

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

Claudia Scholten¹; Luiz Augusto do Amaral¹

¹Departamento de Medicina Veterinária Preventiva e Reprodução Animal da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Campus de Jaboticabal, Unesp – Jaboticabal/SP- CEP 14884-900 e-mail: clau_scholten@yahoo.com.br

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 sulfito redutores e as concentrações de amônia nos períodos de chuva e estiagem. Concluiu-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.

DYNAMICS OF POLLUTION FECAL IN WATERS OF THE CÓRREGO RICO, FLOWING STREAM OF SUPPLYING OF JABOTICABAL CITY- SP

ABSTRACT - Considering the quality of the water “in natura” has a great importance in the systems of superficial water treatment, once time that it fails it can be had a risk to produce contaminated water being harmful to the consumers health, the present work was elaborated with the objective to know the secular dynamics of pollution fecal, during 24 hours, in the source water of public supplying of the city of Jaboticabal/SP. Samples of source water will be harvested, with intervals of 2 hours, during 24 hours and will be determined the Most Probable Numbers of total coliformes, *Escherichia coli* and Clostrídios sulfite reducing and the ammonia concentrations in the periods of rains and dries. Conclude that at times the water of the Córrego Rico can not be used for the supply of the population by conventional treatment, because the incidents rain, mainly during the evening, the river shows contamination above the limit for its class. May present risk to the health of the population. The gotten results will be able to guide actions aiming promote the best quality of the supplied water to the population, preventing the hydric diseases propagation.

Keywords: ammonia, pointers of fecal pollution, source of supply, water.

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, 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 do status sanitário do corpo hídrico.

O presente trabalho foi proposto com o intuito de se verificar a dinâmica da população de indicadores bacterianos da qualidade da água, quantificando 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

O 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., 2003a). 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).

Foi realizada uma amostragem inicial que determinou o dia da semana no qual foram efetuadas as colheitas de amostras. Estas realizadas a cada cinco horas, determinando o dia em que

o manancial se apresentava em piores condições sob o aspecto de poluição fecal, sendo este dia o escolhido como o dia da semana em que se realizaram as amostragens. Esse procedimento foi realizado no período de chuvas e seca. Foi determinado pela amostragem inicial que segunda-feira seria o dia que o manancial apresentava piores condições sob o aspecto de poluição fecal, portanto foi o dia das colheitas.

Durante os meses de setembro e outubro de 2007, a precipitação pluviométrica variou de 0,4 e 38,2mm, caracterizando o período da seca. Enquanto, que nos meses de fevereiro e março de 2008, a precipitação pluviométrica oscilou de 108,4 a 302,7 mm, o que caracteriza o período das chuvas.

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 análises.

Para a determinação do Número Mais Provável (NMP) de clostrídios sulfito redutores foi utilizado o método de cultivo indicado pela norma 6461/1-1986 (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, (1998), sendo consultada a tabela de Número Mais Provável para assim obter os resultados expressos em NMP de coliformes totais (100 mL⁻¹), *Escherichia coli* (100 mL⁻¹) e enterococos (100 mL⁻¹), respectivamente. Na análise do teor de amônia, foi utilizado o método indicado pela HACH, s. d. (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).

Também foi realizado o teste de correlação de coeficientes de Pearson para os indicadores clostrídios, enterococos, *Escherichia coli* e amônia.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante 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 os esgotos bruto ou com algum tratamento, provenientes da criação principalmente de bovinos, aves e suínos em seus afluentes, sendo esta última criação a principal contribuinte para poluição do córrego. Estes lançamentos provocavam alteração na qualidade e no volume das águas tratadas pela ETA de Jaboticabal.

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, e o último remota.

As figuras 1 e 2 apresentam as populações destas bactérias para as águas do córrego monitorado. Existem momentos que as contagens estão acima do limite estabelecido pelo Ministério do Meio Ambiente no CONAMA - Resolução nº 357, de 17 de março de 2005 e confirma dados já demonstrados por LOPES et al. (2003a), que já apontavam despejos de esgotos nesses cursos d'água.

O estudo das médias no \log_{10} , mostrar 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).

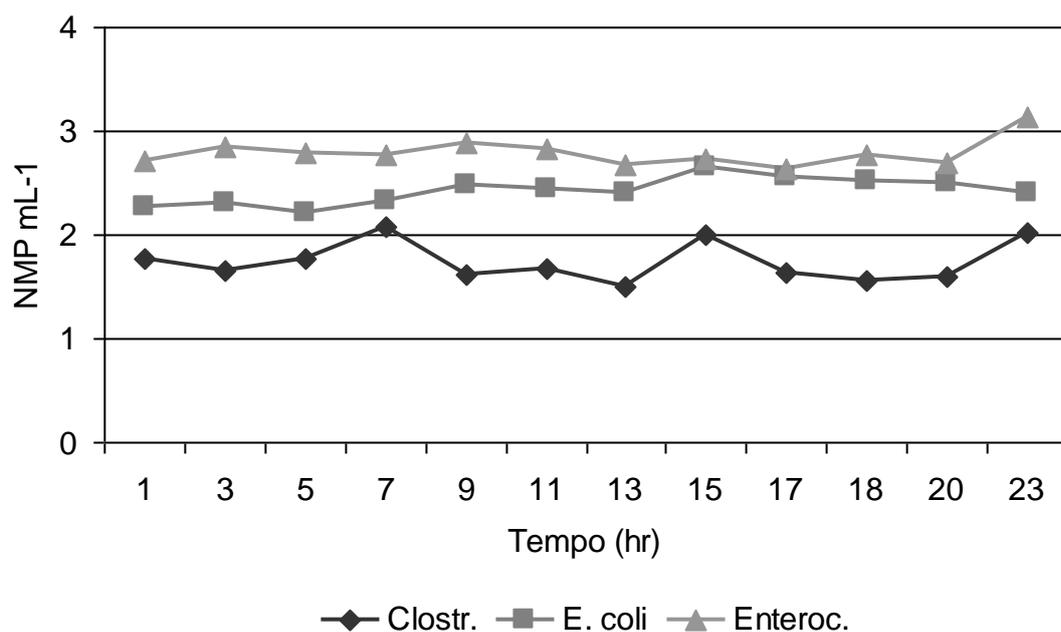


Figura 1. Logaritmo na base 10 da média dos Números Mais Prováveis em 100 mL dos indicadores, clostrídios sulfito redutores (Clostr.), *Escherichia coli* (E. coli) e enterococos (Enteroc.), na água do Córrego Rico no período de seca (setembro a outubro de 2007).

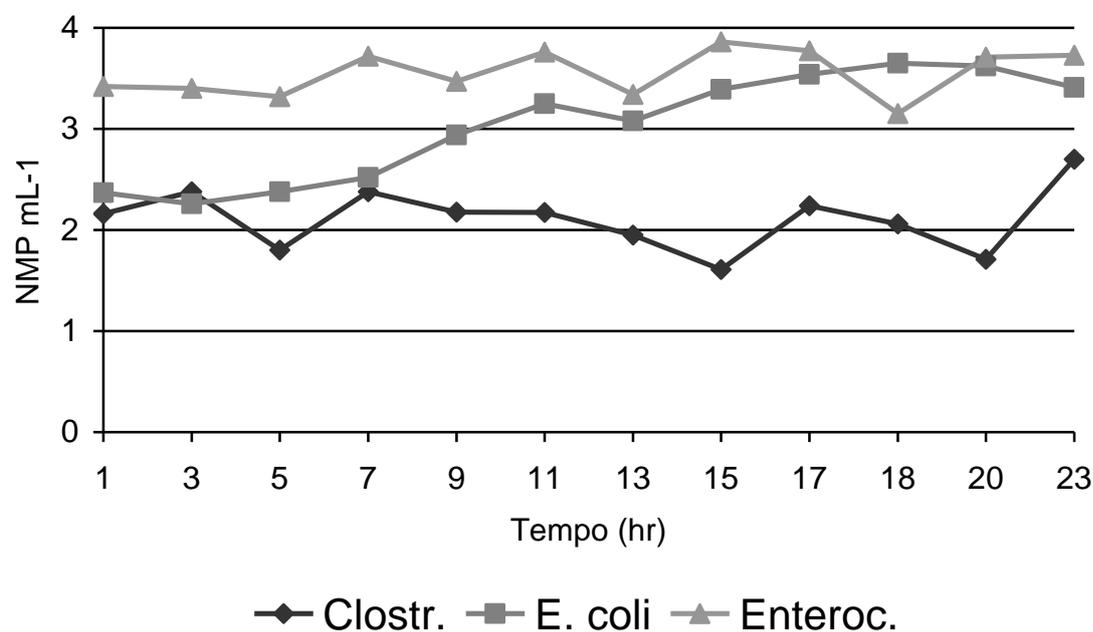


Figura 2. Logaritmo na base 10 da média dos Números Mais Prováveis em 100 mL dos indicadores, clostrídios sulfito redutores (Clostr.), *Escherichia coli* (E. coli) e Enterococos (Enteroc.), na água do Córrego Rico no período das chuvas (fevereiro a março de 2008).

Os resultados das análises de água indicaram grande despejo de matéria fecal, confirmando o lançamento de esgoto 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 & HELSER (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 após 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.

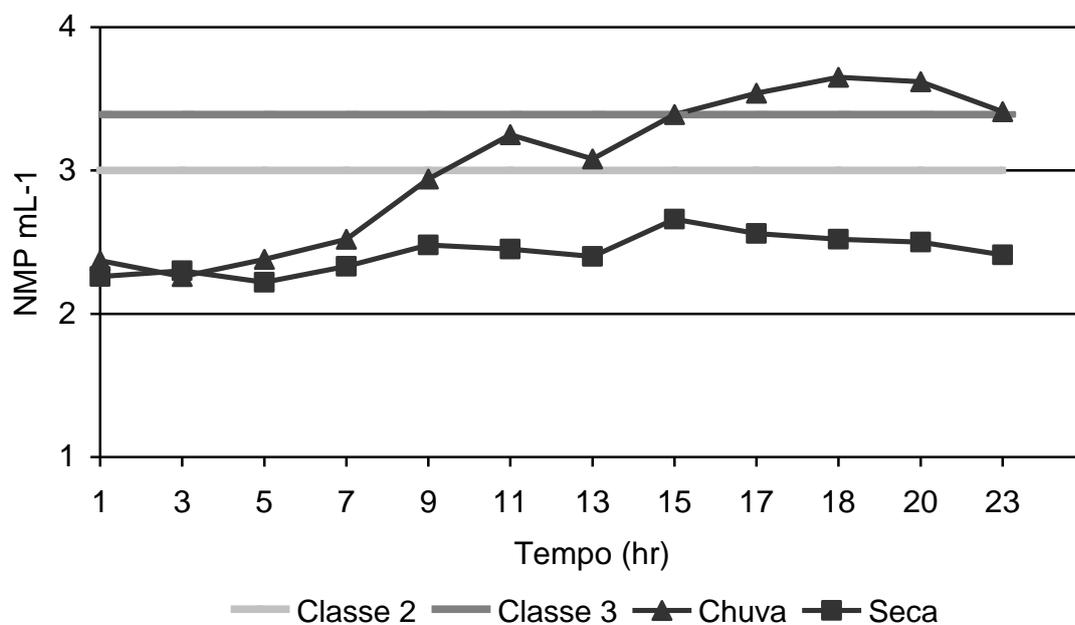


Figura 3. Variação horária da contagem do Número Mais Provável em 100 mL do indicador *Escherichia coli* no período de chuva e seca, e limite legal para *Escherichia coli* para as classes 2 e 3 (BRASIL, 2005).

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.

Encontra-se semelhanças entre o presente estudo e o de NOGUEIRA et al. (2003), que verificaram interferência da precipitação pluviométrica na porcentagem de amostras 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 nado (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 à saúde humana.

Observaram-se no monitoramento das águas do Córrego Rico, no período das chuvas, 14 das 60 amostras, ou seja, 23% valores que estavam acima do Valor Máximo Permitido estabelecido pelo CONAMA 357/05 para água de classe 2, ou seja ocorreu uma depreciação na qualidade microbiológica da água do córrego, desclassificando o mesmo no parâmetro *E.coli*.

Na figura 4, fica bem evidente que durante o período da seca a porcentagem de amostras de água que encontra-se fora dos padrões do CONAMA 357/05, para Classe 2, é bem inferior, atingindo 2%, ou seja, em apenas 1 das 60 amostras coletadas 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.

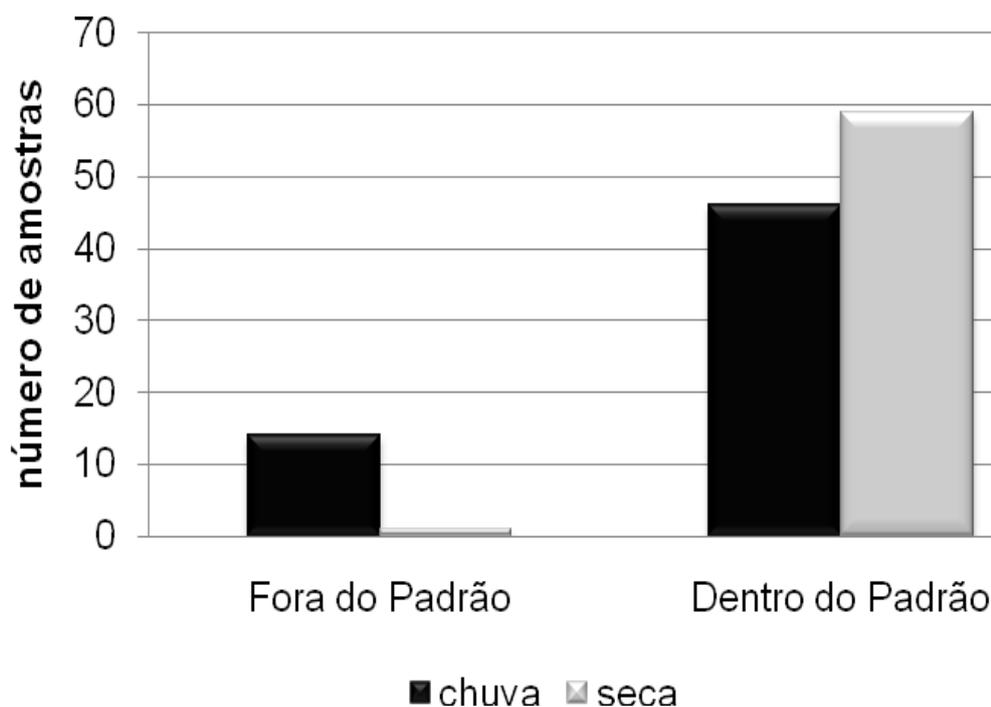


Figura 4. Porcentagem dos NMP/100 mL de *Escherichia coli* que estão dentro e fora do padrão para o CONAMA 357/05, na época da seca e das chuvas.

Dentre estas 14 amostras fora dos padrões, no período de chuva, 8 estavam com valores acima do permitido para consumo por tratamento convencional ou avançado, ou seja acima de 4.000 coliformes termotolerantes a cada 100 mL da amostra, o que torna 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% descartam resíduos animais no ambiente, o que condiz com os resultados encontrados no presente trabalho, 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 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, local do estudo realizado.

A figura 5 demonstra que os níveis de amônia encontram-se sempre maiores na época das águas, 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. Esta relação entre a amônia e os outros indicadores utilizados neste estudo é intrínseca, pois os níveis de amônia estão ligados diretamente ao deflúvio superficial que escoar diretamente com a matéria orgânica para o manancial, assim conseguimos utilizar estes parâmetros em conjunto. Porém, estes níveis sempre se mantiveram dentro do padrão do CONAMA 357/05, que estabelece um limite máximo de 3,7mg/L N, para $\text{pH} \leq 7,5$ e 2,0mg/L N, para $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$, não desclassificando o córrego com águas variando seu pH de 5 a 8 estudadas.

Assim, podemos relacionar que o período da seca, onde ocorre um menor deflúvio superficial, também ocorreu o menor índice de contaminação.

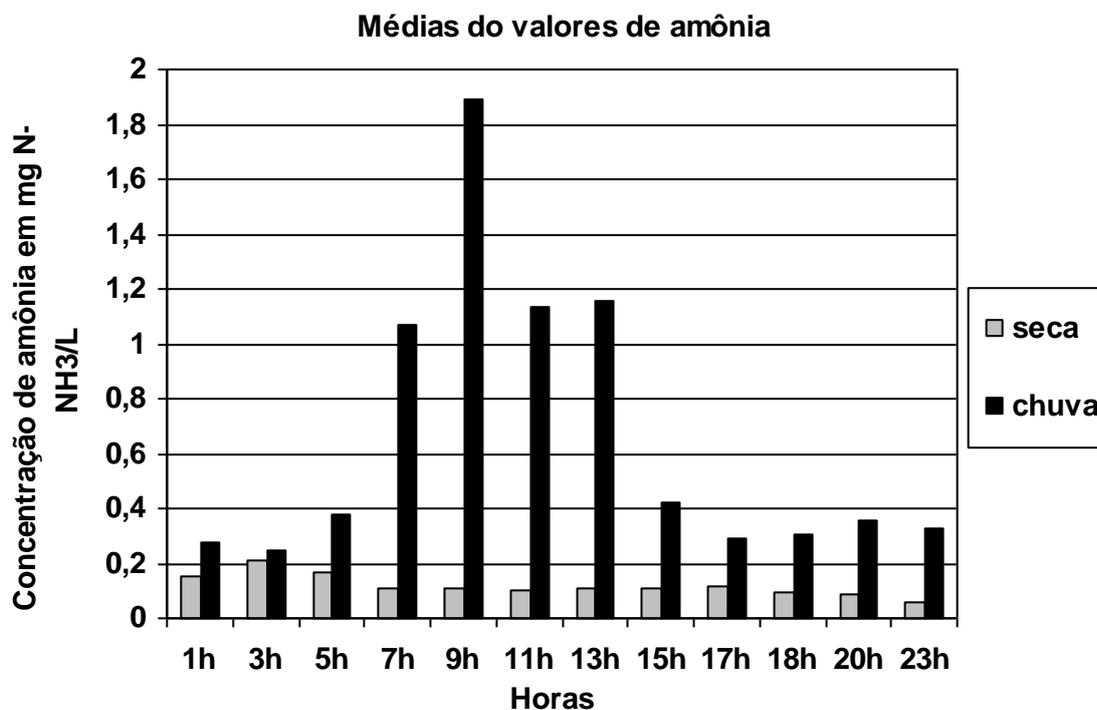


Figura 5. Média dos valores de amônia no período de seca e chuvas.

CONCLUSÕES

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 na época das chuvas.

A presença de indicadores de poluição fecal (*Escherichia coli*, enterococos e clostrídios sulfito redutores) demonstram despejo de material fecal, confirmando o lançamento de dejetos humanos e 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.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA. **American Public Health Association**. Standard methods for the examination of water and wastewater, AWWA, 20th, 1998.

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**. 2001. 99-110 f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 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.

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 qualidade sanitária de água. **Archivos de Medicina Veterinária**, n.1, v. 35, 2003.

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**: detection and enumeration of the spores of sulphite-reducing anaerobes (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**. 1988. 207 f. Tese de Doutorado (Doutorado em Engenharia). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 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.

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

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.