos microrganismos também pode variar de acordo com o clima. Esse pode ser mais um parâmetro divergente entre o comportamento de vírus e bactérias, contudo pode ser um fator comum

entre comportamento de bacteriófagos e vírus entéricos. Noble e Fuhrman (2001), Jiang, Chu e He (2007) e Espinoza *et al.* (2009) associaram altos índices de indicadores bacterianos a períodos chuvosos. Cardoso *et al.* (1992) e Espinoza *et al.* (2009) relatam uma maior estabilidade de alguns enterovírus frente a climas secos.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o comportamento de colifagos em afluente bruto e em efluente de lodos ativados em relação às variáveis DBO<sub>5</sub>, sólidos totais e turbidez, aos indicadores bacterianos, coliformes totais e fecais, atualmente utilizados como indicadores, durante o período de um ano.

## METODOLOGIA

### *Local de estudo e amostragem*

O estudo foi conduzido com amostras coletadas na ETE São João Navegantes, do Departamento Municipal de Água e Esgotos (DMAE), em Porto Alegre (RS). Foram coletadas semanalmente amostras do afluente bruto e do efluente da ETE, durante o período de junho de 2006 a junho de 2007. As análises laboratoriais foram realizadas imediatamente após a coleta das amostras.

O fluxograma geral da ETE, e respectivos pontos de coletas das amostras, podem ser visualizados na Figura 1.

### *Procedimentos analíticos*

As análises físicas e químicas foram feitas de acordo com APHA (2005): DBO<sub>5</sub> (método respirométrico, 5210D), sólidos totais (método gravimétrico, 2540B) e turbidez (método nefelométrico, 2130B). A quantificação de coliformes totais e *Escherichia coli* foi feita no Laboratório de Saneamento Ambiental do IPH/UFRGS, conforme APHA (2005) (método de adição de substrato enzimático, 9223B).

A análise do número de colifagos foi realizada no laboratório de microbiologia da Divisão de Pesquisa do DMAE, segundo APHA (2005) (método de plaqueamento com camada simples de meio sólido, 9224E), utilizando a cepa hospedeira de *Escherichia coli* (ATCC 13.706). As bactérias mantidas em estoque sólido foram inoculadas em 3 mL de meio de cultura líquido TSB (*Tryptone Soy Broth*) e incubadas a 37°C por 18 a 24 horas para reativação. Para a análise, 1,5 mL desse pré-inóculo foram utilizados para inocular 30 mL de meio de cultura líquido, o qual foi incubado por 4 horas a 37°C com agitação. Para cada amostra, foram realizadas três avaliações, cada uma em duplicata: amostra não diluída e diluída 10 e 100 vezes, preparadas de forma seriada (diluições 10<sup>-1</sup> e 10<sup>-2</sup>). Para cada avaliação, foram misturados 1 mL de cada amostra e 0,1 mL das bactérias crescidas por 4 horas. A essa mistura, acrescentou-se 3 mL de meio de cultura semi-sólido TSA (*Tryptic Soy Agar* – 0,7%), mantido a 45°C e, imediatamente, verteu-se sobre uma placa de Petri, previamente preparada, com 25 mL de meio de cultura

sólido. Após solidificação do meio semi-sólido, as placas foram incubadas em estufa a 37°C por aproximadamente 16 horas. As placas de lise formadas foram contabilizadas, reportando-se os resultados como Unidades Formadoras de Placas (UFP/100 mL).

### Análise estatística dos dados

Para verificar a existência de correlação entre os resultados, foi aplicada a análise de correlação de Spearman e para avaliar a significância do coeficiente de correlação obtido, foram realizados testes de hipótese. Foram traçadas linhas de tendência para verificação do comportamento dos microrganismos entre si, no afluente bruto e no efluente de lodos ativados, e também para verificação do possível efeito do clima. Para avaliar a significância ( $p < 0,05$ ) da variação realizou-se testes de ANOVA e teste *t*-Student. Médias aritméticas foram utilizadas para determinar a média de precipitação e média de temperaturas nas estações do ano, no período de junho de 2006 a junho de 2007.

## RESULTADOS

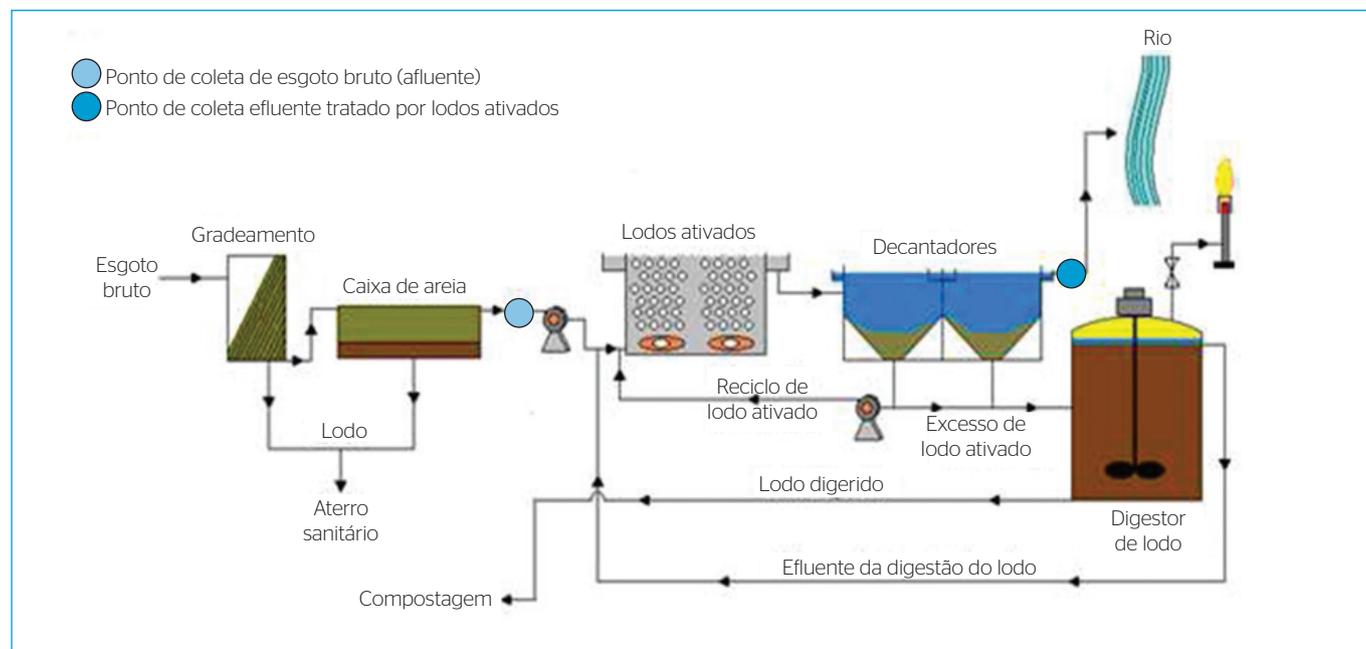
Os dados da Tabela 1 indicam as médias mensais calculadas de temperatura e de precipitação de cada estação, em Porto Alegre (RS), de acordo com dados obtidos no *website* da Coordenadoria Estadual da Defesa Civil do Estado do Rio Grande do Sul e do Banco de Dados do CPTEC/INPE (2009), durante o período de estudo. Foram obtidas as maiores médias de precipitação nos meses correspondentes ao verão e ao outono, com 159 e 137 mm, respectivamente. A maior média mensal de temperatura (23,1°C) foi obtida no verão, e a menor média (14,4°C), no inverno.

Os resultados aqui apresentados contemplam um total de 66 amostras. Dessas, 33 são referentes ao afluente bruto e 33 são referentes ao efluente do processo de Lodo Ativado. O afluente bruto coletado apresentou valores elevados de matéria orgânica, turbidez e sólidos totais, obtendo uma remoção significativa de  $DBO_5$  no decorrer do tratamento analisado. Os valores observados nas amostras coletadas podem ser visualizados na Tabela 2.

O efluente bruto apresentou, também, uma elevada quantidade de microrganismos, tanto coliformes como colifagos. Observou-se um decaimento da quantidade de microrganismos presentes (Figura 2) ao decorrer de cada tratamento analisado. Os valores das médias encontradas em esgoto bruto foram de  $4,58.10^7$  NMP.100 mL<sup>-1</sup> de coliformes totais,  $5,78.10^6$  NMP.100 mL<sup>-1</sup> de *E. coli* e  $2,13.10^5$  UFP.100 mL<sup>-1</sup> de colifagos. O efluente final do reator de lodo ativado apresentou decaimento microbiano de duas unidades logarítmicas, aproximadamente com  $4,67.10^5$  NMP.100 mL<sup>-1</sup> de coliformes totais,  $8,65.10^4$  NMP.100 mL<sup>-1</sup> de *E. coli* e  $4,59.10^3$  UFP.100 mL<sup>-1</sup> de colifagos.

**Tabela 1** - Dados referentes à temperatura média (°C) e à precipitação média mensal (mm) de cada estação em Porto Alegre (RS), Brasil, no período de junho de 2006 a junho de 2007, com base nos dados da Coordenadoria Estadual da Defesa Civil do RS e do Banco de Dados do CPTEC/INPE (2009).

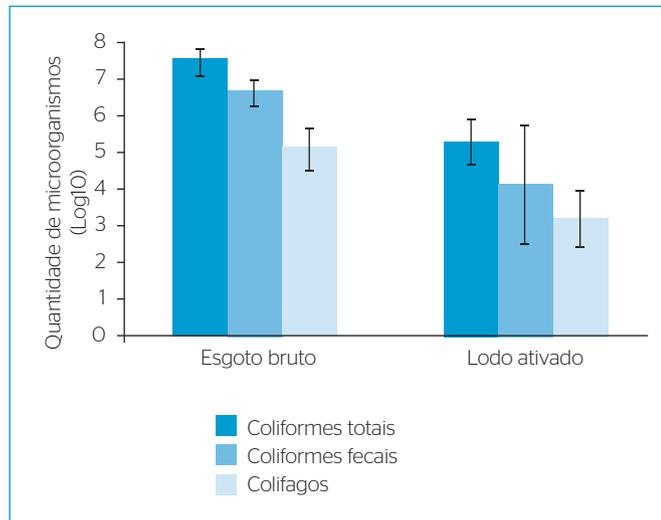
Estação do ano	Temperatura média (°C)	Precipitação média (mm)
Inverno	14,4	81
Primavera	19,4	102
Verão	23,1	159
Outono	17,4	137



**Figura 1** - Fluxograma geral da Estação de Tratamento de Esgoto São João Navegantes (DMAE), Porto Alegre (RS), 2006.

**Tabela 2** - Médias dos valores obtidos de DBO<sub>5</sub> (mg O<sub>2</sub>·L<sup>-1</sup>), sólidos totais (mg L<sup>-1</sup>) e Turbidez (NTU) das amostras coletadas de afluente bruto e efluente do processo de lodo ativado, coletados no período de junho de 2006 a junho de 2007 na ETE São João Navegantes, Porto Alegre (RS), Brasil.

	DBO <sub>5</sub>	Sólidos totais	Turbidez
	(mg O <sub>2</sub> ·L <sup>-1</sup> )	(mg O <sub>2</sub> ·L <sup>-1</sup> )	(NTU)
Afluente bruto	289	950,5	72,7
Efluente lodo ativado	24	607,7	7,1



**Figura 2** - Coliformes Totais, *Escherichia coli* e Colifagos no afluente bruto e efluente do processo de Lodo Ativado da estação de tratamento de esgoto São João Navegantes do DMAE, Porto Alegre (RS), Brasil.

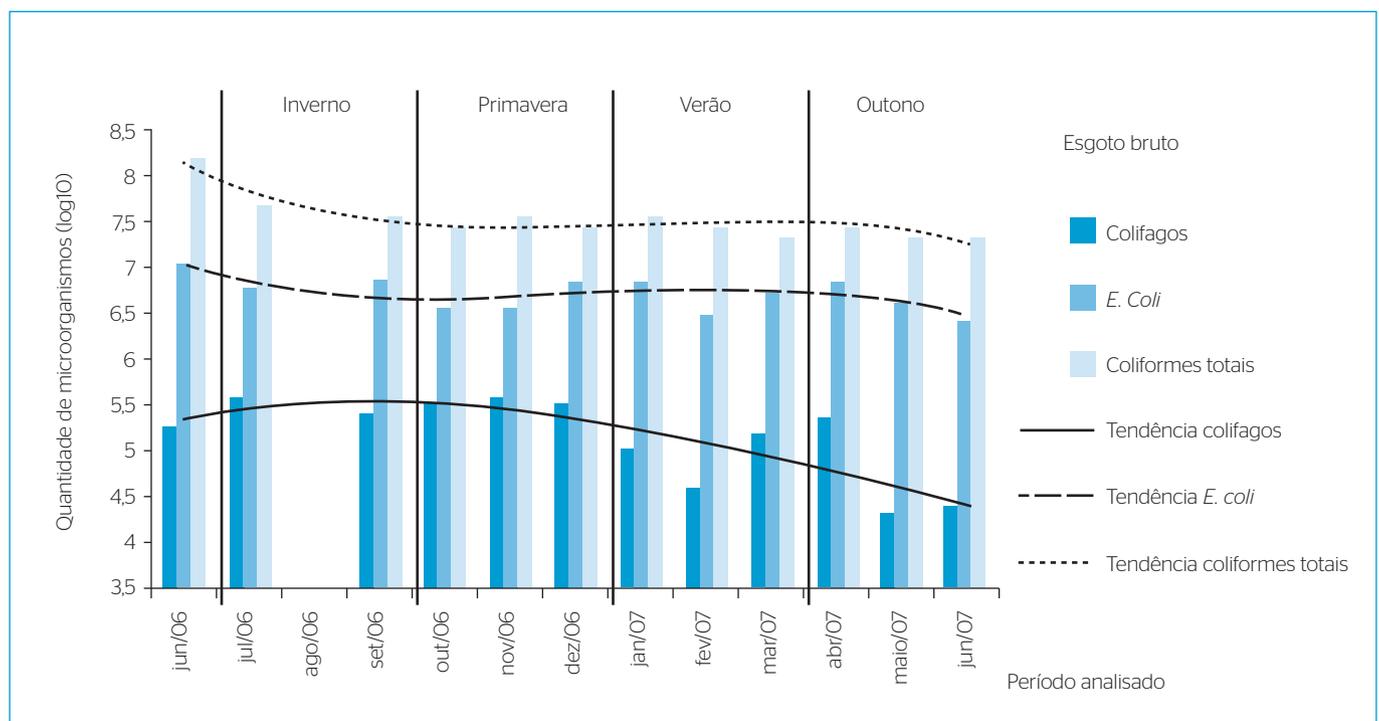
O processo aeróbio de tratamento apresentou valores de eficiência de remoção de cerca de 98,9% de coliformes totais, 98,5% de coliformes fecais e 97,8% de colifagos.

Os coeficientes de correlação obtidos entre os microrganismos (Tabela 3), na faixa de -0,09 e 0,21, apontam baixa correlação entre o comportamento de coliformes e de colifagos, além de não serem estatisticamente significantes para  $p < 0,05$ , tanto em esgoto bruto como em efluente tratado por lodo ativado. Essa constatação pode ser visualizada nas linhas de tendência mostradas na Figura 3 em relação ao afluente e, na Figura 4, referente ao efluente de lodo ativado. A população de coliformes totais e *Escherichia coli* segue uma mesma tendência, ao contrário da população de colifagos, tanto em esgoto bruto como em efluente do lodo ativado, em todo o período de análise.

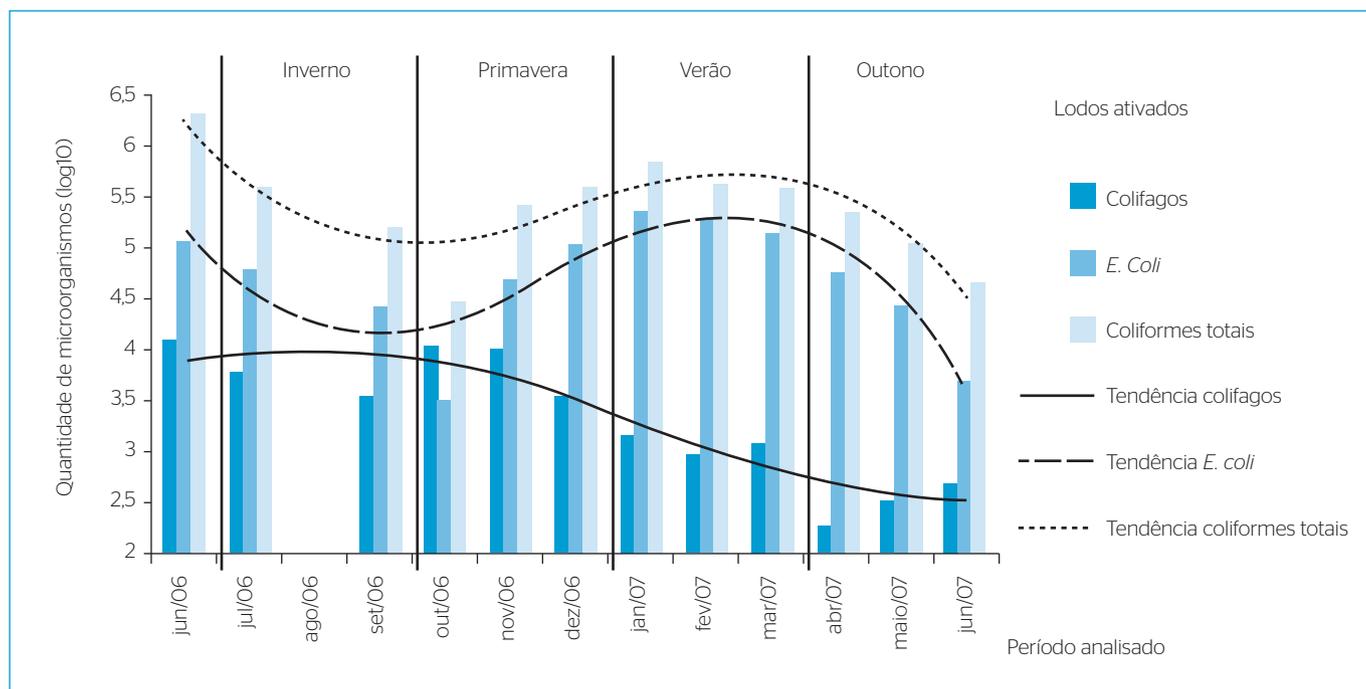
As linhas de tendência apresentadas nas Figuras 3 e 4, para esgoto bruto e efluente do lodo ativado, respectivamente, também foram analisadas para verificar o possível efeito do clima no comportamento dos microrganismos. As linhas mostram tendência similar de colifagos em ambos os efluentes analisados.

**Tabela 3** - Análise de Correlação de Spearman entre Colifagos, *E. coli*, coliformes totais, no afluente e efluente da estação de tratamento de esgoto São João Navegantes do DMAE, Porto Alegre (RS), Brasil, no período de junho de 2006 a junho de 2007.

	Colifagos x <i>E. coli</i>	Colifagos x Coliformes totais
Esgoto bruto	0,10	0,09
Lodo ativado	-0,09	0,21



**Figura 3** - Linhas de tendência mostrando o comportamento dos microrganismos quando relacionados às diferentes estações do ano em esgoto bruto no período de estudo.



**Figura 4** - Microorganismos presentes no efluente do processo de lodo ativado no período de estudo, analisados sob as diferentes estações do ano.

O afluente bruto apresentou maior prevalência de colifagos entre o inverno e a primavera. Em contrapartida, as bactérias coliformes apresentaram comportamento similar ao longo das estações analisadas.

No efluente do processo de lodo ativado, a tendência contrária entre colifagos e coliformes é pronunciada. Os colifagos novamente apresentaram maior prevalência no inverno e primavera, sendo essa confirmada por análise de variância, que mostrou influência significativa ( $p < 0,05$ ) do clima na presença dos mesmos no efluente em questão. Em relação às bactérias coliformes, uma sutil indicação de maior prevalência no verão do período analisado pôde ser verificada.

A correlação também foi realizada entre os organismos presentes em esgotos e as variáveis físicas e químicas  $DBO_5$ , sólidos totais e turbidez. Os valores dos coeficientes de correlação de sólidos totais,  $DBO_5$  e turbidez podem ser visualizados nas Tabelas 4 a 6, respectivamente.

Quando se relaciona microorganismos a sólidos, os coeficientes de correlação variam entre -0,09 e 0,45. Somente a correlação entre colifagos e sólidos totais apresentou correlação significativa para  $p < 0,05$ , tanto em afluente bruto como efluente final da ETE.

Entre  $DBO_5$ , colifagos e coliformes os coeficientes de correlação variam entre -0,06 e 0,76. As correlações de  $DBO_5$ , *E. coli* e colifagos apresentaram correlação significativa para  $p < 0,01$ , apenas em esgoto bruto.

Em relação aos microorganismos e à turbidez, a correlação varia entre -0,11 e 0,27 em efluente do lodo ativado. Todos os microorganismos analisados apresentaram correlação significativa ( $p < 0,01$ ) em esgoto bruto.

**Tabela 4** - Análise de Correlação de Spearman entre colifagos, *E. coli*, coliformes totais e sólidos totais no período de junho de 2006 a junho de 2007.

	Sólidos Totais		
	Colifagos	<i>E. coli</i>	Coliformes totais
Esgoto bruto	0,45*	0,24	0,09
Lodos ativados	0,41*	-0,28	-0,09

\*Correlação significante a 5%

**Tabela 5** - Análise de Correlação de Spearman entre colifagos, *E. coli*, coliformes totais e  $DBO_5$  no afluente e efluente no período de junho de 2006 a junho de 2007.

	$DBO_5$		
	Colifagos	<i>E. coli</i>	Coliformes totais
Esgoto bruto	0,22	0,76*	0,50*
Lodos ativados	-0,28	-0,06	0,24

\*Correlação significante a 1%

**Tabela 6** - Análise de Correlação de Spearman entre colifagos, *E. coli*, coliformes totais e turbidez no afluente e efluente da estação de tratamento de esgoto São João Navegantes - Porto Alegre (RS), Brasil, no período de junho de 2006 a junho de 2007.

	Turbidez		
	Colifagos	<i>E. coli</i>	Coliformes totais
Esgoto bruto	0,51*	0,61*	0,52*
Lodo ativado	0,27	-0,11	0,24

\*Correlação significante a 1%

## DISCUSSÃO

O objetivo do trabalho foi avaliar colifagos, na tentativa de buscar correlações desses com os atuais indicadores de contaminação fecal, as bactérias coliformes. Os microrganismos também foram avaliados frente às variáveis físicas e químicas DBO<sub>5</sub>, sólidos totais e turbidez para verificação da influência no comportamento de bactérias e vírus. O possível efeito do clima também foi considerado.

A eficiência do processo de tratamento foi analisada, observou-se que o processo de lodo ativado remove microrganismos com decaimento de cerca de duas unidades logarítmicas para cada microrganismo estudado e, também, para as variáveis físicas e químicas. Contudo, mesmo com o decaimento microbiano, o efluente do processo de lodo ativado ainda apresentou uma alta carga dos mesmos, não garantindo a qualidade higiênico-sanitária do efluente da ETE.

Não foi verificada relação estatística significativa entre colifagos e bactérias coliformes. Nos gráficos mostrados nas Figuras 3 e 4, pode-se observar tendência similar entre coliformes totais e *E. coli*, ao contrário dos colifagos. De acordo com Tavares, Cardoso e Brito (2005), é esperado que não haja correlação quantitativa significativa entre vírus e indicadores bacterianos do grupo coliforme. Grabow *et al.* (1984) citam que as razões mais importantes dessa flutuação entre as concentrações de coliformes e colifagos são as diferenças na sobrevivência e multiplicação de fagos e bactérias em vários ambientes aquáticos. Castillo *et al.* (1988) encontraram baixa correlação entre colifagos somáticos e coliformes. Baggi, Demarta e Peduzzi (2001) e Ballester, Fontaine e Margolin (2005) não encontraram correlação aparente entre indicadores bacterianos e contaminação, seja ela medida por colifagos ou por vírus entéricos. Pusch *et al.* (2005) concluíram que águas de superfície, mesmo com padrão bacteriológico aceitável, são um potencial reservatório de vírus entéricos.

Lin e Ganesh (2013) ressaltam que bactérias coliformes não são indicadores adequados de patógenos específicos, como vírus e protozoários. Os autores citam, ainda, que a sobrevivência e a incidência de fagos em águas se assemelham mais aos vírus humanos do que os indicadores bacterianos correntemente utilizados. Espinoza *et al.* (2009) citam que a análise para identificação de colifagos como indicadores de contaminação fecal é recomendada como complementar aos indicadores bacterianos. A presença de colifagos reflete as mesmas condições gerais de sobrevivência de vírus entéricos, bem como maior resistência a fatores ambientais (JURZIK *et al.*, 2010).

Os resultados encontrados na presente pesquisa enfatizam a necessidade do monitoramento em conjunto de indicadores bacterianos e vírus. Foram verificados que ambos os microrganismos possuem comportamento independente entre si nos efluentes testados, ou seja, a presença de um não indica a presença do outro.

Foi verificada correlação significativa positiva ( $p < 0,05$ ) entre os microrganismos e turbidez em esgoto bruto; bactérias coliformes e DBO<sub>5</sub>

em esgoto bruto; colifagos e sólidos totais no efluente bruto e efluente final da ETE (Tabelas 4 a 6). Esses resultados confirmam a influência das variáveis físicas e químicas sobre o comportamento dos microrganismos estudados com intensidades distintas. Algumas pesquisas afirmam que vírus possuem capacidade de adsorção à matéria orgânica (RUSIN *et al.*, 2000) e a sólidos (GONÇALVES, 2006; MARTINS *et al.*, 1991; BRADFORD; TADASSA; JIN, 2006), acarretando na maior resistência desses a processos de tratamento de água e efluentes.

O verão e o outono no Rio Grande do Sul, no período deste estudo (junho de 2006 a junho de 2007) apresentaram alto índice pluviométrico, enquanto que o baixo índice de chuvas foi observado no inverno e na primavera. A diferença significativa entre quantidade de colifagos foi comprovada apenas no efluente do processo de lodo ativado, mostrando maior prevalência desses no inverno e na primavera, ou seja, nos períodos mais secos. As bactérias coliformes, em geral, não apresentaram tendência relacionada ao clima, corroborando com Espinoza *et al.* (2009).

No entanto, alguns autores ressaltam o comportamento sazonal de bactérias e vírus, enfatizando a necessidade de monitoramento conjunto de ambos os microrganismos. Segundo Emiliani e Gonzalez (1998) e Lemos, Ferreira Neto e Dias (2010), a quantidade de coliformes fecais está diretamente relacionada com os níveis pluviométricos, que também podem indicar a presença de contaminadores de origem difusa. Já Costa *et al.* (2003) encontraram maior prevalência de bacteriófagos no inverno brasileiro quando comparado ao verão em efluentes de *wetlands*. Jiang, Chu e He (2007) citam que, ao contrário dos indicadores bacterianos, genomas virais humanos são frequentemente encontrados em maior quantidade em tempo seco quando comparados a períodos chuvosos. Cardoso *et al.* (1992) relatam maior estabilidade de alguns enterovírus frente a climas secos.

Linhares (2000) ressalta a presença de sazonalidade também referente a casos de gastroenterites causadas por vírus entéricos no Brasil, bem marcante quando comparadas às regiões de clima tropical e clima subtropical. No seu trabalho, relata que as regiões Norte e Nordeste brasileiro não apresentam sazonalidade tão marcante, quando comparada às regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul brasileiras, que exibem perfil sazonal predominante, observando-se maior incidência desses surtos nos períodos mais secos do ano.

A diferença na quantidade de colifagos foi comprovada apenas no efluente final da ETE, com valor significativamente maior nas estações inverno e primavera, que apresentaram o menor índice pluviométrico no período de estudo. Esse fato pode ser associado com a variabilidade sazonal de lançamento de vírus entéricos no ambiente e/ou com a maior resistência de colifagos ao tratamento frente a climas com menor índice de chuvas. Tal relação coincide com o comportamento de vírus entéricos, já que apresentam a mesma semelhança nas mesmas condições. Além disso, tal fator também pode ser associado como uma das causas

de surtos de gastroenterites causadas por vírus entéricos, já que tais surtos também têm predominância em períodos secos.

Contudo, são necessárias maiores verificações e associações a respeito de colifagos. Observações relacionadas à sua incidência, quantidade e resistência comparadas ao comportamento de vírus entéricos são essenciais para avaliar a possibilidade da utilização desses fagos como indicadores virais.

## CONCLUSÕES

Os colifagos apresentaram incidência semelhante à descrita na literatura referente a vírus entéricos, nos efluentes analisados, ou seja, apresentaram

maior prevalência no inverno e primavera. Não foi verificada correlação significativa entre as bactérias coliformes e colifagos, destacando-se a importância do monitoramento conjunto de bactérias e vírus.

Em relação às variáveis físicas e químicas analisadas (DBO<sub>5</sub>, turbidez e sólidos totais), foi verificada correlação significativa entre os microrganismos e as variáveis, em diferentes intensidades. Além disso, foi verificado um decréscimo na quantidade de microrganismos, após tratamento pelo processo de lodo ativado, com decaimento de cerca de duas unidades logarítmicas para cada microrganismo indicador. No entanto, mesmo após tratamento, foram detectados colifagos e bactérias coliformes em quantidade significativa no efluente final da ETE.

## REFERÊNCIAS

- AMARAL, L.A.; NADER FILHO, A.; ROSSI JUNIOR, O.D.; FERREIRA, F.L.A.; BARROS, L.S.S. (2003) Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais. *Revista de Saúde Pública*, v. 37, n. 4, p. 510-514.
- APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (2005). *Standard methods for the examination of wastewater*. 20<sup>th</sup> ed. New York, USA: APHA, 1220 p.
- BAGGI, F.; DEMARTA, A.; PEDUZZI, R. (2001) Persistence of viral pathogens and bacteriophages during sewage treatment: lack of correlation with indicator bacteria. *Research in Microbiology*, v. 8, n. 152, p. 743-751.
- BALLESTER, N.A.; FONTAINE, J.H.; MARGOLIN, A.B. (2005) Occurrence and correlations between coliphages and anthropogenic viruses in the Massachusetts Bay using enrichment and ICC-nPCR. *Journal of Waste and Health*, USA, v. 3, n. 1, p. 59-68.
- BRADFORD, S.A. & TADASSA, Y.F.; JIN, Y. (2006) Transport of coliphages in the presence and absence of manure suspension. *Journal of Environmental Quality*, v. 35, p. 1692-1701.
- CARDOSO, D.D.P.; MARTINS, R.M.B.; KITAJIMA, E.W.; BARBOSA, A.J.; CAMAROTA, S.C.T.; AZEVEDO, M.S.P. (1992) Rotavírus e adenovírus em crianças de 0-5 anos hospitalizados com ou sem gastroenterite em Goiânia-GO, Brasil. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*, n. 34, v. 5, n. 5, p. 433-439.
- CPTEC/INPE - CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS, Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/>>. Acesso em 10/7/2009.
- CASTILLO, G.; THIERS, R.; DUTKA, B. J.; EL-SHAARAWI, A. H. (1988) Coliphage association with coliform indicators: A case study in Chile. *Environmental Toxicology*, v. 3, n. 5, p. 535-550.
- Coordenadoria Estadual de Defesa Civil do Rio Grande do Sul, Disponível em: <<http://www.defesacivil.gov.br/links/index.asp>>. Acesso em 7/7/2009.
- COSTA, L.L.; CEBALLOS, B.S.O.; MEIRA, C.M.B.S.; CAVALCANTI, M.L.F. (2003) Eficiência de wetlands construídos com dez dias de detenção hidráulica na remoção de colifagos e bacteriófagos. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, v. 3, n. 1.
- EMILIANI, F. & GONZÁLES, S.M.P. (1998) Bacteriological quality of Bendetti Lake (Santo Tome, Santa Fé Province, Argentina) and associated environmental variables. *Revista Argentina de Microbiologia*, v. 30, n. 1, p. 30-38.
- ESPINOZA, A.C.; ARIAS, C.F.; SÁNCHEZ-COLÓN, S.; MAZARI-HIRIART, M. (2009) Comparative study of enteric viruses, coliphages and indicator bacteria for evaluating water quality in a tropical high-altitude system. *Environmental Health*, v. 8, p. 49.
- GENTILOMI, G.A.; CRICCA, M.; DE LUCA, G.; SACCHETTI, R.; ZANETTI (2008) Rapid and sensitive detection of MS2 coliphages in wastewater samples by quantitative reverse transcriptase PCR. *New Microbiologica*, v. 31, n. 2, p. 273-280.
- GONÇALVES, R.F. (2006) *Tecnologias de segregação e tratamento de esgotos domésticos na origem, visando à redução do consumo de água e da infra-estrutura de coleta, especialmente nas periferias urbanas*. Vitória, ES: RiMa, 2006. 352 p.
- GRABOW, W.O.K. (2001). Bacteriophages: update on application as models for viruses in water. *Water S/A*, v. 27, n. 2, p. 251-268.
- GRABOW, W.O.K.; COUBROUGH, P.; NUPEN, E.M.; BATEMAN, B.W. (1984) Evaluation of coliphages as indicators of the virological quality of sewage-polluted water. *Water S/A*, v. 10, n. 1, p. 7-14.
- JIANG, S.C.; CHU, W.; HE, J. (2007) Seasonal detection of human viruses and coliphage in Newport Bay, California. *Applied and Environmental Microbiology*, v. 73, n. 20, p. 6468-6474, California, USA.
- JURZIK, L.; HAMZA, I. A.; PUCHERT, W.; ÜBERLA, K.; WILHELM, M. (2010) Chemical and microbiological parameters as possible indicators for human enteric viruses in surface water. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, v. 213, p. 210- 216.

- LEMOS, M.; FERREIRA NETO, M.; DIAS, N.S. (2010) Sazonalidade e variabilidade espacial da qualidade da água na Lagoa do Apodi, RN. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 14, n. 2, p. 155-164.
- LIN, J. & GANESH, A. (2013) Water quality indicators: bacteria, coliphages, enteric viruses. *International Journal of Environmental Health Research*, v. 23, n. 6, p. 484-506.
- LINHARES, AC. (2000) Epidemiologia das infecções por rotavírus no Brasil e os desafios para o seu controle. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 16, n. 3, p. 629-646.
- MARTINS, M.T.; PELLIZARI, V.H.; PACHECO, A.; MYAKI, D.; ADAMS, C.; BOSSOLAN, N.R.S.; MENDES, J.M.B.; HASSUDA, S. (1991) Qualidade bacteriológica de águas subterrâneas em cemitérios. *Rev. Saúde Pública*, v. 25, n. 1, p. 47-52, São Paulo, SP.
- NOBLE, R.T. & FUHRMAN, J.A. (2001) Enteroviruses detected by reverse transcriptase polymerase chain reaction from the coastal waters of Santa Monica Bay, California: low correlation to bacterial indicator levels. *Hydrobiologia*, v. 460, n. 1, p. 175-184.
- ORTEGA, C.; SOLO-GABRIELE, H.M.; ABDELZAHER, A.; WRIGHT, M.; DENG, Y. (2009) Correlations between microbial indicators, pathogens, and environmental factors in a subtropical estuary. *Marine Pollution Bulletin*, v. 58, n. 9, p. 1374-1381.
- PEDROSO, M.Z.; FRANÇA, J.P.; RODRIGUES, P.F.; SANTOS, A.; CAMPOS JÚNIOR, O. (2003) Uma síntese sobre colifagos como indicadores de poluição fecal. *Revista O Mundo da Saúde*, v. 27, n. 4, p. 559-563.
- PUSCH, D.; OH, D.Y.; WOLF, S.; DUMKE, R.; SCHRÖTER-BOBSIN, U.; HÖHNE, M.; RÖSKE, I.; SCHREIER, E. (2005) Detection of enteric viruses and bacterial indicators in German environmental waters. *Archives of Virology*, v. 150, n. 5, p. 929-947.
- RUSIN, P.; ENRIQUEZ, C.E.; JOHNSON, D.; GERBA, C.P. (2000) Environmentally transmitted pathogens. In: MAIER, R.M.; PEPPER, L.L.; GERBA, C. P. *Environmental Microbiology*. Academic Press: San Diego.
- SCHWARTZBROD, L. *Effect of human viruses on public health associated with the use of wastewater and sludge in agriculture and aquaculture*. Bull Who/EOS/95.19, 1995.
- SOBSEY, M.; LOVE, D.; LOVELACE, G.; STEWART, J.; ROBINSON, B. (2005) *Methods to detect and genotype coliphages in water and shellfish*. Biennial Meeting of the Interstate Shellfish Sanitation Conference. Disponível em: <<http://www.unc.edu/sobseylab/ISSCcoliphagedemo.pdf>>. Acesso em: 13 de novembro de 2007.
- TAVARES, T.M.; CARDOSO, D.D.P.; BRITO, W.M.E.D. (2005) Vírus entéricos veiculados por água: aspectos microbiológicos e de controle de qualidade da água. *Revista de Patologia Tropical*, v. 34, n. 2, p. 85-104.
- VON SPERLING, M. (2005) *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 3ed. Belo Horizonte, MG: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - Universidade Federal de Minas Gerais. 452 p.