



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

Campus SÃO GABRIEL

QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO VACACAÍ, SÃO GABRIEL, RS

DAIANA BORTOLUZZI BALDONI

SÃO GABRIEL, 2010

DAIANA BORTOLUZZI BALDONI

QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO VACACAÍ, SÃO GABRIEL, RS

Monografia apresentada à Comissão de Trabalho de Conclusão do Curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Pampa - UNIPAMPA, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Wurdig Roesch

**São Gabriel
2010**

DAIANA BORTOLUZZI BALDONI

QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO VACACAÍ, SÃO GABRIEL, RS

Monografia apresentada à Comissão de Trabalho de Conclusão do Curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Pampa - UNIPAMPA, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Bacharel em Ciências Biológicas.

Área de concentração: Microbiologia

Monografia apresentada e aprovada em: 23 de Julho de 2010.
Banca examinadora:

Prof. Dr. Luiz Fernando Wurdig Roesch
Orientador
(Ciências Biológicas) – UNIPAMPA

Prof. Dr. Andrés Delgado Cañedo
(Ciências Biológicas) – UNIPAMPA

Prof. Dr. Jeferson Franco
(Ciências Biológicas) – UNIPAMPA

Dedico esta monografia aos meus amados pais, Iracema e Valter, batalhadores, guerreiros e fontes inesgotáveis de honestidade, apoio, amor e compreensão. Ao meu maravilhoso avô José Valentim, *in memoriam*.

AGRADECIMENTO

A Deus por tudo.

Ao Prof. Dr. Luiz Fernando Wurdig Roesch pela orientação e apoio.

Ao Prof. Dr. Rodrigo Jacques por todo incentivo e estágios complementares.

Aos mestrandos Marcelo Suzbacher e Manuele Lupatini pelo apoio e aprendizado.

Aos meus pais Iracema e Valter pela compreensão da minha ausência por tanto tempo, força e amor incondicional.

Aos meus irmãos Alexandre, Élbio e Elizandro pelo carinho em todos os momentos.

A toda minha família pela confiança.

A Magali Cristina Hartmann minha gratidão e meu obrigada pela amizade, ensinamentos e conselhos que levarei por toda vida.

Aos amigos de “índias” Ângela e Mauricio pela parceria e apoio inolvidável em todos os momentos cruciais do trabalho.

As minhas amigas Ângela, Larissa, Natália e Rosângela pelos momentos inesquecíveis, rodinhas de estudo, conselhos e compreensão.

Aos colegas de pesquisa Leandro, Juliane, Dennis e Cláudia pelo auxílio.

Aos meus colegas da primeira turma de Ciências Biológicas da UNIPAMPA pela parceria.

“O que sabemos é uma gota, o que ignoramos
é um oceano”.

Issac Newton

RESUMO

Por serem responsáveis por doenças de veiculação hídrica, as bactérias do grupo coliformes são utilizadas como sinal de contaminação de origem fecal. Objetivou-se estimar o número mais provável (NMP) de coliformes totais (CT) e coliformes fecais (CF) no rio Vacacaí e seu afluente “Sanga da Bica”, São Gabriel, RS; verificar a qualidade da água do rio Vacacaí e seu afluente e determinar a existência de fontes de contaminação. Foram determinados 2 pontos no afluente (“A” e “B”) e um ponto no rio (“C”) de maio a outubro de 2009, com frequência mensal. Para balneabilidade foram definidos 3 pontos (“D”, “E” e “F”), com análise única, em fevereiro de 2010. Em busca de fontes contaminantes foi realizado o NMP de CT e CF em: solo próximo ao rio Vacacaí onde ocorre despejo de resíduo de um frigorífico (“S1”, “S2” e “S3”), na água de escoamento superficial após a aplicação de diferentes quantidades do resíduo em um experimento com sistema de calhas, e no resíduo de aplicação. No Ponto “A” o NMP foi de 16.000 CT e 16.000 CF .100mL⁻¹ de água para todos os meses amostrados. O ponto “B” apresentou o NMP de 16.000 CT .100mL⁻¹ de água para os meses de Maio, Junho, Julho e Outubro, e os meses de Agosto e Setembro com o NMP de 3.000 CF e 9.000 CT .100mL⁻¹ de água. O NMP de CF em Maio e Setembro foi de 9.000 CF .100mL⁻¹ de água, e em Junho e Julho foi de 16.000 CF .100mL⁻¹. Para os meses de Agosto e Outubro o NMP foi de 3.000 e 5.000 CF .100mL⁻¹ de água, respectivamente. O NMP para o Ponto “C” em Maio foi de 16.000 CT e 16.000 CF .100mL⁻¹ de água, Junho apresentou o NMP de 800 CT e 90 CF .100mL⁻¹ de água, o NMP em Julho foi de 5.000 CT e 1.300 CF .100mL⁻¹ de água. Nos meses de Agosto, Setembro e Outubro o NMP foi de 3.000 CF .100mL⁻¹ de água, e 5.000 CT .100mL⁻¹ de água. Para o Ponto “D” o NMP foi de 16.000 CT e 5.000 CF .100mL⁻¹ de água. No ponto “E” o NMP foi de 3.000 CT e 2.400 CF .100mL⁻¹ de água. No Ponto “F” o NMP foi de 2.800 CT e 1.400 CF .100mL⁻¹ de água. A água foi considerada imprópria para balneabilidade e demais usos nos Pontos “A”, “B”, “D”. No Ponto “C” somente foi considerada própria para balneabilidade e demais usos no mês de Junho, já no mês Julho a água neste ponto foi somente própria para balneabilidade. O ponto “E” e “F” foram próprios para balneabilidade e impróprios para os demais usos. Os CT e CF podem persistir no solo e haver percolação devido a precipitação pluviométrica contaminando recursos hídricos e solos, com patógenos que causam doenças de veiculação hídrica, oferecendo riscos a saúde

pública. Os efluentes domésticos podem ser considerados fontes de contaminação de origem fecal no rio Vacacaí e no seu afluente.

Palavras-chaves: coliformes fecais, contaminação, água, doenças

ABSTRACT

Being responsible for waterborne diseases, the bacteria from the coliform group are used as sign of fecal contamination. The objective of this work was to estimate the most probable number (MPN) of total coliforms (TC) and fecal coliforms (FC) in the Vacacaí river and its tributary "Sanga da Bica", São Gabriel, RS; to verify the water quality and determine the probable of sources of contamination. Two places in "Sanga da Bica" ("A" and "B") and one place in the river ("C") were chosen for sampling. The places were monthly sampled from May to October 2009. In order to define whether the river can be used for recreation, three places were defined ("D", "E" and "F") for the analysis of water quality. The sources of contamination were measured by using the runoff water from a field near the river where waste from a frigorific is dumped ("S1", "S2" and "S3"). In the point "A" the MPN of total coliforms and fecal coliforms per 100 ml of water was 16,000 during all months analyzed. The point "B" presented 16,000 total coliforms during May, June, July and October and 3,000 during August and September. In May and September the MPN of fecal coliforms per 100 ml was 9,000 while in June and July the number of fecal coliforms per 100 ml was 16,000. During August and October the MPN of fecal and total coliforms per 100 ml of water was 3,000 and 5,000, respectively. In May the MPN of total and fecal coliforms in the sampling point "C" was 16,000. In June, the MPN of total coliforms per 100 ml of water was 800 and the number of fecal coliforms was 90. In July the MPN of total coliforms was 5,000 and the number of fecal coliforms was 1,300. In August, September and October the MPN of fecal coliforms per 100 ml of water was 3,000 and the number of total coliforms was 5,000. In the sampling point "D" MPN of fecal coliforms per 100 ml of water was 16,000 and the MPN of total coliforms was 5,000. In the sampling point "E" the MPN of total coliforms per 100 mL of water was 3,000 and the number of fecal coliforms was 2,400. In the sampling point "F" MPN of total coliforms was 2,800 and the number of fecal coliforms was 1,400. The water was determined to be inadequate for recreation purposes and other uses in the sampling points "A", "B" and "D". In the point "C" the water was only considered adequate for recreation and other uses during June. The water sampled in the points "E" and "F" were suitable for recreation and unsuitable for other uses. The total and fecal coliforms can persist in the soil and due to the precipitation; soil particles can be focus of contamination due the presence of

pathogens offering risks to the public health. The domestic effluents can be considered sources of fecal contamination in the Vacacaí river and its tributary.

Keywords: fecal coliform, contamination, water, diseases

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Disponibilidade da Água	11
1.2 Características do Rio Vacacaí	12
1.3 Contaminação dos Recursos Hídricos.....	14
1.4 Doenças Bacterianas causadas por Veiculação Hídrica	15
1.5 Qualidade microbiológica da água segundo a Resolução CONAMA 357/2005.....	21
1.6 Contaminação do solo por Coliformes Fecais	22
2. OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS	23
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	24
3.1 Determinação dos pontos de amostragens para avaliação da qualidade da água:	25
3.2 Determinação dos pontos de amostragem para avaliação da qualidade da água do rio Vacacaí para balneabilidade.....	26
3.3 Determinação dos pontos de amostragem para investigação das fontes de contaminação.	26
3.4 Coleta de amostras nos pontos pré-determinados.....	27
3.5 Método do Número mais Provável (NMP)	28
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
5. CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43

1 INTRODUÇÃO

A crescente urbanização relacionada ao crescimento populacional mundial originou um aumento na exploração dos recursos hídricos naturais, os quais são escassos devido a reduzida disponibilidade de água doce no planeta. Além do aumento na utilização da água, outros fatores interferem na disponibilidade dos recursos hídricos, como os altos níveis de contaminação da água, causados por atividades antrópicas como a descarga de efluentes domésticos e efluentes industriais sem tratamento prévio.

A contaminação biológica é identificada pela presença de microrganismos patogênicos na água, oferecendo riscos a saúde da população (TORTORA; FUNKE; CASE, 2005). Algumas bactérias do grupo coliformes são responsáveis por doenças de veiculação hídrica e são indicadores de contaminação de origem fecal. Entre elas podemos citar: *Bacillus cereus*, *Escherichia coli*, *Shigella* sp., *Salmonella* spp. e *Yersinia enterocolítica*. Existem limites de contaminação biológica permitidos pela Resolução CONAMA 357/2005 que garante níveis seguros do uso da água para diferentes fins.

1.1 Disponibilidade da Água

A água é um bem essencial para a existência e manutenção da vida no planeta, sua disponibilidade para o consumo humano e demais fins se limita a 1% da sua totalidade, visto que, 97% da água é salgada, encontrada nos oceanos e 2% formam as geleiras e calotas polares. A água doce pode ser encontrada na superfície do solo formando os lagos, rios e barragens, e também no subsolo formando aquíferos (ANA, 2002).

O Brasil é um país privilegiado porque possui 12% das reservas mundiais de água doce e 53% do total de água doce da América do Sul, apresentando a rede hidrográfica mais extensa do globo, com 55.457 km² de águas internas e muitos de seus rios são classificados entre os maiores do planeta (ANA, 2002; BORGUETTI, 2004). Apesar da grande disponibilidade de água no país, o processo de crescimento desordenado das cidades tem acarretado em perdas na quantidade e na qualidade das águas brasileiras (POVINELLI,

2006).

Algumas regiões do Brasil sofrem com a falta de água devido ao clima, como é o caso do semiárido, ou também pelo fato da disponibilidade da água estar restrita em alguns locais em maior abundância, causando um déficit hídrico em outros locais. “Embora o Brasil disponha de uma significativa porcentagem dos recursos hídricos mundiais, muitas regiões convivem com recursos hídricos da ordem de duzentos metros cúbicos por habitante por ano, gerando condições críticas de abastecimento e conflitos no uso da água”. (HESPANHOL, 2008, p.154).

As cidades brasileiras não apresentam condições de sustentabilidade da água devido ao excesso de poluição doméstica, industrial, ocorrência de enchentes urbanas, que contaminam os mananciais e, também devido à forte demanda de água (TUCCI; HESPANHOL; CORDEIRO, 2003). No entanto, a preocupação com a qualidade, quantidade e disponibilidade da água é recente, e atualmente caracteriza uma crise que ameaça permanentemente a humanidade (TUNDISI, 2005). Desta forma, existe a necessidade crescente do acompanhamento das alterações da qualidade de água, de forma a não comprometer seu aproveitamento múltiplo e minimizar os impactos negativos ao meio ambiente (BRAGA *et al.*, 2006).

1.2 Características do Rio Vacacaí

A bacia do Vacacaí-Vacacaí Mirim ocupa uma área de 10.872,81 km², FIGURA 1a e 1b. Está localizada nas regiões fisiográficas da Depressão Central e Campanha, sendo composta pelos Rios Vacacaí, Vacacaí Mirim, dos Corvos, São Sepé e os Arroios Arenal e Acangupa. O rio Vacacaí nasce em São Gabriel na Serra Bararaquá, passando por Santa Maria até sua Foz no rio Jacuí, um percurso de 278 Km.

pesca, a irrigação na agricultura da região, a balneabilidade e a captação para consumo humano. Diante das atividades que são desenvolvidas dependentemente da água do rio, torna-se necessário o monitoramento das características químicas e biológicas desse recurso hídrico natural, visto que a contaminação da água oferece riscos a saúde pública.

1.3 Contaminação dos Recursos Hídricos

A água é indispensável à um largo espectro das atividades humanas, como o uso doméstico, público, industrial, comercial, recreacional, agrícola, pecuário e energético, sua contaminação é dada pela modificação de suas características químicas e microbiológicas alterando sua qualidade de tal forma a torná-la inapta ou danosa ao consumo humano e seus múltiplos usos. A contaminação de um ambiente aquático envolve, portanto, processos de ordem física, química e biológica. Segundo Bilichi; Lacerda (2005, p. 2059) “na maioria dos casos essa alteração é causada pela poluição, que pode ter várias origens”.

Muitos rios e córregos em diversos países são fortemente poluídos devido às descargas de efluentes industriais, domésticos e urbanos (PEKEY; KARAKAS; BAKOGLU, 2004). Os efluentes domésticos e industriais que não recebem tratamento adequado caracterizam-se como fontes de contaminação biológica da água e do solo. Segundo George; Crop; Servais, (2002) os esgotos são as maiores fontes de contaminação fecal dos ecossistemas aquáticos que causam sérios distúrbios ao funcionamento ecológico, apesar dos ecossistemas apresentarem grande capacidade depurativa. Descargas contínuas de efluentes domésticos e industriais excedem a capacidade depurativa dos recursos hídricos.

No Brasil, segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico do IBGE (2002), apenas 33,5% do número total de domicílios recenseados são atendidos por rede geral de esgoto. Na região Sul do país, os municípios com 45 mil a 100 mil habitantes possuem apenas 22,7% de residências com rede de esgoto. Segundo Galvão (2009) “no Brasil, o déficit do setor de saneamento básico é elevado, sobretudo no que se refere ao esgotamento e tratamento de esgotos, com maior carência nas áreas periféricas dos centros urbanos e nas zonas rurais, onde está concentrada a população mais pobre”.

De acordo com Cruz; Cruz; Rezende (2009) a água é um recurso ambiental indispensável à manutenção da vida, mas que, pode também veicular microrganismos nocivos à saúde humana. O cuidado com a disposição de esgotos e resíduos de atividades antrópicas, é essencial, não apenas para a preservação dos recursos naturais, mas, sobretudo, à proteção da

saúde pública. Sabe-se que, aproximadamente, cinquenta tipos de infecções podem ser transmitidas por meio de excretas humanas (WHO, 2005). O controle e monitoramento da contaminação da água são necessários para assegurar e manter níveis de qualidade compatíveis com sua utilização para diversos fins.

1.4 Doenças Bacterianas causadas por Veiculação Hídrica

Segundo Tortora; Funke; Case (2005) muitas doenças são perpetuadas pela rota fecal-oral de transmissão, em que um patógeno é disseminado nas fezes humanas ou de animais, contaminando a água, e é ingerido. Os principais agentes biológicos descobertos nas águas contaminadas são as bactérias patogênicas, os vírus e os parasitas.

As bactérias patogênicas encontradas na água e também nos alimentos constituem uma das principais fontes de morbidade em nosso meio. São as responsáveis pelos numerosos casos de enterites, diarreias infantis e doenças epidêmicas como a febre tifóide, com resultados frequentemente letais. Cerca de 80% de todas as doenças que se alastram nos países em desenvolvimento são provenientes da água de má qualidade (WHO, 1996). Na TABELA 1, são apresentadas as principais doenças bacterianas relacionadas à ingestão de água contaminada por fezes de organismos homeotérmicos (animais de “sangue quente”), são agentes infecciosos, de fácil disseminação e difícil controle, causando epidemias. A presença de *Escherichia coli* na água indica a possível presença dessas bactérias patogênicas na água.

TABELA 1
Principais doenças relacionadas à ingestão de água contaminada e seus microrganismos causadores. Adaptado de WHO, 1996.

Doenças	Agente patogênico
Cólera	<i>Vibrio cholerae</i>
Disenteria bacilar	<i>Shiggella</i> sp.
Febre tifóide	<i>Salmonella typhi</i>
Febre paratifóide	<i>Salmonella paratyphi</i> A, B e C
Gastroenterite	Outros tipos de <i>Salmonella</i> , <i>Shiggella</i> , <i>Proteus</i> sp.
Diarréia aguda	<i>Bacillus cereus</i> , <i>Campylobacter</i> , <i>Escherichia</i>

coli toxogênica e enteropatogênica, *Shigella*,
Yersinia enterocolítica

Em decorrência do fato de que os microrganismos patogênicos usualmente aparecem de forma intermitente e em baixo número na água, pode-se pesquisar outros grupos que coexistem com os patogênicos nas fezes, chamados de microrganismos indicadores (AMARAL, 2003). Conforme Tortora; Funke; Case (2005) existem vários critérios para que um organismo seja indicador entre eles: que o organismo esteja presente em números substanciais nas fezes humanas, viver na água tão bem quanto os patógenos e devem ser detectáveis usando testes simples. De acordo com Nola *et al.* (2006, p. 254) “por mais de um século, a presença de bactérias coliformes fecais e estreptococos em amostras de água foram utilizados como indicadores de contaminação fecal, e, portanto, um perigo para a saúde”. Os coliformes totais e os termotolerantes (fecais) são os indicadores de contaminação mais usados para monitorar a qualidade sanitária da água (BETTEGA *et al.*, 2006). O decréscimo de coliformes na água é diretamente proporcional ao das bactérias patogênicas intestinais (BIER, 1985). As bactérias do grupo coliformes pertencem à Família Enterobacteriaceae. O grupo é constituído por bactérias em forma de bacilo, gram-negativas, não formadoras de esporos, aeróbias facultativas, que fermentam a lactose com produção de ácido e gás, dentro de 48 horas, à temperatura de 35°C (APHA, 1998). As bactérias Gram-positivas são as bactérias que possuem parede celular com uma única e espessa camada de peptidoglicanos. Pelo emprego da coloração de Gram, tingem-se na cor púrpura ou azul quando fixadas com cristal violeta, porque retêm esse corante mesmo sendo expostas a álcool. As bactérias Gram-negativas são as bactérias que possuem uma parede celular mais delgada e uma segunda membrana lipídica (distinta quimicamente da membrana plasmática) no exterior desta parede celular. No processo de coloração o lipídio dessa membrana mais externa é dissolvido pelo álcool e libera o primeiro corante: cristal violeta. Ao término da coloração, essas células são visualizadas com a tonalidade rosa-avermelhada do segundo corante, safranina que lhes confere apenas a coloração vermelha (TORTORA; FUNKE; CASE, 2005)

O grupo coliformes é composto pelos coliformes totais e pelos coliformes fecais, sendo os coliformes fecais os utilizados na avaliação de condições higiênico-sanitárias do ambiente. O grupo dos coliformes fecais está incluído dentro dos coliformes totais, porém, é formado pelos coliformes que fermentam lactose, com produção de ácido e gás, dentro de 48 horas, em temperaturas entre 44,5 e 45,5°C, também chamados de termotolerantes. Podem ser

recuperadas por este teste a *Escherichia coli*, *Citrobacter freundii* e *Enterobacter* spp. (VIEIRA, 2004). A formação de ácido e gás a temperatura de 44,5 à 45,5°C é a principal característica que distingue o grupo coliformes fecais dos coliformes totais.

De acordo com Cargnin *et al.* (2006) os coliformes fecais abrangem os gêneros *Escherichia*, *Enterobacter* e *Klebsiella*, sendo a bactéria *Escherichia coli*, FIGURA 2, o principal indicador de contaminação fecal, pois é um habitante comum do trato intestinal do homem e dos animais. Sua detecção indica a possibilidade da presença de microrganismos patogênicos.

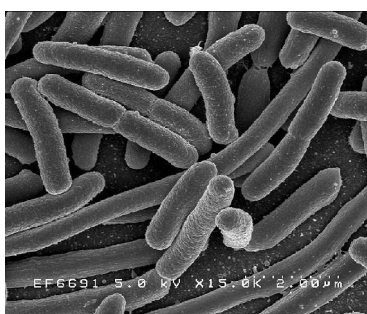


FIGURA 2-Micrografia Eletrônica de *Escherichia coli*, crescidos em meio de cultura e aderidos a uma lamínula.

Créditos: Rocky Mountain Laboratories.

A cólera é uma doença infecciosa aguda intestinal exclusiva dos seres humanos. O seu agente etiológico é o *Vibrio Cholerae*, que foi identificado por Koch, a partir da correlação entre a etiologia e a transmissão da doença (SACK; NAIR; SIDDIQUE, 2004). Segundo Pelczar; Chan; Krieg (2005) o *Vibrio Choleare* é um bacilo encurvado, Gram negativo, aeróbio facultativo e móvel (flagelo polar). A infecção é causada pela enterotoxina do *Vibrio Cholerae* dos sorotipos O1 e O139, podendo apresentar manifestações clínicas diversas, que variam da forma branda, que se manifesta com diarreia leve, à forma grave com diarreia aquosa e profusa, com ou sem vômitos, dor abdominal e câimbras, que pode evoluir para desidratação, podendo levar a morte em horas (NITRINI *et al.*, 1997; WHO, 2010).

De acordo com Cariri (2008, p.18) “a infecção começa com a ingestão de água ou alimentos contaminados com o *Vibrio Cholerae*”. Após atravessar a barreira ácida do estômago, o *V. Cholerae* coloniza o epitélio do intestino delgado, por meio do Pílus Corregulador de Toxina (TCP) e outros fatores de colonização (ainda não são bem conhecidos) multiplica-se no intestino delgado proximal e produz enterotoxina. A toxina Colérica secretada age sobre o mecanismo fisiológico de transporte de íons nas células do epitélio intestinal, elevando a concentração intracelular de cAmp, o qual aumenta a secreção

do íon cloro e diminui a absorção do íon Sódio pelas células das vilosidades, (FIELD, 1980). “Assim se forma um gradiente osmótico que contribui para perda de água intracelular e resulta na diarreia característica. O vibrião não é invasivo e permanece no lúmen do intestino durante toda a progressão da doença” (CARIRI, 2008, p.18).

Segundo Gonçalves; Hofer (2005) a deficiência no abastecimento de água tratada, destino inadequado dos dejetos, alta densidade populacional, carências de habitação, higiene, alimentação e educação, favorecem a ocorrência da doença. “Todo ano, cerca de 3 a 5 milhões de pessoas contraem a cólera e até 120.000 dessas pessoas morrem da doença a nível mundial” (WHO, 2010).

Desintéria Bacilar ou Shigelose é uma doença transmitida por ingestão de alimentos ou água contaminada. As bactérias do gênero *Shigella* são bastonetes gram-negativos, não formadores de esporos, imóveis, aeróbios facultativos, fermentam a glicose com produção de ácido, geralmente sem gás, não possuem cápsula, exceto certos sorovares de *S. flexneri* e *S. boydii*, não hidrolisam uréia, não produzem gás sulfídrico, não descarboxilam a lisina e, além disso, não utilizam citrato nem acetato de sódio como única fonte de carbono (JAY, 2005; PENATTI *et al.*, 2007).

O gênero *Shigella* inclui quatro espécies: *S. dysenteriae*, *S. flexneri*, *S. boydii* and *S. sonnei* (FRANCO; LANDGRAF, 2005). Segundo Mims *et al.* (2002) *Shigella sonnei* é o agente causador da maior parte das infecções na extremidade branda do espectro, já as espécies de *S. flexneri* e *S. boydii* geralmente provocam doenças graves, e *S. dysenteriae* causa a doença mais grave. A *S. dysenteriae* é o principal patógeno causador da disenteria bacilar clássica, sendo que aproximadamente 10UFC são suficientes para iniciar uma infecção em indivíduos susceptíveis (FRANCO; LANDGRAF, 2005).

Após a ingestão de alimentos ou água contaminados por *Shigella*, o microrganismo alcança o cólon e o reto, ocorrendo a passagem da barreira epitelial do intestino pela da invasão das células M. Em seguida, a *Shigella* é fagocitada por macrófagos, provoca apoptose destas células, atinge o pólo basolateral das células epiteliais e as invade. A *Shigella* consegue mover-se de uma célula a outra e os macrófagos que sofreram apoptose e as células epiteliais invadidas liberam interleucinas IL-1 e IL-8, respectivamente, as quais promovem o recrutamento de monócitos através da barreira epitelial, facilitando a entrada de bactérias do lúmen, aumentando a invasão do epitélio. O resultado da infecção é uma resposta inflamatória aguda, acompanhada de disenteria. Este tipo de dano provoca perda de sangue e muco no lúmen intestinal. Uma vez que a absorção de água no cólon é inibida, o resultado é a produção de fezes com pouco volume. A Shigelose também pode provocar diarreia aquosa.

Das espécies de *Shigella*, a *S. sonnei* causa diarreia com mais frequência (JAY, 2005; PARSOT, 2005; HAIMOVICH; VENKATESAN, 2006).

Shigella é um gênero de bactérias que são a principal causa de diarreia e disenteria em todo o mundo. Existem cerca de 164.700 mil casos, dos quais 163,2 milhões nos países em desenvolvimento e 1,5 milhões nos países industrializados. Todos os anos são estimados que 1,1 milhões de pessoas morrem de infecção por *Shigella* e 580 000 casos de shigelose são relatados entre os viajantes provenientes de países industrializados. Um total de 69% dos episódios e 61% de todas as mortes atribuídas a shigelose envolvem crianças menores de 5 anos de idade” (WHO, 2010).

A febre tifóide é causada pela bactéria *Salmonella typhi*, e a febre paratifóide pela *Salmonella paratyphi*. As bactérias pertencentes ao gênero *Salmonella* são bacilos, Gram negativos, anaeróbios facultativos e não são formadores de esporos. Pertencem à família *Enterobacteriaceae*, e como outros membros desse grupo, fermentam glicose, reduzem nitratos a nitritos e não produzem citocromo oxidase (FORBES, 2002).

O gênero *Salmonella* engloba 2 espécies e 2541 sorotipos (CDC, 2004). A *Salmonella* entérica sorotipo typhimurium causa salmonelose ou gastroenterite, essa bactéria invade a mucosa intestinal e se multiplica, pode passar através da mucosa intestinal para penetrar nos sistemas linfático e cardiovascular podendo se disseminar para afetar outros órgãos (TORTORA; FUNKE; CASE, 2005). Os sintomas são: febre moderada, náuseas, dor abdominal, cólicas e diarreias.

O sorotipo *Salmonella typhi* causa a infecção bacteriana denominada febre tifóide, onde penetram na mucosa intestinal, chegam aos linfonodos intestinais onde sobrevivem e multiplicam-se nos macrófagos e por eles são transportadas até os linfonodos mesentéricos e daí ao duto torácico sendo eliminados na corrente sanguínea onde podem colonizar diversos órgãos em locais onde há uma concentração de células do reticuloendotelial e reinvasão do sangue chegando a outros órgãos. A endotoxina que é liberada dessas células lisadas (bacilos) induz o desenvolvimento de febre elevada (PELCZAR; CHAN; KRIEG, 2005; MIMS *et al.*, 2002).

A febre paratifóide é similar à febre tifóide, porém uma doença mais branda. Pode ser causada por diversos sorotipos de *Salmonella*, tais como *S. paratyphi A*, *S. schottmuelleri* e *S. hirschfeldii* (PELCZAR; CHAN; KRIEG, 2005). A febre tifóide é a manifestação mais grave, é uma doença sistêmica severa caracterizada por febre prolongada, dor abdominal, diarreia, esplenomegalia e podem surgir complicações como hemorragia e perfuração intestinal. “Essa doença foi quase eliminada nos países desenvolvidos devido ao tratamento da água e esgoto,

mas permanece comum nos países em desenvolvimento, onde a mortalidade é de 10%” (TOZETTO, 2006, p.18).

A *Escherichia coli* é uma bactéria gram-negativa, anaeróbia facultativa pertencente à Família *Enterobacteriaceae*, normalmente são inofensivas mas algumas linhagens podem ser patogênicas entre elas: *E. coli* enteropatogênica, *E. coli* enterotoxigênica, *E. coli* enteroinvasora, *E. coli* enterohemorrágica (PELCZAR; CHAN; KRIEG, 2005; MIMS *et al.*, 2002). Todas as linhagens patogênicas possuem fimbrias especializadas que permite que elas se liguem a certas células do epitélio intestinal. Elas também produzem toxinas que causam distúrbios gastrointestinais denominados gastroenterite por *E. Coli*. A *E. coli* enterotoxigênica não é invasiva, mas forma uma enterotoxina que produz uma diarreia aquosa que lembra um tipo leve de cólera.

A *E. coli* enteroinvasora invade a parede intestinal, resultando em inflamação, febre e algumas vezes uma disenteria. A *E. coli* enterohemorrágica se adere à mucosa intestinal produz a toxina Shiga, e libera na cavidade intestinal, não invadindo a parede intestinal, causando diarreia autolimitada, mas em cerca de 6% das pessoas infectadas ela produz inflamação do cólon com sangramento profuso, chamada de colite hemorrágica. Em alguns casos mais complexos ocorre quando a toxina afeta os rins e causa a síndrome hemolítica o que acarreta sangue na urina, muitas vezes levando à insuficiência renal (PELCZAR; CHAN; KRIEG, 2005).

As bactérias *Campylobacter* spp. são bacilos gram negativos, curvos, não esporulados, microaerófilos (organismos que crescem em meios com quantidade de oxigênio reduzida) e termofílicos que causam comumente gastroenterite e diarreias em humanos. A *Campylobacter pylori* reclassificada em *Helicobacter pylori* causa úlceras gástricas e duodenais devido a secreção de uma citotoxina que destrói as células epiteliais, mas *Campylobacter jejuni* é a mais comum vinculada a essas doenças como a gastroenterites. As Citotoxinas são toxinas ou anticorpos que têm ação tóxica em células específicas.

O *Helicobacter pylori* ao infectar o hospedeiro, chega ao estômago e consegue sobreviver ao ambiente hostil através da produção de urease (MOBLEY, 2001), a qual desdobra a uréia presente no suco gástrico em amônia e CO₂ neutralizando o ambiente ao seu redor e através de sua motilidade atinge incólume a superfície gástrica, onde passa a aderir as células gástricas. A motilidade é essencial para a colonização desta bactéria (JOSENHANS; SUERBAUM, 2001). Após a adesão à mucosa, dá-se início a um processo inflamatório local e elaboração de toxinas os quais são os principais responsáveis pela redução da integridade da mucosa, onde a barreira da mucosa gástrica íntegra formada por células epiteliais e gel de

mucina sofre alterações na sua integridade predispondo a retrodifusão de íons H^+ (GOODWIN, 1988). As alterações causadas pela infecção podem causar: gastrite corpal ou antral, atrofia gástrica e adenocarcinoma gástrico (EL-OMAR *et al.*, 2000).

Bacillus cereus é uma bactéria gram positiva, formadora de endósporos que é muito comum no solo e na vegetação, considerada inofensiva, mas alguns surtos de gastroenterite devido a toxina dessa bactéria foram registrados causando diarreias. “A síndrome diarreica é caracterizada basicamente por dor abdominal, diarreia aquosa e tenesmos retais que ocorrem entre 8 e 16 horas após a ingestão do alimento contaminado (normalmente $>10^5$ microorganismos.g⁻¹” (MENDES *et al.*, 2004, p. 256).

O gênero *Yersinia* são bactérias gram negativas, não formadoras de esporos, facultativos, com flagelos peritríqueos e as espécies *Yersinia enterocolitica* e *Yersinia pseudotuberculosis* são os patógenos entéricos identificados dentro do gênero. A bactéria pode penetrar na parede intestinal e invadir os linfonodos, o mecanismo de patogenicidade é desconhecido, mas a *Yersinia enterocolitica* produz uma enterotoxina termestável que contribui para o aparecimento da diarreia. A doença é gastroenterites com os seguintes sintomas: diarreia, febre, cefaléia e dor abdominal.

Quando a contaminação por coliformes fecais (indicadores de contaminação de origem fecal) ultrapassa níveis aceitáveis para a segura utilização da água, sua qualidade torna-se imprópria devido a grande capacidade de transmissão de doenças.

1.5 Qualidade microbiológica da água segundo a Resolução CONAMA 357/2005

A Resolução CONAMA 357/2005 determina que, para água doce de Classe II o limite aceitável de coliformes termotolerantes deverá ser obedecido pela Resolução CONAMA 274/2000, Art. 2o, onde é estabelecido que as águas doces, salobras e salinas destinadas à balneabilidade (recreação de contato primário) terão sua condição avaliada nas categorias própria e imprópria.

§ 1o As águas consideradas próprias poderão ser subdivididas nas seguintes categorias:

a) Excelente: quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo, 250 coliformes fecais (termotolerantes) ou 200 *Escherichia coli* ou 25 enterococos

por 100 mililitros;

b) Muito Boa: quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo, 500 coliformes fecais (termotolerantes) ou 400 *Escherichia coli* ou 50 enterococos

por 100 mililitros;

c) Satisfatória: quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo 1.000 coliformes fecais (termotolerantes) ou 800 *Escherichia coli* ou 100 enterococos por 100 mililitros.

§ 2º As águas serão consideradas impróprias quando no trecho avaliado, for verificada uma das seguintes ocorrências:

a) Não atendimento aos critérios estabelecidos para as águas próprias;

b) Valor obtido na última amostragem for superior a 2500 coliformes fecais (termotolerantes) ou 2000 *Escherichia coli* ou 400 enterococos por 100 mililitros.

Para os demais usos, a Resolução 357/2005 determina que não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente (BRASIL, 2005, p. 4).

1.6 Contaminação do solo por Coliformes Fecais

O solo possui uma vasta diversidade microbiana devido a este ambiente formar inúmeros microhabitats que proporcionam as condições ambientais favoráveis e diversificadas que cada espécie de microrganismo necessita para a sua sobrevivência e crescimento. As comunidades microbianas naturalmente presentes no solo, também chamadas de autóctones são responsáveis por vários processos importantes na ciclagem de nutrientes.

As bactérias da família Enterobacteriaceae podem tornar-se persistentes por algum tempo no solo ao encontrarem condições favoráveis a sua sobrevivência e crescimento, caracterizando contaminação biológica de origem fecal. Enterobactérias como *Escherichia coli* não são encontradas naturalmente no solo constituindo as comunidades microbianas autóctones do solo, porém, elas pertencem a flora intestinal normal de organismos homeotérmicos. Fora de seu habitat normal algumas espécies são as principais causadoras de doenças de veiculação hídrica.

2 OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS

O objetivo deste trabalho foi estimar o número mais provável de coliformes totais e fecais no rio Vacacaí e seu afluente “Sanga da Bica”. Através das estimativas, verificar a qualidade da água do rio Vacacaí e seu afluente. De acordo com os resultados das análises, determinar a existência de possíveis fontes contaminantes desses recursos hídricos naturais.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Para determinar a qualidade da água do rio Vacacaí e seu afluente “Sanga da Bica”, São Gabriel, RS, foram definidos pontos de amostragem para verificar a existência de contaminação microbiológica. Foi realizada em todas as amostras a estimativa de coliformes totais e fecais através do Método do Número Mais Provável, expressa pelo Número Mais Provável (NMP) $\cdot 100\text{mL}^{-1}$ de amostra, de acordo com “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” (APHA, 1998).

3.1 Determinação dos pontos de amostragens para avaliação da qualidade da água:

Foram determinados 3 pontos de amostragem, FIGURA 3, para verificar a qualidade microbiológica da água do rio Vacacaí e seu afluente “Sanga da Bica” em São Gabriel, RS. Esses pontos foram escolhidos ao decorrer do percurso do afluente até a descarga no rio, os pontos considerados foram: Ponto “A”: no afluente do rio Vacacaí, “Sanga da Bica”, na canalização da nascente do afluente; Ponto “B”: também no afluente “Sanga da Bica” a aproximadamente 1000 m após a nascente, após esse recurso hídrico passar pela urbanização do município; e Ponto “C”: no rio Vacacaí próximo a descarga do afluente “Sanga Bica”. A estimativa do número mais provável de coliformes totais e fecais desses pontos foi realizada de maio a outubro de 2009 com frequência mensal.

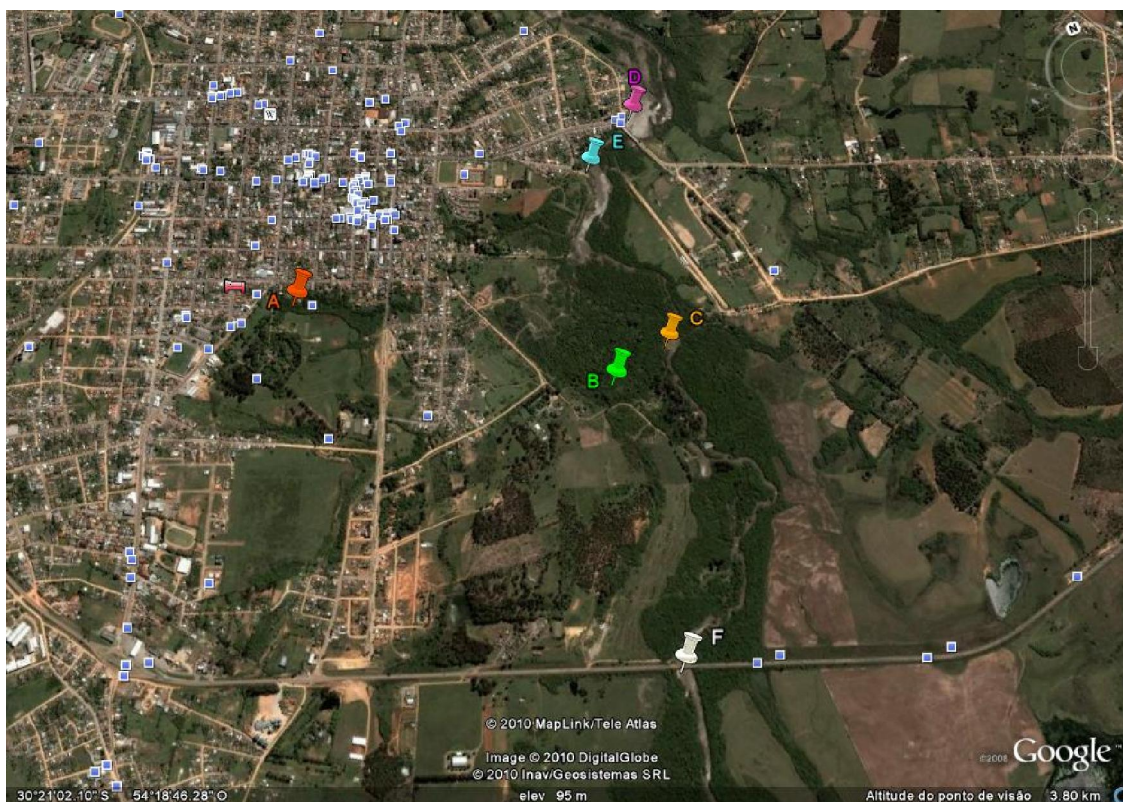


FIGURA 3 - Pontos amostrados para avaliação da qualidade da água do rio Vacacaí e seu afluente “Sanga da Bica” em São Gabriel, RS. Ponto “A”: nascente canalizada da “Sanga da Bica”; Ponto “B”: aproximadamente 1000m após a nascente, após o afluente passar pela urbanização do município; Ponto “C” no rio Vacacaí, perto da descarga do afluente; Ponto “D”: em frente ao monumento Iemanjá; Ponto “E”: local popularmente chamado “Prainha”; Ponto “F”: sob a ponte da BR 290. Modificada: Google Earth- MapLink/tele atlas, 2010.

3.2 Determinação dos pontos de amostragem para avaliação da qualidade da água do rio Vacacaí para balneabilidade:

No rio Vacacaí em São Gabriel, RS, foram escolhidos 3 pontos de amostragem para avaliação da qualidade microbiológica da água para o uso de balneabilidade. Nesses pontos (D, E, F) ocorrem o maior número de banhistas durante o verão, FIGURA 3: Ponto “D” em frente ao monumento da Iemanjá; ponto “E” local popularmente denominado “prainha” e o Ponto “F” está localizado sob a ponte da BR 290. A estimativa do número mais provável de coliformes totais e fecais foi realizada em fevereiro de 2010, com uma única análise mensal, respeitando o período de maior balneabilidade durante o Verão.

3.3 Determinação dos pontos de amostragem para investigação das fontes de contaminação:

As principais fontes contaminantes de águas superficiais geralmente são o manejo inadequado de efluentes domésticos e industriais, devido a inexistência de tratamento desses resíduos antes de sua descarga em recursos hídricos naturais. Diante dessa problemática foram determinados os pontos de investigação de fontes de contaminação. Para verificar o despejo de efluentes industriais foi selecionado um campo próximo ao rio Vacacaí onde ocorre despejo de resíduo de um frigorífico da região, diretamente no solo. O resíduo é formado por 66% de efluente do frigorífico, da última lagoa de decantação e 34% de sangue após tratamento com vapor das caldeiras. A estimativa do número mais provável de coliformes totais e fecais foi realizada nesse resíduo em única análise. A estimativa também foi realizada na água de escoamento superficial após a aplicação de diferentes quantidades de resíduo .ha^{-1} de solo em um experimento com sistema de calhas. O experimento foi implementado no campo do frigorífico onde já estava sendo descartado o resíduo. A área total do experimento é de $20 \times 20\text{m}$, tendo 16 parcelas de $2 \times 2\text{m}$. Cada parcela tem 1 calha que recolhe o escoamento superficial. O experimento foi realizado em quadruplicatas com as seguintes quantidades de aplicações de resíduo: sem aplicação de resíduo; $20\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$; $40\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$; $60\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$.

Para determinar se havia contaminação no campo onde foi instalado o experimento foi realizado a estimativa do número mais provável de coliformes totais e fecais em 3 amostras de

solo: Solo “1”: área no interior do experimento do sistema de calhas; Solo “2”: local aleatório no campo do frigorífico e Solo “3”: solo da UNIPAMPA campus São Gabriel.

3.4 Coleta de amostras nos pontos pré-determinados

As amostras de água do rio Vacacaí e seu afluente “Sanga da Bica” foram coletadas na subsuperfície da água em tubos de vidro com auxílio de seringas descartáveis de 20mL. Os tubos continham capacidade de 100mL, fechados com tampa rosca, e previamente esterilizados por 20 min. à 121°C em autoclave. Após a coleta de 100mL, cada amostra recebeu uma sigla identificando os diferentes pontos de coleta. As amostras foram acondicionadas em bolsa térmica contendo gelo e foram levadas ao laboratório de bioquímica da Universidade Federal do Pampa, campus São Gabriel, para a determinação do número mais provável de coliformes totais e fecais.

As amostras de solo foram coletadas em profundidade de 2 – 10 cm com ajuda de espátula e colher em inox, previamente esterilizadas por 20 min. à 121°C em autoclave, e acondicionadas em tubos com tampa rosca também previamente esterilizados em mesmo tempo e temperatura descrito acima. Cada amostra recebeu uma sigla identificando cada ponto de coleta. As amostras foram acondicionadas em bolsa térmica contendo gelo e foram levadas ao laboratório de bioquímica da Universidade Federal do Pampa, campus São Gabriel para a determinação do número mais provável de coliformes totais e fecais.

Para a estimativa de coliformes totais e fecais no resíduo do frigorífico foi coletado aproximadamente 200mL do resíduo do frigorífico, retirado do recipiente que é levado para descarte no campo. O frasco de coleta era de vidro com tampa rosca, e foi previamente esterilizado em autoclave por 20 min. à 121°C.

Para a determinação do número mais provável de coliformes totais e fecais da água de escoamento superficial, as amostras foram coletadas de cada recipiente de retenção de água presente no experimento de sistema de calhas. Para isto foram escolhidas duplicatas de cada parcela de aplicação de resíduo no solo, e a coleta ocorreu após a primeira precipitação pluviométrica em São Gabriel, após a implantação do sistema de calhas. As amostras foram coletadas em frascos de vidro com capacidade de 200mL, fechados com tampa rosca, e após identificados conforme a quantidade de aplicação do resíduo no solo. Os frascos foram

previamente esterilizados em autoclave por 20 min. à 121°C. As amostras foram armazenadas em bolsa térmica e conduzidas ao laboratório de Bioquímica da Universidade Federal do Pampa, campus São Gabriel para a realização do método dos tubos múltiplos.

3.5 Método do Número mais Provável (NMP):

Segundo Apha (1998) o método do número mais provável consiste na fermentação em tubos múltiplos sendo amplamente utilizado para avaliação da qualidade microbiológica de amostras ambientais, principalmente de água, e consiste basicamente em 3 etapas, FIGURA 4:

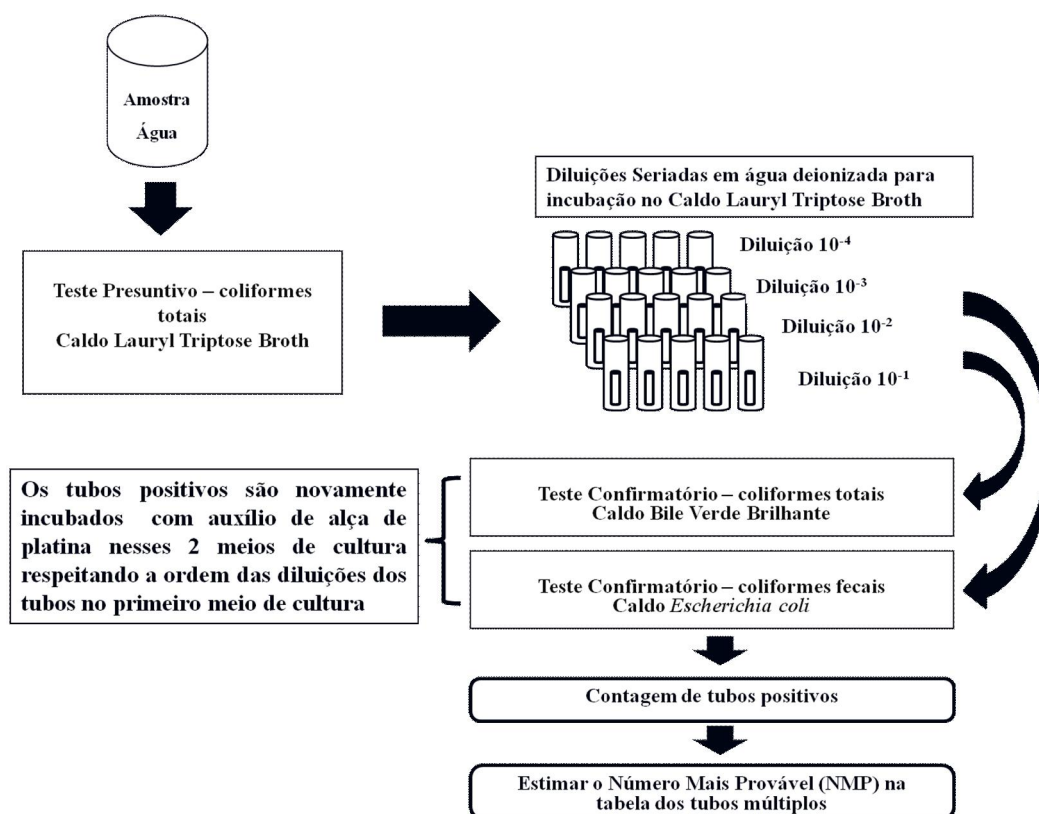


FIGURA 4 - Esquema do Método do número mais provável.

1^a) Teste Presuntivo para coliformes totais: esse teste consiste em verificar a presença de coliformes totais na amostra de interesse. As amostras foram submetidas à diluições

seriadas em água deionizada, logo após foram encubadas em tubos com tampa rosca que continham 10mL do meio de cultura Caldo Lauryl Triptose Broth, formando uma grade de 5 tubos para cada diluição, sendo que foram realizadas 4 diluições, obtendo-se o total de 20 tubos por amostra incubados nesse meio de cultura. Na primeira série de tubos o meio de cultura continha concentração dupla. Foram previamente imersos em todos os tubos, tubos de Durham invertidos, para verificar a produção de gás, e após foram incubados por 48h à 35,5°C. Os tubos com formação de gás e acidificação do meio foram considerados positivos e foram incubados nas próximas duas etapas, e os tubos negativos foram descartados.

2^a) Teste Confirmatório para coliformes totais: esse teste consiste em confirmar a presença de coliformes totais na amostra de interesse. Os tubos positivos do teste presuntivo para coliformes totais foram novamente incubados, retirando-se uma pequena amostra com ajuda de uma alça de platina, para novos tubos que continham 10mL do meio de cultura Caldo Bile Verde Brilhante 2% com tubos de Durham invertidos, respeitou-se sempre a ordem de diluição do teste presuntivo. Os tubos foram incubados por 48h à 35,5°C, e somente aqueles que apresentaram formação de gás dentro dos tubos e acidificação do meio de cultura foram considerados positivos, e os tubos negativos foram descartados.

3^a) Teste Confirmatório para coliformes fecais: esse teste consiste em confirmar a presença de coliformes fecais na amostra de interesse. Os tubos positivos do teste presuntivo para coliformes totais foram novamente incubados, retirando-se uma pequena amostra com ajuda de uma alça de platina, para novos tubos que continham 10 mL do meio de cultura Caldo *Escherichia coli* com tubos de Durham invertidos, respeitou-se sempre a ordem de diluição do teste Presuntivo. Os tubos foram incubados por 24h à 44°C, e somente aqueles que apresentaram formação de gás dentro dos tubos e acidificação do meio de cultura foram considerados positivos e os tubos negativos foram descartados.

Foram realizadas as contagens dos tubos positivos para as 3 etapas do método dos tubos múltiplos respeitando a ordem de diluição e o tempo de incubação. Após a contagem, os resultados foram comparados com uma tabela que estima o Número Mais Provável de coliformes totais ou fecais $\cdot 100 \text{ mL}^{-1}$ de amostra.

O método do número mais provável foi aplicado para outro tipo de amostra ambiental como o solo, para isso, pesou-se 10g de solo e diluiu-se em 0,1% de água peptonada e a partir desta diluição realizou-se diluições seriadas. O restante do método continuou da mesma forma, e após as 3 etapas foi realizada a contagem do número mais provável de coliformes totais e fecais.

Para as 3 etapas do método, os tubos continham 10 mL de cada meio de cultura, com tubos de Durham invertidos, formando uma grade de 5 tubos para cada uma das 4 diluições. Os tubos foram previamente preparados e esterilizados em autoclave conforme instruções do fabricante.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos pontos amostrados foi determinada a presença ou ausência e a estimativa da quantidade de coliformes totais e fecais pelo método do número mais provável como indicativo da qualidade microbiológica da água. No afluente “Sanga da Bica” para o Ponto “A” o número mais provável (NMP) foi igual ou maior a 16.000 coliformes totais e fecais $.100\text{mL}^{-1}$ de água, para os meses de Maio a Outubro de 2009, conferindo a qualidade da água como imprópria para balneabilidade e demais usos para estes meses analisados, devido a possibilidade de contaminação por microrganismos patogênicos de veiculação hídrica. Os fatores abióticos como temperatura, precipitação pluviométrica e radiação solar não interferiram diretamente no crescimento dos coliformes presentes nesse ponto detectáveis pelo método dos tubos múltiplos durante os meses analisados. Nesse ponto a nascente da “Sanga da Bica” encontra-se canalizada sendo possível que parte dos efluentes domésticos do município estejam ligados à canalização do afluente, constituindo a principal fonte de contaminação por coliformes totais e fecais. Segundo Lemos; Neto; Dias (2010) 80% das bactérias pertencentes aos coliformes fecais provenientes de esgoto são resistentes a um ou mais antibióticos. De acordo com Welch *et al.* (2000) em estudo realizado, 61,1% das amostras de coliformes fecais apresentam *E.coli* hemolítica, verotoxigênica e enteropatogênica, bactérias patogênicas ao homem.

Para o Ponto “B” o número mais provável (NMP) de coliformes totais e fecais $.100\text{mL}^{-1}$ de água para os meses de Maio a Outubro de 2009 é apresentado na FIGURA 5. Os resultados dessa estimativa nos meses analisados também foram elevados, com o NMP ≥ 16.000 coliformes totais $.100\text{mL}^{-1}$ de água para os meses de Maio, Junho, Julho e Outubro, embora em alguns meses como Agosto e Setembro ocorreram decréscimos significativos com o NMP de 3.000 e 9.000 coliformes totais $.100\text{mL}^{-1}$ de água, respectivamente. O NMP de coliformes fecais em Maio e Setembro foi de 9.000 coliformes $.100\text{mL}^{-1}$ de água, e nos meses de Junho e Julho foi ≥ 16.000 coliformes $.100\text{mL}^{-1}$ de água. Para os meses de Agosto e Outubro o NMP foi de 3.000 e 5.000 coliformes fecais $.100\text{mL}^{-1}$ de água, respectivamente.

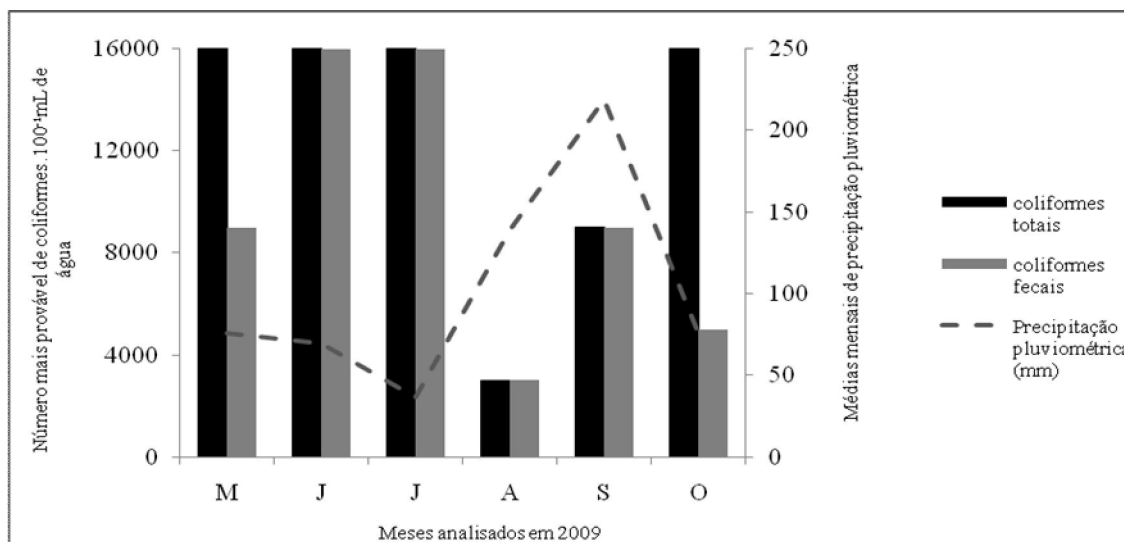


FIGURA 5 - Número mais provável (NMP) de coliformes totais e fecais $.100\text{mL}^{-1}$ de água para o Ponto “B” (1000 m após a nascente) da “Sanga da Bica” para os meses de Maio a Outubro de 2009 e médias mensais de precipitação pluviométrica (mm) nestes meses, São Gabriel, RS.

De acordo com a elevada estimativa de coliformes fecais no Ponto “B” a água foi considerada imprópria para balneabilidade e demais usos para todos os meses amostrados, devido a possível presença de patógenos na água. Fatores climáticos como temperatura e precipitação pluviométrica não interferiram no NMP de coliformes totais e fecais no Ponto “A”, já para o ponto B a precipitação pluviométrica interferiu diminuindo o NMP de coliformes totais e fecais no mês de agosto de 2009, o que não foi observado nos demais meses e nos demais pontos de coleta durante o período analisado. Essa diminuição pode ocorrer devido a diluição do número de coliformes presentes na água nesse ponto. Segundo Pimenta (2006) esta correlação não foi observada em seu estudo, fato que comprova a ausência da influência da variabilidade climática (índice pluviométrico) sobre a variabilidade de coliformes na região de estudo. De acordo com Cardonha *et al.* (2004), em estudo realizado em três galerias pluviais de Natal (RN), também não obtiveram correlação entre índice pluviométrico e os NMPs de coliformes.

A contaminação elevada no Ponto “B” provavelmente deve-se a descarga de efluentes domésticos, FIGURA 6: “a”, “b” e “c”, durante o percurso da “Sanga da Bica”, além da carga microbiana derivada do Ponto “A”. O afluente “Sanga da Bica” tem seu percurso até o rio Vacacaí, e a contaminação desse recurso hídrico conseqüentemente acarreta a contaminação do rio Vacacaí. Segundo An; Kampbell; Breidenbach (2002) as fontes de contaminação por coliformes fecais nas águas superfícies incluem descargas de efluentes urbanos, fossas sépticas, *runoff* de agricultura e chuva, poluição por animais e fontes não pontuais de resíduos antrópicos.



FIGURA 6 - **a**: “Sanga da Bica” com residências com despejo de efluentes domésticos, diretamente em seu percurso; **b**: efluente de uma residência com descarga na “Sanga da Bica”, **c**: “Sanga da Bica” próximo ao ponto “C” do rio Vacacaí com acúmulo de resíduo sólido (lixo).

O número mais provável de coliformes totais para o Ponto “C” é apresentado na FIGURA 7, no qual observou-se que o mês de Maio apresentou o NMP ≥ 16.000 coliformes totais e fecais $.100\text{mL}^{-1}$ de água, estimativa com o número mais elevado em relação aos demais meses analisados. O Mês de Junho apresentou um decréscimo significativo com o NMP de 800 coliformes totais e 90 coliformes fecais $.100\text{mL}^{-1}$ de água, porém para o mês de Julho a estimativa aumentou com o número de 5.000 e 1.300 coliformes totais e fecais $.100\text{mL}^{-1}$ de água, respectivamente. Nos meses subsequentes ocorreu um aumento de coliformes fecais para 3.000 $.100\text{mL}^{-1}$ de água, e manteve-se constante a estimativa de coliformes totais em 5.000 $.100\text{mL}^{-1}$ de água.

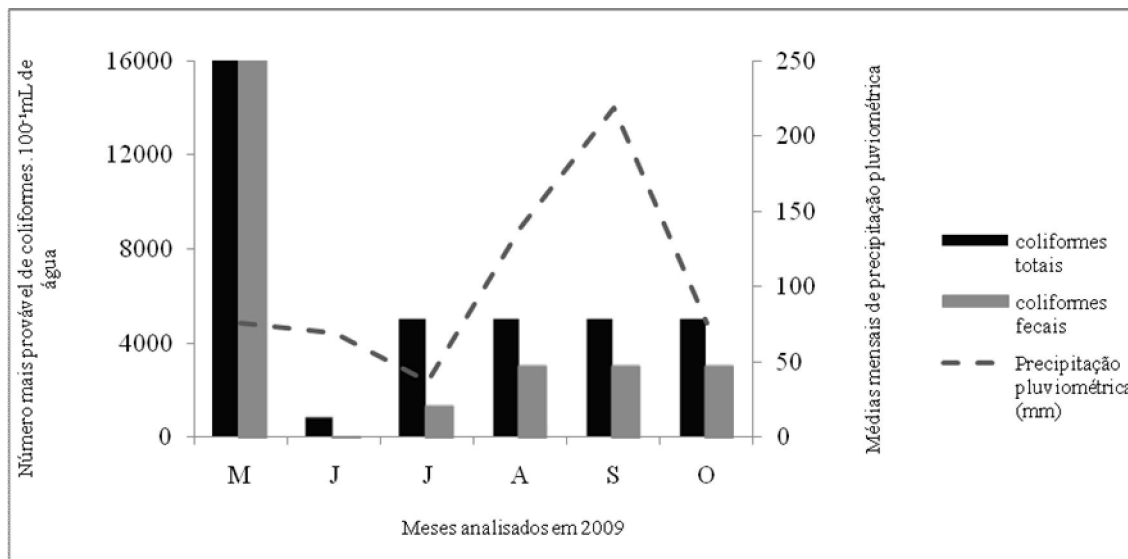


FIGURA 7 - Número mais provável (NMP) de Coliformes totais e fecais $.100\text{mL}^{-1}$ de água para o Ponto “C” do rio Vacacaí (próximo a descarga do afluente “Sanga da Bica”) para os meses de Maio a Outubro de 2009 e médias de precipitação pluviométrica em mm (Fonte INMET 2009) para esses meses, São Gabriel, RS.

Somente foi considerada própria a qualidade microbiológica da água para balneabilidade e demais usos no mês de Junho, o qual não apresentou elevada estimativa de contaminação de origem fecal. No mês de Julho a água neste ponto foi considerada própria para balneabilidade, já que, permaneceu abaixo de 2.500 coliformes fecais $.100\text{mL}^{-1}$ de água, porém, foi considerada imprópria para outros fins. O número mais provável de coliformes totais e fecais realizado para os demais meses demonstrou impropriedade da qualidade microbiológica da água para balneabilidade e demais usos.

A média mensal de precipitação pluviométrica assim como outros fatores climáticos também não interferiram diretamente nos resultados apresentados para esse ponto de amostragem nesses meses de 2009. Emiliani; González (1998) afirmam, em sua pesquisa, que correlações estatisticamente significativas entre bactérias coliformes e outras variáveis (temperatura, oxigênio, pH, condutividade elétrica e transparência) não foram encontradas. De acordo com Lemos; Neto; Dias (2010) os coliformes não foram afetados por parâmetros físico-químicos em sua análise embora a temperatura seja um fator que favorece o crescimento de bactérias do grupo de coliformes. Segundo Oliveira (2006) a análise dos seus dados no rio “Ave” demonstrou um Rio de Má qualidade da água, o que indica o lançamento de águas residuais para o rio sem qualquer tipo de tratamento, tornando, assim, expectável a observação de elevados teores de coliformes fecais presentes na água. Nesse ponto “C” ocorre a descarga do afluente “Sanga da Bica” que pode contribuir de forma negativa para qualidade

da água do rio Vacacaí, visto que durante o percurso do afluente é provável que ocorra contaminação de origem fecal por efluentes domésticos.

Foi determinada a qualidade microbiológica da água nos pontos de maior utilização da água do rio Vacacaí para balneabilidade. O resultado do número mais provável de coliformes totais e fecais $\cdot 100\text{mL}^{-1}$ de água é apresentado na FIGURA 8, onde a estimativa para o Ponto “D” foi elevada com ≥ 16.000 coliformes totais e 5.000 coliformes fecais $\cdot 100\text{mL}^{-1}$ de água.

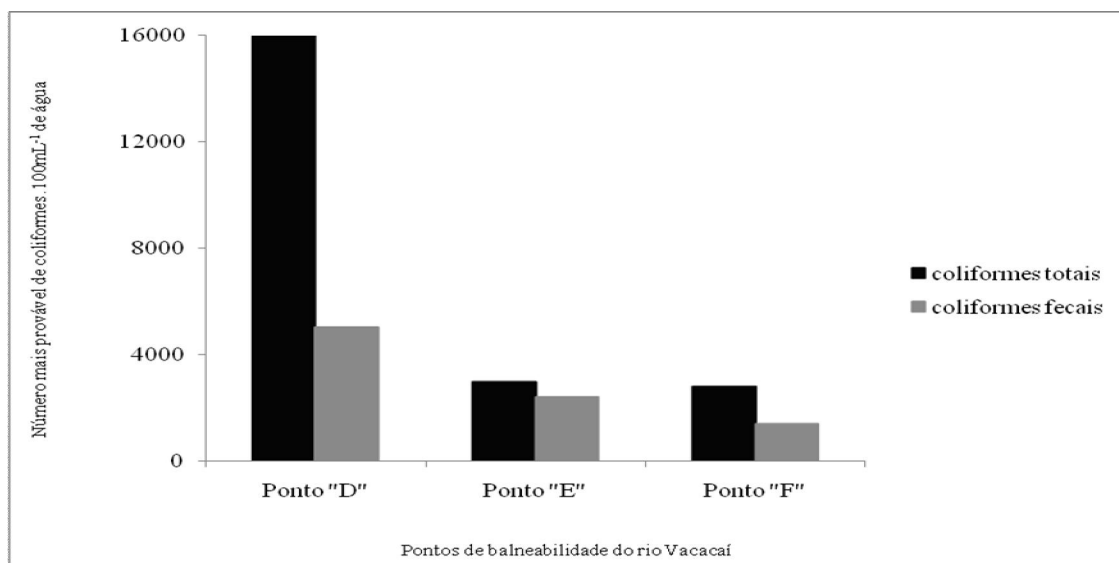


FIGURA 8 - Número mais provável de coliformes totais e fecais $\cdot 100\text{mL}^{-1}$ de água nos Pontos de maior balneabilidade do rio Vacacaí em Fevereiro de 2009, São Gabriel, RS. Ponto “D” local em frente o monumento da “Iemanjá”; Ponto “E” local popularmente chamado de prainha; Ponto “F” local sob a ponte da BR 290.

A água do rio vacacaí nesse ponto foi considerada imprópria para balneabilidade e demais usos, visto que, ultrapassou limites de 2.500 e 1.000 coliformes fecais $\cdot 100\text{mL}^{-1}$ de água. Parte dessa contaminação provavelmente é causada pelos efluentes domésticos não tratados da população das margens do rio e dos resíduos sólidos depositados em locais inadequados como as margens do rio Vacacaí. De acordo com Rodrigues; Jorge; Ueno (2009) em amostras de água do rio Pracuama, SP, o número de coliformes fecais na maioria das amostras também apresentou-se semelhante ao de coliformes totais e a presença de coliformes fecais indica contaminação recente, oriunda principalmente de despejo de esgoto doméstico, demonstrando condições higiênico-sanitárias insatisfatórias, sendo um risco para saúde pública. Louzada; Fonseca (2002) também encontraram números muito elevado de Coliformes totais e fecais na avaliação da qualidade da água do rio Timbuí-ES, devido principalmente ao despejo de esgoto doméstico. Em estudo realizado nas águas do rio Tocantins (TO), Barros; Peixoto; Araújo, (2003) obtiveram valores inferiores aos limites

máximos permitidos, para diversos usos, não constituindo risco de saúde pública para a população que utilizar dessas águas para diversos usos, inclusive recreação.

No ponto “E” o número mais provável foi de 3.000 coliformes totais e 2.400 coliformes fecais $.100\text{mL}^{-1}$ de água o que caracteriza a água, nesse ponto, como própria para balneabilidade e imprópria para os demais usos, FIGURA 8. No Ponto “F” o número mais provável foi de 2.800 coliformes totais e 1.400 coliformes fecais $.100\text{mL}^{-1}$ de água, caracterizando a água do rio nesse Ponto como própria para balneabilidade, e imprópria para os demais usos, devido a ultrapassar o limite de 1.000 coliformes fecais $.100\text{mL}^{-1}$ de água, FIGURA 8. Essa diminuição do NMP de coliformes totais e fecais está relacionada com a distância do Ponto “F” da urbanização do município, em comparação com o Ponto “D” e “E”, visto que este ponto está mais distante dos demais, atuando sobre o percurso do rio a sua capacidade depurativa.

No Brasil o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) através da Resolução 357/2005 estabelece os parâmetros máximos de coliformes fecais que a água pode conter para não oferecer riscos a saúde. A Resolução determina que as águas são impróprias para balneabilidade e demais usos quando o número mais provável de coliformes fecais ultrapassa 2.500 e 1.000 coliformes fecais $.100\text{mL}^{-1}$ de água, respectivamente.

No resíduo do frigorífico tanto para coliformes totais como para coliformes fecais o NMP foi ≥ 16.000 coliformes $.100\text{mL}^{-1}$ de resíduo, caracterizando uma fonte contaminante do solo. O número mais provável de coliformes totais e fecais para os solos coletados em diferentes locais estão apresentados na FIGURA 9, onde o solo “1”, amostra aleatória no campo onde são descartados os resíduos do frigorífico, apresentou 1.700 coliformes totais e 800 coliformes fecais $.\text{g}^{-1}$ de solo, confirmando a informação de que o solo do campo do frigorífico, inclusive o solo da área experimental, já havia sido contaminado anteriormente pelo descarte de resíduo do frigorífico, existindo a persistência desses microrganismos no solo. Segundo Unc; Goss (2004) a persistência dos coliformes no solo depende de fatores como o tipo e a densidade dos microrganismos, condições físico-químicas do solo, condições atmosféricas e interações biológicas.

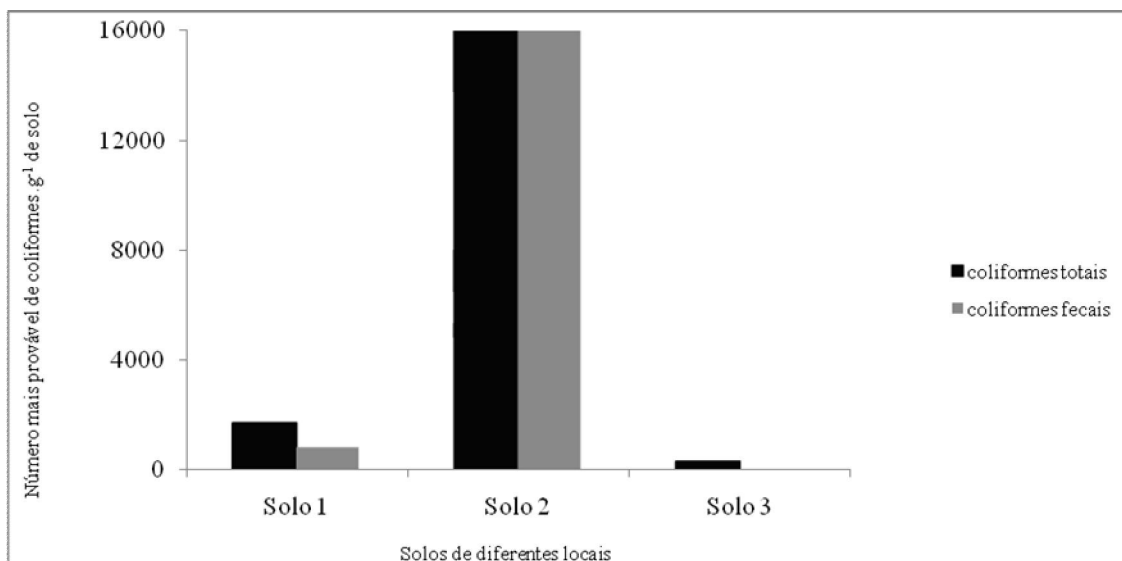


FIGURA 9 - Número mais provável (NMP) de coliformes totais e fecais $.g^{-1}$ de solo, em solos coletados em diferentes locais: Solo “1”: amostra aleatória no campo onde são descartados os resíduos do frigorífico; Solo “2”: amostra da área experimental contaminada; Solo “3”: amostra do solo da UNIPAMPA.

Para o solo “2”, amostra da área experimental contaminada, o número mais provável foi ≥ 16.000 coliformes totais e fecais $.g^{-1}$ de solo, FIGURA 9. O número elevado de coliformes totais e fecais nesse solo tem relação com o local de coleta, já que a amostra foi retirada da área experimental após várias aplicações de resíduo no solo, visto que, cada aplicação inocula aproximadamente 16.000 coliformes totais e fecais $.100mL^{-1}$ de resíduo, conforme a estimativa realizada para o resíduo antes da aplicação no solo.

No solo “3”, amostra do solo da UNIPAMPA campus São Gabriel, o número mais provável foi de 270 coliformes totais e 110 coliformes fecais $.g^{-1}$ de solo, FIGURA 9. Os coliformes totais e fecais presentes nesse solo, não estão naturalmente presentes em amostras ambientais, isto é, não constituem a comunidade microbiana autóctone do solo, TABELA 2. Segundo a TABELA 2, o principal gênero representante dos coliformes fecais, *Escherichia*, não está presente em diferentes tipos de solo com ausência de contaminação.

TABELA 2
Ausência de coliformes fecais em diferentes tipos de solos.

Tipos de solos	Gêneros bacterianos identificados em amostras do solo	<i>Escherichia Coli</i>	Referências Bibliográficas
Floresta Nacional de Caxiuanã-Mina I Terra Preta Antropogênia	<i>Acetonema; Acidobacterium; Alicyclophilus; Allisonella; Alterococcus; Anaerolinea; Anaerovibrio; Bacillus; Caldimonas; Centipeda; Craurococcus; Cystobacteraceae; Desulfobacca; Desulfocella; Desulfofustis; Desulfonauticus; Desulforegula; Desulforhabdus; Desulfothermus; Desulfovirga; Faecalibacterium; Gelria; Geothrix; Hippea; Hylemonella; Holophaga; Inquilinus; Isosphaera; Kozakia; Laribacter; Lawsonia; Lebetimonas; Luteimonas; Malonomonas; Microvirga; Nannocystaceae; Nevskia; Nitrospira; Ottowia; Oxobacter; Paenibacillus; Papilibacter; Parvibaculum; Pedomicrobium; Peredibacter; Pirellula; Polyangiaceae; Ramlibacter; Rhodocista; Roseisalimus; Roseococcus; Smithella; Succinispira; Succiniclasticum; Sutterella; Swaminathania; Teichococcus; Thermacetogenium; Thermanaeromonas; Thermohalobacter; Thermobacillus; Thermodesulfobium; Thiobacter; Thioflavicoccus; Thiorhodococcus; Thiorhodospira; Tistrella; Trichlorobacter; Variovorax; Xiphinematobacter.</i>	Ausente	(CANNAVAN, 2007)
Solo de floresta nativa com predomínio de <i>Araucaria angustifolia</i>	<i>Acidimicrobium; Acidobacterium; Bacillus; Bradyrhizobium; Burkholderia; Caulobacter; Chondromyces; Frateuria; Methylocapsa; Nevskia; Odysella; Pseudomonas; Rhodoplanes; vários gêneros não definidos.</i>	Ausente	(BARETTA, 2007)
Solo de mangue contaminado com petróleo P2 2004	<i>Acidobacterium; Acinetobacter; Alteromonas; Anaerolinea; Bacillus; Caldithrix; Clostridium; Conexibacter; Curvibacter; Desulfosarcina; Enterobacter; Flavobacterium; Gramella; Hyphomicrobium; Magnetobacterium; Methylobacter; Microbulbifer; Pseudomonas; Rhodoplanes; Robiginitalea; Thioalkalispira; Sulfurimonas; vários gêneros não identificados.</i>	Ausente	(NUNES, 2006)
Solo de marisma com <i>Spartina maritima</i>	<i>Anaerophaga; Caldithrix; Chondromyces; Desulforhopapulus; Pseudomonas; Roseobacter; Sulfurimonas; Sulfurovum; Thioalkalispira; vários gêneros não definidos.</i>	Ausente	(CURY, 2006)
Solo agrícola de Wisconsin (USA)	<i>Acidobacterium; Arhodomonas; Bacillus; Beggiatoa; Bdellovibrio; Borrelia; Caldoanaerobacter; Chloroflexus; Clostridium; Cytophaga; Desulfovibrio; Fibrobacter; Flavobacterium; Flexibacter; Fusobacterium; Gemmata; Helicobacter; Legionella; Methylococcus; Nitrosomonas; Nitrosovibrio; Pelobacter; Rhodospirillum; Rubrobacter; Ruminococcus; Streptococcus; Thermo.; Thermobact.; Thiobacillus; Verrucomicrobium; Xylella; Zooglea.</i>	Ausente	(BORNEMAN et al., 1996)
Solo com cultivar de Trigo em Noordoostpolder (Holanda)	<i>Acinetobacter; Agrobacterium; Arthobacter; Aureobacterium; Bacillus; Cellulomonas; Clavibacter; Corynebacterium; Deinococcus; Flavobacterium; Hydrogenophaga; Brevibacterium; Methylobacterium; Micrococcus; Nocardia; Oerskovia; Paenibacillus; Pseudomonas; Rhodococcus; Staphylococcus; Streptovorticillium; Sphingobacterium.</i>	Ausente	(SMIT et al., 2001)
Terra Preta Amazônia	<i>Acidobacterium; Actinobacteria; Afipia; Anaeromyxobacter; Bacillus; Bacteroidetes; Bradyrhizobium; Burkholderia; Chloroflexi; Chlamidiae; Geobacter; Mesorhizobium; Nitrosococcus; Nitrospira; Syntrophus; Verrucomicrobia.</i>	Ausente	(KIM et al., 2007)

Os coliformes fecais indicam contaminação de origem fecal no solo “3”, o que pode ser justificado por esse local ser freqüentado por animais ruminantes.

Os resultados das médias do número mais provável de coliformes totais e fecais presentes nas amostras de água percolada da área experimental são apresentados na FIGURA 10. Na amostra “Controle” o número mais provável foi ≥ 16.000 coliformes totais e 10.500 coliformes fecais $.100\text{mL}^{-1}$ de água, estimativa bastante elevada a qual se explica pelo fato que o solo havia recebido anteriormente outros descartes de resíduo do frigorífico.

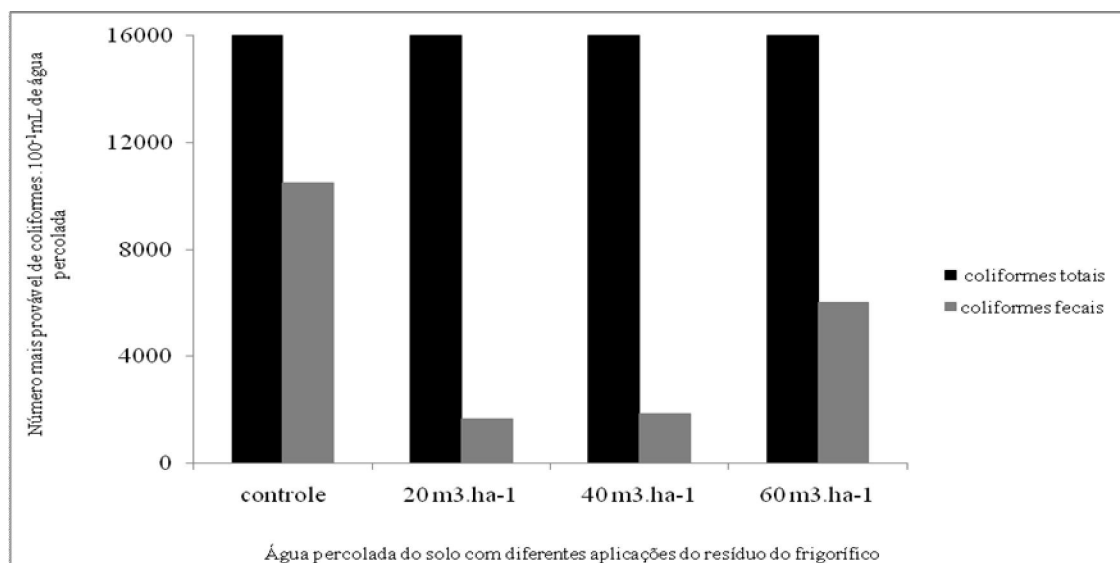


FIGURA 10 - Número mais provável de coliformes totais e fecais $.100\text{mL}^{-1}$ de água percolada, com diferentes concentrações de resíduo do frigorífico aplicado ao solo da área experimental.

Esse resíduo funciona como um substrato rico em macro e micronutrientes essenciais ao crescimento dos microrganismos como os coliformes. Os coliformes fecais podem persistir no solo por algum tempo ao encontrarem condições favoráveis ao seu metabolismo, os quais são carregados com a água de escoamento superficial. Cargnin *et al.* (2006) em um experimento com dejetos suínos observou que nas parcelas onde não houve aplicação de dejetos suínos ocorreu um aumento no índice de coliformes fecais onde explica que possivelmente isso ocorreu em função do transporte destes microrganismos oriundos de parcelas vizinhas onde houve aplicação de diferentes doses de dejetos.

Na água percolada da amostra de aplicação com concentração de $20\text{m}^3.\text{ha}^{-1}$, a média do número mais provável de coliformes totais foi ≥ 16.000 coliformes totais e 1.650 coliformes fecais $.100\text{mL}^{-1}$ de água, FIGURA 10. Na amostra com aplicação de $40\text{m}^3.\text{ha}^{-1}$ a média do NMP foi ≥ 16.000 coliformes totais e 1.850 coliformes fecais $.100\text{mL}^{-1}$ de água, FIGURA 10. Na amostra com aplicação de $60\text{m}^3.\text{ha}^{-1}$ a média do NMP foi ≥ 16.000 coliformes totais e 6.000 coliformes fecais $.100\text{mL}^{-1}$ de água FIGURA 10. Caracterizou-se um aumento do NMP de coliformes fecais na água de escoamento superficial com o aumento da

quantidade na aplicação do resíduo no solo. Isso se deve a quantidade de substrato na aplicação, quanto maior for a quantidade maior será a disponibilidade de macronutrientes e micronutrientes para os microrganismos, diminuindo a pressão de competição por recursos com os microrganismos autóctones do solo. Através dessa estimativa de coliformes totais e fecais na água de escoamento superficial observou-se que o descarte de resíduo no solo do campo acarretará na contaminação de águas superficiais próximas a esse local através da percolação desses microrganismos devido a persistência de coliformes totais e fecais no solo.

5. CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através do Método do Número mais Provável foram obtidas estimativas de coliformes totais e fecais $.100\text{mL}^{-1}$ de água do rio Vacacaí e seu afluente “Sanga da Bica” indicando a presença de coliformes totais e fecais nas amostras. Nos pontos amostrados na “Sanga da Bica” houve elevada contaminação de origem fecal, nos 2 pontos analisados (“A” e “B”), nos meses de 2009. Dessa forma a água ofereceu riscos à saúde pública devido a iminência da presença de patógenos tornando-a imprópria para balneabilidade e demais usos durante o período analisado. No ponto do rio Vacacaí (“C”) somente foi considerada própria a qualidade da água para balneabilidade e demais usos no mês de Junho, já no mês Julho a água neste ponto foi considerada própria para balneabilidade, e imprópria para os demais usos. A estimativa elevada de coliformes fecais caracterizou contaminação de origem fecal, a qual afetou negativamente a qualidade microbiológica da água tornando-a imprópria para balneabilidade e demais usos na maioria dos meses analisados.

Nos pontos frequentados por banhistas “D”, “E” e “F” no rio, durante o mês de fevereiro de 2010, foi encontrada elevada contaminação por coliformes totais e fecais para balneabilidade e demais usos no Ponto “D”, caracterizando-o como impróprio, pois oferece riscos a saúde da população devido a iminência da presença de patógenos na água, já o Ponto “E” foi próprio para balneabilidade, não oferecendo riscos aos banhistas e impróprio para os demais usos. A qualidade microbiológica da água do rio no Ponto “F” apesar de apresentar contaminação de origem fecal foi considerada própria para balneabilidade e imprópria para os demais usos, sendo assim, ofereceu risco a saúde humana para algumas atividades.

Na busca de possíveis fontes contaminantes para o rio Vacacaí e seu afluente “Sanga da Bica” analisou-se também a partir do método do número mais provável a água de percolação do solo contaminado com resíduo de um frigorífico com diferentes aplicações de resíduo. Conclui-se que devido a persistência dos coliformes totais e fecais no solo pode ocorrer percolação por escoamento superficial carregando esses microrganismos e nutrientes dissolvidos na água, por precipitação pluviométrica, até recursos hídricos naturais superficiais como o rio Vacacaí, e também contaminando outros solos, originando uma fonte de contaminação biológica.

O afluente “Sanga da Bica” sofreu influência negativa na qualidade microbiológica da água, provavelmente devido a falta de saneamento básico, e tratamentos de efluentes domésticos em alguns locais no município, o que comprometeu sua utilização e afetou a

qualidade microbiológica da água do rio vacacaí devido sua descarga como afluente. O rio Vacacaí apresentou estimativas de coliformes totais e fecais elevadas, o que comprometeu a qualidade microbiológica da água em alguns pontos para algumas atividades.

Existe a necessidade de estudos para verificar a persistência de coliformes totais e fecais nesse tipo de solo como também para estimatimar a quantidade de microrganismos que chegariam até o rio devido a percolação. Diante dos resultados, monitorar a qualidade da água do rio e seu afluente “Sanga da Bica” são de suma importância, como também medidas de recuperação em pontos comprometidos por contaminação de origem fecal, e mitigação de fontes contaminantes como o tratamento de efluentes domésticos.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- AMARAL, L. A. Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v.37, n.4, p.510-514, 2003.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **A evolução da gestão dos recursos hídricos no Brasil**. Edição Comemorativa do Dia Mundial das Águas. Brasília, 64p., 2002.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard Methods for the Examination of the Water and Wastewater**, 19th ed., New York: APHA, 1995.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**, 19th ed., Washington, D.C.: APHA, 1998.
- AN, Y.; KAMPBELL, D. H.; BREIDENBACH, G. P. Escherichia coli and coliforms in water and sediments at lake marinas. **Environment Pollution**, v. 120, p. 771-778, 2002.
- BARETTA, C.R.D.M.; **Diversidade microbiana em solos sob florestas de Araucaria angustifolia**. 2007. 185 f. Tese (Doutorado em Agronomia) -Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, USP, Piracicaba, 2007.
- BARROS, E. O.; PEIXOTO, R.H.P.B.; ARAÚJO, C. C. Estudos dos parâmetros bacteriológicos coliformes totais/fecais no rio Tocantins e sua relação com a qualidade da água no trecho compreendido entre os municípios de Coronel Valente e Retiro (TO). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 22; FEIRA INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 5., 2003, Joinville. Anais...Joinville: p.1-9, 2003.
- BETTEGA, J.M.P.R. *et al.* Métodos analíticos no controle microbiológico da água para consumo humano. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, UFLA, v. 30, n. 5, p. 950-954, 2006.
- BIER, O. Bactérias intestinais. **Microbiologia e imunologia**. 24 ed. São Paulo: Melhoramentos, cap.32, p.609-664, 1985.
- BILICH, M.R.; LACERDA, M.P.C. Avaliação da qualidade da água do Distrito Federal (DF), por meio de geoprocessamento. INEP, Distrito Federal, p. 2059-2065, 2005.
- BORGUETTI, N.R.B.; BORGUETTI, J.R.; FILHO, E.F.R. **O Aquífero Guarani**. Curitiba: 214 p., 2004.
- BRAGA, B. *et al.* **Introdução à Engenharia Ambiental: O Desafio do desenvolvimento Sustentável**. 2 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.
- BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a **Classificação e enquadramento dos corpos de água**. Disponível em: <<http://www.crq4.org.br/downloads/resolucao357.pdf>>. Acesso em: 22/03/2009.
- BORNEMAN, J. *et al.* Molecular Microbial Diversity of an Agricultural Soil in Wisconsin. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington D.C., p. 1935–1943, June, 1996.

CANNAVAN, F.S. **Diversidade das comunidades bacterianas em solos de terra preta antropogênica da Amazônia Central e Oriental**. 2007. 117f. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada) -Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, USP, Piracicaba, 2007.

CARDONHA, M. S. *et al.* Fecal pollution in water from storm sewers and adjacent seashores in Natal, Rio Grande do Norte, Brazil. **International Microbiology**, Barcelona, Spain, v.7, p.213-218, 2004.

CARGNIN, R.H.O. *et al.* Persistência de coliformes em solo com aplicação de dejetos líquidos de suínos. In: FERTBIO, 2006, Rio Bonito, MS. **Anais...** Rio Bonito, p.1-4, 2006.

CARIRI, F. A. M. O. **Caracterização molecular de cepas de *Vibrio Cholerae* O26, isoladas de processos entéricos humanos no nordeste do Brasil**. 2008. 92f. Dissertação (Mestrado em Genética)- Universidade Federal Pernambuco, CCB, Recife, p. 18, 2008.

CRUZ, J.B.F.; CRUZ, A.M.; RESENDE, A. Análise microbiológica da água consumida em estabelecimentos de educação infantil da rede pública do Gama, Distrito Federal. **SaBios-Revista de Saúde e Biologia**, Campo Mourão, PR, v. 4, n. 1, p. 21-23, 2009.

CURY, J.C. **Diversidade de *Bacteria* e *Archaea* em solos de mangue e marisma**. 2006. 148f. Tese (Doutorado em Agronomia)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, USP, Piracicaba, 2006.

DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES, CDC, *Salmonella* surveillance: **annual summary**, Atlanta, Georgia: US, 2004. Disponível em: <<http://www.cdc.gov/ncidod/dbmd/phlisdata/salmtab/2004/SalmonellaIntroduction2004.pdf>> Acesso em: 25 jan. 2010.

DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES, CDC. *Salmonella* surveillance: **annual summary**, Atlanta, Georgia: US, 2003. Disponível em: <<http://www.cdc.gov/ncidod/dbmd/phlisdata/salmonella.htm#2003>> Acesso em: 25 jan. 2010.

EL-OMAR, E.M. *et al.* Interleukin-1 polymorphisms associated with increased risk of gastric cancer. **Nature**, v. 404, p. 398-402, 2000.

EMILIANI, F.; GONZÁLES, S. M. P. Bacteriological quality of Bendetti Lake (Santo Tome, Santa Fé Province, Argentina) and associated environmental variables. **Revista Argentina de Microbiologia**, Buenos Aires: v. 30, n. 1, p. 30-38, 1998.

FIELD, D. Intestinal secretion and its stimulation by enterotoxin. In Ouchtcherlony O and Holmgren J. **Cholera and related diarrheas**, p. 346-370, 1980.

FORBES, B.A.; SAHM, D.F.; WEISSFELD, A.S. *Enterobacteriaceae*. In: FORBES, B.A.; SAHM, D.F.; WEISSFELD, A.S.; BARON, E.J. **Bailey & Scott's diagnostic microbiology**. 11ed. St. Louis: Mosby, p. 509-526, 2002.

FRANCO, B. D. G. de M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2005.

GALVÃO Jr., A.C. Desafios para a universalização dos serviços de água e esgoto no Brasil. **Revista Panamericana Salud Publica**, Washington D.C., v. 25, 548-56, p. 548, 2009.

GEORGE, I.; CROP, P.; SERVAIS, P. Fecal coliform removal in wastewater treatment plants studied by plate counts and enzymatic methods. **International Association on Water Pollution Research**, Oxford, v. 36, p. 2607-2617, 2002.

GONÇALVES, E.G.R.; HOFER, E. Cólera. In: Coura JR Guanabara Koogan S.A, **Dinâmica das doenças infecciosas**, p. 1367-1373, 2005.

GOODWIN, C.S. Duodenal ulcer, *Campilobacter pylori*, and the leaking roof concept. **Lancet**, v.2, p. 1467, 1988.

GOOGLE EARTH. **Imagem via satellite**. Disponível em:
<<http://maps.google.com.br/maps?hl=pt-BR&tab=wl>> Acesso em: 10 jan., 2010.

HAIMOVICH, B.; VENKATESAN, M. M. Shigella and Salmonella: Death as a means of survival. **Microbes and Infection**, Paris, v. 8, p. 568-577, 2006.

HESPANHOL, I. Um novo paradigma para a gestão de recursos hídricos. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 131-158, p. 154, 2008.

IMAGEM, *Escherichia coli* disponível em:
<http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:EscherichiaColi_NIAID.jpg> Acesso em 25 Julho 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Densidade populacional** <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>> 2007. Acesso em: 23 set. 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Anuário Estatístico do Brasil**, v. 58. Rio de Janeiro, IBGE, 2002. Disponível em:
<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/atlas_saneamento/pdfs/anexo.pdf>
Acesso em: 25 set. 2009.

JAY, J. M. **Microbiologia de alimentos**. ed. 6, Porto Alegre: Artmed, 711 p. 2005.

JOSEPHANS, C.; SUERBAUM, S. *Helicobacter* motility and chemotaxis. In: ACHTMAN, M.; SUERBAUM, S. (Ed.). **Helicobacter pylori: molecular and cellular biology**. Wymondham: Horizon Scientific Press, p. 171-184, 2001.

KIM, J.; SPAROVEK, G.; LONGO, R.M.; MELO, W.J.; CROWLEY, D. Bacterial diversity of terra preta and pristine forest soil from the Western Amazon. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 39, p. 684-690, 2007.

LEMOS, M.; NETO, M.F.; DIAS, N.S. Sazonalidade e variabilidade espacial da qualidade da água na Lagoa do Apodi, RN. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 2, p. 155-164, 2010.

LOUZADA, A. G.; FONSECA, I. R. Avaliação da qualidade de água do rio Timbuí tendo como referência o grupo de coliformes. In: VI SIMPÓSIO ÍTALO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2002, Vitória-ES; Anais...Vitória-ES: p. 1-5, 2002.

MENDES, R. A. et al. Contaminação ambiental por *Bacillus cereus* em unidade de alimentação e nutrição. **Revista Nutrição**, Campina Grande, vol.17, n. 2, p. 255-261, p. 256, 2004.

- MINISTÉRIO PÚBLICO DO RIO GRANDE DO SUL. Unidade de assessoramento ambiental: Geoprocessamento – Bacias Hidrográficas. **Mapas**. Documento dat-ma nº 2394/2008. Disponível em: <http://www.mp.rs.gov.br/areas/paibh/arquivos/diagnostico_dat_2394_2008_bacias_hidrograficas_vacacai_vacacai_mirim.pdf>. Acesso em: 25 Julho 2010.
- MIMS, C. et al. **Microbiologia Médica**. São Paulo: Manole, 2 ed, p.584, 2002.
- MOBLEY, H.L.T. *Helicobacter pylori* urease. In: ACHTMAN, M.; SUERBAUM, S. (Ed.). **Helicobacter pylori: molecular and cellular biology**. Wymondham: Horizon Scientific Press, p. 155-170, 2001.
- NITRINI D.R. et al. CÓLERA. In: VERONESI, R.; FOCCAIA, R. **Tratado de infectologia**, v. 46, p. 585-602/3585-3602, 1997.
- NOLA, M. et al. Retention of staphylococci and total coliforms During wastewater percolation through equatorial Soil in central africa: the role of the soil column Near soil surface and that closely Above groundwater table. **Water, Air, and Soil Pollution**, Netherlands, v. 171, p. 253–271, 2006.
- NUNES, G.L. **Diversidade e estrutura de comunidades de Bacteria e Archae em solo de mangue contaminado com hidrocarbonetos de petróleo**. 2006. 85f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, USP, Piracicaba, 2006.
- OLIVEIRA, R.E.S. **Construção de um sistema de indicadores da qualidade das águas superficiais numa bacia hidrográfica**. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/1822/6247>> Acesso em: 25 abril, 2010.
- PARSOT, C. **Shigella spp. and enteroinvasive Escherichia coli pathogenicity factors**, FEMS Microbiology Letters, v. 252, p. 11–18, 2005.
- PEKEY, H.; KARAKAS, D.; BAKOGLU, M. Source apportionment of trace metals in surface waters of a polluted stream using multivariate statistical analyses. **Marine Pollution Bulletin**, v. 49, p. 809-818, 2004.
- PELCZAR, M.J. Jr. ; CHAN, E.C.F. ; KRIEG, N.R. **Microbiologia: Conceitos e Aplicações**, São Paulo: Pearson Education do Brasil, ed. 2, v. 2, 2005.
- PENATTI, M.P.A. et al. Epidemiological characterization of resistance and PCR typing of *Shigella flexneri* and *Shigella sonnei* strains isolated from bacillary dysentery cases in Southeast Brazil. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, Ribeirão Preto, v. 40, n. 2, p. 249-258, 2007.
- PIMENTA, M. G. R. **Coliformes termotolerantes, Fosfato e Metais-traço (cu, pb e hg) em água e sedimento das galerias pluviais de fortaleza (CE)**. 2006. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais)- Universidade Federal do Ceará, 2006.
- POVINELLI, J. **Prefácio**. In: PIVELI, R. P.; KATO, M. T. **Qualidade das Águas e Poluição: Aspectos Físico-Químicos**. São Paulo: ABES, 2006. p. 8-9.
- RODRIGUES, J.R.D.D.; JORGE, A.O.C.; UENO, M. Avaliação da qualidade das águas de duas áreas utilizadas para recreação do Rio Piracuama-SP. **Revista Biociências, Unitau**, Taubaté, v. 15, n. 2, 2009.

SACK, D.A.; NAIR, G.B.; SIDDIQUE, A.K. **Cholera**. v. 363, p. 223-233, 2004. Disponível em: <[http://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(03\)15328-7/fulltext](http://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(03)15328-7/fulltext)> . Acesso em: 22 agosto, 2009.

SMIT, E. et al. Diversity and Seasonal Fluctuations of the Dominant Members of the Bacterial Soil Community in a Wheat Field as Determined by Cultivation and Molecular Methods. **Applied and Environmental Microbiology**, The Netherlands, v. 67 p. 2284–2291, Maio, 2001.

TORTORA, G.J.; FUNKE, B.R.; CASE, C.L. **Microbiologia**. 8 ed. Porto Alegre: Artmed, 2005.

TOZETTO, S.M. **Sorotipos e tipagem molecular de isolados de *Salmonella entérica***. 2006. 83f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas)- Universidade Federal do Paraná, Curitiba, p.18, 2006.

TUCCI, C.E.M.; HESPANHOL, I.; CORDEIRO NETTO, O. DE M. Cenários da Gestão da Água no Brasil: uma contribuição para a visão mundial da Água. **Bahia Análise & Dados**, Salvador, v. 13, n. especial, p. 357-370, 2003.

TUNDISI, J.G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**, 2 ed. Editora Rima, 2005.

UNC, A.; GOSS, M. Transport of bacteria from manure and protection of water resources. **Applied Soil Ecology**, v. 25, p. 1-18. 2004.

VIEIRA, R. H. S. F. **Microbiologia, higiene e qualidade do pescado: teoria e prática**. São Paulo: Varela, 380 p., 2004.

WELCH, P. et al. Microbial quality water in rural communities of Trinidad. **Revista Panamericana de Salud Pública**, Washington, D.C., v.8, n.3, p.172-180, 2000.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Guidelines for drinking-water quality. **Health criteria and other supporting information**, 2 ed. v. 2, Geneva, 1996.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Data and statistics**. Disponível em: <<http://www.who.int/research/en/>> Acesso em: 25 de abril, 2010.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Shigella**. Diarrhoeal Diseases Steering Committee, Montreux, Switzerland. Disponível em: <http://www.who.int/vaccine_research/diseases/shigella/en/> acesso em: 27 março, 2010.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Colera**. Disponível em: <<http://www.who.int/topics/cholera/en/index.html>> fact sheed 107 revised junho 2010. Acesso em 10 de fevereiro, 2010.