

VII-027 - AVALIAÇÃO DAS VARIÁVEIS INTERFERENTES NO COMPORTAMENTO DE BACTÉRIAS COLIFORMES EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTOS: SUAS CORRELAÇÕES COM PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS E SAZONALIDADE

Maria Cristina de Almeida Silva⁽¹⁾

Engenheira de Bioprocessos e Biotecnologia (UERGS), Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (IPH-UFRGS), Doutoranda do PPG em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (IPH-UFRGS).

Luis Alcides Schiavo Miranda

Químico Industrial (UFSM), Mestre em Ciência dos Alimentos (UFSC), Doutor em Biotecnologia Ambiental (UFRGS), Pós-doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (IPH-UFRGS). Professor Assistente II, PPG Engenharia Civil, (UNISINOS).

Luiz Olinto Monteggia

Engenheiro Mecânico e Civil (UFRGS). Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (IPH-UFRGS). Doutor em Engenharia Sanitária pela University of Newcastle (UK). Professor adjunto no Dep. de Obras Hidráulicas e pesquisador do PPG em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (IPH-UFRGS).

Endereço⁽¹⁾: Av. Bento Gonçalves, 9500, Caixa Postal 15029 – Agronomia – Porto Alegre, RS. CEP: 91501-970 – Brasil - Tel: (51) 9979.0686 - e-mail: mariacristinaas@yahoo.com.br

RESUMO

Os esgotos domésticos contêm uma alta quantidade de bactérias patogênicas e não patogênicas que são descarregados em corpos hídricos. A contaminação da água, pela presença de bactérias traz conseqüências indesejáveis, principalmente de saúde pública. O presente trabalho se propõe a avaliar o comportamento de bactérias coliformes, principalmente termotolerantes, frente a diferentes condições climáticas, bem como a existência de correlação com os principais parâmetros de monitoramento em Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs). Foi avaliado o comportamento de bactérias coliformes totais e termotolerantes em relação a parâmetros já analisados nas ETEs, previstos em lei, como DBO₅, turbidez e sólidos totais, buscando correlações, já que se acredita que esses contribuam para uma maior retenção e manutenção de microrganismos em esgotos. Também foi avaliado o comportamento de coliformes em diferentes estações. Não foi verificada relação significativa dos parâmetros físicos e químicos com as bactérias coliformes. Observou-se maior prevalência de bactérias coliformes em períodos chuvosos e quentes, alertando, assim, a população e evitando possíveis epidemias causadas por este agente etiológico.

PALAVRAS-CHAVE: bactérias coliformes, sazonalidade, parâmetros de qualidade, esgoto sanitário, tratamento de esgoto.

INTRODUÇÃO

Os esgotos domésticos contêm uma alta quantidade organismos patogênicos que são descarregados em corpos hídricos (Amaral et al., 2003). A prática de descarregar esses efluentes, tratados ou não, em águas superficiais é a solução normalmente adotada pelas comunidades para afastamento de resíduos líquidos no mundo inteiro. Geralmente, esses corpos de água servem como fonte de abastecimento a mais de uma comunidade, havendo casos em que a mesma cidade lança seus esgotos no mesmo corpo hídrico que ela faz uso como manancial para potabilização (Mancuso e Santos, 2003).

A contaminação da água pela presença de bactérias traz conseqüências indesejáveis, principalmente relacionados à saúde pública. As doenças de veiculação hídrica são causadas, principalmente, por microrganismos patogênicos de origem entérica, animal ou humana, transmitidos 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 (Jordão e Pessoa, 1995).

Um manancial receptor de esgotos pode incorporar a si toda uma ampla gama de agentes transmissores de doenças. Este fato afeta alguns dos usos preponderantes a ele destinados, tais como abastecimento de água potável, irrigação e balneabilidade (von Sperling, 2005). Por isso, a presença de microrganismos tem sido utilizada por décadas como indicador de qualidade das águas.

As bactérias coliformes termotolerantes são típicas do intestino humano e de outros animais homeotermos e, por estarem sempre presentes no excremento humano e serem de simples determinação, são adotadas como referência para indicar e medir a grandeza da contaminação. Portanto, elas são o que chamamos de um organismo indicador (Silveira, 2004).

Escherichia coli é a principal representante do grupo de coliformes termotolerantes, presente em fezes humanas e animais em percentuais que variam entre 94 e 96%. Essa bactéria é encontrada em esgotos, efluentes tratados e águas naturais sujeitas à contaminação recente por seres humanos, atividades agropecuárias, animais selvagens e pássaros (WHO, 2004).

O foco de interesse do presente estudo é a saúde pública, considerando-se a presença de bactérias coliformes termotolerantes a variável crítica dos processos de tratamento de esgotos, exigindo um monitoramento e um controle mais rigoroso. Por isso, foi necessário avaliar as variáveis que influenciam o comportamento destes microrganismos em efluentes dos diferentes bioprocessos mais comumente utilizados em Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs).

O comportamento destes microrganismos em ETEs pode ser influenciado por diversos fatores, dentre eles a sazonalidade. A verificação de uma maior incidência destes microrganismos em determinado período seria útil, pois alertaria a população e evitaria o aparecimento de doenças causadas por este agente etiológico. Também, fatores físicos e químicos podem contribuir para uma maior retenção e manutenção da infectividade microbiana, como a presença de sólidos totais, matéria orgânica e turbidez. Acredita-se que estes parâmetros estejam diretamente relacionados com a proteção dos microrganismos aos processos de desinfecção, devido a uma possível adsorção destes a partículas presentes na água residual.

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento de bactérias coliformes, principalmente termotolerantes, frente a diferentes condições climáticas, bem como a existência de correlação entre os principais parâmetros de monitoramento em Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs).

Dessa forma, determinaram-se as relações existentes entre os indicadores de qualidade de águas e a eficiência dos processos de tratamento de esgotos. Também, se estabeleceu uma relação de qualidade microbiológica entre os diferentes efluentes obtidos dos processos de tratamento utilizados no período de estudo.

MATERIAIS E MÉTODOS

Procedimento e local de coleta das amostras

Durante o período de Junho/2006 e Julho/2007, amostras do afluente bruto (esgoto bruto), do efluente de reator UASB da unidade experimental IPH/UFRGS e de um sistema de Lodos Ativado (efluente final) da ETE São João Navegantes, do Departamento Municipal de Águas e Esgotos (DMAE) da Prefeitura Municipal de Porto Alegre, tratando esgoto sanitário foram avaliadas.

O monitoramento dos parâmetros foi realizado semanalmente, para determinação da influência das variações climáticas.

Identificação e quantificação de coliformes totais e coliformes termotolerantes

A identificação e quantificação de coliformes termotolerantes e totais foi realizada através da adição de substrato enzimático, segundo *Standard Methods for the examination of wastewater* (APHA, 2005).

Análises físico-químicas

As análises de demanda bioquímica de oxigênio, turbidez e sólidos totais foram realizadas de acordo com o *Standard Methods for the Examination of Wastewater* (APHA, 2005).

Análise estatística para determinação da correlação entre duas variáveis

Para verificar a existência de correlação entre os resultados das análises foi aplicada a análise de correlação de Pearson, aonde a medida do grau e o sinal da correlação linear são dados pela covariância entre duas variáveis, através do programa estatístico SPSS 13. Foram descartadas as hipóteses com coeficientes de correlação maiores que -0,5 e menores que 0,5, e as que não possuem significância, pelo menos, ao nível de 5%. Para avaliar a significância ($p < 0,05$) da variação sazonal, testes de ANOVA foram aplicados.

Médias aritméticas foram realizadas a fim de determinar a média de precipitação e média de temperaturas nas estações do ano, no período de junho/2006 a junho/2007.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Do afluente bruto coletado de na Estação de Tratamento de Esgotos, observou-se uma obtenção de valores elevados na quantidade de matéria orgânica, turbidez e sólidos totais. Este efluente apresentou, também, uma elevada quantidade de bactérias coliformes, totais e *Escherichia coli*. Os referidos valores nas quantidades de parâmetros físicos e químicos apresentaram uma diminuição ao decorrer dos bioprocessos de tratamento em questão.

O processo de lodo ativado apresentou uma remoção de 92% de matéria orgânica, comparado a 58% do reator anaeróbio. O melhor desempenho do processo aeróbio também foi verificado quando avaliado o parâmetro turbidez, com cerca de 90% de remoção, em contrapartida a 2,6%. A mesma eficácia do processo de lodo ativado não foi verificada em relação a sólidos totais.

Observou-se, também, um decréscimo na quantidade de microrganismos presentes (Figura 1), principalmente no processo de lodos ativados. No entanto, a diminuição na quantidade de microrganismos ainda é insuficiente para garantir a qualidade higiênico-sanitária do efluente da Estação de Tratamento de Esgotos. Assim, uma carga de microrganismos é lançada nos corpos hídricos, o que pode ser prejudicial à biota natural e à população que eventualmente possa entrar em contato com esse manancial.

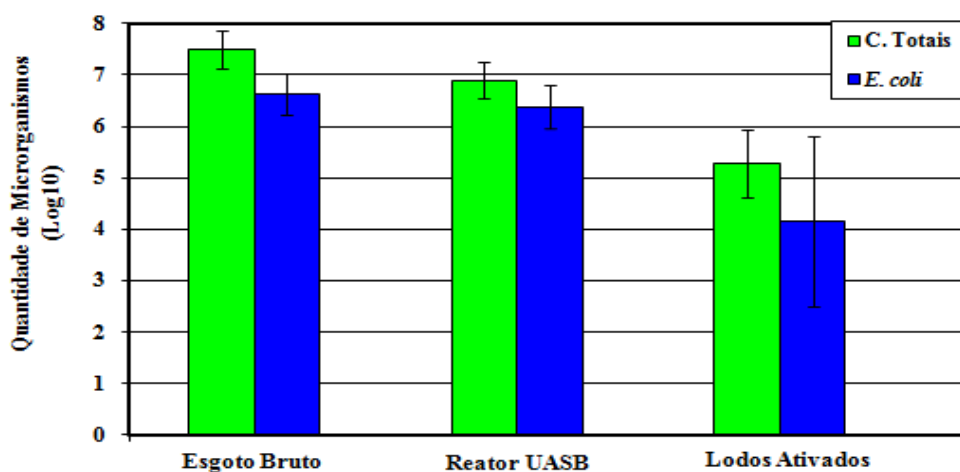


Figura 1: Comportamento de Coliformes Totais e *E. coli*, no afluente bruto e nos dois bioprocessos: efluente do reator UASB da unidade experimental do IPH/UFRGS e efluente dos lodos ativados da ETE São João Navegantes do DMAE – Porto Alegre, RS., no período de junho de 2006 a junho de 2007.

As bactérias coliformes totais e termotolerantes foram correlacionadas com os parâmetros físicos e químicos sólidos totais (tabela 1), DBO₅ (tabela 2) e turbidez (tabela 3), a fim de ser verificada a efetiva influência desses sobre o comportamento dos microrganismos.

Tabela 1: Análise de Correlação de Pearson entre *E. coli*, coliformes totais e Sólidos Totais no afluente e efluente da ETE são João Navegantes do DMAE – Porto Alegre, RS., e no efluente do reator UASB da unidade experimental do IPH/UFRGS, no período de junho de 2006 a junho de 2007. (*)
Significante ao nível de 5%

| | Sólidos Totais | |
|----------------|----------------|-------------------|
| | <i>E. coli</i> | Coliformes Totais |
| Esgoto Bruto | 0,35 | 0,371 |
| Reator UASB | 0,101 | 0,005 |
| Lodos Ativados | -0,026 | -0,047 |

Tabela 2: Análise de Correlação de Pearson entre *E. coli*, coliformes totais e DBO₅ no afluente e efluente da ETE são João Navegantes do DMAE – Porto Alegre, RS., e no efluente do reator UASB da unidade experimental do IPH/UFRGS, no período de junho de 2006 a junho de 2007. () Significante ao nível de 1%; (*) Significante ao nível de 5%**

| | DBO ₅ | |
|----------------|------------------|-------------------|
| | <i>E. coli</i> | Coliformes Totais |
| Esgoto Bruto | -0,192 | -0,228 |
| Reator UASB | -0,534(**) | -0,125 |
| Lodos Ativados | 0,044 | 0,085 |

Tabela 3: Análise de Correlação de Pearson entre *E. coli*, coliformes totais e turbidez no afluente e efluente da ETE são João Navegantes do DMAE – Porto Alegre, RS., e no efluente do reator UASB da unidade experimental do IPH/UFRGS, no período de junho de 2006 a junho de 2007. () Significante ao nível de 1%.**

| | Turbidez | |
|----------------|----------------|-------------------|
| | <i>E. coli</i> | Coliformes Totais |
| Esgoto Bruto | -0,266 | -0,046 |
| Reator UASB | -0,029 | -0,025 |
| Lodos Ativados | 0,113 | 0,238 |

Não foi verificada correlação significativa entre os parâmetros físicos e químicos analisados em relação à bactérias coliformes, exceto quando relacionado *E. coli* com DBO₅. Tal fato pode ser devido a não existência de uma correlação numérica entre as variáveis analisadas, conforme os resultados obtidos no presente trabalho. Entretanto, diversas pesquisas mencionam que a presença de sólidos, matéria orgânica e turbidez contribuem para uma maior retenção e manutenção da infectividade de microrganismos em águas e efluentes. Autores afirmam que vírus possuem capacidade de adsorção a matéria orgânica (Rusin et al., 2000) e à sólidos (Gonçalves, 2006; Martins et al., 1991; Bradford et al., 2006) e, conseqüentemente, apresentam uma maior proteção e resistência frente a processos de tratamento de água e efluentes.

O verão e o outono no Rio Grande do Sul, no período deste estudo (junho/2006 a junho/2007) apresentaram alto índice pluviométrico, enquanto que o baixo índice de chuvas foi observado no inverno e na primavera. Não foi encontrada diferença significativa na presença das bactérias coliformes pelo teste de ANOVA realizado, nas estações do ano. Mesmo assim, pelas figuras 2, 3 e 4 podem-se observar as linhas de tendência dos microrganismos. Na figura 2 pode-se visualizar o comportamento sazonal dos microrganismos em esgoto bruto; na figura 3, em efluente de lodos ativados e, na figura 4, efluente de reator UASB.

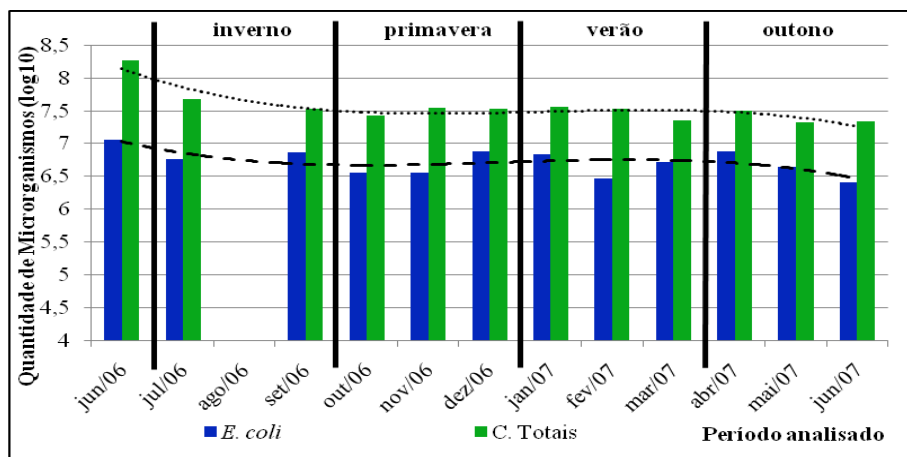


Figura 2: Linhas de tendência mostrando o comportamento dos microrganismos quando relacionados às diferentes estações do ano em afluente bruto, no período de estudo analisado.

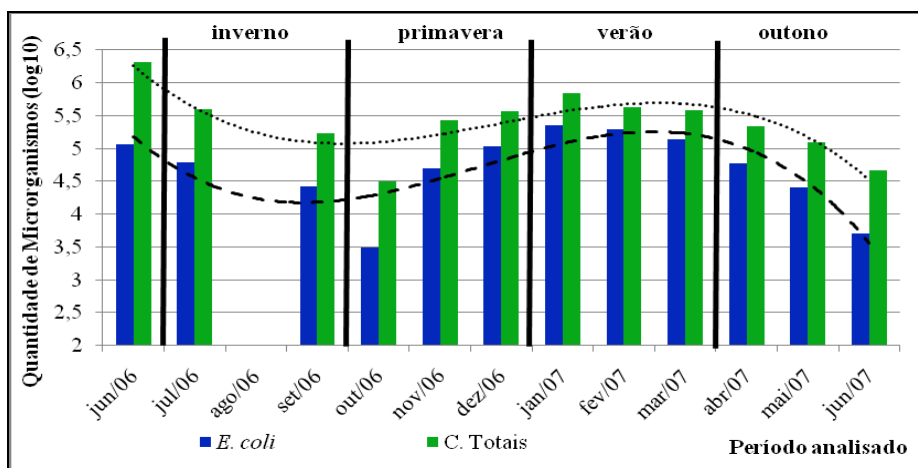


Figura 3: Microrganismos presentes no efluente de lodos ativados no período de estudo, analisados sob as diferentes estações do ano.

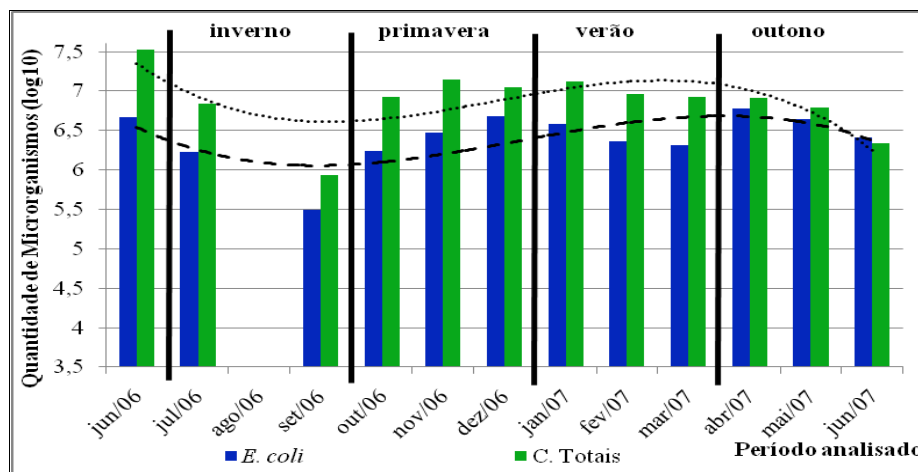


Figura 4: Efeito das estações do ano sobre os microrganismos presentes no efluente do reator UASB, no período de junho/2006 à junho/2007.

Em todos os efluentes analisados, observa-se uma maior prevalência das bactérias coliformes, no verão, ou época úmido, no período analisado. Esta constatação está associada ao comportamento sazonal de bactérias, conforme citado em outras pesquisas. Jiang et al. (2007) citam que indicadores bacterianos são frequentemente encontrados em maior quantidade em tempo úmido, no estado da Califórnia, EUA. Saleem et al. (2003) ressaltam a maior prevalência de bactérias indicadoras no período do verão, em efluente secundário de ETE.

CONCLUSÕES

Sabe-se que, mesmo após os processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem nas ETEs, o efluente tratado dificilmente estará isento da presença de microrganismos patogênicos, podendo acarretar diversos problemas de saúde pública.

O processo de lodo ativado se mostrou mais eficiente na remoção dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. Mesmo apresentando um maior decaimento microbiano, o efluente final da ETE liberou para o corpo receptor uma grande quantidade de bactérias coliformes, superior ao exigido pela legislação estadual.

Os resultados obtidos no presente trabalho enfatizam o comportamento independente das bactérias coliformes em relação aos parâmetros físicos e químicos, nos efluentes testados.

Foi observada uma maior prevalência de bactérias coliformes em períodos chuvosos e quentes, alertando, assim, a população para uma maior cautela, evitando possíveis epidemias causadas por este agente etiológico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMARAL, L.A.; FILHO, N.A.; JUNIOR, O.D.R.; FERREIRA, F.L.A.; BARROS, L.S.S. Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais. Revista de Saúde Pública, v.37, n.4, p.510-514, Jaboticabal, SP, 2003.
2. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). Standard methods for the examination of wastewater. 20th ed. New York, USA: APHA, 2005. 1220 p.
3. BRADFORD, S.A.; TADASSA, Y.F.; JIN, Y. Transport of coliphages in the presence and absence of manure suspension. Journal of Environmental Quality, v.35, p.1692-1701, Newark, DE, set./oct. 2006.
4. GONÇALVES, R.F. 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. Programa de Pesquisas em Saneamento Básico (PROSAB), 2006.
5. JIANG, S.C.; CHU, W.; HE, J. Seasonal detection of human viruses and coliphage in Newport Bay, California. Applied and Environmental Microbiology, v.73, n.20, p.6468-6474, California, USA, oct. 2007.
6. JORDÃO, E.P.; PESSÔA, C.A. Tratamento de esgotos domésticos. 3.ed. Rio de Janeiro, RJ: ABES, 1995. 720 p.
7. MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H.F. Reuso de água. Barueri: Manole, 2003. 550 p.
8. MARTINS, M.T.; PELLIZARI, V.H.; PACHECO, A.; MYAKI, D.; ADAMS, C.; BOSSOLAN, N.R.S.; MENDES, J.M.B.; HASSUDA, S. Qualidade bacteriológica de águas subterrâneas em cemitérios. Rev. Saúde Pública, v.25, n.1, p.47-52, São Paulo, SP, fev. 1991.
9. RUSIN, P.; ENRIQUEZ, C. E.; JOHNSON, D.; GERBA, C. P. Environmentally transmitted pathogens. In: MAIER, R. M.; PEPPER, L. L.; GERBA, C. P. Environmental Microbiology. Academic Press: San Diego, 2000.
10. SALEEM, M.; BUKHARI, A. A.; AL-MALACK, M. H. Seasonal variations in the bacterial population in an activated sludge system. Journal of Environment Engineering and Science, v. 2, p. 155-162, Saudi Arabia, 2003.
11. SILVEIRA, I.C.T. Cloro e ozônio aplicados à desinfecção de efluente hospitalar tratado em contadores biológicos rotatórios, com avaliação de efeitos tóxicos em *Daphnia similis*. 2004. Tese (Doutorado em

- Engenharia Sanitária e Ambiental) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.
12. VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3.ed. Belo Horizonte, MG: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - Universidade Federal de Minas Gerais, 2005. 452 p.
13. WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Guidelines for drinking-water quality. 3.ed. Geneva: WHO Recommendations, v.1., 2004. 515 p.