

DINÂMICA DA POLUIÇÃO FECAL NAS ÁGUAS DO CÓRREGO RICO, MANANCIAL DE ABASTECIMENTO DA CIDADE DE JABOTICABAL-SP

FECAL POLLUTION DYNAMICS OF CÓRREGO RICO STREAM AND SUPPLY WATER OF JABOTICABAL CITY- SP

C. SCHOLTEN^{1*}, L.G. LOPES², L.A.AMARAL¹

RESUMO

A qualidade da água in natura é de grande importância nos sistemas de tratamento de águas superficiais, pois uma vez que haja falhas no tratamento pode haver o risco de produzir água contaminada tornando-se prejudicial à saúde dos consumidores. O objetivo do presente trabalho foi conhecer a dinâmica da poluição fecal, durante 24 horas, na água do manancial de abastecimento público da cidade de Jaboticabal, SP. Para isso foram colhidas amostras da água do manancial, com intervalos de 2 horas, durante 24 horas, e foram determinados os Números Mais Prováveis de coliformes totais, *Escherichia coli* e clostrídios sulfite redutores e as concentrações de amônia nos períodos de chuva e estiagem. Conclui-se que em alguns períodos a água do Córrego Rico não poderia ser utilizada para o abastecimento da população por tratamento convencional, pois com as incidentes chuvas, principalmente no período vespertino, o córrego apresenta contaminação microbiológica acima do limite para sua classe e pode representar risco à saúde da população. Os resultados obtidos podem nortear ações visando promover a qualidade da água fornecida à população no sentido de prevenir as enfermidades de veiculação hídrica.

PALAVRAS-CHAVE: Água. Amônia. Indicadores de poluição fecal. Manancial de abastecimento.

SUMMARY

The quality of supply water is of great importance to the superficial water treatment systems, since any kind of treatment failure may send contaminated water that can be harmful to consumer health. The present work aims to monitor fecal pollution dynamics of water in Corrego Rico stream and the supply source of Jaboticabal city, SP, during 24 hours. Water samples were collected every 2 hours, during 24 hours and the following variables were determined: Most Probable Numbers of total coliforms, *Escherichia coli* and sulfite reducing Clostridia, as well as ammonia concentrations during the rainy and dry seasons. It was concluded that during some of the periods, the water from Corrego Rico stream cannot undergo conventional water treatment and be supplied to the population. The incident rains, mainly during the evening, brought water contamination level above the limit allowed for its class. This microbiological contamination may pose a health threat to the population. The results of this study can help to devise a strategy to improve the quality of the water supplied to the population and to prevent waterborne diseases

KEY-WORDS: Ammonia. Fecal pollution indicators. Supply water.

¹Departamento de Medicina Veterinária Preventiva e Reprodução Animal-FCAV/Unesp- clau_scholten@yahoo.com.br

²Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Jaboticabal/SP

INTRODUÇÃO

Na metade do século XVIII, registrou-se que na França, as práticas de saúde pública eram centradas no controle ambiental, preocupando-se com o acúmulo e circulação das águas e do ar e, em certos locais, com a disposição de esgotos e em relação à situação dos mananciais nas cidades (FOUCAULT, 1990; FABRE, 1993).

A análise histórica da utilização dos recursos hídricos mostra que a partir dos anos 70 houve um acirramento dos problemas advindos do processo de desenvolvimento econômico e da industrialização como a falta de saneamento, abastecimento de água e o aumento da poluição industrial. Tais adventos provocaram aumento nas doenças de veiculação hídrica, tornando-se necessária a elaboração de formas de monitoramento da qualidade da água oferecida à população e aos animais, detectando as águas com má qualidade sanitária, podendo obter um maior controle dos agentes patogênicos que podem estar presentes na água.

No Brasil, a criação animal é feita essencialmente na zona rural e principalmente em locais onde há fácil acesso à água, para dessedentação, isso contribui maciçamente para que os dejetos destes animais sejam levados direta ou indiretamente à coleção d'água, fazendo com que a mesma seja poluída. Sendo assim, trabalhos utilizando indicadores de qualidade da água para o monitoramento dos mananciais são cada vez mais comuns e são ferramentas importantes na avaliação da condição sanitária do corpo hídrico.

Esse trabalho foi realizado na bacia Hidrográfica do Córrego Rico, afluente do Rio Mogi-Guaçu, que é responsável pela água que abastece 70% do município de Jaboticabal, SP, e tem apresentado alguns impactos ambientais decorrentes de sua ocupação desordenada (LOPES et al., 2003). Essa bacia é integrante da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Rio Mogi-Guaçu (UGRHI-9), no compartimento econômico-ecológico denominado Médio Mogi Inferior, com área aproximada de 1.465.300 ha.

A classificação climática para a região, segundo Köppen, é do tipo Aw, ou seja, clima mesotérmico de inverno seco, em que a temperatura média do mês mais quente é superior a 22 °C e a do mês mais frio inferior a 18 °C. A precipitação média anual é de 1.425 mm. A média anual da umidade relativa do ar é de aproximadamente 71%, ocorrendo concentração de chuvas no período de outubro a março e o período mais seco estende-se de abril até setembro (ESTAÇÃO AGROCLIMATOLÓGICA, 2009).

O presente estudo foi proposto com o intuito de se verificar a dinâmica da população de indicadores bacterianos da qualidade da água, verificando os NMP de *Escherichia coli*, enterococos e clostrídios sulfito redutores e os teores de amônia, durante o período de 24 horas, na água do Córrego Rico, manancial de abastecimento da cidade de Jaboticabal-SP, nos períodos de chuva e seca.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizada uma amostragem inicial, nos períodos de seca e chuva, com a finalidade de determinar o dia da semana em que deveriam ser efetuadas as colheitas de amostras. Assim sendo foi determinado pela amostragem inicial que as amostras seriam colhidas nas segundas-feiras, dia da semana que o manancial apresentou piores condições sob o aspecto de poluição fecal.

As amostras foram colhidas em frascos de vidro de boca larga e tampa de plástico rosqueável e esterilizável. Os frascos com capacidade para 250 mL foram esterilizados em autoclave e abertos somente no momento da colheita, esta realizada diretamente da torneira de água "in natura" do manancial de abastecimento, existente na Estação de Tratamento de Água, a cada 2 horas, durante 24 horas, totalizando 12 amostras diárias.

Foram realizadas 5 repetições, no período de seca e no período de chuvas, perfazendo um total de 60 amostras em cada período.

Cada frasco recebeu identificação de local, horário e data em etiqueta adesiva no momento da colheita. O transporte ao laboratório foi realizado em caixas de material isotérmico contendo blocos de gelo reciclável.

Para a determinação do Número Mais Provável (NMP) de clostrídios sulfito redutores foi utilizado o método de cultivo indicado pela norma [1-1986 \(ISO, 1986\)](#) e adaptação de Gesche et al. (2003) e os resultados foram expressos como NMP de clostrídios sulfito redutores por 100 mL da amostra.

Nas análises de coliformes totais, *Escherichia coli* e enterococos foi utilizado o método do substrato cromogênico, segundo APHA (2012), os resultados expressos em NMP . 100 mL⁻¹. Na análise do teor de amônia, foi utilizado o método indicado pela HACH, (1996), e os resultados expressos em mg N-NH₃L⁻¹.

Os valores médios obtidos do NMP de clostrídios, enterococos e *Escherichia coli* foram transformados em log x. A seguir, as médias destes indicadores e as médias das concentrações de amônia foram avaliadas pelo método de análise de variância ANOVA e foram comparadas aplicando-se o teste de Tukey ao nível de 1% a 5% de significância pelo programa de análise estatística SAS (Statistical Analysis System) (DER & EVERITT, 2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas visitas às áreas da Bacia do Córrego Rico na cidade de Jaboticabal, no período de agosto de 2007 a março de 2008, foram detectadas propriedades rurais nas margens deste córrego, as quais lançavam no córrego suas águas residuárias sem ou com algum tratamento, provenientes das criações de bovinos, aves e suínos, sendo esta última criação a principal contribuinte para poluição do córrego (LOPES et al. 2008).

Os coliformes totais e *Escherichia coli*, enterococos e clostrídios sulfito redutores são grupos

de bactérias indicadoras de contaminação por esgotos domésticos ou de resíduos de animais, sugerindo os primeiros uma contaminação recente (VARNAM & SUTHERLAND, 1994), e o último remota (SANTANA et al. 2003).

As Figuras 1 e 2 apresentam as populações das bactérias pesquisadas na água do córrego. Verifica-se que existem momentos que as populações estão acima do limite estabelecido pelo Ministério do Meio Ambiente por meio do CONAMA - Resolução nº 357, de 17 de março de 2005 (BRASIL, 2005) e confirma dados já demonstrados por Lopes et al. (2003), que já apontavam despejos de esgotos nesse curso d'água. Observa-se que os horários com maior carga dos microrganismos clostrídios sulfito redutores, *Escherichia coli* e enterococos são respectivamente: 7 horas, 15 horas e 23 horas no período da seca (Figura 1).

Os resultados das análises de água indicaram despejo de matéria fecal, confirmando o lançamento de águas residuárias no manancial em questão. Isto pode ser observado pela dinâmica dos indicadores *Escherichia coli* e enterococos que demonstra contaminação recente, e clostrídios sulfito redutores que demonstra uma contaminação remota do corpo hídrico.

A presença de indicadores recentes e remotos de poluição fecal nos leva a depreender uma contaminação constante no manancial estudado.

Francy & Helsel (2000), confirmavam esta dinâmica com a presença dos indicadores como forma

de avaliação da qualidade dos sistemas hidrológicos nos Estados Unidos.

Na Figura 3, verifica-se que o indicador *Escherichia coli*, no período de chuvas, ultrapassa o limite de 1000 NMP mL⁻¹ da amostra (limite máximo da classe 2), para mais de 4000 NMP mL⁻¹ da amostra (limite máximo da classe 3) (BRASIL, 2005), o que torna as águas do córrego imprópria para o consumo utilizando tratamento convencional. Tal fato ocorre, pois, há um maior deflúvio das águas de escoamento, carreando matéria orgânica e sólida, o que acarreta um desequilíbrio físico, químico e microbiológico nas águas do córrego estudado.

Os mananciais mais próximos às zonas urbanas são os mais poluídos, pois permeiam um contexto crítico que desequilibra a harmonia entre o desenvolvimento e as condições que o ambiente oferece.

A poluição causada por fontes não pontuais não era reconhecida até o final de 1960. No entanto, calcula-se que cerca da metade desta carga de poluição que adentra uma bacia é oriunda de fontes difusas. A poluição difusa é aquela causada principalmente pelo deflúvio superficial, a lixiviação e o fluxo de macroporos que, por sua vez, estão relacionados com as propriedades do solo como a infiltração e a porosidade. O principal problema de se ter um ponto difuso de poluição, como o observado no manancial em estudo, é obter o controle do mesmo.

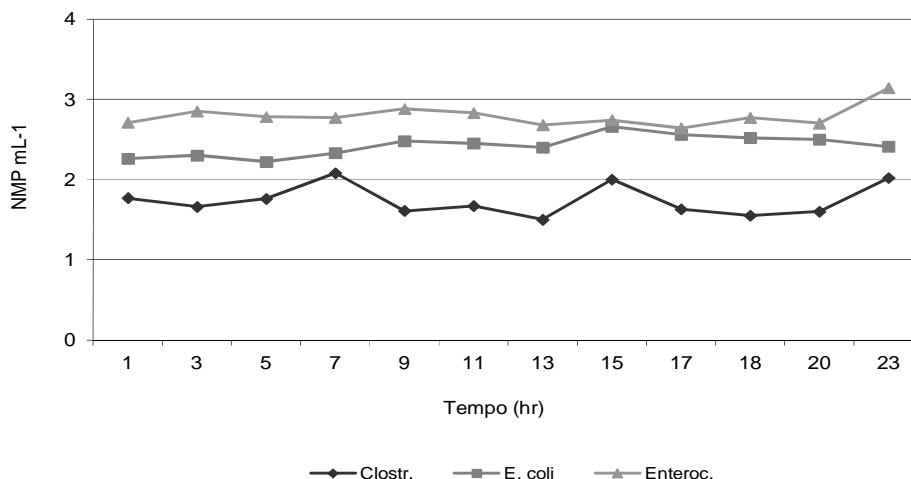


Figura 1 - Números Mais Prováveis (log₁₀) em 100 mL dos indicadores, clostrídios sulfito redutores (Clostr.), *Escherichia coli* (E. coli) e enterococos (Enteroc.), na água do Córrego Rico no período de seca (setembro a outubro de 2007).

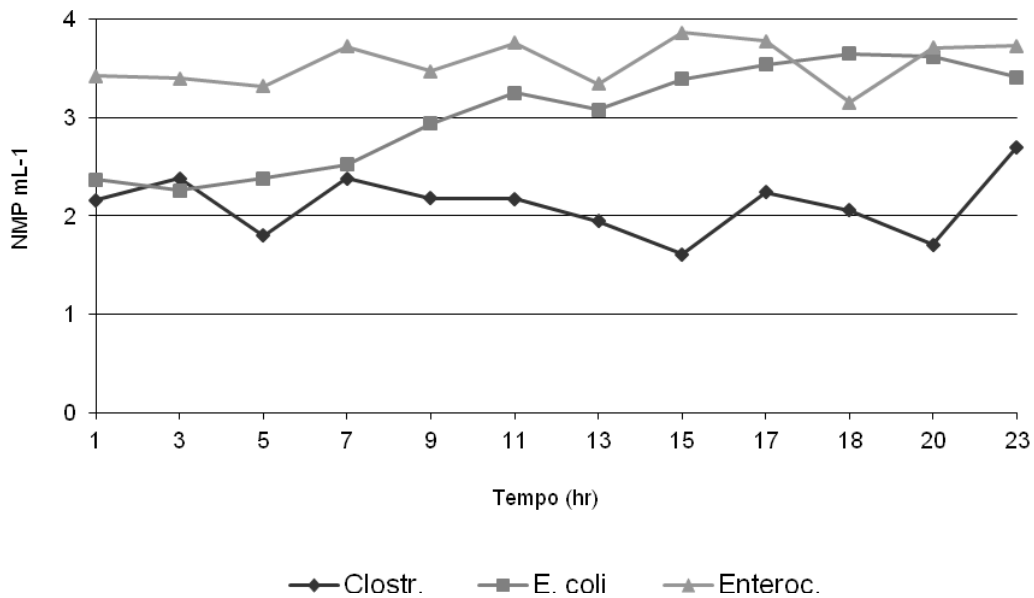


Figura 2 - Números Mais Prováveis (\log_{10}) em 100 mL dos indicadores, clostrídios sulfito redutores (Clostr.), *Escherichia coli* (E. coli) e Enterococos (Enteroc.), na água do Córrego Rico no período das chuvas (fevereiro a março de 2008).

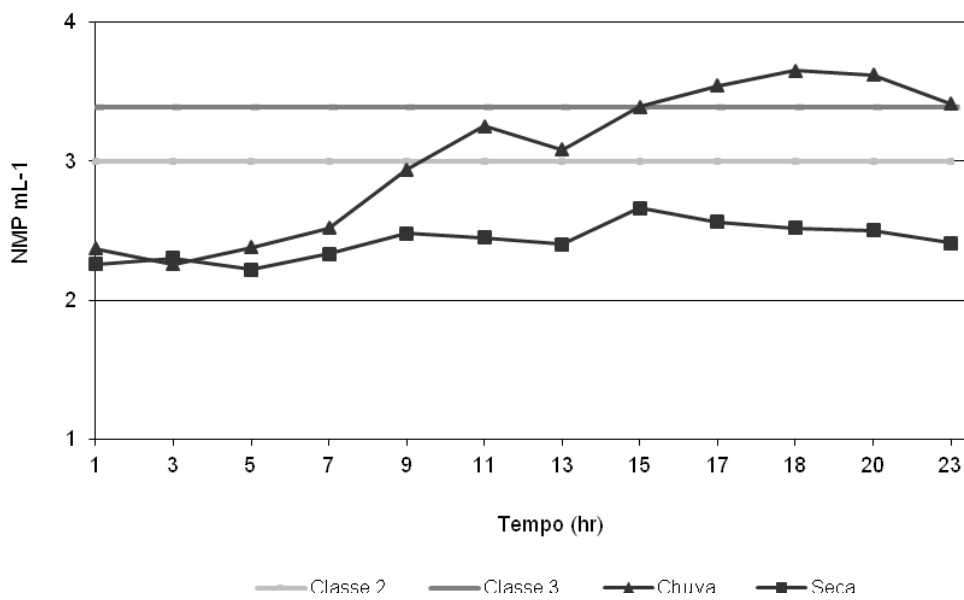


Figura 3 - Variação horária da população (\log_{10}) de *Escherichia coli* em chuva e seca, e limite legal para *Escherichia coli* para as classes 2 e 3 (BRASIL, 2005).

Encontra-se semelhanças entre o presente estudo e o de Nogueira et al. (2003), que verificaram interferência da precipitação pluviométrica na porcentagem de amostras da água positivas para coliformes. No período chuvoso do ano houve aumento na positividade para os coliformes fecais e totais.

Segundo Yagow & Shanholtz (2008), a poluição por cargas difusas é a principal causa de degradação de corpos hídricos de superfície nos EUA, sendo que 72% do total da carga poluidora advinda de atividades agrícolas.

Devido unicamente à carga difusa de poluição, cerca de 40% dos rios, estuários e lagos que já possuem um controle adequado de cargas pontuais ainda são impróprios para a pesca e recreação (USEPA, 2002).

No Brasil, a experiência com cargas difusas de poluição é pequena. Alguns trabalhos nacionais buscaram conhecer mais profundamente a geração e influência destas cargas e seus impactos na qualidade da água e saúde humana (DALCANALE, 2001; EIGER, 1993; MARTINS, 1988; PRIME ENGENHARIA, 1998).

Concomitantemente a entrada de material fecal proveniente do deflúvio superficial das propriedades rurais ao longo do Córrego estudado, há que salientar que bactérias patogênicas que possam estar presentes na microbiota intestinal dos animais, e eliminadas nas fezes são carregadas para o leito do rio, podendo causar danos a saúde humana.

Na Figura 4 observa-se, no período das chuvas, 14 das 60 amostras, ou seja, 23% estavam com valores acima do máximo permitido para *Escherichia coli* estabelecido pela Resolução 357/05 (BRASIL, 2005) para água de classe 2, ou seja ocorreu uma depreciação na qualidade microbiológica da água do córrego. É evidente que durante o período da seca a porcentagem de amostras de água fora dos padrões da Resolução 357/05 (BRASIL,2005), para Classe 2, é bem inferior, atingindo 1,7%, ou seja, em apenas uma das 60 amostras colhidas no período ocorreu a desclassificação da água do córrego, porém dentro da classe 3. Assim, o córrego continuou apto a fornecer suas águas para o consumo humano com o tratamento realizado no município.

Dentre 14 amostras fora do padrão, no período de chuvas, oito estavam com valores acima do permitido para consumo após tratamento convencional ou avançado, ou seja acima de 4.000 coliformes termotolerantes a cada 100 mL da amostra, o que é preocupante, pois o município de Jaboticabal possui somente tratamento convencional de suas águas.

Como descrito por Lopes et al., (2008), 60,9% das propriedades situadas na Microbacia de Córrego Rico são consideradas pequenas, ou seja, entre 0 e 50 hectares. Destas, 79% descartavam resíduos animais no ambiente, o que condiz com os resultados encontrados no presente estudo, pois o aumento no número de coliformes e amônia sugere uma contaminação recente do córrego, ressaltada no período das chuvas, onde a contribuição pelo deflúvio superficial agrícola é maior.

Na Microbacia do Córrego Rico, Jaboticabal, SP, foi observado pelos autores, acima citados, que existem apenas 22% das propriedades do entorno que fazem a conservação e plantio de mata ciliar, 82% utilizam agrotóxicos frequentemente, 23% das propriedades utilizam água dos córregos para dessedentação animal e 8% fazem o uso destas águas para limpeza de instalações animais (LOPES et al., 2008). O que sugere uma contribuição para a depreciação das águas do Córrego Rico, pois sem a proteção das matas ciliares, o deflúvio superficial em direção ao córrego é maior, e ainda há um maior aporte de matéria orgânica com a contribuição direta dos dejetos animais, o que é comprovado pelo aumento dos indicadores de contaminação recente como a *Escherichia coli* e a amônia, que estão presentes nestes dejetos lançados nas águas do Córrego Rico.

Na Figura 5 verifica-se que os níveis de amônia encontram-se sempre maiores na época das chuvas, ocorrendo picos em alguns horários devido ao elevado índice pluviométrico ocorrido na região juntamente com fontes de poluição difusas, que contribuem ainda mais para a poluição do manancial. Porém, estes níveis sempre se mantiveram dentro do padrão da Resolução 357/05 (BRASIL,2005), que estabelece um limite máximo de 3,7mg/L N, para $pH \leq 7,5$ e 2,0mg/L N, para $7,5 < pH \leq 8,0$, não desclassificando o córrego nas poluições estudadas.

Os testes estatísticos realizados demonstraram que não houve diferença significativa das médias do NMP de enterococos, *Escherichia coli*, clostrídios e amônia quando comparadas nos diferentes horários no mesmo período, porém essa diferença ocorreu em essas variáveis entre os períodos de chuva e seca (Tabela 1).

Esse resultado está de acordo com Amaral (2001) que afirma ser importante realizar análises microbiológicas tanto durante o período de chuva como no período de seca para conhecer a qualidade higiênico-sanitária da água, já que a água de escoamento superficial durante o período de chuva é o fator que mais contribui para mudança de qualidade da água.

Em estudo realizado no México, Gonzalez et al. (1982), concluíram que a presença de coliformes nas amostras de água dos mananciais estudados e dos domicílios tiveram relação direta com a presença de chuva, devido ao arraste de excretas humanas e animais, o que vem de encontro ao encontrado pelo trabalho em questão.

CONCLUSÃO

A população de *Escherichia coli*, indicador utilizado para classificação microbiológica do corpo d'água, apresentou, na época de chuvas, valores acima do permitido para a classe 3, tornando a água do córrego imprópria para o consumo por tratamento convencional, em alguns períodos do dia, na época das chuvas.

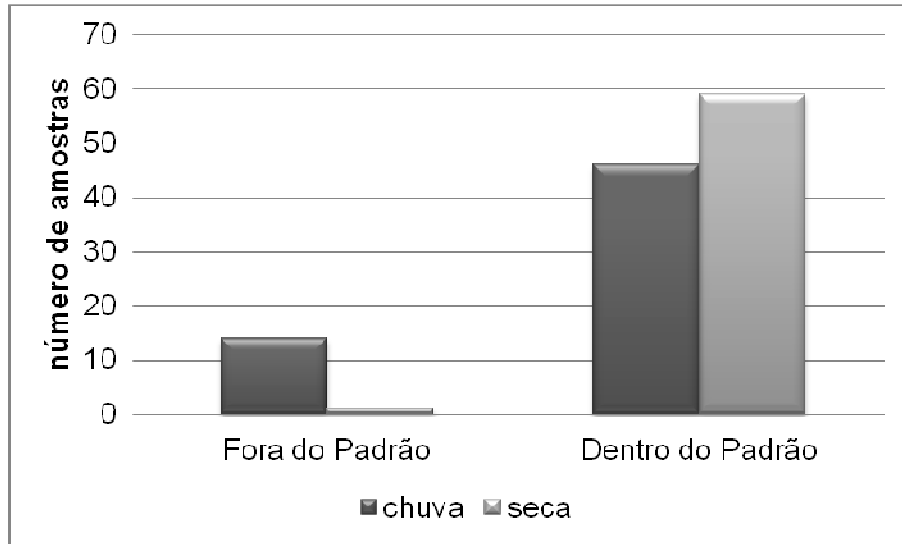


Figura 4 - Número de amostras de água com populações de *Escherichia coli* que estão dentro e fora do padrão de acordo com a resolução 357/05 (BRASIL, 2005), nas épocas da seca e das chuvas.

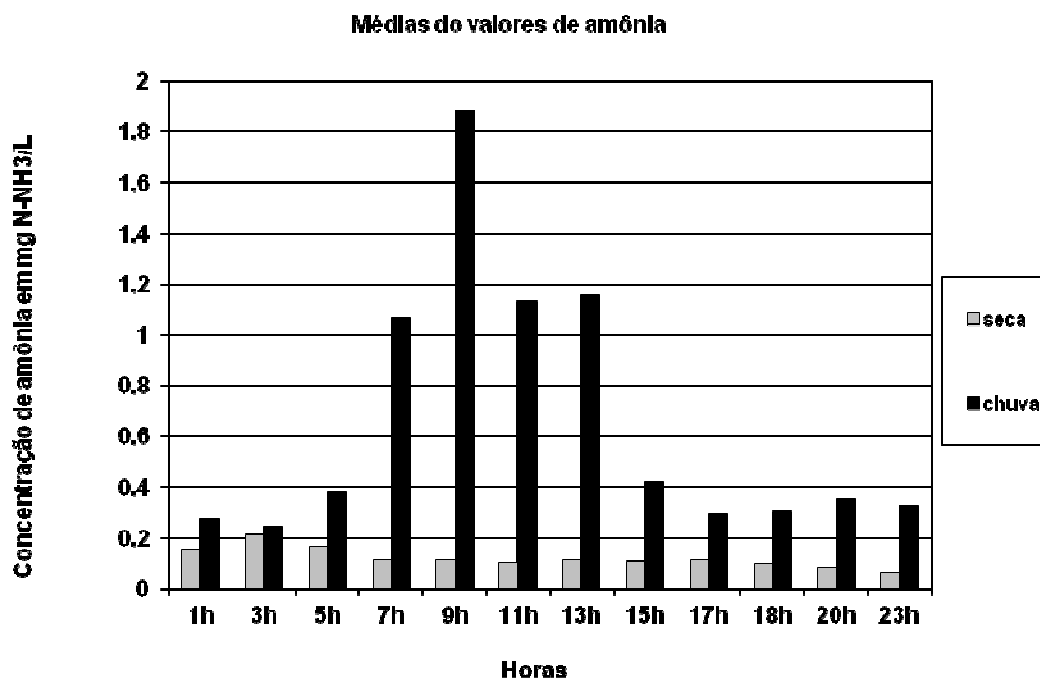


Figura 5 - Médias dos valores das concentrações de amônia no período de seca e chuvas na água do Córrego Rico no período das chuvas (fevereiro a março de 2008).

Tabela 1 - Comparação das médias dos indicadores de poluição fecal, durante os períodos de seca e chuva, segundo teste de Tukey.

	Seca	Chuva
<i>Escherichia coli</i>	5,5 a	6,0 b
Clostrídios	3,55 a	5,2 b
Enterococos	6,0 a	7,2 b
Amônia	0,11 a	0,45 b

*Médias seguidas com letras iguais, nas linhas e colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey.

A presença de indicadores de poluição fecal (*Escherichia coli*, enterococos e clostrídios sulfito redutores) evidencia despejo de material fecal, confirmando o lançamento de dejetos humanos e/ou animais, e uma contaminação constante no manancial estudado.

Na época das chuvas a água do Córrego Rico apresentou os maiores índices de contaminação por indicadores bacterianos de poluição fecal e da concentração de amônia, evidenciando a importância do deflúvio superficial na contaminação do manancial estudado.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo-FAPESP-Pelo Auxílio Financeiro

REFERÊNCIAS

AMARAL, L. A. **A água como fator de risco para saúde humana e animal em propriedades leiteiras situadas na região Nordeste do Estado de São Paulo**. Tese de livre-docência. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária “Júlio de Mesquita Filho”. FCAV/Unesp, Jaboticabal, 2001

APHA. **American Public Health Association**. Standard methods for the examination of water and wastewater, AWWA, 22th, 2012.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, v.1, n.53, p.58-63, Seção 1, 18 mar. 2005.

DALCANALE, F. **Simulação de cargas difusas em bacias rurais**. São Paulo: Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia), 2001.

DER, G.; EVERITT, B. S. **A handbook of statistical analysis using SAS**. ed.2, p.360, 2006.

EIGER, S. **Aplicação do Modelo BIDIM ao Reservatório do Rio Grande**: relatório final – manual de descrição do modelo. São Paulo: Editado, 1993.

ESTAÇÃO AGROCLIMATOLÓGICA. **Resenha Meteorológica do Período 1971 – 2000**. Disponível em:

<http://www.exatas.fcav.unesp.br/estacao/est_resanha.htm>. Acesso em: 24 fev. 2009.

FABRE, G. La notion de contagion au du sida, ou comment interfèrent logiques sociales et catégories médicales. **Sciences Sociales et Santé**, Paris, v.11, n.1, p.5–32, mar, 1993.

FOUCAULT, M. **Microfísica do poder**. Rio de Janeiro: Graal, 1990. 174p.

FRANCY, D. D.; HELSEL, R. N. Occurrence and Distribution of Microbiological Indicators in Groundwater and Stream Water. **Water Environmental**, v.72, n.1, p.152-161, 2000.

GESCHE, E.; VALLEJOS, M. V.; SAEZ, T. M. Eficiência de Anaeróbios sulfito-redutores como indicadores de calidad sanitaria de agua. **Archivos de Medicina Veterinária**, n.1, v.35, 2003.

GONZALEZ, R. G.; TAYLOR, M. L.; ALFARO, G. Estudio bacteriano del agua de consumo en una comunidad Mexicana. **Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana**, v.93, n.2, p.127-140, 1982.

HACH COMPANY MANUAL. Dr/2000 Spectrophotometer instrument manual for use software version 3. Loveland, p.58, 1996.

ISO. International Standard Organization. **ISO 6461/1 water quality**: Clostridia Geneva, Switzerland, 1986.

LOPES, L. G.; AMARAL, L. A.; HOJAIJ, A.; COSTA JÚNIOR, L. L.; PALLA, V. L. Estudo do uso do solo e condições ambientais da microbacia hidrográfica do

Córrego Rico. **FAZU em Revista** (Uberaba), v.1, p.16-24, 2008.

LOPES, L. G.; COSTA, J. L. L.; ITALIANO, L.W.; HOJAIJ, A.; ZANETTI, F. G. M. L.; MARQUES, J. A. S. Monitoramento da Qualidade da Água na Bacia Hidrográfica do Córrego Rico (Jaboticabal - SP). In: ASSEMBLEIA NACIONAL DA ASSEMAE, 33, 2003. Santo André. **Saneamento Inclusão Social**. Jaboticabal: Assemae, 2003.

MARTINS, R. H. **Carga difusa em ambientes urbanos: A bacia representativa do Córrego do Mandaqui**. São Paulo: Escola Politécnica, Universidade de São Paulo 1988. 207p.. Tese (Doutorado em Engenharia), 1988.

NOGUEIRA, G.; NAKAMURA, C.V.; TOGNIM, M.C.B.; ABREU FILHO, B.A.; DIAS FILHO, B.P. Microbiological quality of drinking water of urban and rural communities, Brazil. **Revista de Saúde Pública**. São Paulo. v.37, n.2, 2003.

PRIME ENGENHARIA. **Avaliação da poluição por fontes difusas afluente ao reservatório Guarapiranga – relatório síntese**. São Paulo. PRIME Engenharia, p.46, 1998.

SANTANA, A.S.; SILVA, S.C.F.L.; FARINI, I.O.; AMARAL, C.H.R. Qualidade microbiológica de águas minerais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.23, p.190-194, 2003.

USEPA, 2002. **Flow calibration tutorial**. Disponível em:
<www.epa.gov/waterscience/ftp/basins/training/tutorial/storm.htm>. Acesso em: 07 jul. 2008.

VARNAN, A.H. & SUTHERLAND, J.P. Bebidas: tecnologia, química e microbiologia. Acribia. Zaragoza, 1994.487p.

YAGOW, G.; SHANHOLTZ, V. Procedures for indexing monthly NPS pollution loads from agricultural and urban fringe watersheds. In: WATERSHED 96. Disponível em:
<www.epa.gov/owow/watershed/Proceed/yagow.html>. Acesso em: 07 jul. 2008.