

COMPARAÇÃO DA QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA DE TRATADA E DE FONTES ALTERNATIVAS EM ESCOLAS DE ÁREA PREDOMINANTEMENTE RURAL

Cleiton Vaz¹ & Therezinha Maria Novais de Oliveira²

RESUMO --- Neste estudo foram analisados parâmetros microbiológicos da água consumida em escolas municipais com diferentes fontes de abastecimento, numa região predominantemente rural do município de Joinville, com o objetivo de identificar aspectos influentes na qualidade da água. Os resultados apontam como fatores relevantes as estações do ano e ainda a cloração da água. Sugere-se a implantação de sistemas descentralizados de tratamento de água para os locais contaminados.

ABSTRACT --- In this research were studied microbial indicators of consumed water in municipal schools with different sources in a predominant rural area of Joinville municipal district. The objective was identify factors that cause interferences in water quality. The results show as relevant factors the seasons and almost chlorination of water. We suggest an implantation of decentralized systems of water treatment for the areas that use non chlorinated water.

Palavras-chave: água, área rural, qualidade microbiológica.

1, 2) Professores do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade da Região de Joinville – Univille, Campus Universitário - Bairro Bom Retiro, Caixa Postal 246, CEP 89201-972 Joinville/SC. A/C Pró-reitoria de Pesquisa – PRPPG – Fone: (47) 3461-9106 - e-mail: cleiton.vaz@univille.br

1 INTRODUÇÃO

Nos países em desenvolvimento e em transição, os problemas relacionados a poluentes biológicos na água utilizada para consumo humano podem ser considerados uma regra (CHANG *et al.*, 2008) e dessa maneira um problema de saúde pública (DIALLO *et al.*, 2008). São estimados 4 bilhões de casos de infecções diarréicas (ALROUSAN *et al.*, 2009) e mais de 1,6 milhões de mortes (aproximadamente 3,1% do total anual mundial) (WHO e UNICEF, 2006), ligadas a água contaminada, ausência de condições sanitárias adequadas e higiene, sendo que a maioria dessas mortes são crianças entre os 5 anos de idade (LI *et al.*, 2008; PETER-VARBANETS *et al.*, 2008; WHO e UNICEF, 2006; WHO, 2009; NAVNTOFT *et al.*, 2008). Mais de 1 bilhão de pessoas no mundo não possuem acesso à água tratada (WHO e UNICEF, 2006; WHO, 2009) predominantemente decorrente da ineficiência dos sistemas de abastecimento, principalmente no que diz respeito à distribuição de água potável para consumo (SCHIMID *et al.*, 2008), fazendo com que em áreas remotas e rurais, as comunidades optem por sistemas individuais sem tratamento (McDONALD *et al.*, 2008), tais como poços, águas superficiais e água da chuva (DAVIES *et al.*, 2008).

Nesses sistemas, são necessários acompanhamentos rotineiros de parâmetros de qualidade da água para garantir a minimização de riscos à saúde de públicos mais suscetíveis a doenças, como crianças e pessoas com sistema imunitário comprometido. Para esse controle, são utilizadas amplamente análises microbiológicas (BORDALO e SAVVA-BORDALO, 2007; SILVA *et al.*, 2008) de coliformes totais (CHAMBERS *et al.*, 2009) encontrados abundantemente em material fecal e *Escherichia coli* (LIEVERLOO *et al.*, 2007; CHAMBERS *et al.*, 2009) que é um dos organismos que compõem esse grupo, sendo que devem apresentar ausência em amostras de 100 mL de água (WHO, 2006; MS, 2005).

A *Escherichia coli* é um habitante comum do intestino dos animais (MADIGAN *et al.*, 2004; RAM *et al.*, 2009; SCHILLING *et al.*, 2008), encontrada predominantemente em intestinos de gado, galinhas, cervos, ovelhas, porcos e cabras (SEHGAL *et al.*, 2008), inclusive de humanos, apresentando-se na forma de pequenos bacilos gram-negativos classificados como Bactéria entéricas. Ela é responsável pela produção de toxinas causadoras de diarréias hemorrágicas e infecções no trato urinário (SEHGAL *et al.*, 2008) que representam risco à vida das pessoas. A linhagem O157:H7 é comumente encontrada em cursos d'água de áreas rurais, tornando-se assim um importante indicador de contaminação fecal (SINCLAIR *et al.*, 2009; DELAEDT *et al.*, 2008) no meio ambiente. A *E. coli* é encontrada em concentrações (por litro) de 10.000 a 1.000.000 em lagos e reservatórios, 30.000 a 1.000.000 em rios e córregos impactados, 6.000 a 30.000 em rios e

córregos não antropizados e entre 0 e 1.000 em águas subterrâneas, entretanto, a resistência desta bactéria ao Cloro é baixa (WHO, 2006).

Mesmo em sistemas de distribuição com agentes químicos capazes de persistir até o ponto de consumo, foram identificadas contaminações bacteriológicas em função da formação de biofilmes (MURPHY *et al.*, 2008). O crescimento dessas bactérias depende de condições físico-químicas, bem como de flutuações sazonais, que alteram a temperatura, turbidez e pH da água (FRANCISQUE *et al.*, 2009).

No Brasil, em média, 75% da população possui serviços de saneamento adequado, com cobertura na área urbana de 83% contra 37% na área rural (WHO e UNICEF, 2006), sendo o valor médio em Santa Catarina de aproximadamente 61% (IBGE, 2000). Com relação ao abastecimento de água tratada no Brasil, os números são de 91% e 17% de ligações à rede nas áreas urbanizadas e rurais, respectivamente. Em Joinville o abastecimento de água da área urbanizada contempla 99% da população, tornando a abundância relativa de água na região um fato que oculta os problemas, fazendo com que a qualidade seja muitas vezes relegada. No quesito de coleta e tratamento de esgoto sanitário, a cidade possui atendimento a 16% da população (AMAE, 2009). Essa situação retrata a necessidade de acompanhamento e criação de alternativas que visem o aprimoramento dos sistemas de tratamento e distribuição de água de grande escala, assim como daqueles utilizados em áreas rurais.

Portanto, este trabalho teve como objetivo efetuar uma comparação entre a qualidade microbiológica da água com tratamento convencional e de fontes alternativas em escolas, identificando as condições mais suscetíveis a contaminações de acordo com características pré-definidas, associando os riscos à saúde das crianças.

2 METODOLOGIA

2.1 Área de estudo

Para a delimitação do trabalho foram selecionados pontos de consumo de água em 12 escolas municipais existentes no bairro Vila Nova, uma área predominantemente rural no município de Joinville (SC), em virtude da suscetibilidade a doenças que crianças possuem. Outro fator relevante para a delimitação dos pontos de coleta foi a posição geográfica dispersa que permite uma avaliação representativa em todo o bairro (Figura 1), contemplando a área urbanizada e rural.

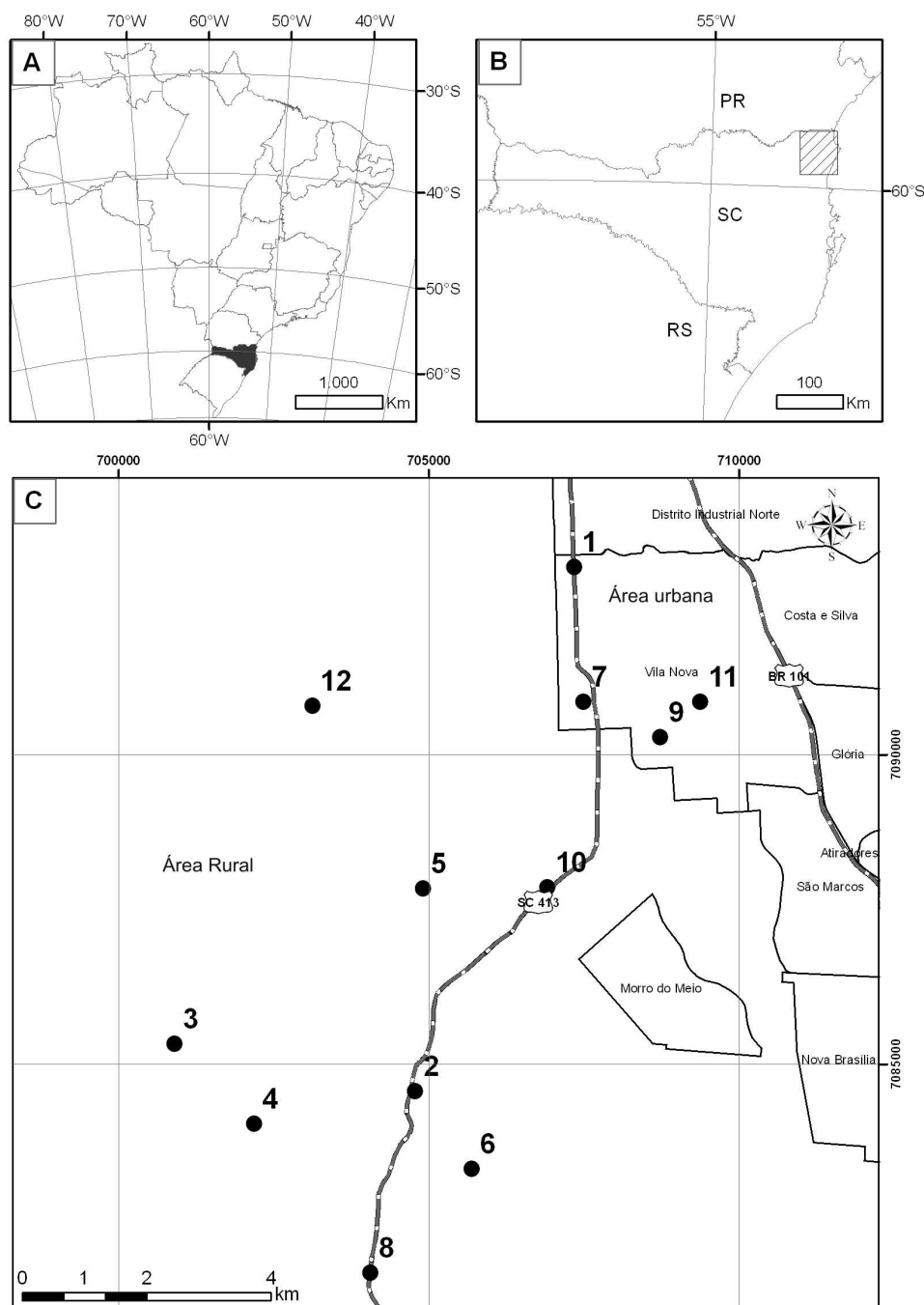


Figura 1 - Bairro Vila Nova com definição dos locais de coleta das amostras.

A área urbanizada e os pontos 5, 10 e 12 localizados na área rural, recebem água tratada de um sistema convencional composto por uma unidade de mistura rápida, floculação hidráulica, decantação convencional, filtração rápida de fluxo descendente, desinfecção com cloro gasoso e fluoretação (ÁGUAS DE JOINVILLE, 2009), mas uma grande parcela da área agrícola desse bairro coleta água de nascentes, poços e rios localizados próximos aos pontos de consumo. No quadro 1 encontra-se a caracterização de cada um dos pontos de amostragem.

Quadro 1 - Caracterização dos pontos de coleta

Ponto de amostragem	Tipo de Abastecimento
1	Água tratada
2	Poço
3	Rio
4	Poço
5	Água tratada
6	Poço
7	Água tratada
8	Nascente
9	Água tratada
10	Água tratada
11	Água tratada
12	Água tratada

2.2 Plano de amostragem

O plano de amostragem definido (figura 2) foi elaborado considerando as condições de ausência ou presença de cloração, estação do ano, ponto de amostragem (antes ou depois da passagem pela caixa d'água) para os parâmetros coliformes totais e *Escherichia coli*, visando identificar se ocorrem diferenças relacionadas a esses parâmetros para a tomada de medidas mitigatórias onde realmente forem necessárias.

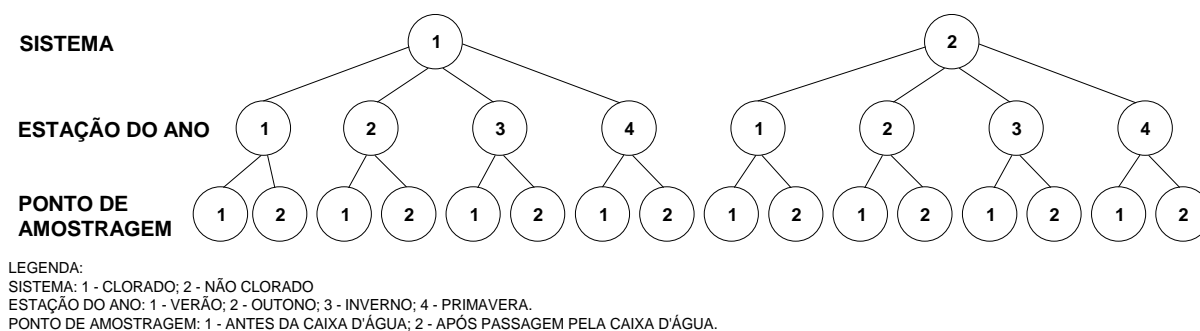


Figura 2 - Plano de amostragem das análises

2.3 Coleta e métodos de análise

As coletas foram realizadas em frascos de vidro esterilizados e de acordo com as recomendações de APHA (1998), deixando-se as torneiras onde foram captadas as amostras abertas por períodos de aproximadamente 3 minutos, buscando assim eliminar a possibilidade de identificação de contaminações pontuais que levariam a um diagnóstico errôneo. Todas amostras foram conservadas dentro de caixa térmica com gelo até o retorno ao laboratório, onde foram processadas no mesmo dia. As análises foram realizadas no laboratório de Meio Ambiente da Univille, utilizando-se do método Colilert com 10 tubos, adaptado de APHA (1998).

2.4 Tabulação dos dados

Os resultados foram tabulados com o auxílio do *software* Minitab 14 da *Minitab Inc.*, utilizado para a avaliação do experimento por meio da geração de gráficos dos efeitos principais (*main effects plot*) e de interações (*interaction plot*). A média aritmética do número de tubos com resultado positivo para *E. coli* e coliformes totais foi agrupada nas classes Clorada e Não-Clorada para efeito de cálculos.

3 RESULTADOS

Os resultados tabulados das análises demonstram que o fator mais relevante para o aumento ou diminuição da quantidade de coliformes totais e *E. coli* é o tipo de sistema, evidenciando, conforme o previsto que a cloração é um método eficaz para a inativação de microorganismos patogênicos. O segundo fator que apresentou relação foi a estação do ano, principalmente no que diz respeito ao aumento da contaminação por *E. coli*.

Conforme era esperado, quando o sistema não possui cloração (sistema 2) há um aumento significativo no número de tubos positivos tanto com coliformes totais como *E. coli* (figura 3 (a) e (b)). Também há influência das estações do ano, quando nas estações mais frias, principalmente no caso de contaminações por *E. coli*, há uma diminuição na quantidade de tubos positivos. O fator que se mostrou irrelevante foi o ponto de coleta (1 – antes da caixa d'água; 2 – depois da passagem pela caixa d'água), demonstrando, nesse caso, que a reservação não está gerando interferência na qualidade microbiológica da água. Esse fato pode estar ligado ao rigoroso controle que as escolas exercem na manutenção (limpeza) dos reservatórios, realizada periodicamente a cada 6 meses.

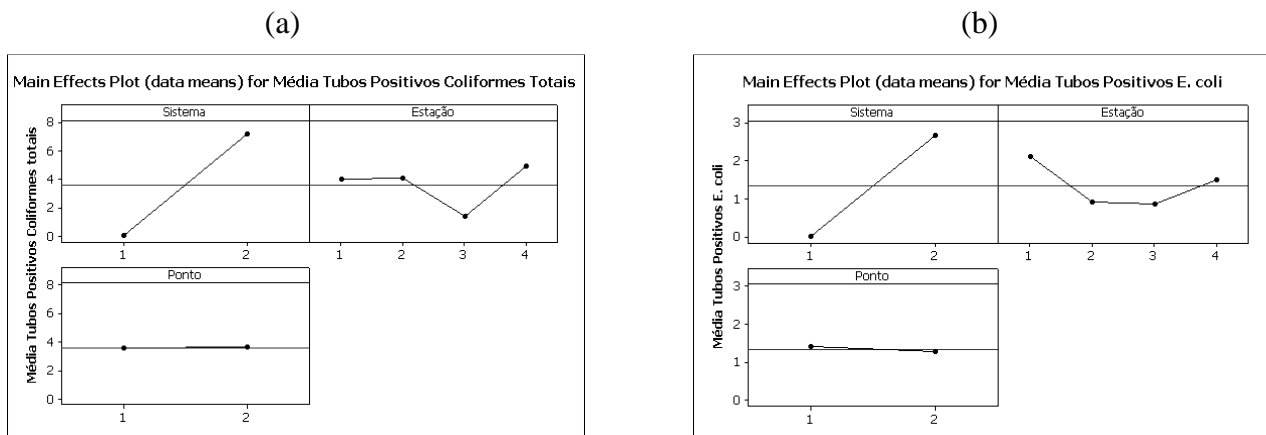


Figura 3: Efeitos principais dos fatores avaliados no experimento para Coliformes totais e *E. coli*.

Além dos principais efeitos foram avaliadas as interações entre os fatores considerados nesse experimento.

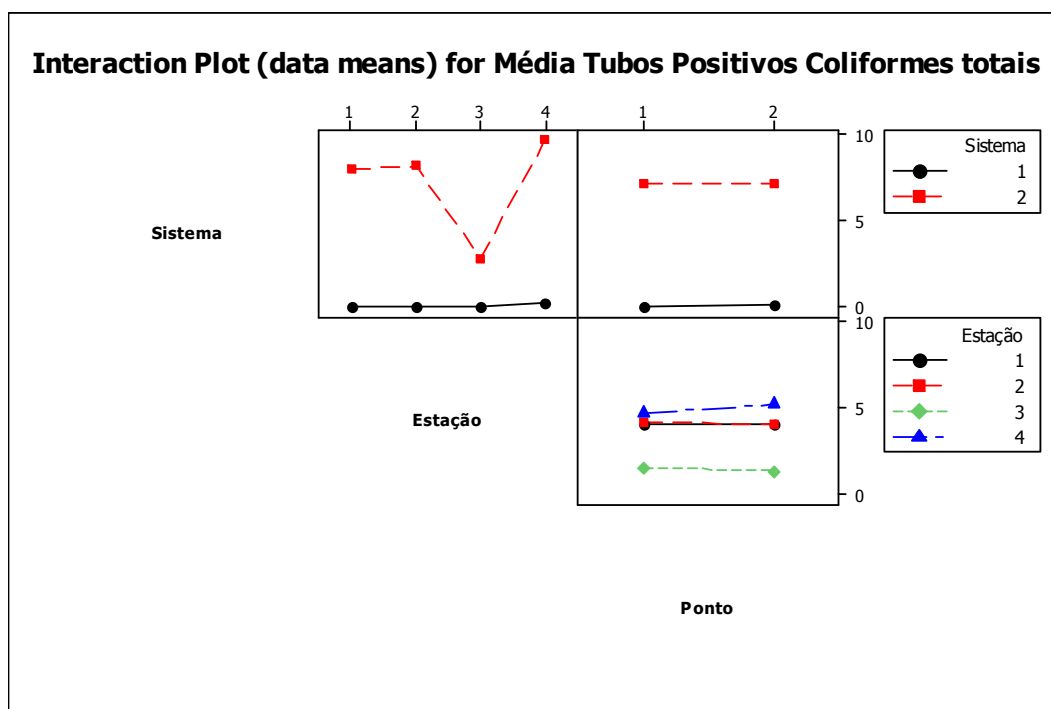


Figura 4: Interações entre os fatores avaliados no experimento para Coliformes totais.

Nas figuras 4 e 5 pode-se observar que, na ausência de cloração (sistema 1) há interações entre os fatores “sistema” e “estação do ano” no caso de coliformes totais e *E. coli*. Não ocorreram interações entre os fatores quando há presença de cloração. Esse método de desinfecção faz com que as condições climáticas não gerem interferência na qualidade microbiológica da água, visto que são mantidos níveis de Cloro residual livre até o ponto de consumo, inativando assim os microorganismos presentes.

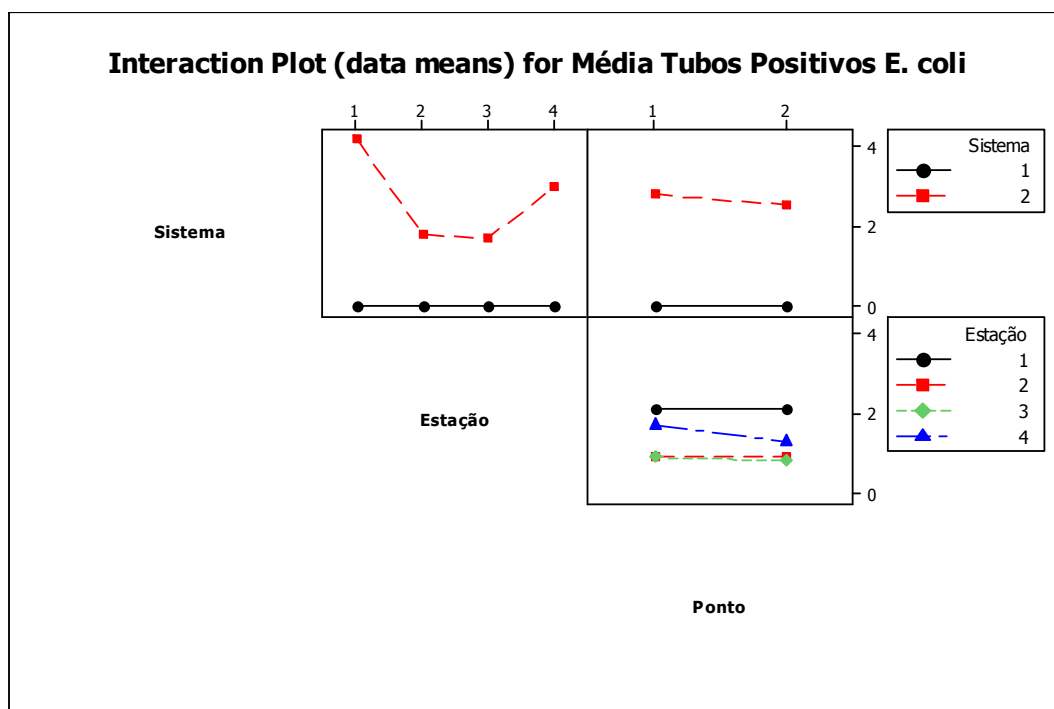


Figura 5: Interações entre os fatores avaliados no experimento para Coliformes totais.

Para os sistemas sem cloração, as estações do ano refletem a influência que a precipitação pluviométrica e temperatura ambiente média geram. Maiores precipitações carregam maiores quantidades de materiais para os corpos hídricos, bem como a maior temperatura ambiente média propicia o aumento da atividade biológica. O quadro 2, adaptado de Univille (2009) resume as condições pluviométricas e de temperaturas médias nos meses das amostragens, corroborando as afirmações supracitadas.

Quadro 2 - Representação da variação pluviométrica e temperatura ambiente média nos meses de coleta.

Mês de Coleta	Estação	Índice Pluviométrico	Temperatura Ambiente Média
Março/2006	1 – Verão	225,9 mm	26,36 °C
Junho/2006	2 – Outono	26,3 mm	19,73 °C
Setembro/2006	3 – Inverno	150,1 mm	19,36 °C
Novembro/2006	4 – Primavera	448,6 mm	23,17 °C

Fonte: Univille, 2009.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presença de coliformes totais e *E. coli* na água potável é considerada um problema de saúde pública, sabendo-se que as contaminações microbiológicas são responsáveis por expressivas quantidades de infecções diarréicas que resultam em muitos casos na morte das pessoas infectadas, especialmente quando estas são crianças.

Este estudo demonstrou as condições de qualidade da água consumida por crianças nas escolas do bairro Vila Nova em Joinville (SC), bem como as interações entre os fatores avaliados.

Mesmo no século XXI, numa cidade com um IDH de 0,857 (PNUD, 2009) e com grande conhecimento científico desenvolvido na área de tratamento de água, este artigo alerta para as dificuldades de gestão dos recursos hídricos em áreas rurais, seja por falta de conhecimento ou até mesmo descaso do poder público para questões simples mas imprescindíveis para a vida humana, causando um sério problema de ordem social.

Os fatores mais importantes foram a existência ou não de cloração e as estações do ano (no caso de consumo sem cloração), aumentando a quantidade de *E. coli* e coliformes totais em temperaturas e índices pluviométricos maiores. Para as escolas que recebem água tratada não foram identificadas contaminações e nem interações entre as condições avaliadas, ressaltando assim a necessidade de desenvolvimento de opções para tratamento da água na área rural.

Sugere-se que sejam implantados sistemas descentralizados de tratamento de água para as regiões mais distantes e que usufruem diretamente das fontes alternativas (poços e águas superficiais) para evitar os riscos à saúde dos usuários.

BIBLIOGRAFIA

AGÊNCIA MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO. “Esgotamento sanitário”. Disponível em: <http://www.amae.sc.gov.br/esgotamento_sanitario.php>. Acessado em 08/01/2009.

ÁGUAS DE JOINVILLE. “A água”. Disponível em: <<http://www.aguasdejoinville.com.br/agua.php>>. Acessado em 05/02/2009.

ALROUSAN, D. M. A., et al. “Photocatalytic inactivation of *E. coli* in surface water using immobilised nanoparticle TiO₂ films”. Water Research, Volume 43, Issue 1, January 2009, Pages 47-54, ISSN 0043-1354, DOI: 10.1016/j.watres.2008.10.015.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”. 20^a ed. Washington / DC: APHA. AWWA. WEF. 1998.

BORDALO, A. A., SAVVA-BORDALO, J. “*The quest for safe drinking water: An example from Guinea-Bissau (West Africa)*”. Water Research, Volume 41, Issue 13, July 2007, Pages 2978-2986, ISSN 0043-1354, DOI: 10.1016/j.watres.2007.03.021.

CHAMBERS, M. K., et al. “*Transport of fecal bacteria by boots and vehicle tires in a rural Alaskan community*”. Journal of Environmental Management, Volume 90, Issue 2, February 2009, Pages 961-966, ISSN 0301-4797, DOI: 10.1016/j.jenvman.2008.03.008.

DAVIES, C. M., et al. “*Solar radiation disinfection of drinking water at temperate latitudes: Inactivation rates for an optimised reactor configuration*”. Water Research (2008), doi:10.1016/j.watres.2008.11.016

DELAEDT, Y., et al. “*The impact of electrochemical disinfection on Escherichia coli and Legionella pneumophila in tap water*”. Microbiological Research, Volume 163, Issue 2, 15 March 2008, Pages 192-199, ISSN 0944-5013, DOI: 10.1016/j.micres.2006.05.002.

DIALLO, M. B. C., et al. O. V. “*Infection risk assessment of diarrhea-related pathogens in a tropical canal network*”. Science of The Total Environment, Volume 407, Issue 1, 15 December 2008, Pages 223-232, ISSN 0048-9697, DOI: 10.1016/j.scitotenv.2008.09.034.

CHANG, Q., HE, H., MA, Z. “*Efficient disinfection of Escherichia coli in water by silver loaded alumina*”. Journal of Inorganic Biochemistry, Volume 102, Issue 9, September 2008, Pages 1736-1742, ISSN 0162-0134, DOI: 10.1016/j.jinorgbio.2008.05.003.

FRANCISQUE, A., et al. “*Modeling of heterotrophic bacteria counts in a water distribution system*”. Water Research (2009), doi:10.1016/j.watres.2008.11.030.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. “*Censo 2000*”. Rio de Janeiro: IBGE, 2000.

LI, Q., et al. “*Antimicrobial nanomaterials for water disinfection and microbial control: Potential applications and implications*”. Water Research, Volume 42, Issue 18, November 2008, Pages 4591-4602, ISSN 0043-1354, DOI: 10.1016/j.watres.2008.08.015.

LIEVERLOO, J. H. M. v., et al. “*Probability of detecting and quantifying faecal contaminations of drinking water by periodically sampling for E. coli: A simulation model study*”. Water Research, Volume 41, Issue 19, November 2007, Pages 4299-4308, ISSN 0043-1354, DOI: 10.1016/j.watres.2007.06.003.

MADIGAN, M. T., MARTINKO, J. M., PARKER, J. “*Microbiologia de Brock*”. São Paulo: Prentice Hall, 2004.

MCDONALD, A. T., CHAPMAN, P. J., FUKASAWA, K. “*The microbial status of natural waters in a protected wilderness area*”. Journal of Environmental Management, Volume 87, Issue 4, Microbial and Nutrient Contaminants of Fresh and Coastal Waters, June 2008, Pages 600-608, ISSN 0301-4797, DOI: 10.1016/j.jenvman.2007.10.007.

MINISTÉRIO DA SAÚDE DO BRASIL. “*Portaria nº 518, de 25 de março de 2004*”. Brasil.

MURPHY, H. M., PAYNE, S. J., GAGNON, G. A. “*Sequential UV- and chlorine-based disinfection to mitigate Escherichia coli in drinking water biofilms*”. Water Research, Volume 42, Issues 8-9, April 2008, Pages 2083-2092, ISSN 0043-1354, DOI: 10.1016/j.watres.2007.12.020.

NAVNTOFT, C., et al. “*Effectiveness of solar disinfection using batch reactors with non-imaging aluminium reflectors under real conditions: Natural well-water and solar light*”. Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology, Volume 93, Issue 3, 11 December 2008, Pages 155-161, ISSN 1011-1344, DOI: 10.1016/j.jphotobiol.2008.08.002.

PETER-VARBANETS, M., et al. “*Decentralized systems for potable water and the potential of membrane technology*”. Water Research, In Press, Corrected Proof, Available online 1 November 2008, ISSN 0043-1354, DOI: 10.1016/j.watres.2008.10.030.

PNUD - PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. “*Índice de desenvolvimento humano – Municipal, 1991 e 2000*”. Disponível em: <[http://www.pnud.org.br/atlas/ranking/IDH-M%2091%2000%20Ranking%20decescente%20\(pelos%20dados%20de%202000\).xls](http://www.pnud.org.br/atlas/ranking/IDH-M%2091%2000%20Ranking%20decescente%20(pelos%20dados%20de%202000).xls)>. Acessado em 05/02/2009.

RAM, S., et al. “*Surface water of a perennial river exhibits multi-antimicrobial resistant shiga toxin and enterotoxin producing Escherichia coli*”. Ecotoxicology and Environmental Safety, Volume 72, Issue 2, February 2009, Pages 490-495, ISSN 0147-6513, DOI: 10.1016/j.ecoenv.2008.06.006.

SCHILLING, K. E., et al. “*Temporal variations of Escherichia coli concentrations in a large Midwestern river*”. Journal of Hydrology, In Press, Corrected Proof, Available online 3 December 2008, ISSN 0022-1694, DOI: 10.1016/j.jhydrol.2008.11.029.

SCHMID, P., et al. M. “*Does the reuse of PET bottles during solar water disinfection pose a health risk due to the migration of plasticisers and other chemicals into the water?*”. Water Research, Volume 42, Issue 20, December 2008, Pages 5054-5060, ISSN 0043-1354, DOI: 10.1016/j.watres.2008.09.025.

SEHGAL, R., KUMAR, Y., KUMAR, S. “*Prevalence and geographical distribution of Escherichia coli O157 in India: a 10-year survey*”. Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene, Volume 102, Issue 4, April 2008, Pages 380-383, ISSN 0035-9203, DOI: 10.1016/j.trstmh.2008.01.015.

SILVA, M. E. Z. da, et al. “*Comparison of the bacteriological quality of tap water and bottled mineral water*”. International Journal of Hygiene and Environmental Health, Volume 211, Issues 5-6, 1 October 2008, Pages 504-509, ISSN 1438-4639, DOI: 10.1016/j.ijheh.2007.09.004.

SINCLAIR, A., et al. A. “*Growing season surface water loading of fecal indicator organisms within a rural watershed*”. Water Research, In Press, Corrected Proof, Available online 24 December 2008, ISSN 0043-1354, DOI: 10.1016/j.watres.2008.12.006.

UNIVILLE – UNIVERSIDADE DA REGIÃO DE JOINVILLE. “*Dados de Precipitação*”. Disponível em <http://www.univille.br/pagina.phtml?id_pagina=3236>. Acessado em 08/01/2009.

UNIVILLE – UNIVERSIDADE DA REGIÃO DE JOINVILLE. “*Dados de Temperatura média mensal*”. Disponível em <http://www.univille.br/pagina.phtml?id_pagina=3236>. Acessado em 08/01/2009.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. “*Guidelines for drinking-water quality*”. 3^a. Ed.
Disponível em: <http://www.who.int/entity/water_sanitation_health/dwq/gdwq3rev/en/index.html>
Acessado em 08/01/2009.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. “*Household Water Treatment and Safe Storage*”.
Disponível em: <http://www.who.int/household_water/en/index.html>. Acessado em 08/01/09.

WORLD HEALTH ORGANIZATION AND UNITED NATIONS CHILDREN’S FUND.
“*Meeting the MDG drinking water and sanitation target: the urban and rural challenge of the decade*”. New York and WHO, Geneva, 2006.