



Fundação Nacional de Saúde

# **CADERNO DE PESQUISA EM ENGENHARIA DE SAÚDE PÚBLICA**

**3<sup>o</sup>**



**Fundação Nacional de Saúde**

**3º Caderno de Pesquisa em Engenharia de  
Saúde Pública**

**Estudos e Pesquisas**

**Brasília/DF, 2013**

Copyright © 2010 Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde.  
Todos os direitos reservados. É permitida a reprodução parcial ou total desta obra, desde que citada a fonte e que não seja para venda ou qualquer fim comercial. A responsabilidade pelos direitos autorais de textos e imagens desta obra é da área técnica. A coleção institucional do Ministério da Saúde pode ser acessada, na íntegra, na Biblioteca Virtual em Saúde do Ministério da Saúde: <http://www.saude.gov.br/bvs>

Tiragem: 1ª edição – 1ª reimpressão – 2013 – 3.000 exemplares

**Elaboração, distribuição e informações:**

Ministério da Saúde  
Fundação Nacional de Saúde  
Departamento de Engenharia de Saúde Pública  
Coordenação-Geral de Cooperação Técnica em Saneamento  
Coordenação de Desenvolvimento Tecnológico em Engenharia Sanitária  
Setor de Autarquias Sul, Quadra 4, Bloco N, 6º andar, Ala Sul  
CEP: 70070-040, Brasília – DF  
Tel.: (61) 3314-6278/6518  
*Home pages:* <http://www.funasa.gov.br>

**Editor:**

Coordenação de Comunicação Social  
Divisão de Editoração e Mídias de Rede  
Setor de Autarquias Sul, Quadra 4, Bloco N, 2º andar, Ala Norte  
CEP: 70070-040, Brasília – DF  
Tel.: (61) 3314-6440/6525

Impresso no Brasil/*Printed in Brazil*

---

**Ficha Catalográfica**

---

Brasil. Fundação Nacional de Saúde.  
3º Caderno de pesquisa em engenharia de saúde pública / Fundação Nacional de Saúde. -  
Brasília: **Funasa**, 2013.  
256 p. : il

1. Engenharia de saúde pública. 2. Saneamento básico. 3. Saneamento ambiental. I. Título.

CDU 614

---

**Títulos para indexação:**

Em inglês: 3º Book Research Public in Health Engineering  
Em espanhol: 3º Cuaderno de Investigación de Ingeniería en Salud Pública



## Sumário

Apresentação	5
Indicadores biológicos de qualidade da água (coliformes totais, <i>Escherichia coli</i> e <i>Cryptosporidium</i> ) e o impacto das doenças de veiculação hídrica: Estudo de caso – Parque Cuiabá, Cuiabá/MT	7
Pesquisa-ação no distrito de Iauaretê do município de São Gabriel da Cachoeira/AM: Proposta de melhorias sanitárias e de hábitos	57
Filtros domésticos: Avaliação de eficácia e eficiência na redução de agentes patogênicos	89
Avaliação comparativa dos impactos à saúde das crianças nos bairros contemplados com as melhorias sanitárias domiciliares	121
Detecção simplificada de coliformes totais e <i>Escherichia coli</i> em amostras E de águas utilizando substrato cromogênico em microplacas e metodologia NMP	149
Avaliação do rendimento, qualidade da água produzida e custos de dessalinizadores instalados no município de Poço Redondo/SE	177
Avaliação de métodos de remoção e inativação de formas de resistência de protozoários parasitos encontrados em água	209



## Apresentação

A Fundação Nacional de Saúde (**Funasa**), vinculada ao Ministério da Saúde desenvolve há muitos anos atividades de saúde pública e, tem como missão: “realizar ações de saneamento ambiental em todos os municípios brasileiros e de atenção à saúde indígena, promovendo a saúde pública e a inclusão social, com excelência de gestão, em consonância com o Sistema Único de Saúde (SUS) e com as metas de desenvolvimento do milênio”.

Até 1998, a **Funasa** recebia demanda espontânea de apoio a estudos e pesquisas, vindas de diversos pesquisadores, que eram realizadas pela Instituição na forma de contrato direto. Em 1999, a **Funasa** instituiu o Programa de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, desencadeando um processo pró-ativo, visando encontrar soluções para resolver os problemas que limitavam as suas ações, bem como para desenvolver técnicas que ampliassem a sua capacidade de atuação. O programa proposto compreendia as áreas de engenharia de saúde pública, epidemiologia e saúde indígena, além das pesquisas a serem desenvolvidas pelas áreas descentralizadas da **Funasa** e Ministério da Saúde, incluindo o Instituto Evandro Chagas e Fundação Oswaldo Cruz.

Na área de engenharia de saúde pública, o Programa de Pesquisa em Saúde e Saneamento resultou na divulgação de editais de convocação de pesquisas em 2000, 2001, 2003 e 2007.

Os editais de convocação foram elaborados com sugestões recebidas de técnicos da **Funasa**, de profissionais da área de engenharia de saúde pública e com a aprovação do Comitê Científico. As áreas temáticas que constam no programa de pesquisa são as próprias ações da **Funasa**: abastecimento de água, esgotamento sanitário, resíduos sólidos urbanos, gestão em engenharia de saúde pública, melhorias sanitárias domiciliares, melhorias habitacionais para controle da doença de Chagas e engenharia de saúde pública dos povos indígenas.

O Comitê Científico tem como finalidade selecionar e avaliar os projetos de pesquisa financiados pela **Funasa**, formado por representantes das instituições vinculadas ao setor saúde e saneamento e técnicos da **Funasa**. O Comitê Científico é subsidiado, nas suas decisões, por pareceres de técnicos da **Funasa** e de consultores *ad hoc*.

Como resultado dos Editais de Convocação 2000, 2001 e 2003, foram conveniados 52 projetos de pesquisa, no valor total de R\$3.196.417,94.

Em 2007, foi lançado o quarto Edital de Convocação de pesquisas, recebidos 109 projetos de pesquisas e selecionados 17, os quais estão em andamento.

Até novembro de 2007, foram concluídas 43 (82,7%) pesquisas, conveniadas por intermédio dos Editais 2000, 2001 e 2003.

Foram publicados o Caderno de Pesquisa em Engenharia de Saúde Pública nº1, em 2004, com sete resumos executivos de pesquisas concluídas e o nº 2, com seis pesquisas concluídas, em 2006 (Brasil, 2004 e 2006).

O 1º Caderno de Pesquisa, publicado em 2004, contém pesquisas nas áreas de abastecimento de água: “Produção de água potável através de destilação solar natural”, coordenador Maurício Luiz Sens, da UFSC, “Potenciais fatores de risco à saúde decorrentes da presença de subproduto de cloração na água utilizada para consumo humano”, coordenada por Valter Lúcio de Pádua, da UFC; “Cemitérios como fonte potencial de contaminação das águas subterrâneas. Região de Cuiabá e Várzea Grande, MT”, coordenada por Renato Blat Migliorini, da UFMT; esgotamento sanitário: “Disposição no solo como alternativa de tratamento e pós-tratamento de esgoto doméstico para pequenas comunidades”, coordenada por Sandra Tédde Santaella, da UFC; gestão em engenharia de saúde pública: “Exclusão sanitária em Belo Horizonte, MG: caracterização e associação com indicadores de saúde”, coordenada por Léo Heller, da UFMG; “Impactos na saúde e no Sistema Único de Saúde decorrentes de agravos relacionados a um saneamento ambiental inadequado”, coordenada por André Monteiro, da Fiocruz e “Avaliação quali-quantitativa dos serviços de saneamento na cidade de Salvador – Bahia”, coordenada por Patrícia Campos Borja, da UFBA.

O 2º Caderno de Pesquisa, publicado em 2006, contém pesquisas nas áreas de abastecimento de água: “Potencial de floração de cianobactérias em um reservatório de abastecimento doméstico no Estado do Espírito Santo (Reservatório Duas Bocas)”, coordenada por Valéria de Oliveira Marion Cunha Dias, da Ufes; esgotamento sanitário: “Desenvolvimento de um sistema compacto de tratamento de esgotos domésticos oriundos de populações dispersas ou de pequenas comunidades em áreas rurais”, coordenada por Carlos Augusto de Lemos Chernicharo, da UFMG; gestão em engenharia de saúde pública: “Efetividade das ações de saneamento no Estado do Rio Grande do Norte”, coordenada por Maria do Socorro Quirino Escoda, da UFRN; resíduos sólidos urbanos: “Avaliação de métodos de desinfecção de resíduo hospitalar e de seu percolado”, coordenada por Sebastião Roberto Soares, da UFSC; “Avaliação da sustentabilidade técnica e ambiental de aterros sanitários como método de tratamento e de disposição final de resíduos de serviços de saúde”, coordenada por Liséte Celina Lange, da UFMG e “Barramento com pneus usados para contenção de solo e água e terraceamento com tiras de pneus”, coordenada por José Geraldo de Vasconcelos Baracuchy, da UFCEG.

O Caderno de pesquisa nº3 apresenta resumos executivos de sete pesquisas financiadas pela **Funasa**.

Os Cadernos de Pesquisa e os Relatórios Finais completos das pesquisas concluídas estão sendo disponibilizados no *site* da **Funasa** <http://www.funasa.gov.br>, no link Biblioteca virtual/Estudos e Pesquisas.

# Indicadores biológicos de qualidade da água (coliformes totais, *Escherichia coli* e *Cryptosporidium*) e o impacto das doenças de veiculação hídrica: Estudo de caso – Parque Cuiabá, Cuiabá/MT

Edna Lopes Hardoim (Coordenadora), Liliana V.  
A. Corrêa Zeilhofer, Peter Zeilhofer, Zoraidy M.  
de Lima, Catarina Oliveira Silva, Wagner Saff.

Proponente e Executora: Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT)

## Resumo

Foi realizado um estudo epidemiológico transversal no bairro Parque Cuiabá, Cuiabá (MT), objetivando uma avaliação sistemática das relações entre fatores socioeconômicos, infra-estruturais como também ambientais e de indicadores de qualidade de água e a prevalência de doenças de veiculação hídrica. Objetivaram a detecção de padrões na qualidade de água e prevalência das doenças, inclusive análises da distribuição espacial destes fatores e a geração de modelos empíricos (regressão logística) para quantificação da importância de fatores independentes na qualidade da água de abastecimento e prevalência de doenças de veiculação hídrica e para construção de mapeamentos de risco. O levantamento de dados primários incluiu caracterização socioeconômica e higiênico-sanitária (enquete), monitoramento de qualidade de água nos domicílios e estação de tratamento de água e análises coprológicas. O estudo foi completado pela aquisição e análise de dados secundários associados à qualidade de água de consumo (postos de saúde) e dados espaciais tais como fotografias aéreas, modelo numérico de terreno e representação digital da rede de abastecimento. O programa educacional, como componente de intervenção visou a sensibilização da comunidade envolvida sobre questões de comportamento e de higiene e suas relações com a ocorrência de doenças de veiculação hídrica.

As análises de qualidade de água indicam problemas de contaminação biológica e elevados valores de turbidez na água de abastecimento, com as piores condições encontradas nas escolas do bairro. Na enquete foram detectadas frequentes reclamações sobre sintomas de doenças de veiculação hídrica e em 26% das amostras coprológicas foram encontrados parasitas intestinais. Foram comprovadas relações

significativas entre variáveis exploratórias e qualidade de água e incidência de parasitas intestinais, sendo os fatores independentes de características socioeconômicas, infra-estruturais e ambientais. Entretanto não puderam ser identificados fatores únicos que pudessem impactar em todos os tipos de problemas de água e saúde analisados.

**Palavras-chave:** saúde pública, saneamento, água de consumo.

## Abstract

A cross-sectional epidemiologic study has been realized in the Parque Cuiabá district, Cuiabá-MT, objectifying a systematic evaluation of relationships between socioeconomic, infrastructural as well as environmental explanatory factors and water quality and prevalence of water-borne diseases. Despite the detection of patterns and frequencies of water quality problems and disease symptoms, spatial analysis and model building has been done to quantify causal relationships and risk mapping. Field work included the characterization of socioeconomic structure, hygienic behavior and observation on water quality and symptoms of enteric diseases through structured interviews, supply water quality monitoring at domiciles and the water treatment plant and coprologic survey. Secondary data from health services have been included an analysis as well as spatial data sets such as aerial photos, digital elevation models and digital representation of supply network. An educational program as an intervention component objectified to sensitize the community on questions of hygienic behavior and its relations with the transmission of water-borne diseases. Water quality monitoring indicates biological contamination as well as elevated values of turbidity above legislation, with the worst situation in the ungraduate schools of the district. Community claimed to frequent symptoms of enteric diseases and in about 26% of all children coprologic samples to intestinal parasites have been detected. Significant relationships between different types of independent factors (socioeconomic, infrastructure, environmental) and water quality problems and water-borne diseases have been diagnosed. There could not detected, nevertheless, one or some unique factors, which seem to cause all kind of water quality or disease problems.

**Keywords:** public health, sanitation, supply water.





## 1 Introdução

A poluição das águas é, de longe, o problema ambiental mais sério do Brasil, onde 80% de todas as doenças de origem hídrica e um terço dos óbitos são relacionados com a água contaminada (Agenda 21, 1996).

Segundo Lora (2000), a interação entre a água e saúde tem sido apregoada por diversos sábios no mundo antigo e encontra-se preconizada em muitos códigos religiosos e práticas higiênicas, muitas das quais ainda hoje são consideradas apropriadas para os dias atuais.

Embora a relação entre qualidade da água e saúde seja evidente, existe ainda uma grande lacuna no Brasil no que se refere a estudos que subsidiem uma avaliação precisa dos múltiplos fatores intervenientes nessa relação e suas particularidades socioeconômicas, culturais e ambientais.

Sabe-se que o saneamento faz parte de uma tática geral para obtenção da saúde e para que se cumpra tal objetivo, é necessário que se desenvolvam estudos, principalmente nas áreas de conhecimento tradicional, incorporando seus resultados no cotidiano da gestão do saneamento (BATALHA E PARLATORE, 1996).

A solução dos problemas de saneamento ambiental e qualidade da água no Brasil passa muito mais por repensar a gestão destes setores e adotar medidas como educação ambiental e capacitação e disseminação de tecnologias do que pela construção de grandes obras de tratamento de água e esgoto.

Branco (1999) relata que antigamente se falava da relação entre saneamento e saúde, hoje porém, se fala em questões ambientais que englobam o saneamento e por serem mais complexas, elas exigem uma equipe multidisciplinar que dá uma visão do todo e possibilita previsões mais embasadas.

O Brasil é, na sua generalidade, um país de altos índices de incidência de doenças intestinais transmitidas pela água. Esses índices se refletem nas elevadas taxas de mortalidade, em especial nas taxas de mortalidade infantil, que vem ocorrendo ao longo dos anos, causada pelo desenvolvimento industrial, crescimento demográfico e ocupação do solo de forma intensa e acelerada, comprometendo os recursos hídricos destinados ao consumo humano, recreação e múltiplas atividades, aumentando potencialmente o risco de transmissão de doenças de origem hídrica (BRANCO, 1999).

Com os avanços da poluição nas últimas décadas, evidenciou-se a necessidade de se proceder à revisão técnica da legislação, em face dos padrões de qualidade da

água que se queria estabelecer. No final dos anos 80, começaram a ser elaboradas e revisadas as legislações pertinentes aos padrões de qualidade das águas, a exemplo da Resolução nº 20/1986 (BRASIL, 1986) do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), que, entre outros objetivos, busca a proteção das águas dos mananciais, e da Portaria nº 36/1990 do Ministério da Saúde (MS, 1990), que estabelece normas e padrões para a qualidade da água de consumo humano.

Com a promulgação da Portaria nº 1.469, em 20 de janeiro 2000, que substituiu a Portaria n.º 36 GM do Ministério da Saúde de janeiro de 1990 revisando os padrões de potabilidade e os procedimentos relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para o consumo humano, houve uma melhor adequação em relação aos critérios microbiológicos para água de consumo, como já era recomendado pelos guias OMS, destacando a adoção da variável *Escherichia coli* como critério bacteriológico definitivo de caracterização da qualidade da água para consumo humano. Segundo Bastos et al. (2001), essa Portaria pretendeu incorporar ao máximo as informações recentes sobre os riscos associados, por exemplo, à *Giardia lamblia*, *Cryptosporidium* sp. e cianobactérias; os mecanismos de remoção de patógenos por meio do tratamento de água; o emprego de indicadores e as evidências toxicológicas de agravos à saúde decorrentes da ingestão de substâncias químicas.

Em 25 de março de 2004, o Ministério da Saúde promulgou uma nova Portaria para potabilidade (Portaria nº 518), entretanto são de conhecimento público as dificuldades encontradas pelas Companhias de Água e Esgoto em atender até mesmo os critérios menos exigentes da Portaria n.º 36 GM do Ministério da Saúde.

Entre outros problemas, estas dificuldades justificam-se no Brasil pelo fato da qualidade da água estar seriamente comprometida desde o manancial pelos lançamentos muitas vezes *in natura* de esgotos domésticos e industriais e resíduos sólidos e pela falta de regulação do uso e ocupação do solo.

Já nos sistemas de distribuição, a contaminação da água se dá por diversos fatores associados à descontinuidade do fornecimento, que determina pressões negativas na rede, a falta de esgotamento sanitário, as baixas pressões na rede por problemas operacionais e de projeto, a ausência ou manutenção inadequada da rede, dos reservatórios de distribuição e, principalmente, das ligações domiciliares de água.

Nos domicílios, a qualidade da água também pode ser comprometida pela falta ou precariedade das instalações hidráulico-sanitárias, ausência de limpeza periódica dos reservatórios domiciliares, a inadequação dos recipientes de armazenamento da água de beber, a prática das pessoas na manipulação da água, entre outros.

Sem dúvida, ações em saneamento que melhorem ou eliminem esses problemas confirmam a evidência de que a implementação de sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário causam benefícios à saúde pública e ao meio ambiente.

Uma questão que permanece indefinida, no entanto, é o conhecimento do comportamento dos diferentes efeitos ao se compararem realidades diferentes, uma vez que os fatores envolvidos nessa questão podem ser bastante dinâmicos e muito variáveis de uma realidade à outra.

## 2 Objetivos

### 2.1 Geral

Avaliar a relação entre as principais variáveis físicas, químicas, físico-químicas e microbiológicas exigidas para a potabilidade com a ocorrência de doenças de veiculação hídrica, investigando o grau de dependência entre essas variáveis e as epidemiológicas e destas com as características socioeconômicas, culturais, sanitárias e ambientais.

### 2.2 Específicos

- diagnosticar a qualidade da água de abastecimento e de consumo através de variáveis físicas, químicas e microbiológicas (coliformes totais, *Escherichia coli*) e suas relações;
- avaliar os impactos da qualidade da água na saúde pública;
- analisar a influência das condições socioeconômicas, infra-estruturais e ambientais e seus padrões espaciais na saúde pública;
- investigar os níveis e os fatores determinantes da contaminação domiciliar, se detectada (entre a água distribuída pela rede ou de poços e a água de beber);
- desenvolver métodos para monitoramento e controle de doenças de veiculação hídrica;
- investigar a influência da sazonalidade (período seco e chuvoso) na qualidade da água e na ocorrência de doenças de veiculação hídrica;
- estudar a relação entre variáveis físico-químicas, indicadores bacteriológicos, variáveis socioeconômicas, sanitárias e ambientais e a ocorrência de doenças;

- avaliar a relação entre a distribuição espacial de variáveis socioeconômicas, sanitárias e ambientais e a ocorrência das doenças;
- informar à população local sobre as relações entre a qualidade da água e a saúde.

## 3 Metodologia

### 3.1 Critérios para escolha do bairro

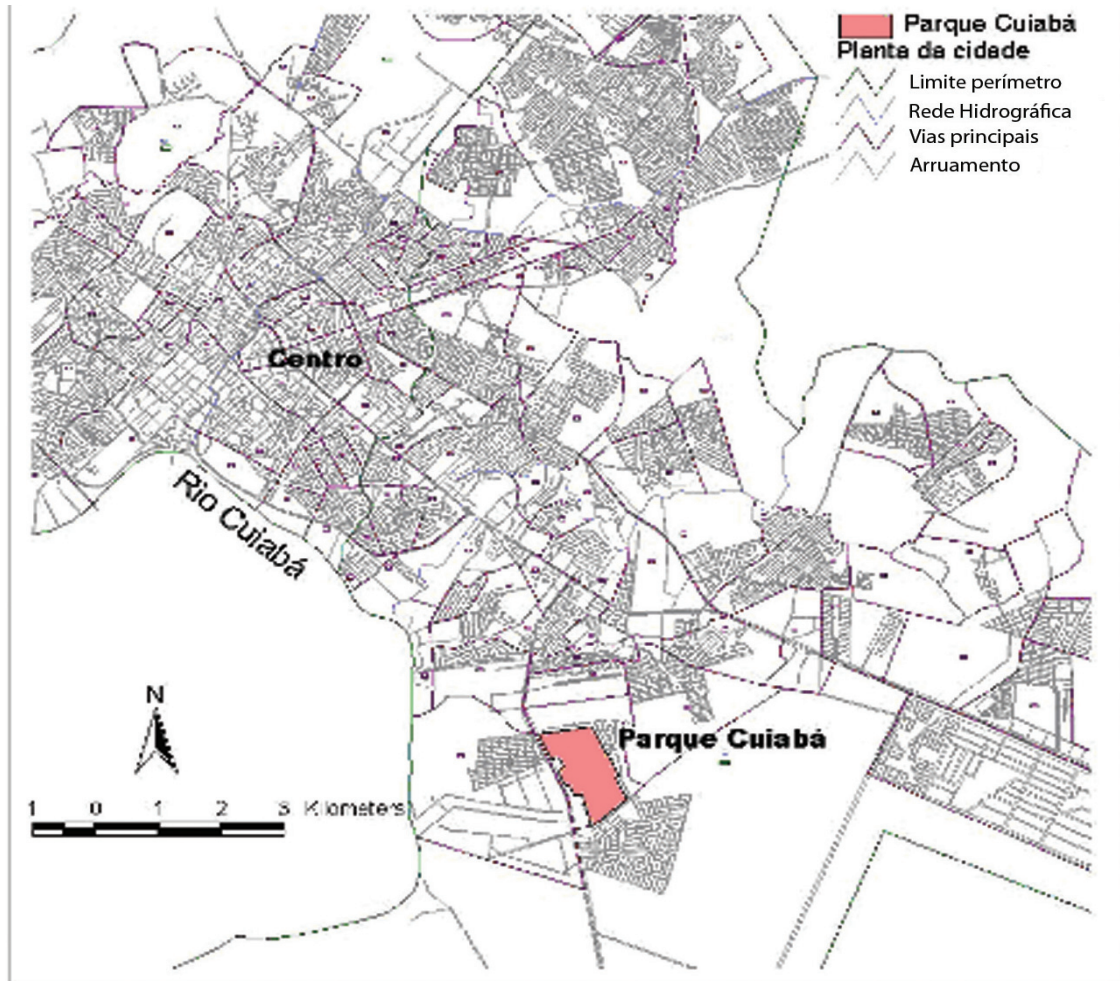
Em virtude de reclamações dos moradores quanto a problemas constantes de qualidade e quantidade no fornecimento de água (agravada com o abastecimento de bairros vizinhos).

Apesar de possuir ETA, é um bairro historicamente problemático quanto à qualidade e quantidade da água fornecida. Entre outros fatores, os problemas são decorrentes do fato da captação estar à jusante de todos os lançamentos de esgotos significativos da cidade de Cuiabá, e de problemas estruturais na rede, que utiliza valeta comum com a rede de esgoto.

### 3.2 Localização da área de estudo

O bairro está localizado na região sul da cidade de Cuiabá (figura 1), do lado esquerdo da Rodovia MT-040 que dá acesso à cidade de Santo Antonio do Leverger, limitando-se com os bairros Parque Atalaia, São Gonçalo, Beira Rio, Parque Geórgia, Jardim Mossoró, Cohab São Gonçalo, Residencial Coxipó, além de uma grande área de expansão urbana onde ocorreram algumas invasões. O bairro é um conjunto habitacional criado na década de 1980, que serviu como incentivo para novos projetos residenciais e a ocupação definitiva de toda a região cuiabana, abrigava em 1996 uma população de 8.582 habitantes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Urbano (IPDU); Diretoria de Tecnologia da Informação (DTI), já em 2000 aumentou para 9.362 habitantes (4.443 homens; 4.919 mulheres), sendo 19,28% de crianças menores de 14 anos. A população está distribuída em 2.476 domicílios ocupados (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2001).

Figura 1 – Localização da área de estudo no perímetro urbano de Cuiabá-MT



### 3.2.1 Características socioeconômicas do parque Cuiabá

- 2.401 domicílios, 9.362 habitantes (IBGE, 2000);
- bairro de classe média a baixa, renda familiar de mais de 50 % dos domicílios entre quatro e dez salários mínimos;
- abastecido por uma estação de tratamento com captação no rio Cuiabá e um poço artesiano (100% da população atendida).

### 3.2.2 Infra-estrutura de abastecimento e esgotamento sanitário

Supõe-se que uma das principais causas da má qualidade da água de abastecimento se deve às condições precárias das redes de abastecimento e esgotamento sanitário. Até início do ano de 2001, na maior parte do bairro, as redes se encontravam na mesma vala. É um agravo adicional que em muitos casos a rede de abastecimento está localizada abaixo da rede de esgotamento.

- interrupções freqüentes e regulares no abastecimento de água;
- incidência de doenças de veiculação hídrica.

### 3.2.3 Caracterização da ETA

A ETA Parque Cuiabá possui dois módulos de tratamento de água, contendo cada um deles: um floculador, dois decantadores, quatro filtros e uma câmara de contato. Esses módulos, são denominados tecnicamente de ETA 6 e ETA 7, fazendo parte do chamado Sistema Parque Cuiabá.

A aplicação de coagulante é feita na entrada da primeira câmara de floculação, sendo que originalmente nesta ETA (padrão Sabesp) foi projetada a aplicação na placa de orifício que também servia para medição de vazão. Este dispositivo não tem bom desempenho devido à oscilação do nível d'água com imprecisão na medida de vazão, além de que a medição da vazão de solução não pode ser feita no interior do tubo. E esta é a razão da mudança da aplicação de coagulante para a primeira câmara de floculação. A turbulência no local atual de dosagem é mínima, portanto a mistura rápida é deficiente.

## 3.3 Visão geral: desenho epidemiológico do estudo

O presente projeto foi desenvolvido como estudo transversal, visando a obtenção de avaliações gerais das relações entre fatores socioeconômicos, infra-estruturais e ambientais e a qualidade de água e incidência de doenças de veiculação hídrica.

A abordagem epidemiológica se enquadra na definição dada por Paffenbarger (1988), que caracteriza estudos transversais como observações em um único momento hipotético (*snapshot studies*). O monitoramento de qualidade de água de abastecimento, entretanto, abrangeu dois períodos distintos (seco/chuvoso) que supostamente teriam influência na qualidade de água na rede. A abordagem convencional foi acrescida de uma componente que objetivou a avaliação de aspectos espaciais da qualidade de água e prevalência de doenças no bairro estudado.



O estudo pode ser caracterizado como de observação, sem interferência da equipe nos fatores determinantes. É composto de componentes descritivos, objetivando a detecção de padrões e frequências na qualidade de água e prevalência das doenças, inclusive análises da distribuição espacial destes fatores. Um componente analítico procurou a geração de modelos empíricos (regressão logística) para quantificação da importância de fatores independentes na qualidade de água de abastecimento e prevalência de doenças de veiculação hídrica e para construção de mapeamentos de risco. O levantamento de dados primários inclui caracterização socioeconômica e higiênico-sanitária (enquete), monitoramento de qualidade de água nos domicílios, escolas e estação de tratamento de água e análises coprológicas. O estudo foi completado pela aquisição e análise de dados secundários associados à qualidade de água de consumo (postos de saúde) e dados espaciais tais como fotografias aéreas, modelo numérico de terreno e representação digital da rede de abastecimento.

Possui, por último, a partir do seu programa educacional, um componente de intervenção, visando à sensibilização da comunidade envolvida sobre questões de comportamento e de higiene e suas relações com a ocorrência de doenças de veiculação hídrica.

### **3.4 Amostragem dos dados alfanuméricos**

Por meio de dados obtidos da prefeitura de Cuiabá e da Agência Municipal de Saneamento (Sanecap) foi realizada uma caracterização geral da área de estudo, com todas as informações disponíveis sobre a situação socioeconômica e sanitária do bairro estudado, bem como o detalhamento sobre o abastecimento de água e esgotamento sanitário (reconhecimento da área de estudo).

A amostragem dos domicílios pesquisados foi realizada em duas fases. Foi efetuada uma amostragem preliminar (seleção aleatória) de 10% dos domicílios (214 de 2.141 no total conforme IPDU – Prefeitura, 1996) que investigou questões como n.º de pessoas residentes, n.º de crianças menores de 14 anos, renda familiar, abastecimento de água, esgotamento sanitário, grau de escolaridade, saúde, entre outros (caracterização geral do bairro). Os domicílios da amostragem preliminar foram agrupados conforme as suas características de procedência da água, presença ou não de ligações de esgoto e características socioeconômicas. Na amostragem preliminar foi aplicada uma segunda amostragem estratificada que abrangeu 3% dos domicílios (64 domicílios).

### 3.5 Levantamento de dados socioeconômicos

Foi desenvolvido e aplicado um questionário detalhado nos domicílios da amostragem estratificada, contendo campos para preenchimento das seguintes informações:

- demografia (número de pessoas, idade dos membros etc.);
- renda (rendimento médio do chefe da família, casa alugada/própria etc.);
- condição da habitação (classificação qualitativa, número de banheiros, quartos);
- educação (chefes de domicílios alfabetizados, nível de formação dos membros da família etc.);
- infra-estrutura urbana e serviços (fonte da água de abastecimento, seu armazenamento, água de beber, ligação à rede de esgoto, coleta de lixo);
- hábitos de higiene;
- incidência de doenças (para validação e cruzamento com dados adquiridos pelos agentes da Saúde, SUS);
- características organolépticas da água servida pela Companhia de saneamento.

### 3.6 Levantamento de dados epidemiológicos

No que se refere aos métodos de investigação pode-se afirmar que a metodologia epidemiológica é utilizada em Saúde Coletiva para descrever a ocorrência dos efeitos adversos à saúde, analisar a associação ou relação de causalidade entre exposição a fatores ambientais com indicadores de saúde e contribuir para ações/intervenções com o intuito de mitigar ou prevenir efeitos adversos.

Foram obtidos junto ao posto de saúde e Secretaria de Vigilância Sanitária dados disponíveis sobre doenças de veiculação hídrica da comunidade.

As parasitoses intestinais constituem-se num grave problema de saúde pública, sobretudo nos países do Terceiro Mundo, sendo um dos principais fatores debilitantes da população, associando-se frequentemente a quadros de diarreia crônica e desnutrição, comprometendo, como consequência, o desenvolvimento físico e intelectual, particularmente das faixas etárias mais jovens da população (SALATA et al., 1972; VINHA E MARTINS, 1981; PEDRAZZANI et al., 1998).



Este trabalho priorizou como população de interesse para as análises coprológicas o grupo de crianças, pela maior susceptibilidade aos agentes e condições patogênicas.

Foram realizados exames coprológicos para investigar a ocorrência dos principais parasitos intestinais, assim como a presença de *Cryptosporidium* em crianças menores de 14 anos residentes nos domicílios estudados, onde foram aplicados questionários epidemiológicos, investigando questões sobre saúde, hábitos de higiene e qualidade da água consumida pela criança.

Os oocistos de *Cryptosporidium* sp foram determinados nas fezes pelo método de coloração de kinyoun.

### 3.7 Coleta e tratamento das amostras de água

As amostras de água foram coletadas no cavalete (água tratada) e na torneira da cozinha (água de beber), com frequência quinzenal, em dois períodos sazonais.

Foram realizadas coletas nas diferentes etapas de tratamento de água da ETA, desde a captação até a água tratada na saída do sistema, com frequência quinzenal, nos seguintes pontos amostrais:

- na captação da ETA, situada na margem esquerda do Rio Cuiabá (curso natural);
- nas entradas dos dois módulos de tratamento (localizada na primeira câmara de floculação);
- na entrada dos decantadores;
- na entrada dos filtros;
- na torneira de água tratada dentro do laboratório desativado, que vem do reservatório de acumulação.

Na tabela 1, estão sintetizadas as variáveis analisadas, bem como os respectivos métodos analíticos e equipamentos utilizados.

Tabela 1 – Métodos analíticos e equipamentos utilizados para análise da qualidade da água.

Variável	Método	Equipamentos
pH	Potenciométrico	PHmetro, Digimed-Dm20
Cloro residual livre (mg/L)	Ortotoluidina	Kit cloro
Cor (uH)	Comp. visual solução padrão de cobalto-platina	Colorímetro/ Policontrol/ Nessler Quanti 200
Turbidez (uT)	Nefelométrico	Turbidímetro/Polilab/AP-1000
Dureza mg/L CaCO <sub>3</sub>	Titulação EDTA	Bureta
Contagem geral bactérias heterotróficas (UFC/mL)	<i>Pour plate</i>	Incubadora e contador de colônias – QUEBEC
Coliformes Totais (NMP/100 mL)	Substrato cromogênico e fluorogênico	Seladora e incubadora bacteriológica
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL)	Substrato cromogênico e fluorogênico	Seladora e incubadora bacteriológica
Exames parasitológicos	Hoffmann et al. Coloração kinyoun	Microscópio óptico

As técnicas de coleta e análise de água foram aquelas descritas pelos *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA) (1998).

### 3.8 Organização e sistematização dos dados alfanuméricos

Para um manejo eficiente e para facilitar as análises estatísticas, os dados alfanuméricos tais como socioeconômicos, sanitários, qualidade de água e ocorrências de doenças etc. foram organizados por um Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD), o MS Access, versão 2000 (*Microsoft*). As análises estatísticas uni- e multivariadas foram realizadas pelos *softwares* SPSS, versão 9.0 (SPSS Inc.) e ADE-4, versão 2001 (CNRS).

## 3.9 Análises espaciais

Dados geográficos tais como as localizações dos domicílios amostrados, a rede viária do bairros etc. foram digitalizados, processados e analisados pelos *softwares* de Sistema de Informação Geográfica (SIG), o *Arc/Info* e *ArcView* (ESRI). Para análise de padrões e fenômenos espaciais, os dados alfanuméricos foram associados pelos identificadores com os respectivos objetos geográficos (ex: ocorrência de doenças com os pontos representando os domicílios amostrados, revestimento das vias com os vetores representando estas vias, características geológicas com polígonos dos limites destas unidades etc.).

Foi digitalizada a planta urbana 1:10.000 do bairro com todas as entidades espaciais (Hidrografia, vias, divisão das quadras, informações planialtimétricas, etc.), a base cartográfica dos elementos espaciais e o georreferenciamento das informações temáticas. Foi feita uma atualização da planta (áreas verdes, uso e ocupação, condições das vias, localização de postos de gasolina etc.) pelas fotos aéreas disponíveis do ano 1999.

Foi digitalizada a partir das plantas 1:5.000 da Agência de Saneamento (Sanecap) a rede de abastecimento de água de consumo e atribuído valor identificador para cada trecho sobre o estado da rede (rede renovada durante os últimos dois anos ou rede antiga).

O georreferenciamento das casas foi realizado a partir dos endereços adquiridos nas enquetes e comparação com as plantas cadastrais do bairro.

### 3.9.1 Interpolação do modelo numérico de terreno (MNT)

O MNT do bairro foi interpolado a partir do algoritmo *Topogrid* (HUTCHINSON, 1989), utilizando os dados planialtimétricos da planta 1:10.000 e reamostrado para uma resolução horizontal de 10m.

### 3.9.2 Análise de rede

Foi avaliada a hipótese da influência da distância das casas da estação de tratamento. Tende-se a diminuir a pressão nos dutos facilitando a infiltração de água contaminada na rede de abastecimento, considerando sobretudo que em muitos casos os dutos de ambas as redes são localizadas nas mesmas valas. Foi utilizada, para cálculo das distâncias dos domicílios a extensão de *ArcView Network Analyst*.

### 3.9.3 Modelação espacial

A modelação espacial permite a “explicação” de padrões espaciais e, conseqüentemente, a estimativa e extrapolação de atributos no espaço. São disponíveis diversas técnicas da modelagem espacial, entre elas a interpolação e técnicas da geoestatística como a krigagem, que permitem, caso comprovado autocorrelação espacial, a geração de superfícies a partir de observações pontuais. Estas técnicas necessitam a disponibilidade de observações de alta densidade espacial e, geralmente, não incluem extrapolações fora da área de estudo ou a criação de cenários futuros.

Outras abordagens da modelação espacial visam o estabelecimento e quantificação de relações entre fatores independentes (características socioeconômicas, ambientais, etc.) e dependentes (ocorrência de doenças). Podem ser citadas técnicas como redes neuronais, lógica fuzzy ou regressões logísticas.

Regressões logísticas são usadas para investigar associações entre uma variável resposta (dependente) e um conjunto de possíveis fatores preditivos em estudos caso-controle com pareamento. Em regressões logísticas a variável resposta é binária com *status* um para caso e zero para controle. Sendo um método de estimativas não lineares, as variáveis preditivas podem possuir escala métrica ou não.

Nesta pesquisa foram comparados fatores socioeconômicos, ambientais e infra-estruturais com resultados da enquete (reclamações sobre a qualidade de água, casos de doenças de veiculação hídrica), variáveis analíticas de qualidade de água e ocorrência de doenças de veiculação hídrica.

A regressão logística é uma transformação não linear de uma regressão linear e seu resultado pode ser entendido como uma estimativa da probabilidade da ocorrência de um evento (no nosso caso a probabilidade de ter casas com resultados fora dos padrões exigidos pela Portaria nº 518/2004 ou ter casos de doenças de veiculação hídrica).

Uma estimativa da qualidade do completo modelo pode ser obtida pela estatística de *chi-square* quadrado baseado na estimativa de verossimilhança máxima utilizada nos modelos de regressão logística.

Na disponibilidade de planos de informação espaciais, a função resultante de uma regressão logística pode ser utilizada para extrapolação das probabilidades de ocorrência.

## 4 Resultados alcançados frente aos objetivos propostos e discussão

### 4.1 Caracterização socioeconômica e sanitária pela enquete

Os resultados da enquete revelaram que cerca de 36% das famílias têm rendimento mensal de até três salários mínimos, 59% apresentaram renda variando de quatro a 20 salários mínimos e 5% não informaram a renda mensal.

Quanto ao nível de escolaridade, a enquete revelou que cerca de 96% dos entrevistados são alfabetizados, sendo que 41% têm ensino médio completo e 19% têm formação superior.

Diante dos resultados obtidos pela enquete, constata-se que no bairro em estudo predominam em maior quantidade famílias entrevistadas com rendimento mensal a partir de quatro salários mínimos e dos 96% chefes de família entrevistados alfabetizados, 60% possuem ensino médio completo e nível superior, o que demonstra um bom nível social e econômico entre os moradores entrevistados na enquete.

Em relação às características organolépticas da água fornecida, cerca de 28% dos entrevistados alegaram não perceber qualquer alteração, sendo observadas por 72% dos entrevistados pelo menos uma característica alterada.

São as características organolépticas da água deferidas através de gosto salgado, doce, azedo e amargo e as sensações olfativas adquiridas por meio de sólidos em suspensão, sólidos dissolvidos e gases dissolvidos originários de matéria orgânica, microorganismos, gases e de despejos domésticos e industriais (SPERLING, 1996).

A enquete revela que a maioria dos entrevistados reclama de pelo menos uma das características organolépticas e físico-químicas estabelecidas no questionário, demonstrando a insegurança dos moradores quanto à confiabilidade da água fornecida no bairro.

Segundo a enquete, há ocorrência de sintomas associados a doenças de veiculação hídrica. Os dados obtidos demonstram que aproximadamente 51% das famílias entrevistadas relataram a ocorrência de pelo menos um sintoma associado a doenças de veiculação hídrica no último ano.

As pesquisas que têm procurado estabelecer as relações entre saneamento básico e saúde não chegam a definir metodologias que possam ser aplicadas com o objetivo de avaliar o real impacto que o saneamento exerce sobre indicadores de saúde. Porém, elas fornecem informações importantes a respeito dessa relação.

De acordo com Médici (1990), o nível socioeconômico, a estrutura etária e a presença de serviços de saneamento, entre outros, são fatores determinantes nas taxas de morbidade da população.

## 4.2 Avaliação da qualidade da água das residências

Segundo Sperling (1996), a qualidade da água pode ser representada por diversos parâmetros que traduzem as principais características físicas, químicas, biológicas e organolépticas da água.

Os padrões de qualidade da água são estabelecidos no Brasil de acordo com a Portaria nº 518/2004, antecedida pela Portaria nº 1.469/2000 do MS/Brasil, que define os valores em função do padrão de aceitação para consumo humano.

### 4.2.1 Número de amostras analisadas

Foi proposto um total teórico de 1.280 coletas, sendo 64 domicílios, em 10 datas de coleta com análises de amostras do cavalete e da torneira da cozinha. Deste total puderam ser realizadas as análises de 431 amostras. Houve a predominância das coletas nas torneiras da cozinha, totalizando 77% das amostras. 23% das coletas não puderam ser realizadas por falta de acesso ao domicílio. Mais de dois terços das coletas que não puderam ser realizadas nos cavaletes se devem à intermitência na distribuição da água na rede.

### 4.2.2 Turbidez

Os resultados das análises de turbidez nos domicílios amostrados (figura 2) demonstram a ocorrência freqüente de valores maiores que um, inclusive com alguns valores maiores que cinco, tanto na água da torneira da cozinha, após o reservatório de acumulação, quanto na água distribuída pela Companhia de Saneamento, coletada nos cavaletes das residências.

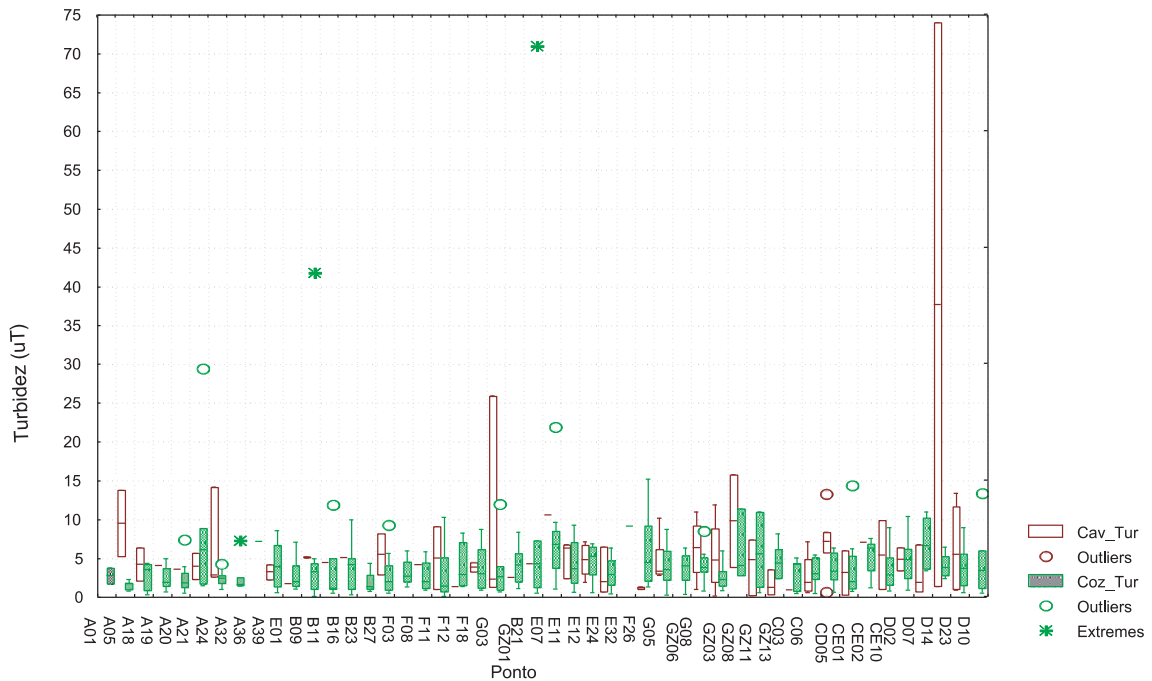
Segundo Richter e Azevedo Netto (1998), a turbidez é uma característica da água devido à presença de partículas suspensas, com tamanho variando desde suspensões grosseiras aos colóides, dependendo do grau de turbulência. A presença dessas partículas provoca a dispersão e a absorção da luz, dando à água uma aparência nebulosa, esteticamente indesejável e potencialmente perigosa. Pode ser causada por uma variedade de materiais: partículas de argila ou lodo, descarga de esgoto doméstico ou

industrial, que possivelmente estão associados a compostos tóxicos e principalmente a organismos patogênicos. Este fenômeno ocorre com certa frequência em alguns pontos de rede de distribuição ou em instalações domiciliares (SPERLING, 1996).

A Portaria nº 1.469/2000 do Ministério da Saúde estabelece um limite tolerável de 5 uT de turbidez para água potável. Em relação às análises realizadas, nota-se a ocorrência de valores fora dos permitidos, tanto no cavalete, quanto na torneira da cozinha, nesta ainda mais freqüente, podendo ou não estar relacionados com a intermitência no fornecimento de água do bairro, ou falhas nos mecanismos de distribuição tanto da rede quanto das residências e até mesmo falta de limpeza regular nos reservatórios de acumulação das residências.

Figura 2 – Turbidez da água de abastecimento nos domicílios (n = 48), (Cav\_: Cavalete, Coz\_: Torneira de cozinha).

### 4.2.3 Cloro



Os níveis de cloro residual na rede de distribuição são satisfatórios, como mostra a figura 3, sendo detectado inclusive nas residências após o reservatório de acumulação predial. Fica ressaltado níveis de 2,0 mg/L de cloro residual livre na água dos cavaletes em apenas sete coletas.

O cloro é um poderoso agente oxidante, com capacidade de penetrar nas células e de combinar com substâncias celulares vitais, provocando a morte de microorganismos. No Brasil, a desinfecção de águas de abastecimento em sistemas públicos é realizada através do cloro e seus compostos (SHIMADA, 1989).

A aplicação de cloro como meio de desinfecção pode garantir consideravelmente a manutenção da qualidade da água desde que a cloração seja feita de maneira controlada. Recomenda-se que o teor de cloro residual livre no sistema de abastecimento esteja entre 0,5 e 2,0 mg/L (Portaria nº 518/2004).

#### 4.2.4 Cor

Os valores de cor estiveram, em geral, dentro do limite máximo permissível para potabilidade, sendo pontuais os resultados acima deste limite (figura 4).

Segundo Sperling (1996), esta é uma variável responsável pela coloração da água, formada por sólidos dissolvidos de origem mineral ou vegetal, tais como substâncias metálicas de ferro, manganês e outras partículas, provenientes da decomposição de matéria orgânica ou resíduos industriais e esgoto doméstico. Não apresentam riscos à saúde, mas possibilita questionamento quanto a sua confiabilidade.

Seu valor máximo permitido é de 15 uH (Portaria nº 518/2004), o que nos possibilita afirmar que, no geral, as amostras analisadas estiveram dentro dos limites desejáveis.



Figura 3 – Concentração de cloro na água de abastecimento nos domicílios (n: 48), (Cav\_: Cavalete, Coz\_: Torneira de cozinha).

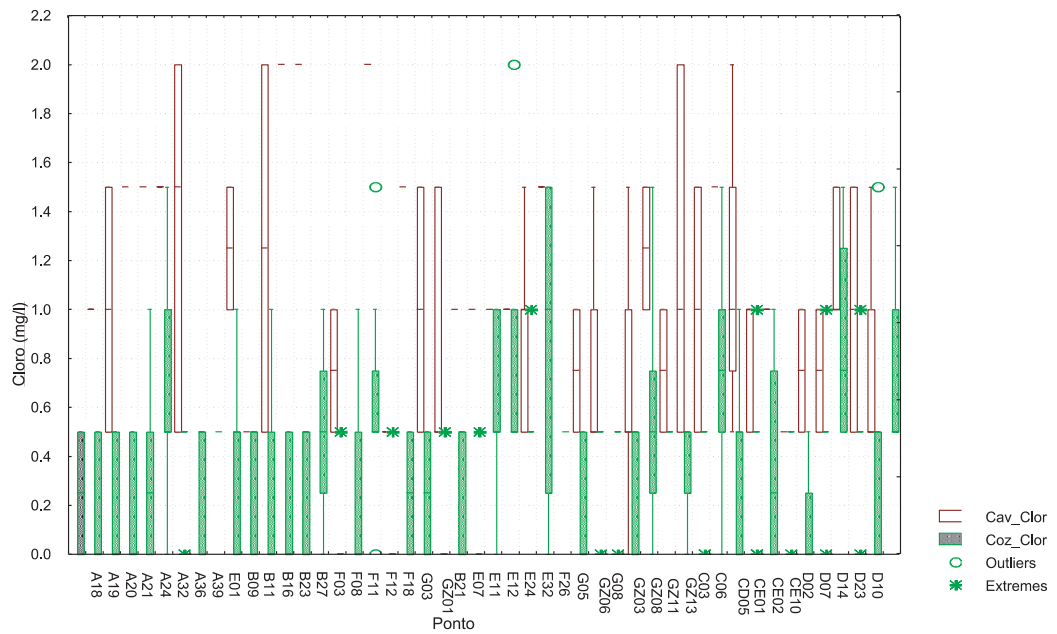
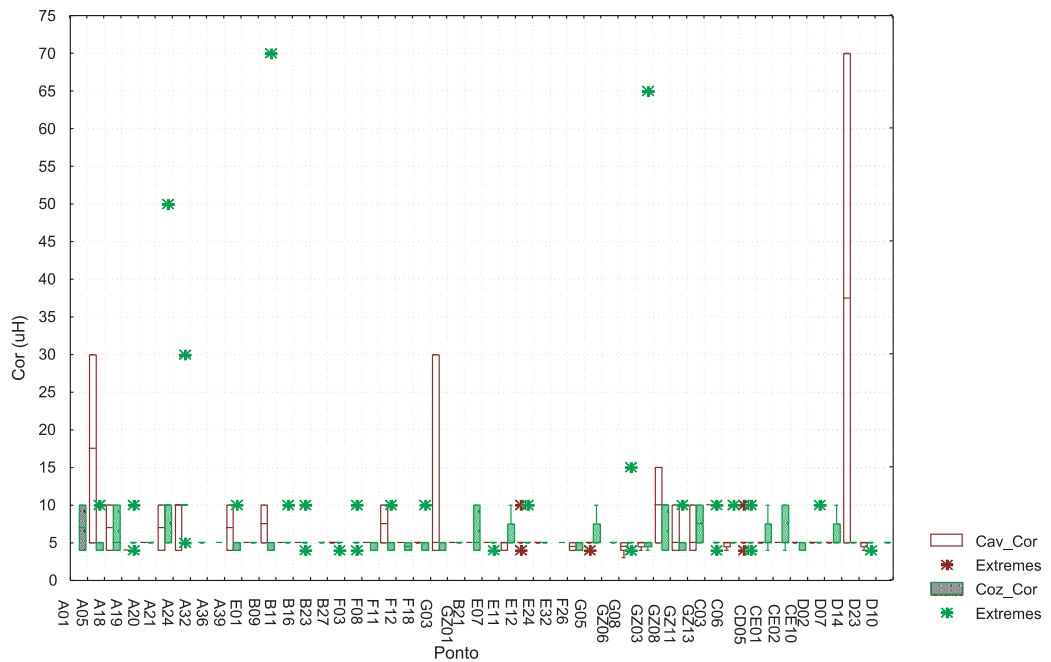


Figura 4 – Cor da água de abastecimento nos domicílios (n=48), (Cav\_: Cavalete, Coz\_: Torneira de cozinha).



#### 4.2.5 Dureza

As análises de dureza realizadas nas amostras coletadas nos cavaletes e na torneira da cozinha dos domicílios selecionados apresentaram resultados dentro dos limites estabelecidos pela Portaria nº 518/2004 (máximo de 500 mg/L).

A dureza da água caracteriza-se pela presença de alguns íons metálicos, principalmente cálcio ( $\text{Ca}^{++}$ ) e magnésio ( $\text{Mg}^{++}$ ), que em condições de supersaturação reagem com ânions formando precipitados. É reconhecida pela sua capacidade de produzir incrustações nos sistemas de água e dificultar a formação de espumas com o sabão. A dureza pode ser temporária, encontrada na água pela presença de bicarbonatos de cálcio e magnésio e facilmente removida, ou permanente, não sendo removidas facilmente (MECCA, 2002).

#### 4.2.6 pH

As análises de pH realizadas nos domicílios amostrados demonstram estar esta variável dentro dos limites, tanto na água da torneira da cozinha, após o reservatório de acumulação, quanto para água coletada nos cavaletes das residências.

A Portaria nº 1.469/2000 recomenda que para consumo humano, o pH seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5, sendo ideal principalmente para a ação de desinfecção do cloro na água. Os resultados de pH apresentados nas análises estiveram dentro da faixa estabelecida para padrões de potabilidade.

Na Portaria nº 518/2004, esta variável não teve seu valor alterado, continuando a recomendação que, no sistema de distribuição, seja mantido o pH na faixa de 6,0 a 9,5.

#### 4.2.7 Variáveis microbiológicas

A figura 5 apresenta a porcentagem de contaminação da água de abastecimento nos domicílios, em amostras coletadas no cavalete e na torneira da cozinha.

Do total de amostras analisadas na água dos cavaletes das residências amostradas, 27,7% apresentaram contaminação por coliformes totais, e destes, 7,7%, contaminação por *Escherichia coli*.

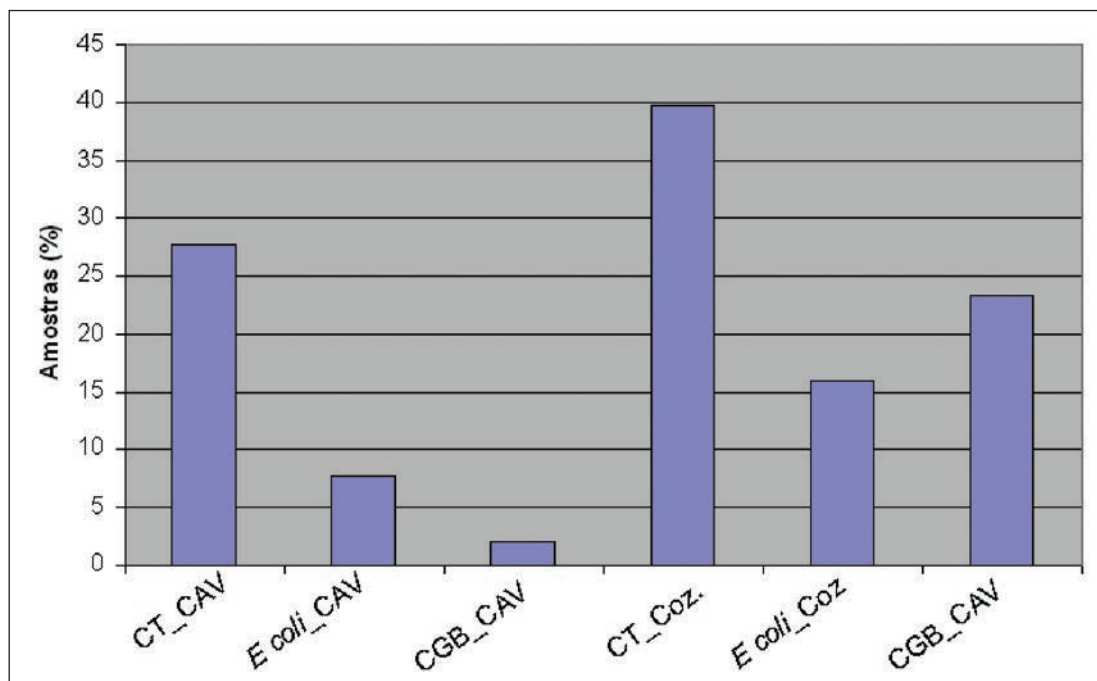
Quanto às análises na água oriunda dos reservatórios de acumulação predial, detectou-se contaminação por coliformes totais em 39,8% das amostras, sendo que deste total, 16% também apresentaram contaminação por *Escherichia coli*.

Estes dados revelam um incremento de 43,7% na contaminação por coliformes totais entre a água do cavalete e da saída do reservatório de acumulação predial (torneira da cozinha). Para a contaminação por *Escherichia coli*, o incremento na contaminação chega a 108,6%.

Um estudo realizado por Moraes et al. (1999), avaliando a qualidade da água da rede de distribuição e de beber em um assentamento periurbano em Salvador, BA, também apontou aumentos significativos na contaminação entre as amostragens destes diferentes pontos de coleta, com valores de 24,4% para coliformes totais e 34,8% para coliformes fecais.

Em atendimento à Portaria nº 518/2004, foi realizada a contagem geral de bactérias heterotróficas em 20% das amostras coletadas, apresentando como resultados para a água dos cavaletes, 2,1%, com valores acima do permissível e na água das torneiras da cozinha, 23,4% superior ao limite máximo.

Figura 5 – Porcentagem de contaminação da água de abastecimento nos domicílios. Amostras coletadas no cavalete e na torneira da cozinha.



Com os resultados obtidos pelas análises, pode-se constatar significativa precariedade na qualidade da água consumida nos domicílios amostrados, devido à detecção de contaminação por coliformes totais, *Escherichia coli* e alguns resultados de Bactérias Heterotróficas com valores acima do permissível, principalmente no que se refere às amostras coletadas na torneira da cozinha.

Os poucos estudos sobre a qualidade da água distribuída e consumida no Brasil apontam para uma precariedade na sua qualidade. Moraes (1990) ao estudar a qualidade bacteriológica da água em nove comunidades da periferia de Salvador entre os meses de dezembro de 1989 a novembro de 1990 demonstrou que 23,86% das amostras coletadas diretamente da rede de distribuição apresentaram coliformes fecais e ao avaliar a água coletada nos recipiente de beber, este percentual subiu para 56,1%, tendo, portanto, um acréscimo de 148,2% de amostras contaminadas.

Ocasionalmente poderíamos associar a contaminação encontrada neste trabalho à falta de limpeza das caixas de água ou precariedade e falhas nos encanamentos das próprias residências, porém devem-se considerar particularidades tais como a intermitência no sistema de distribuição de água, pois entre os domicílios coletados a maioria não estava recebendo água da rede no momento da coleta ou até mesmo resultados positivos de contaminação da água distribuída pela rede, já que a mesma também apresentou alguns resultados positivos de contaminação no cavalete.

Moraes et al. (1999), avaliando a qualidade bacteriológica da água distribuída e consumida pela população de assentamento periurbano da cidade de Salvador entre os anos de 1993 a 1998, antes e depois de intervenções de saneamento ambiental, demonstrou que não houve o impacto positivo esperado, estando a mesma fora dos padrões de potabilidade em todo o período de estudo. Este fato foi atribuído à intermitência do serviço, à manutenção deficiente da rede de água, ao estado precário da rede de esgoto implantada e à suscetibilidade do sistema de distribuição da cidade como um todo.

Lima (2002) também demonstra resultados de possível precariedade da água de consumo do bairro Parque Cuiabá, tanto para água na saída da ETA do referido bairro, quanto para água que chega nos cavaletes, nos reservatórios e bebedouros das residências, porém não apontam possíveis falhas ou proveniência desta contaminação.

Segundo Cerqueira (1999), é comum a ocorrência ocasional de coliformes em água de consumo mesmo com consideráveis índices residuais de cloro. Essas ocorrências podem ser devidas à existência de biofilme formado por películas biológicas retidas nas superfícies das canalizações, causadas principalmente pelos níveis de nutrientes da água, as condições de manutenção de malha, falhas nas unidades de distribuição de água e o acúmulo de partículas sólidas em suspensão (turbidez).

Considerando alguns resultados elevados de turbidez e o nível satisfatório de cloro nas amostras analisadas pode-se associar resultados de contaminação a possível formação de biofilme, já que entre outros parâmetros indicadores de qualidade da água (pH, cor, dureza), as amostras apresentaram-se dentro dos índices de aceitação para consumo humano.

De acordo com Lazcano (1998), nas paredes internas das tubulações das redes de distribuição ocorre o acúmulo de depósitos de precipitados, formação de tubérculos, limo bacteriano e biopelículas, onde cresce livremente bactérias e fungos que ficam resistente à ação bactericida do cloro residual presente na tubulação. As oscilações de vazão no interior da tubulação provocam o desprendimento destes materiais, aumentando a cor, turbidez e o ferro na água e favorecendo o consumo de cloro residual pelas bactérias, que por sua vez são mais resistentes a ação deste desinfetante.

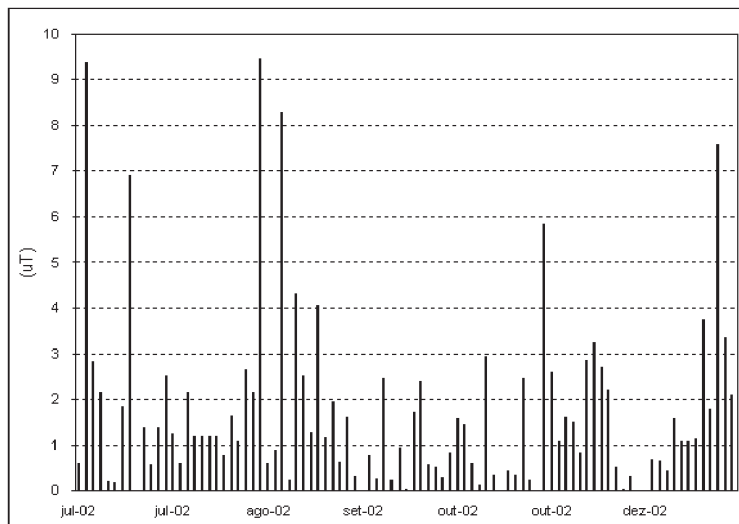
### **4.3 Avaliação da estação de tratamento de água-ETA**

#### **4.3.1 Turbidez**

A turbidez da água tratada vem progressivamente consolidando-se como um dos principais parâmetros na avaliação do desempenho das estações de tratamento, assertiva corroborada pelo novo padrão de potabilidade do Ministério da Saúde. De acordo com a Portaria nº 518/2004, o limite máximo para turbidez na saída da estação de tratamento é 1,0 uT, recomendando enfaticamente valores inferiores a 0,5 uT em 95% das amostras mensais – essencialmente objetivando assegurar o êxito das etapas de clarificação na remoção física e da desinfecção na inativação de patógenos mais resistentes.

Com relação à variável turbidez na água distribuída pela ETA, observamos que no primeiro período do ano de 2002, não eram realizadas as determinações desta variável na água da saída da ETA, que passaram a ser realizadas somente após reunião com os responsáveis técnicos pela operação da mesma, ocasião em que foi enfatizada a necessidade de acompanhamento diário, em atendimento à Portaria. A figura 6 expõe que o limite de 5 uT é superado pelo menos uma vez em todos os meses.

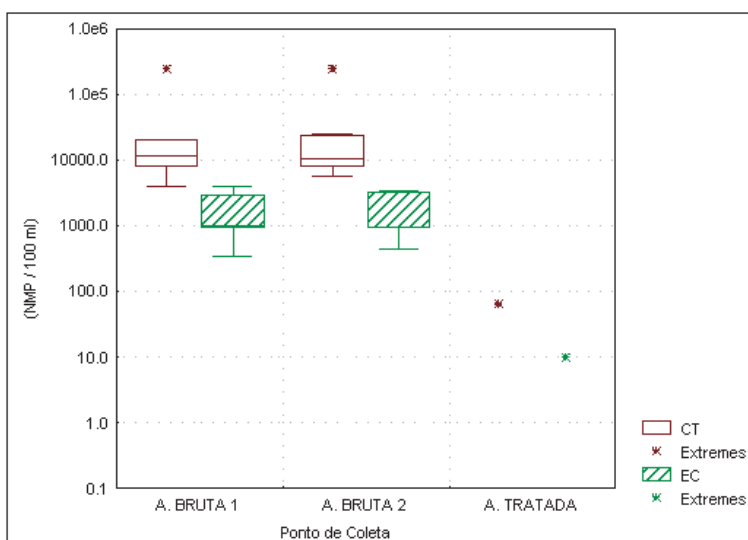
Figura 6 – Turbidez da água tratada na saída da ETA Parque Cuiabá (Julho até Dezembro 2002, n=91).



#### 4.3.2 Variáveis microbiológicas

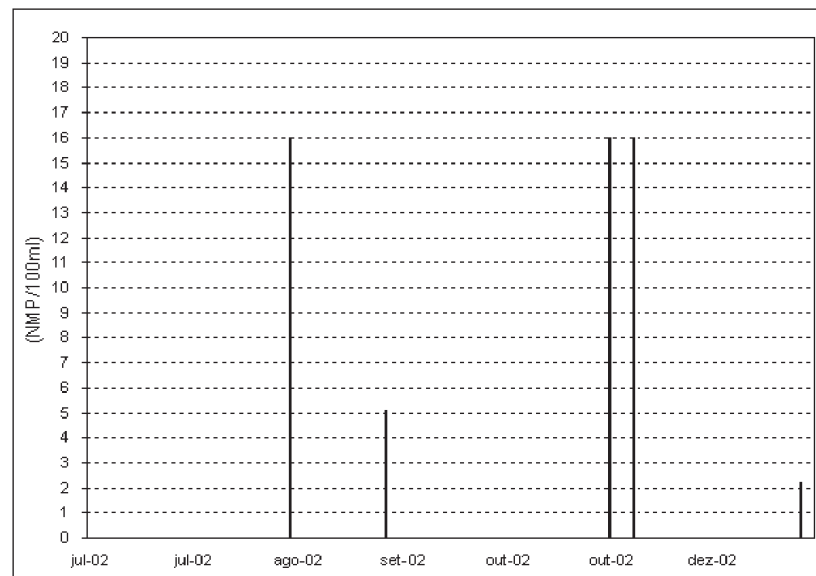
Os resultados das amostras coletadas na Estação de Tratamento de Água do bairro Parque Cuiabá demonstram uma alta contaminação por coliformes da água bruta, valores que excedem os limites estabelecidos pela Resolução Conama nº 20/1986 para rios de classe II. Ocasionalmente houve registros de contaminação também na água tratada, como mostra a figura 7.

Figura 7 – Dados bacteriológicos da estação de tratamento de água.



A figura 8 mostra uma série temporal fornecida pela agência de Saneamento da Capital, dos meses de julho até dezembro de 2002, na qual esta exigência foi extrapolada em um único mês (outubro). Salienta-se que a regularidade da amostragem, no período observado é inconsistente (o mês de novembro somente teve um total de 13 coletas), fato hoje corrigido por orientação de membros do projeto.

Figura 8 – NMP/100 mL de coliformes totais de água tratada na saída da ETA, Parque Cuiabá (julho até dezembro 2002, n=91).



#### 4.4 Poço profundo da companhia de água da capital (Sanecap)

Durante as campanhas de campo para coletas de água na ETA Parque Cuiabá, a equipe não teve acesso ao poço artesiano, que encontrava-se lacrado e com acesso restrito aos funcionários da ETA. A qualidade da água do poço não era monitorada sistematicamente pela Companhia de Água e Saneamento da Capital. Entretanto, esta forneceu, a pedido deste projeto, um laudo de uma análise da água do poço, evidenciando a contaminação microbiológica.

Cabe ressaltar que durante o período de coletas na ETA, o poço estava em atividade, sendo sua água misturada à água tratada proveniente da ETA em um reservatório para distribuição.

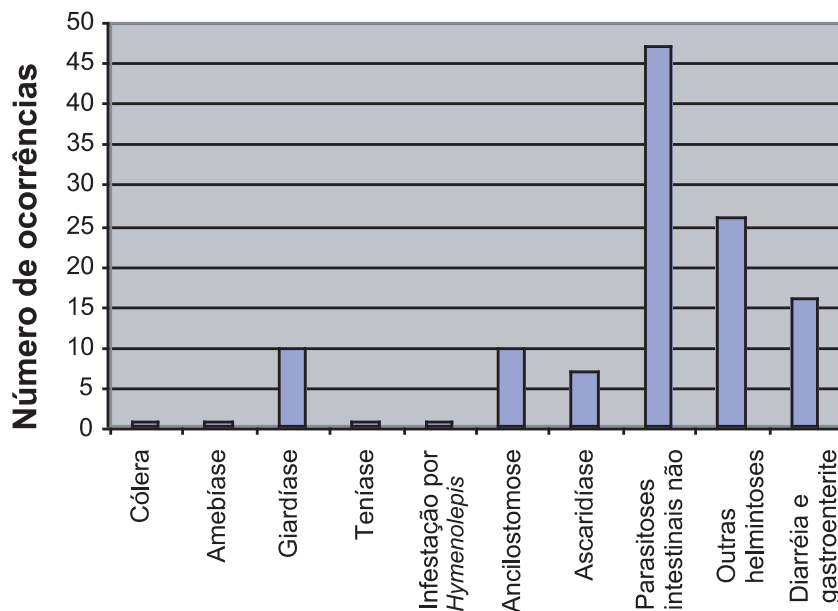
Após a obtenção dos primeiros resultados das análises de qualidade da água distribuída no bairro e da saída da ETA, houve uma reunião com a equipe da Companhia de Água e Saneamento da Capital para repasse e discussão dos resultados parciais, que culminou na desativação do poço artesiano em outubro de 2002, conforme ofício.

O efeito da mistura de água de diferentes fontes, tais como uma combinação de poços, fontes superficiais ou ambos, como é o caso do Parque Cuiabá, onde a água de poço é misturada à água tratada para ser distribuída, pode influenciar muito a qualidade da água na rede. A irregularidade do abastecimento na rede de uma determinada área urbana pode também modificar a qualidade da água tratada com a introdução de agentes patogênicos na rede de distribuição (BARCELOS et al., 1998).

#### 4.5 Levantamento epidemiológico

A figura 9 mostra a ocorrência de problemas de saúde potencialmente relacionados com a qualidade da água, conforme Posto de Saúde do bairro.

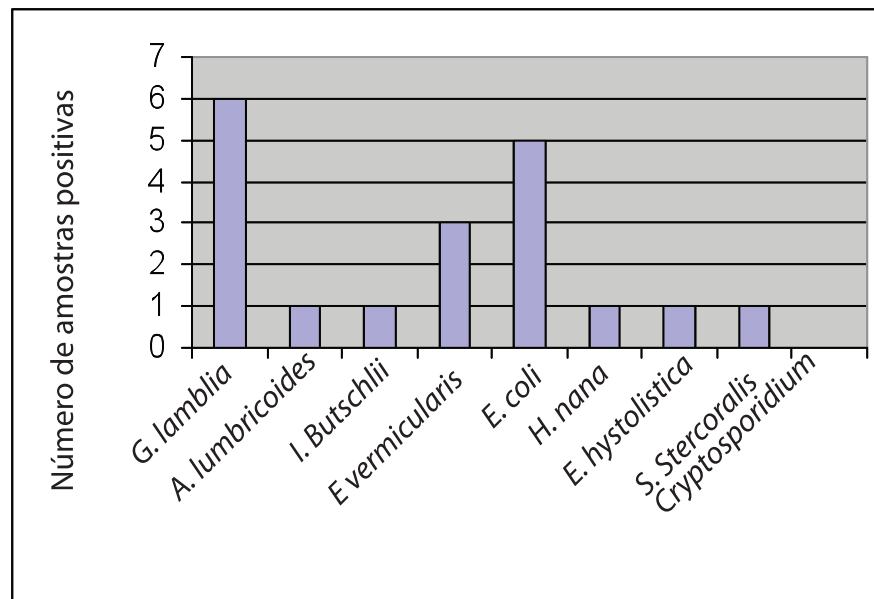
Figura 9 – Ocorrências de problemas de saúde potencialmente relacionados com a qualidade da água; Parque Cuiabá, 1/1/2002 até 31/12/2002 (Fusc, 2002).





As análises parasitológicas realizadas apontam uma maior ocorrência de giardíase. A presença de oocistos de *Cryptosporidium* não foi detectada nas amostras de fezes analisadas (figura 10).

Figura 10 – Ocorrências de parasitoses intestinais em crianças dos domicílios amostrados (n=39).



Comparando com os resultados obtidos por diferentes autores pode-se observar que as maiores freqüências do parasitas *Giardia sp* são comuns. Ludwig et al. (1999) estudando a correlação entre condições de saneamento básico e parasitoses intestinais na população de Assis, estado de São Paulo encontrou a maior porcentagem de *Giardia intestinalis* (8,7%), seguida por *Ascaris lumbricoides* (5,5%) e *Trichuris trichiura* (2,4%). Dados dos postos de atendimento sanitário de Vila Marialves, entre os anos de 1990 a 1992, apresentam freqüências de: *G. intestinalis* (17%), *A. lumbricoides* (13,1%) e *T. trichiura* (5,9%) (LUDWIG et al., 1999).

Considerando-se o fato das formas de transmissão da *Giardia* decorrerem, particularmente, da água contaminada, é forte a evidência de que as ocorrências estejam associadas à má qualidade da água de consumo.

De acordo com Feachem (1977), a proporção da redução de doenças relacionadas com a água, tais como a shigelose, a amebíase e teníase são de cerca de 50% com a implantação de sistemas de abastecimento de água. Já as ascaridíases se reduzem em cerca de 40% e as esquistossomoses em 60%.

Esrey et al. (1986) afirma que onde a incidência de diarreia é alta, a coleta de esgotos desempenha um papel mais importante do que o abastecimento de água. De acordo com o autor, as helmintíases estão relacionadas principalmente com a falta de tratamento de esgotos.

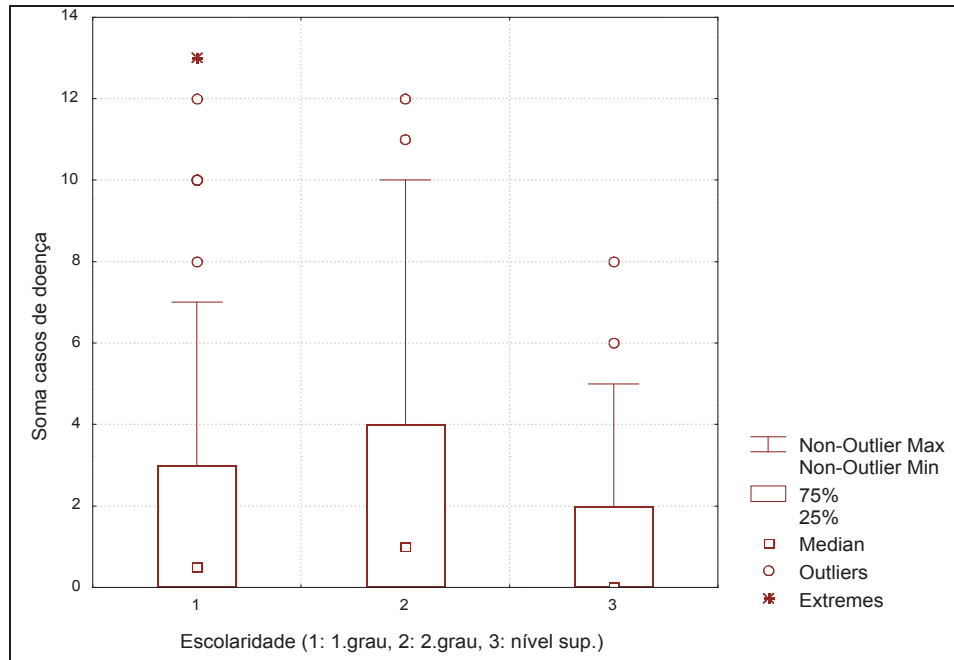
#### **4.6 Relação entre variáveis socioeconômicas e ambientais e as variáveis epidemiológicas e qualidade da água por enquête**

O estado de saúde de uma população pode estar relacionado às condições materiais e sociais do ambiente no qual esta população está inserida. Quando se trata da manutenção da saúde do indivíduo é comum relacioná-la à qualidade do ambiente, sendo isto justificado pelo fato de doenças infecto-parasitárias serem frequentemente observadas em ambientes favoráveis às rotas de contaminação dos indivíduos (SALES, 2001).

#### **4.7 Relação entre nível de escolaridade e sintomas associados a doenças de veiculação hídrica**

A figura 11 apresenta o nível de escolaridade e a relação entre as reclamações de sintomas associados às doenças de veiculação hídrica. As medianas demonstram que as pessoas com nível de escolaridade mais elevado reclamaram de um menor número de sintomas.

Figura 11 – Nível de escolaridade – reclamações de sintomas associados a doenças de veiculação hídrica.

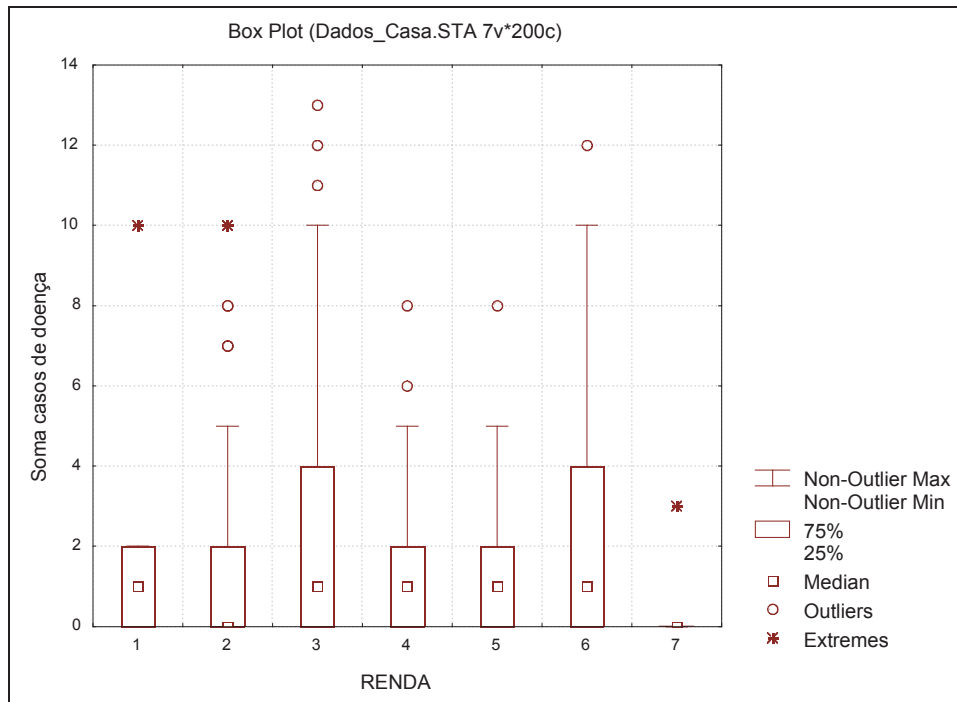


De fato, nível de escolaridade e indicadores econômicos são fatores preponderantes para a busca de melhor qualidade de vida, já que tais condições permitem maior conhecimento e acesso a fatores que facilitam e qualificam esta busca.

#### 4.8 Relação entre renda e sintomas associados a doenças de veiculação hídrica

Como se observa na figura 12, não há uma nítida associação entre renda familiar e sintomas de doenças de veiculação hídrica, tendo sido observadas, em geral, maiores medianas de ocorrência de sintomas de doenças de veiculação hídrica entre as classes com melhores rendimentos familiares (entre 4 e 6 salários mínimos).

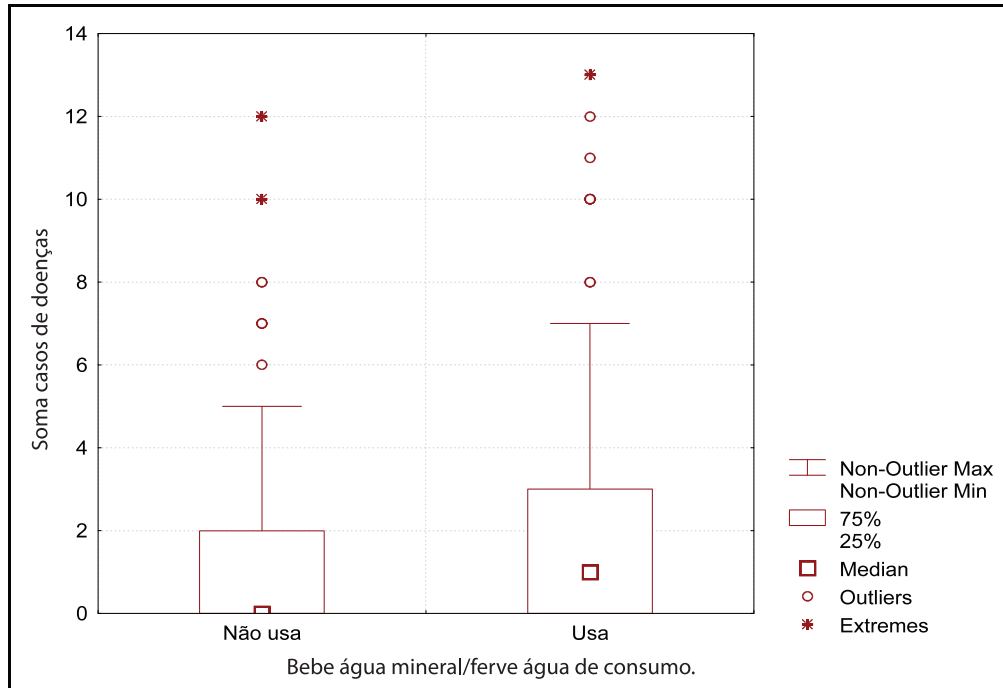
Figura 12 – Relações entre renda e reclamações de sintomas associados a doenças de veiculação hídrica.



#### 4.9 Relação entre tipo de água consumida e sintomas associados a doenças de veiculação hídrica

A figura 13 compara as relações entre reclamações de sintomas associados a doenças de veiculação hídrica entre os entrevistados que consomem ou não água mineral.

Figura 13 – Casos de reclamações de sintomas associados a doenças de veiculação hídrica entre os entrevistados que consomem ou não água mineral.



Segundo a OMS (1999), há uma relação direta entre saneamento e saúde e a água constitui o principal elo nesta interdependência. De várias maneiras, a água pode afetar a saúde humana: seja por ingestão direta ou na preparação de alimento, ou pelo seu uso na higiene pessoal ou na agricultura, indústria ou lazer.

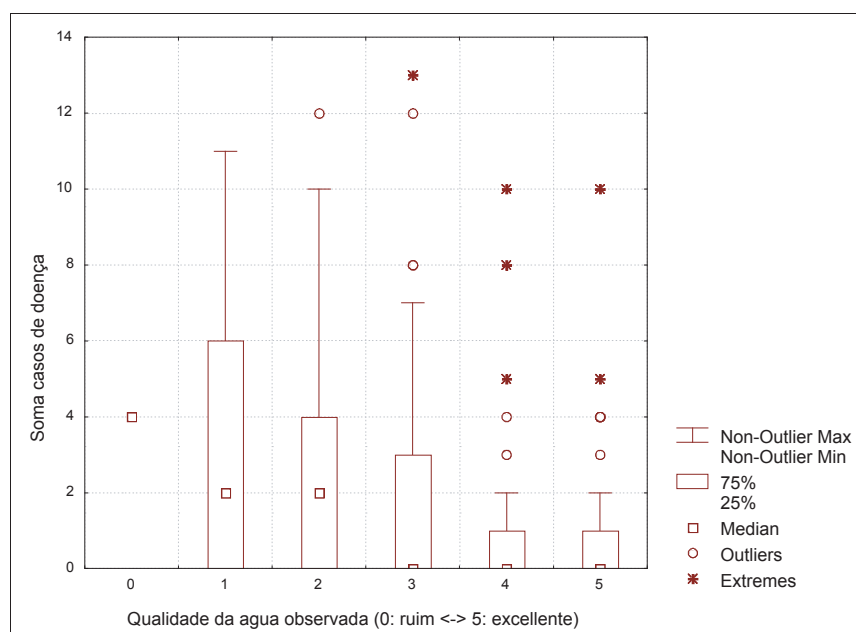
As análises dos dados do inquérito sanitário demonstraram que entre o grupo de moradores entrevistados que consomem água mineral/fervida há maiores reclamações em relação a ocorrência de sintomas associados a doenças de veiculação hídrica, subentendendo-se que a ocorrência destes sintomas pode estar sendo influenciada por outras formas de utilização da água e/ou a contaminação estar ocorrendo em outros locais (escola ou trabalho).

## 4.10 Relações entre qualidade da água e sintomas associados a doenças de veiculação hídrica

A figura 14 apresenta as relações entre a qualidade da água observada pelos moradores, extraída através de questionamentos sobre características organolépticas e físico-químicas facilmente observáveis e sintomas relacionados com doenças de veiculação hídrica.

Observa-se que as reclamações de um maior número de sintomas ocorreram associadas à pior qualidade da água observada pelos moradores, decrescendo à medida que uma melhor qualidade de água foi observada.

Figura 14 – Relações entre a qualidade da água observada e sintomas associados a doenças de veiculação hídrica.



## 4.11 Relações entre variáveis socioeconômicas e ambientais e a qualidade da água analisada

A tabela 2 apresenta relações entre características de qualidade da água com fatores socioeconômicos, resultados dos dados obtidos pela enquete, análises da qualidade da água consumida pelos entrevistados, dados epidemiológicos e a correlação destes fatores.

Tabela 2 – Resultados de testes de significância das regressões logísticas simples para avaliação das relações entre qualidade de água e fatores socioeconômicos obtidos pela enquete.

Origem	Correlação	Escolaridade	Renda familiar	Padrão de construção	Número de quartos	Proteção de reservatório	Higiene e limpeza do reservatório	Higiene do filtro de água potável	Higiene da água	Tipos proteção do reservatório	Distância das casas/ETA	Altitude
E	duas ou mais alterações na qualidade da água	0,9396	0,4165	***0,0039	***0,0002	**0,086	***0,018	0,953	0,8374	0,3503	0,5569	0,662
E	Doenças relacionadas a crianças	0,3977	0,2709	0,7197	0,2494	0,6957	0,3357	0,7822	1,00	0,8094	*0,1285	0,2829
E	Doenças relacionadas a adultos	0,1922	0,2073	0,7019	*0,1177	0,5422	0,6038	0,8399	0,7796	0,7709	0,9097	0,696
E	Doenças relacionadas total	0,6728	0,6193	0,9268	0,596	***0,0368	0,4091	0,177	0,2867	0,4517	0,208	0,3499
A	Coliformes totais, casas com uma ou mais coletas positivas na cozinha	0,1865	0,7538	0,7758	0,695	*0,1250	0,8837	0,2827	0,2299	0,4039	0,6831	0,923
A	EC, casas com uma ou mais coletas positivas na cozinha	0,443	0,7119	0,6118	0,0754	0,3587	0,2100	0,8515	0,4300	**0,0687	0,9315	0,961
A	EC, casas com uma ou mais coletas positivas no cavalete	0,6168	0,9017	0,8698	0,4651	0,2283	0,2251	0,9808	*0,1021	0,9569	0,2671	**0,0570
A	Coliformes total, casas com 1 ou mais coleta positivas no cavalete	0,9810	0,7857	0,4289	***0,0135	0,7898	0,2674	01,00	0,3226	0,2433	0,1590	0,1943
A	Turbidez maior que cinco na cozinha/total	0,8712	**0,0634	**0,0967	0,1631	0,1896	0,7176	0,6546	***0,0059	**0,0546	***0,040	***0,0015
A	Turbidez maior que cinco no cavalete/total	0,2411	0,5702	**0,0556	0,5821	0,7890	0,4108	0,5663	0,4058	0,5188	0,6543	0,8379

**Legenda**

Alta significância \*\*\* (p<0,05)

Significativo

\*\* (p<0,10)

Pouco significativo

\* (>0,15)

Origem/enquete

E

Origem/analises

A

Para que se possam relacionar tais características é necessário primeiramente avaliarmos o conceito de saúde, estudar questões ambientais relacionadas com a desordenação urbana, condições de moradia e as causas e efeitos do desenvolvimento econômico. A OMS (1999), em estudo realizado, enfoca tais questões e afirma que as mesmas tendem a piorar em países com disponibilidades inadequadas de hábitat.

A relação entre dados obtidos pela enquete e avaliação da qualidade da água, obtida pelos modelos de regressão logística, revela que há possibilidades de fatores como o hábitat e hábitos higiênicos interferirem de fato nas reclamações quanto a alterações na qualidade da água, além de possivelmente estarem associadas a sintomas de doenças de veiculação hídrica, e o índice de contaminação por coliformes nas residências.

Obtiveram-se relações altamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre as alterações de qualidade da água observadas pelos habitantes e o padrão de construção, número de quartos e a rotina de higiene e limpeza nas casas (tabela 2). A falta de proteção dos reservatórios de água aumenta, no bairro estudado, significativamente a ocorrência de sintomas associados a doenças de veiculação hídrica.

Os casos positivos de contaminação com coliformes totais e *Escherichia coli* parecem ter relação com os fatores explanatórios “Número de quartos” e “Proteção dos reservatórios” e rotinas de higiene e proteção.

Fatores como a turbidez elevada que possivelmente implicam na qualidade da água, demonstram estar associados aos hábitos higiênicos e até mesmo à renda familiar ou aos padrões de construção das casas.

Como já foram discutidos neste estudo, outros indicadores socioeconômicos, como o nível de escolaridade, de fato aparenta não influenciar em fatores que indiquem estar afetando a saúde e o bem-estar dos moradores entrevistados. Pode-se supor, para este resultado que a população, mesmo com renda ou/e escolaridade mais baixa estão, de certa forma, cientes da importância de água de boa qualidade para a saúde humana. É importante ressaltar neste contexto, que toda população entrevistada no bairro, mesmo com certas diferenças no nível social, pode ser considerada classe média.

Estes resultados sugerem também que os problemas de qualidade de água constatados podem ser relacionados com fatores adicionais tais como diferenças locais no estado da rede de abastecimento, ou com a altitude e a distância das casas em relação a ETA, esses últimos fatores importantes para a intermitência no abastecimento no bairro e conseqüentes infiltrações na rede de abastecimento (pressão negativa).

Estudos realizados por Heller (1997), permitem mostrar que intervenções em abastecimento de água e esgotamento sanitário realmente provocam impactos em indicadores de saúde, porém ressalta que ainda mostra-se necessário o aprofunda-



mento dessa compreensão para situações particularizadas, em termos da natureza das intervenções, do indicador medido e das características socioeconômicas e culturais da população estudada.

Ludwig et al. (1999), estudando a correlação entre condições de saneamento básico e parasitoses intestinais na população de Assis, estado de São Paulo concluiu que no período analisado houve uma tendência para queda na prevalência das parasitoses intestinais, que coincidiu com o aumento das ligações de água e esgoto em todas as regiões da cidade de Assis, evidenciando portanto uma relação inversa entre a prevalência de exames positivos e a população atendida por ligações de água e esgoto.

Sendo assim, os dados tais como se apresentam, permitiram mostrar uma realidade que possivelmente poderia estar implicando em impactos na qualidade de vida dos moradores do bairro estudado.

## **4.12 Sistema de informação geográfica**

### **4.12.1 Elaboração de dados espaciais básicos**

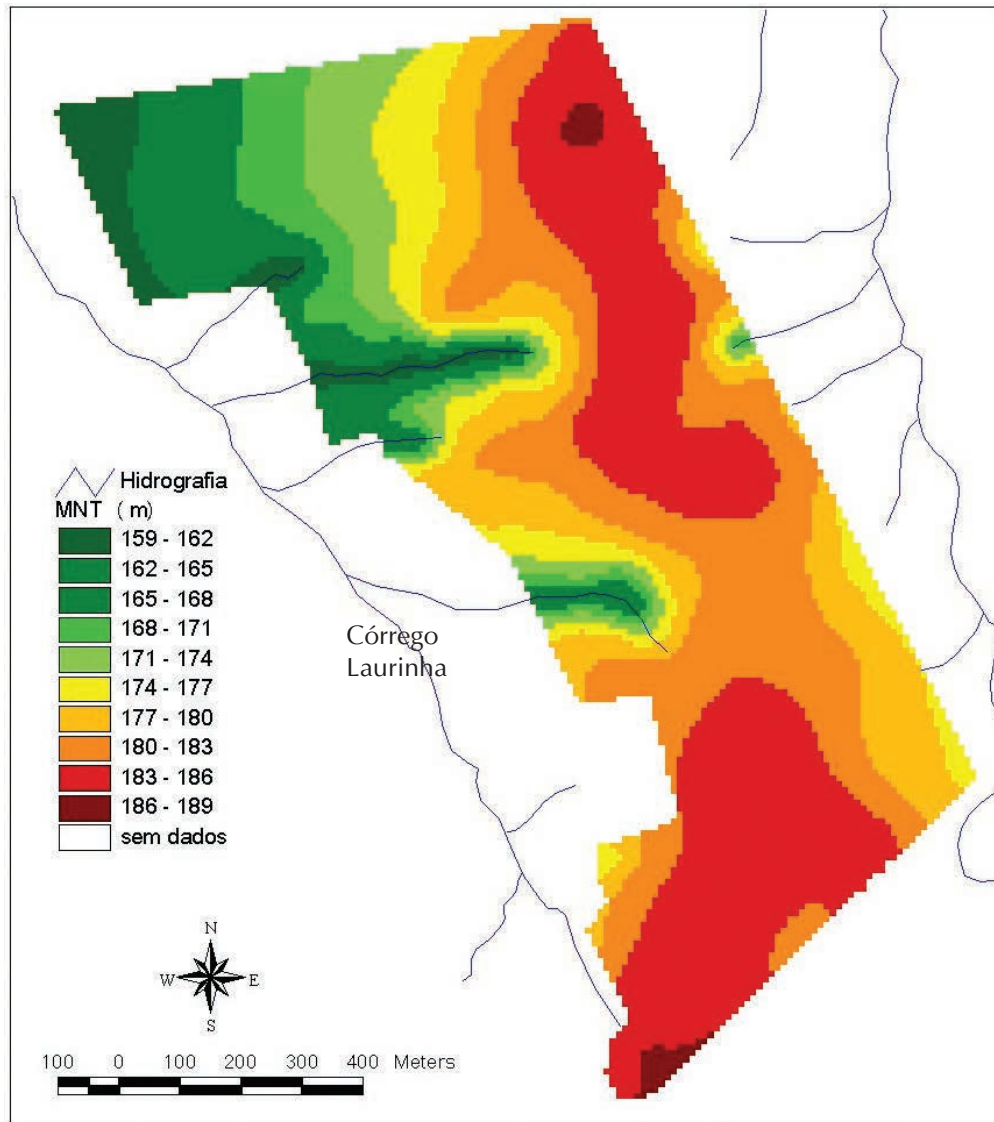
Foi confeccionado, com base em um mosaico georreferenciado das fotografias aéreas da escala 1:8.000 (IPDU, 2000) um mapeamento de uso e ocupação de solo no bairro. A figura 15 mostra o mosaico sobreposto com a divisão do bairro para direcionar os grupos de trabalho de campo (entrevistas, coletas...) e os polígonos dos diversos usos encontrados. O mapeamento foi utilizado para a análise de eventuais relações do uso e ocupação com a ocorrência de doenças de veiculação hídrica e se afirmativo como plano de informação para um mapeamento de risco.

Figura 15 – Elaboração de dados espaciais básicos – Mapeamento do uso e ocupação do solo a partir de um mosaico de fotos aéreas.



A figura 16 mostra o modelo numérico de terreno (MNT), gerado a partir das curvas de nível, pontos cotados e rede hidrográfica, extraídas do cadastro técnico da escala 1:2.000 da Sanecap. As áreas mais baixas se encontram na parte ocidental do bairro. As nascentes do perímetro do bairro desagüam em direção ao córrego Lavrinha, afluente direito do Rio Cuiabá.

Figura 16 – Elaboração de dados espaciais básicos – Modelo numérico de terreno (MNT) a partir da interpolação das curvas de nível dos cadastros da Sane-cap (equidistância de 5 m).

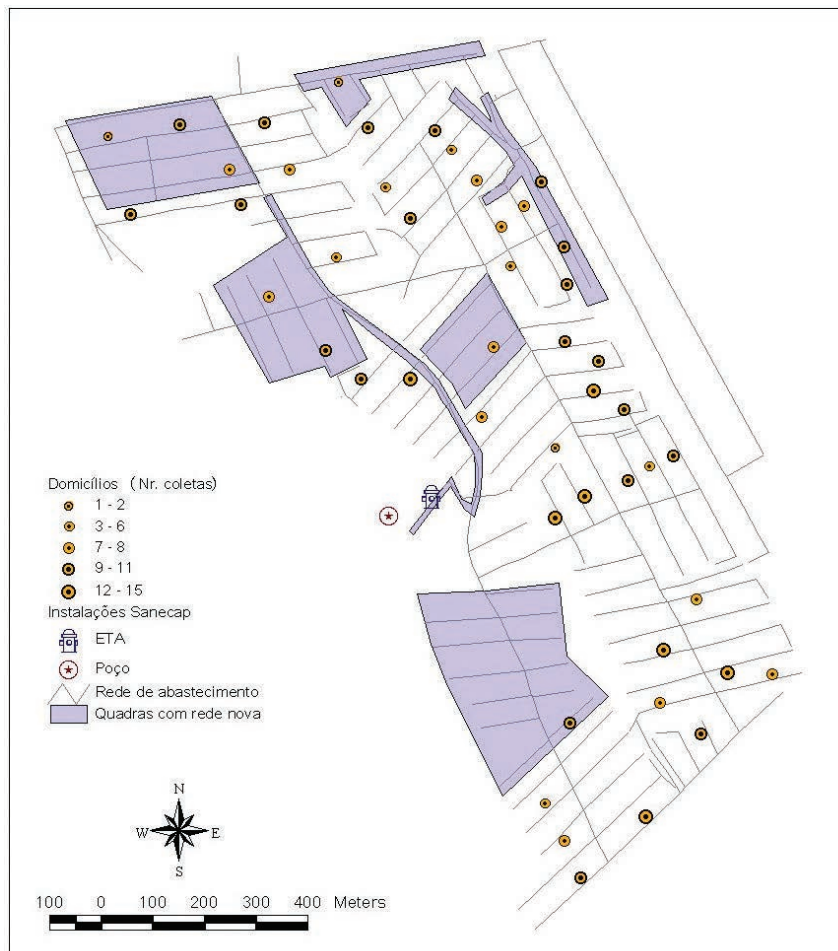


A rede de abastecimento de água foi digitalizada a partir das plantas cadastrais 1:10.000, obtidas junto à Companhia de Saneamento da Capital – Sanecap. Inclui uma classificação da rede conforme o seu estado de conservação, com ano base de 2001/2002. Não puderam ser obtidas, entretanto, plantas cadastrais da rede de esgotamento. Como mencionado, na maior parte das áreas com rede ainda não renovada, as linhas de abastecimento e esgotamento encontram-se instaladas na mesma vala.



A figura 17 mostra, em síntese, a rede de abastecimento que é alimentada pela ETA na parte ocidental do bairro. O poço ao lado da ETA foi responsável, até 2002, por cerca de 5% do total da água captada para consumo no bairro.

Figura 17 – Elaboração de dados espaciais básicos – Rede de abastecimento, quadras com rede renovada (até 2002) e domicílios escalonados conforme números de coletas (cavelete e cozinha).



Hoje o abastecimento é garantido 100% pela captação “Parque Cuiabá” localizada nas margens do Rio Cuiabá, cerca de 2 km ao nordeste da ETA. O mapa temático também inclui os domicílios amostrados durante monitoramento de qualidade de água, cujo símbolo é escalonado conforme número de coletas efetuadas (somatório das coletas nos caveletes e torneira na cozinha).

### 4.13 Modelos de regressão binária simples

Em seguida, são apresentados os resultados das regressões logísticas simples (RL), desenvolvidas para avaliação de relações de variáveis socioeconômico-ambientais com fatores na qualidade de água e incidência de doenças de veiculação hídrica. Foram considerados na elaboração dos modelos de previsão somente fatores com níveis de significância abaixo de 0,10 nos modelos simples.

### 4.14 Modelos de regressão binária múltipla

Em seguida, são apresentados resultados das regressões logísticas múltiplas (RL), desenvolvidas para as estimativas das probabilidades da ocorrência de valores de turbidez (cozinha) e *Escherichia coli* (cozinha) acima dos limites da Portaria nº 518/2004 (Ministério da Saúde). Ambos os modelos foram desenvolvidos para amostras coletadas nas cozinhas dos domicílios, local no qual foram obtidas amostragens superiores as dos cavaletes.

Em seguida é apresentado também modelo de RL para estimativa da probabilidade da ocorrência de parasitas intestinais nas crianças do bairro.

As tabelas 3 e 4 mostram a classificação e as variáveis para a equação da regressão logística para a relação entre os casos de turbidez acima dos limites da Portaria nº 518/2004, determinados para as amostras dos cavaletes das casas e as variáveis explanatórias “Distância”, “Padrão de construção” e “Altitude”.

Observa-se uma porcentagem geral de previsão correta de 89,6%. O modelo, entretanto estima, com um valor de “cut” de 0,5, de forma mais confiável os casos de um limite de turbidez extrapolado (figura 18). A variável “Altitude” é significativa em um intervalo de confiança de 95%, as variáveis “Distância” e “Padrão de construção” somente em um intervalo de confiança de 90% (tabela 4).

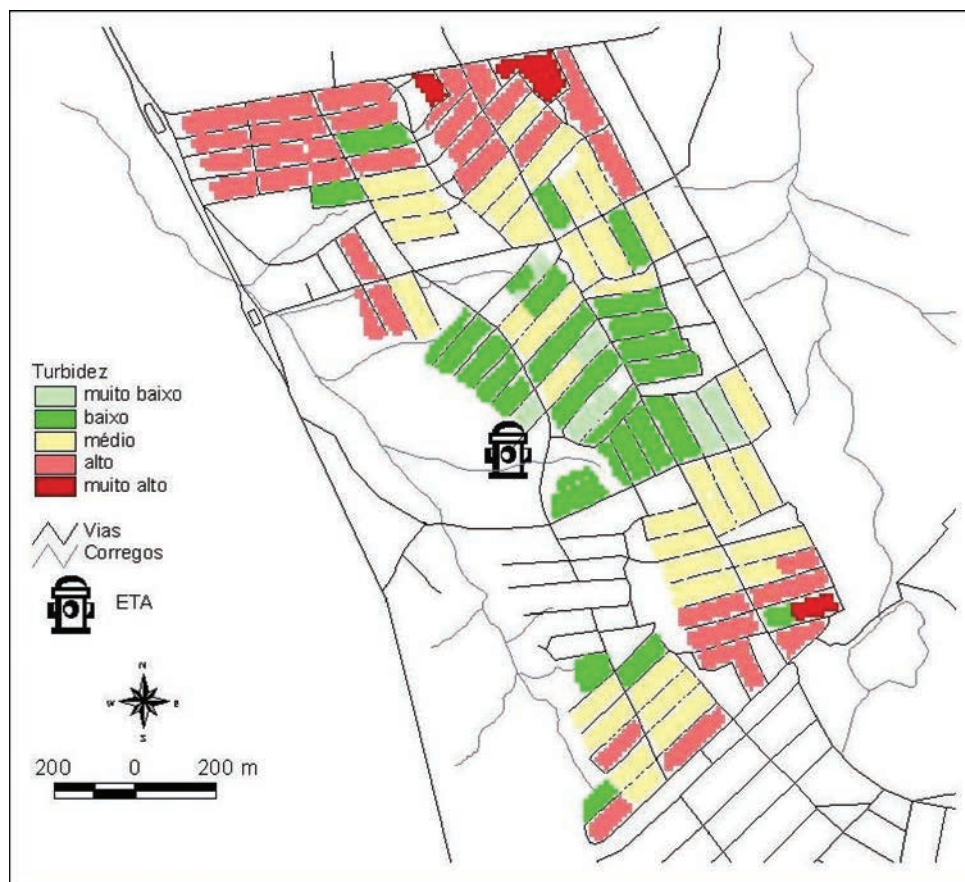
Tabela 3 – Classificação dos casos de Turbidez acima dos limites da Portaria nº 518/2004 a partir do modelo de RL.

	Observado	Estimado		Porcentagem correta
		Turbidez 0	Turbidez 1	
Turbidez 0	0	2	4	33,3
Turbidez 1	1	1	41	97,6
Porcentagem geral				89,6

Tabela 4 – Variáveis do modelo de RL para estimativa da probabilidade de alterações da turbidez (cozinha dos domicílios) acima dos limites da Portaria nº 518/2004 a partir do modelo de RL.

	B	S.E.	Wald	Df	Sig.	Exp (B)
Distância	,002	,002	1,986	1	,097	1,002
Padrão_const	-2,697	1,525	3,130	1	,077	,067
Altitude	,186	,080	5,370	1	,020	1,204
Constante	-20,814	13,400	2,413	1	,120	,000

Figura 18 – Estimativa das probabilidades de alterações da turbidez acima do limite permitido.



As tabelas 5 e 6 mostram a classificação e as variáveis para a equação da regressão logística para a relação entre os casos de contaminação da água de consumo com *E. coli* (coletas cozinha) e as variáveis explanatórias “Práticas de proteção” e “Número de quartos”. A figura 19 ilustra o resultado da modelagem. Obteve-se uma porcentagem geral de previsão correta de 93,8%. O modelo estima, com um valor de “cut” de 0,5, de forma mais confiável os casos negativos (100,0%) do que os casos positivos (33,3%).

As variáveis explanatórias são significativas somente em um intervalo de confiança de 90% (tabela 7).

Figura 19 – Estimativa das probabilidades de alterações da *Escherichia coli* acima do limite permissível.

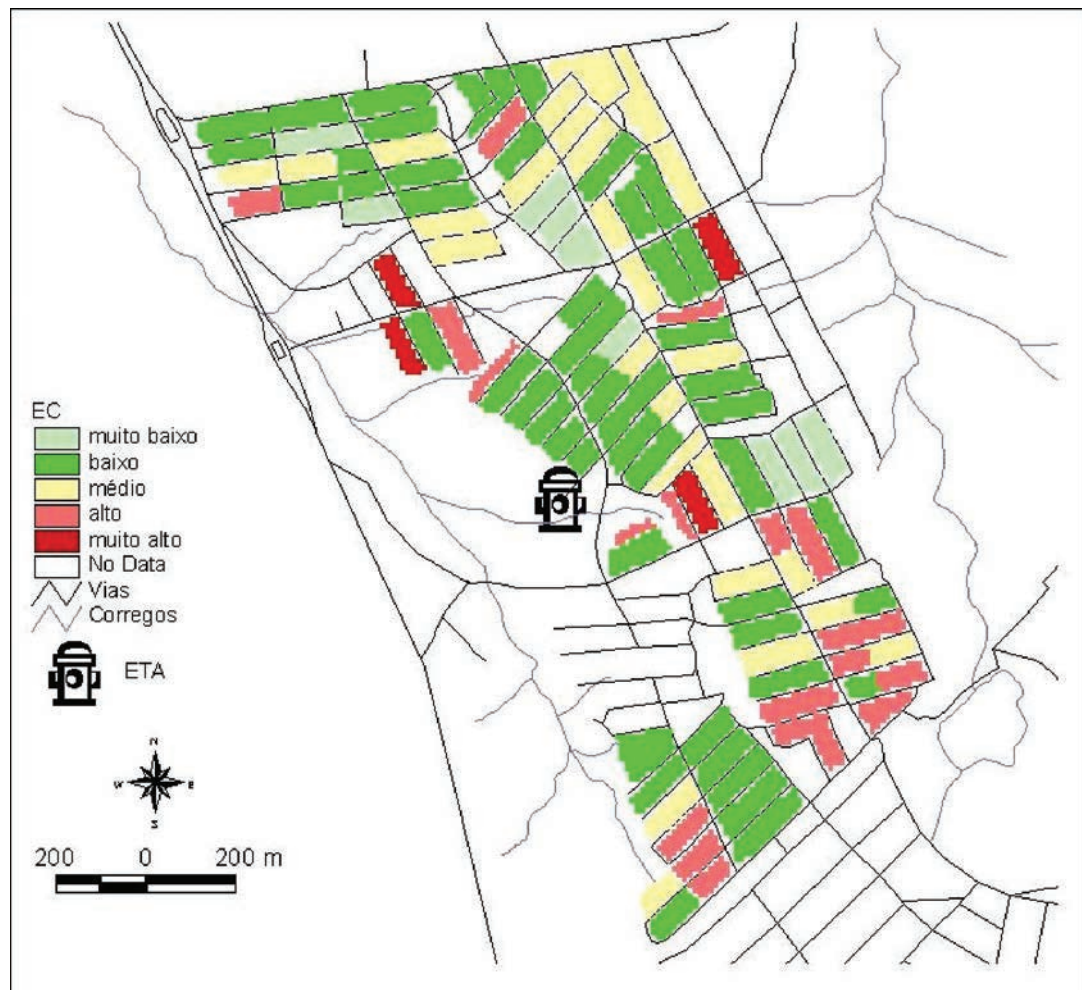


Tabela 5 – Classificação dos casos de contaminação com *Escherichia coli* na cozinha dos domicílios a partir do modelo de RL.

	Estimado			Porcentagem correta
	<i>E.coli_cozinha</i>			
Observado	0	1		
<i>E.coli_cozinha</i>	0	39	0	100,0
	1	6	3	33,3
Porcentagem geral				93,8

Tabela 6 – Variáveis do modelo de RL para estimativa da probabilidade de contaminação com *E. coli* na cozinha dos domicílios a partir do modelo de RL.

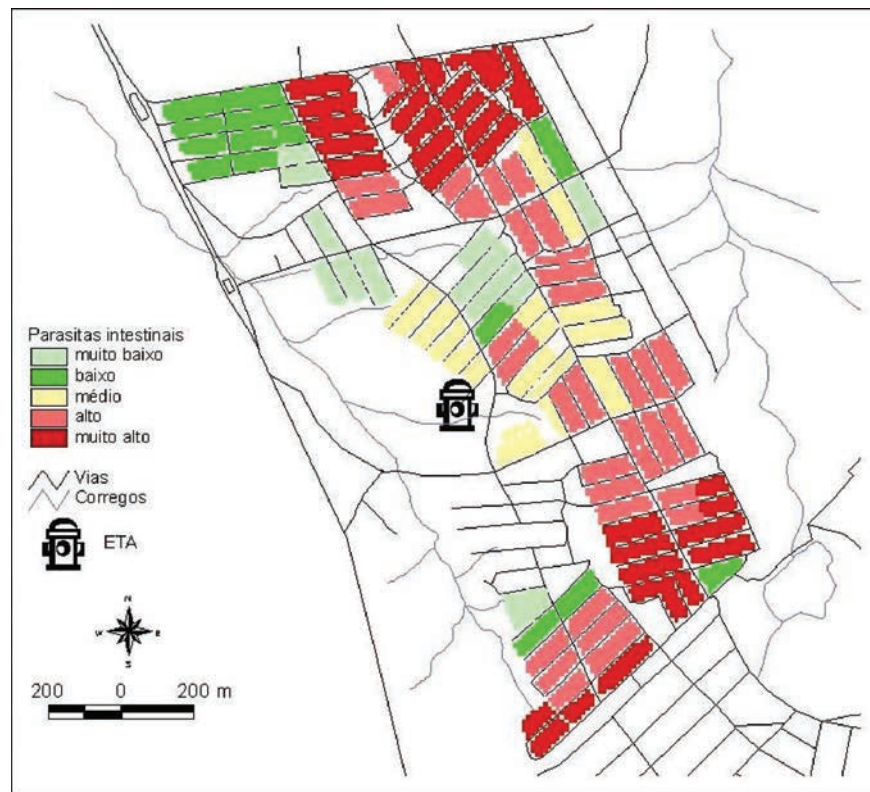
	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp (B)
Nº de quartos	,845	,658	1,652	1	,0909	2,329
Proteção	-,857	,584	2,158	1	,0842	,424
Constante	-1,721	2,539	,459	1	,298	,179

Os resultados indicam que eventuais contaminações da água de consumo com *Escherichia coli* não podem ser associados a fatores ambientais ou infra-estruturais. Elas ocorrem em função de fatores como tamanho da casa (padrão socioeconômico) e práticas de higiene. Conseqüentemente, como exposto na figura 20, a distribuição espacial não possui gradientes nítidos no espaço. Os valores simulados, associados aos domicílios possuem índice de morad abaixo de 0,05.

A tabela 7 mostra a classificação e as variáveis para a equação da regressão logística para a relação entre os casos de parasitas intestinais encontrados nas análises de fezes de crianças do bairro e as variáveis explanatórias “Distância” e “Rede nova”. A figura 20 mostra a modelagem espacial onde se obteve uma porcentagem geral de previsão correta de 74,0%.



Figura 20 – Modelação espacial da probabilidade de casos positivos de parasitoses intestinais em crianças a partir do modelo de RL.



O modelo estima, com um valor de corte de 0,5, de forma mais confiável os casos negativos (88,9%) do que os casos positivos (35,7%).

A variável “Rede nova” é significativa em um intervalo de confiança de 95%, a variável “Distância” somente em um intervalo de confiança de 90% (tabela 8).

Tabela 7 – Classificação dos casos positivos e negativos de parasitoses intestinais em crianças do bairro a partir do modelo de RL.

	Estimado			
	Parasitas	0	1	Porcentagem correta
Observado		0	1	
Parasitas	0	32	4	88,9
	1	9	5	35,7
Porcentagem geral				74,0

Tabela 8 – Variáveis do modelo de RL para estimativa da probabilidade de casos positivos e negativos de parasitoses intestinais em crianças do bairro a partir do modelo de RL.

	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp (B)
Distância	,002	,002	1,986	1	,097	1,002
Rede nova	-2,220	1,108	4,016	1	,045	,109
Constante	-2,340	1,359	2,964	1	,085	,096

\*Variáveis consideradas: Distância casa – ETA, rede de abastecimento renovada.

## 5 Conclusões

Este trabalho mostrou que, a despeito dos problemas relativos à periodicidade de coleta e número reduzido de amostras para avaliação de algumas variáveis, os resultados obtidos fornecem um quadro da qualidade da água consumida na área de estudo nos períodos analisados. Os resultados das análises de qualidade de água nos domicílios mostram que há contaminação no bairro estudado.

A elevada porcentagem de amostras com cloro residual igual a zero na rede de distribuição, e, mais ainda, na água armazenada nas caixas, indicam a existência de problemas de manutenção e operação da rede de distribuição e das próprias caixas d'água.

A contaminação encontrada nas amostras de água das residências pode estar relacionada à intermitência na distribuição associada à pressão negativa na rede, a formação de biofilme e o desprendimento destes associados à ausência de cloro nos reservatórios de acumulação predial, a falta de limpeza das caixas de água ou precariedade e falhas nos encanamentos das próprias residências.

O número limitado de análises coprológicas realizadas deveu-se a pouca cooperação por parte das mães, encarregadas de coletar o material das crianças para análise. Embora tenha sido feito um trabalho de esclarecimento sobre a importância da pesquisa para a melhoria da saúde quando da aplicação do questionário, este parece ter sido insuficiente para sensibilizar e envolver a comunidade para uma participação mais ativa. Este comportamento de descaso evidencia a falta de educação sanitária e a importância deste componente nos processos para a melhoria da saúde na comunidade estudada.

Os valores acima do que se preconiza na Portaria nº 518/2004 (Brasil, 2004), tanto para variáveis microbiológicas quanto para físico-químicos, colocam a população consumidora exposta a diversos riscos para a saúde, como: doenças de veiculação hídrica com relação à qualidade microbiológica.

O risco à saúde da população seria diminuído se, em primeiro lugar, a regularidade do suprimento de água potável e a manutenção do sistema de distribuição fossem melhoradas.

As regressões logísticas obtidas mostram que as relações entre fatores externos e alterações de qualidade de água e sintomas de doenças de veiculação hídrica são complexas. Supomos que a frequência das amostragens de qualidade de água deve ser aumentada para garantir a obtenção de modelos empíricos altamente significativos.

Técnicas de Geoprocessamento podem ser aplicadas de forma eficiente para subsidiar e estender os resultados de análises de regressão logística: Técnicas de análise espacial podem fornecer entradas adicionais para a análise estatística (em nosso caso planos de informação da elevação e da distância entre os domicílios e estações de tratamento). A extrapolação espacial pode subsidiar o reconhecimento de riscos de saúde nos seus contextos espaciais, subsidiando o planejamento ambiental e de infraestrutura como também a implantação de instalações de saúde pública.

O desenvolvimento deste projeto desencadeou um processo de melhoria no controle de qualidade da água distribuída pela ETA do bairro estudado, que passou a realizar sistematicamente análises de variáveis importantes após reunião com a equipe do projeto. A conclusão de uma monografia do curso de Engenharia Sanitária e Ambiental sobre a eficiência da remoção de coliformes totais e *Escherichia coli* pela estação de tratamento de água do bairro Parque Cuiabá, subsidiada por este projeto, proporcionou um diagnóstico das condições de operação e suas principais falhas. O referido trabalho constituiu uma importante ferramenta para a correção dos problemas apontados e melhoria do sistema em geral.

## 6 Referências bibliográficas

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Microbiological Examination of Water. In: **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 20. ed. Washington: APHA, 1998.
- BARCELLOS, C.; COUTINHO, K.; PINA, M. F.; MAGALHÃES, M. M. A. E.; PAOLA, J. C. M. D.; SANTOS, S. M. Inter-relacionamento de dados ambientais e de saúde: análise de riscos à saúde aplicada ao abastecimento de água no Rio de Janeiro utilizando Sistemas de Informações Geográficas. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 14, p. 597-605, 1998.

BATALHA, B. L.; PARLATORE, A. C. **Controle de qualidade da água para consumo humano, bases conceituais e operacionais**. São Paulo: Cetesb, 1996.

BRANCO, S. M. Água, meio ambiente e saúde. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (org.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras, 1999. p. 227-247.

BRANCO, S. M. Caracterização e alterações da qualidade da água. In: PORTO, R. S. S. (org.). **Hidrologia ambiental**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo; Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1991.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria n.º 1469**, de 29 de dezembro de 2000. Normas e padrões de potabilidade das águas destinadas ao consumo humano. Brasília (DF): MS, 2000.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria n.º 518**, de 25 de março de 2004. Normas e padrões de potabilidade das águas destinadas ao consumo humano. Brasília (DF): MS, 2004.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria n.º 36**, de 19 de janeiro de 1990. Normas e padrões de potabilidade de água destinada ao consumo humano. Brasília (DF): MS, 1990.

BRASIL. Resolução CONAMA n.º 20, de 18 de junho de 1986. Estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas. **Diário Oficial da União [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 1986. Seção 1. p.11-356.

CERQUEIRA, D. A. Coliformes como critério da qualidade da água de consumo. Retrospectivas e perspectivas. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 3, 1999.

ESREY, A. S.; HABICH, J. P. Epidemiologic evidence for health benefits from improves water and sanitation in developing countries. **Epidemiol Rev.**, v. 8, p. 117-128, 1986.

FEACHEM, R. G. A. **Water wastes and health in hot climates**. London: John Wiley and Sons, 1977.

MATO GROSSO. Fundação Secretaria Municipal de Saúde. Prefeitura Municipal de Cuiabá. Secretaria Municipal de Saúde. Coordenadoria de Planejamento. **Número de Ocorrência de Doenças por CLD - 10 Período de 01/01/2002 a 31/12/2002, Distrito Sanitário Sul/ Unidade de Saúde: Centro de Saúde Parque Cuiabá, 2002**. Cuiabá, 2002.

HELLER, L. Estado-da-arte da investigação epidemiológica na área de saneamento. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 1, p. 176-189, 1997.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Dados sobre domicílios no Estado do Rio de Janeiro**. Anuário Estatístico do Brasil, v. 54. Rio de Janeiro: IBGE, 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 2001**. Rio de Janeiro: IBGE, 2002.

INSTITUTO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO URBANO. Diretoria de Tecnologia da Informação – DTI. **Dados Demográficos**. Rio de Janeiro: IPDU, 2000.

INSTITUTO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO URBANO. Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Urbano. Diretoria de Tecnologia da Informação – DTI. **Dados Demográficos**. Rio de Janeiro: IPDU; 1996.

LAZCANO, C. A. Fallas y problemas de la desinfeccion urbana para el Simposio sobre Calidad de Água: desinfeccion efectiva. In: SIMPÓSIO REGIONAL SOBRE CALIDAD DEL ÁGUA: DESINFECCION EFECTIVA, 1998. **Anais...** OPS, 1999.

LIMA, W. X. **Avaliação da qualidade da água de abastecimento para consumo no Bairro Parque Cuiabá**. 2002. Trabalho de Conclusão de Curso - Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2002.

LORA, E. E. S. **Preservação e controle da poluição nos setores energéticos, industriais e de transporte**. Brasília: ANEL, 2000.

LUDWIG, K. M.; FREI, F.; ALVARES FILHO, F. et al. Correlação entre condições de saneamento básico e parasitoses intestinais na população de Assis, Estado de São Paulo. **Rev. Soc. Bras. Med. Trop.**, v. 32, n. 5, p. 547-555, set./out. 1999.

MECCA, M. J. **Fatores intervenientes na gestão da qualidade da água tratada em ETAs localizadas na Bacia do Rio Cuiabá**. 2002. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COOPE, 2002.

MORAES S. L.; BORJA, P. C.; TOSTA, C. S. Qualidade de água da rede de distribuição e de beber em assentamento periurbano: estudo de caso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 20., 1999, Rio de Janeiro, RJ. **Anais...** Rio de Janeiro: ABES, 1999. p. 1462–1473.

MORAES, L. R. S. **Qualidade bacteriológica da água em nove comunidades pauperizadas de Salvador**. Salvador: DHS/UFBA, 1990.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Guias para a qualidade da água potável**. Recomendações. 2. ed. Genebra: OMS, 1999. v. 1.

PAFFENBARGER Jr., R. S. Contributions of epidemiology to exercise science and cardiovascular health. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 20, n. 5, p. 426-438, 1988.

PEDRAZZANI, E. S.; MELLO, A.; PRIPAS, S.; FUCCI, M.; BARBOSA, C. A. A.; SANTORO M. C. M. Helminthoses intestinais. II - Prevalência e correlação com renda, tamanho da família, anemia e estado nutricional. **Revista de Saúde Pública**, v. 22, p. 384-389, 1988.

RICHTER, C. A.; AZEVEDO NETTO, J. M. **Tratamento de água, tecnologia atualizada**. São Paulo: Edgard Blucher, 1991.

SALATA, E.; CORRÊA, F. M. A.; SOGAYAR, R.; SOGAYAR, M. I. L.; BARBOSA, M. A. Inquérito parasitológico na Cecap - Distrito-sede de Botucatu, Estado de São Paulo, Brasil. **Revista de Saúde Pública**, v. 6, p. 385-392, 1972.

SALES, A. T. C. **Salubridade das habitações e suas relações com os aspectos construtivos em uma comunidade do semi-árido de Sergipe**. 2001. Mestrado (Dissertação em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Núcleo de Pós Graduação e Estudos do Semi-árido, PRODEMA, Universidade Federal de Sergipe, Aracajú, 2001.

SHIMADA, P. Algumas considerações sobre qualidade da água da rede pública domiciliar em Cuiabá. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 15.; 1989; Belém, PA. **Anais...** Belém: ABES, 1989.

SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade da água e ao tratamento de esgotos.** 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

VINHA, C.; MARTINS, M. R. S. Parasitoses intestinais entre escolares. **Jornal de Pediatria**, v. 50, p. 79-84, 1981.

# Pesquisa-ação no Distrito de Iauaretê do Município de São Gabriel da Cachoeira/AM: Proposta de Melhorias Sanitárias e de Hábitos

Maria Cecília Focesi Pelicioni (Coordenadora), Aristides Almeida Rocha, Leandro Luiz Giatti, Leonardo Rios, Luciana Pranzetti Barreira, Luciane Viero Mutti, Renata Ferraz de Toledo, Silvana Audrá Cutolo, Geraldo Juncal Junior.

Proponente e Executora: Faculdade de Saúde Pública/Universidade de São Paulo (FSP/USP)

## Resumo

Iauaretê é um Distrito do município de São Gabriel da Cachoeira a noroeste do estado do Amazonas, com elevada concentração populacional no interior de terra indígena, resultando profundas modificações no modo de vida tradicional. Essa situação tem exposto a população a inúmeros agravos à saúde em virtude das precárias condições de disposição de dejetos humanos e resíduos sólidos e pelo consumo de água contaminada. O objetivo geral da pesquisa foi identificar os principais problemas sanitários e socioambientais enfrentados pelos moradores locais e as questões culturais que influem nesse processo, além de promover intervenções educacionais adaptadas à realidade sociocultural e elaborar proposta de melhorias sanitárias aplicáveis ao Distrito de Iauaretê, envolvendo as questões de esgotos sanitários, abastecimento de água e disposição de resíduos sólidos. O método de pesquisa utilizado foi a pesquisa-ação com participação direta dos atores envolvidos na problemática em todas as etapas do processo. Foram realizadas quatro visitas de campo e aplicados diversos instrumentos de pesquisa em reuniões comunitárias, como questionários, entrevistas, observação participante, mapas-falantes e painel integrado de fotos. O diagnóstico socioambiental constituiu-se de estudos sobre a disposição de resíduos sólidos, localização, amostragem e análise de água de consumo humano, coleta e análise de amostras de solo, hábitos de vida, alimentação entre outros. Todos esses locais foram georreferenciados por meio de sistema de informações geográficas. Foram analisados também dados de um inquérito parasitológico. O levantamento da realidade permitiu propor algumas melhorias sanitárias. O método da pesquisa-ação, além de possibilitar a identificação de importantes informações relacionadas à saúde e ao meio ambiente, na interpretação dos indígenas, subsidiou o diagnóstico

ambiental. Quanto aos resultados, destacou-se o conhecimento sobre transmissão de doenças como malária, diarreias e verminoses e sobre a relação de causa e efeito de agravos no tocante à inexistência de saneamento. Quanto às análises das amostras de água, 89,2% apresentaram coliformes fecais. Os resíduos sólidos encontrados em uma área caracterizada como um lixão, contendo também resíduos de serviços de saúde, estavam dispersos no ambiente de forma inadequada. Nas amostras de solo foram identificados parasitos (em 64% destas), entre os quais cistos de protozoários, larvas e ovos de helmintos. Apesar de os indígenas demonstrarem reconhecer situações de causa e efeito de doenças pela falta de saneamento e apresentarem o desejo por melhorias sanitárias, não estavam aptos no momento para realizá-las. Apenas a oferta de infra-estrutura não será suficiente para garantir a saúde e a qualidade de vida da população. Faz-se necessário, portanto, o desenvolvimento de um processo educativo paralelamente à implantação de melhorias estruturais visando à sustentabilidade destas. Espera-se que os resultados dessa pesquisa e os processos de intervenção pertinentes possam contribuir para a melhoria das condições de saúde e, conseqüentemente, de vida da população.

**Palavras-chave:** pesquisa-ação; saúde ambiental; saúde indígena; educação em saúde; saneamento.



## Abstract

Iauaretê is São Gabriel da Cachoeira's county at the Northwestern part of the State of Amazonas, which presents a great population concentration dwelling inside Indigenous land. This fact has resulted in heavy changes being brought about on their traditional way of life. This situation has exposed the population to countless health problems due to conditions of solid waste and human excretes disposal, as the consumption of contaminated water. In addition to identifying the main sanitation and social-environmental problems, the local dwellers have to face, as well as the cultural issues influencing this process, were promoted educational actions adapted to the social-cultural reality, and prepared a proposal regarding sanitation improvements applicable to Iauaretê District, encompassing issues on sanitary sewage, water supply and solid waste disposal. The method adopted on this research was the participatory action with the participation of those involved with the problems throughout every step of the process. Four field visits were carried out, and several research tools, such as questionnaires, interviews, participating observation, talk-maps and photo-integrated map were applied in community meetings. The social environmental diagnosis comprised studies about solid waste disposal, location, human consumption water sampling and analysis, soil sample collection and analysis, life style and nutrition. All these sites were geo-referred to by means of a geographic information system. Parasitological data from excretes samples were analysed. A survey was still undertaken for gathering sanitation improvement proposals. The research method of participatory action, in addition to allowing to identify important information related to health and environment, as seen by the indigenous, also subsidized the environmental diagnosis. Their knowledge stood out on the transmission of diseases such as malaria, diarrhoea, and virus diseases as well as on what was related to the disease's cause and effect concerning the non-existence of sanitation. Relating to water sample analyses, 89.2% presented faecal coliforms. Solid wastes were found in an area similar to refuse dumps, with the presence of wastes from the health care service and dispersed in the environment in an inappropriate way. Regarding to the soil samples 64% of them presented parasites, among which protozoan cysts, helminth larvae and eggs. Despite the indigenous has demonstrated to recognise the cause and effect situations of diseases because of lack sanitation, as well as showing the desire for sanitary improvements, they are not able to achieve this. It became clear that just the offer of infra-structure won't be sufficient to warrant the population's health and life quality. Hence, the development of an educational process concomitantly to the implementation of structural improvements aiming their sustainability becomes necessary. It is expected that with the findings from this survey and its pertaining intervention processes we may be able to contribute for the bettering of the population's health, consequently improving life conditions.

**Keywords:** participatory action research; environmental research, indigenous health; education on health and sanitation.

## 1 Introdução

O presente estudo foi realizado na sede do distrito de Iauaretê, localizada no interior da Terra Indígena Alto Rio Negro, a noroeste do estado do Amazonas, fronteira com a Colômbia, na confluência dos rios Papuri e Waupés. Esta sede constitui o segundo maior pólo populacional do município de São Gabriel da Cachoeira, destacando-se por elevada concentração populacional em termos de terras indígenas, gerando significativo processo de transformação de padrão disperso e ribeirinho para núcleo de feições urbanas.

Possui 440 domicílios e uma população de 2.706 habitantes, que está distribuída em 10 vilas/comunidades (sete na margem esquerda do rio Waupés e três na margem direita – figura 7), de acordo com levantamento realizado em novembro de 2004, por profissionais de saúde do Pólo-base de Iauaretê, do Distrito Sanitário Especial Indígena do Alto Rio Negro – Dsei. No local há indicação de existirem representantes de 15 etnias, sendo a maioria de origem Tariano ou Tukano. O crescimento populacional deste núcleo pode ser constatado por meio de distintos levantamentos realizados em 1975, 1982, 1992 e 2002, quando foram encontrados 408, 542, 1.147 e 2.659 habitantes, respectivamente (ANDRELLO, 2004).

Ressalta-se que elevada concentração populacional em áreas sem saneamento resulta em processos de degradação socioambiental, aumentando a exposição a riscos e afetando a saúde humana, pois a disposição inadequada de esgotos domésticos provoca a contaminação microbiana do solo e dos cursos d'água, oferecendo riscos à saúde pública, principalmente quanto à disseminação de doenças de veiculação hídrica (ROUQUAYROL et al., 1999).

No caso de áreas indígenas, escopo deste trabalho, Santos & Coimbra (2003), afirmam que esses povos no Brasil possuem um complexo e dinâmico quadro de saúde, diretamente relacionado a processos históricos de mudanças sociais, econômicas e ambientais aliadas à expansão de frentes demográficas e econômicas da sociedade nacional nas diversas regiões do país. Atualmente, verifica-se a emergência de atender aos desafios relacionados à saúde dos povos indígenas, em consequência de doenças crônicas não-transmissíveis, doenças transmissíveis e da contaminação ambiental, entre outros, a que estão sujeitos. Os autores ressaltam que o perfil epidemiológico desses grupos é muito pouco conhecido, o que decorre da exigüidade de investigações, da ausência de inquéritos e censos, bem como da precariedade de informações sobre morbidade e mortalidade.

## 2 Objetivos

### 2.1 Geral

Identificar problemas sanitários e socioambientais relevantes que interferem diretamente na saúde e na qualidade de vida da comunidade estudada, visando mudanças de hábitos e a elaboração de uma proposta para construção de melhorias sanitárias, levando em conta as questões culturais que influem no ambiente construído, os recursos existentes e aspectos funcionais que atendem às necessidades e características dos povos indígenas.

### 2.2 Específicos

Identificar as representações, percepções e hábitos da comunidade quanto à saúde, doença, saneamento, meio ambiente, bem como os principais problemas sanitários locais e anseios da comunidade.

Desenvolver um processo de construção de conhecimentos em saúde pública e ambiental unindo saber popular local e conhecimento científico norteador da problemática e de suas respectivas soluções.

Identificar alternativas viáveis e adequadas para o abastecimento de água, para a disposição de dejetos humanos e de resíduos sólidos que sejam adaptadas à cultura local, visando interromper ciclos de transmissão de doenças infecciosas.

Identificar possíveis mudanças de hábitos quanto ao preparo e armazenamento de alimentos e mudanças de hábitos de higiene corporal e ambiental capazes de interromper ciclos de transmissão de doenças infecciosas, respeitando a cultura local.

Elaborar proposta de projeto para melhorias socioambientais envolvendo as questões de saneamento: relacionadas a esgotos sanitários, abastecimento de água e coleta e disposição de resíduos sólidos aplicáveis ao Distrito de Iauaretê, e ao mesmo tempo reforçando comportamentos saudáveis que possam contribuir a melhoria da qualidade de vida de todas as comunidades.

### 3 Metodologia

A metodologia utilizada nesse trabalho, a pesquisa-ação, é definida por Thiollet (2000, p.14) como *“um tipo de pesquisa social com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo”*.

Efetivou-se, principalmente, por meio de reuniões comunitárias realizadas com a participação dos indígenas habitantes locais e de profissionais de distintas áreas, envolvidos no projeto como um todo, nas quais todos tanto ofereceram quanto receberam subsídios, legitimando premissas da prática de pesquisa-ação. Esses encontros constituíram importantes momentos de discussão de conteúdos interdisciplinares, identificação de demandas e necessidades da sociedade local e de interesses para adequação das etapas de trabalho, tendo beneficiado a população não só com os resultados da pesquisa, mas também durante o desenvolvimento de seu processo, o que é próprio da pesquisa-ação.

Os procedimentos metodológicos adotados envolveram etapas de diagnóstico situacional, diagnóstico socioambiental, análise e discussão dos resultados obtidos e intervenções educacionais. É importante ressaltar que essas etapas foram inteiramente interligadas, ocorrendo durante o mesmo período de tempo em um processo em que as ações demandaram pesquisas e as pesquisas foram fundamentadas pelas ações.

Foram realizadas quatro visitas de campo (março, maio e julho de 2005, e maio de 2006), nas quais, os procedimentos metodológicos, embora sempre em acordo com o projeto inicial, foram evoluindo e se adequando com relação à realidade local identificada. Distintas técnicas interdisciplinares de pesquisa foram desenvolvidas no sentido de contemplar o levantamento de dados pertinentes, como a observação participante, a aplicação de questionários, realização de entrevistas, construção de mapas-falantes e de painéis de fotos, estudos sobre a disposição de resíduos sólidos, qualidade das fontes de água utilizadas pelos indígenas, contaminação do solo por ovos ou cistos de parasitos intestinais, além de inquérito parasitológico e georreferenciamento de informações obtidas em campo, compondo mapas temáticos elucidativos. Da mesma maneira, distintas ações foram programadas e executadas de acordo com demandas da sociedade local, como a realização de cursos sobre resíduos sólidos e sobre alimentos.

Procurou-se ainda, por meio de constantes avaliações, verificar se o processo estava propiciando respostas para o fenômeno observado, se os envolvidos estavam

motivados e se a pesquisa-ação estava caminhando para a obtenção da autonomia e fortalecimento dos indígenas enquanto pessoas e enquanto grupo.

Os questionários/formulários foram aplicados na primeira visita de campo, com auxílio dos Agentes Indígenas de Saúde (AIS) de cada uma das 10 comunidades, e preenchidos com o auxílio dos pesquisadores, objetivando levantar informações populacionais, sobre as habitações e ocorrência de doenças. Também nesta visita a Iauaretê, as entrevistas realizadas, em um total de 20, forneceram informações e interpretações dos indígenas quanto à saúde, doença, causas e tratamento de enfermidades, nutrição e saneamento básico. Foram selecionados para respondê-las dois indígenas de cada vila (de ambos os sexos e idades entre 20 e 60 anos) entre os participantes das reuniões comunitárias, com exceção da Vila Fátima, onde por dificuldades com o idioma Hupda, realizou-se apenas uma entrevista, e da Vila São Miguel onde foram feitas três. A escolha do número de entrevistas baseou-se na reincidência das informações obtidas, prevista por Minayo (2004) como uma das formas de definir uma amostragem em pesquisa qualitativa.

Nas reuniões comunitárias empregou-se a técnica de construção de mapas-falantes, com o intuito de representar graficamente uma situação da realidade comunitária, com a participação e elaboração coletiva de pessoas interessadas em conhecer e resolver problemas identificados. Recomenda-se a aplicação dessa técnica, quando se deseja a participação da população na realização do diagnóstico de determinada situação, com o envolvimento na formulação de planos e programas de ações, visando mudar a situação diagnosticada (SES, 1993).

Aplicou-se esta técnica em cada uma das dez vilas de Iauaretê, em dois momentos distintos: o primeiro, objetivou-se a identificação dos principais problemas socioambientais e de saúde pública na opinião dos indígenas moradores locais, sendo realizada na primeira visita de campo; o segundo, objetivou-se identificar anseios e sonhos da população para o futuro de Iauaretê, bem como incentivar a mobilização para ações práticas, necessidade sentida em atividades anteriores, e realizada na terceira visita de campo.

Ainda com o intuito de identificar a percepção da problemática pelos indígenas, complementando os questionários, entrevistas e mapas-falantes, solicitou-se a alguns moradores por vila que fotografassem aspectos do ambiente e de práticas cotidianas que julgassem influenciar negativamente a saúde da população. Os filmes fotográficos realizados por eles foram então revelados e as fotos utilizadas na segunda visita de campo na construção de painéis para identificação de causas e soluções para aqueles problemas por eles diagnosticados.

Nestas ocasiões, também foram verificados, por meio de observação participante (MALINOWSKI, 1984), os locais, a composição e as reais condições de disposição dos

resíduos sólidos. Foram observados ainda, o comportamento e as práticas sanitárias da população, tanto nas roças quanto nos domicílios, em relação à produção, ao provisão e à preparação dos alimentos.

Quanto às fontes de água, efetuou-se análise microbiológica em 35 amostras coletadas no mês de maio e em 30 amostras coletadas no mês de julho, no ano de 2005, de acordo com as fontes de captação de água disponíveis em cada um desses momentos. Foi utilizada a metodologia Colilert (APHA, 2000) em amostras de 100 mL coletadas em saco plástico estéril contendo EDTA, ao qual era adicionado substrato cromogênico ONPG-MUG. O material era incubado em estufa microbiológica a 36 °C, durante 24 horas e depois se procedia a leitura com lâmpada ultravioleta para o diagnóstico da presença ou ausência de coliformes totais e *Escherichia coli* (coliformes termotolerantes).

No georreferenciamento, foi utilizado um GPS Garmin ETREX Vista, com precisão média de 10 metros, para o mapeamento das ruas, da hidrografia, dos locais de disposição dos resíduos sólidos e da coleta de amostras de água. A digitalização ocorreu por meio do programa Cartalinx. As demais feições foram digitalizadas manualmente no programa pela introdução de pontos com coordenadas X e Y (XY INPUT). Os pontos foram previamente registrados no GPS e anotados durante as coletas de amostras de água. Posteriormente, foi elaborado um sistema de informações geográficas (SIG) permitindo o mapeamento das vilas, locais de disposição de resíduos sólidos e locais de amostragem da água. Essas informações geraram mapas temáticos que auxiliaram a interpretação dos demais resultados. Para tanto foi utilizado o programa Idrisi.

Foi realizado um inquérito coparasitológico no mês de maio de 2005 por parte do Dsei do Alto Rio Negro, com apoio da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo e do Centro de Pesquisa Leônidas e Maria Deane – Fiocruz / Amazônia, para verificar a prevalência de parasitos intestinais na comunidade. Considerou-se para a composição deste indicador tanto os helmintos e protozoários parasitos, quanto os comensais, tais como *E. coli*, *E. nana* e *I. butschlii*. Um cálculo amostral tomando por referência a população local de 2.700 habitantes e uma margem de erro de 5%, indicaria a necessidade de se efetuar 336 amostras para exames parasitológicos fecais. Considerando-se algumas dificuldades no sentido de aplicar a metodologia de inquérito parasitológico na área de estudo, por se mesclarem localmente dificuldades logísticas, culturais e de mobilidade populacional, incidindo em problemas na distribuição de amostras, localização de moradores e adesão dos mesmos ao inquérito, optou-se pela distribuição de frascos para coleta em número superior ao N amostral acima indicado.

Desse modo, inicialmente foram distribuídos 1.450 frascos de coleta pelos agentes indígenas de saúde, em duas etapas, de maneira proporcional ao número de habitantes de cada vila. Foi necessário contar com adesão da população para a realização dos

exames, algo que permitiu a distribuição das amostras, que eram então recebidas, estando identificadas (com o nome da vila onde residia, o nome do indivíduo, sexo, idade e etnia), numeradas e relacionadas em uma tabela. Assim, foram realizados exames parasitológicos em 895 indivíduos.

Para a obtenção do indicador de saúde intestinal que é o exame parasitológico fecal, e diante das dificuldades logísticas, decidiu-se aplicar apenas uma técnica de análise. Dessa forma, todas as amostras recebidas foram encaminhadas ao laboratório e então, submetidas ao método de sedimentação espontânea em tubo cônico de 12mL, para posterior análise em microscópio óptico comum, segundo Lutz (1919).

Foram também executadas análises parasitológicas de amostras de solo no mês de julho de 2005. Para tanto, procedeu-se a amostragem em área equivalente a 158,5 hectares, delimitada de acordo com a distribuição dos domicílios na sede do distrito de lauretê, coletando-se 225 amostras de solo. A distribuição espacial das amostras foi realizada pela técnica de quarteamento da ABNT - NBR 10007 (1987), tendo por referência a distribuição espacial dos domicílios. Com auxílio de pá, foram coletadas cerca de 300 gramas de solo por ponto de amostragem e acondicionadas em sacos estéreis com especificações dos pontos por vila. Para análise, utilizou-se cinco gramas de solo por ponto de amostragem. As amostras foram homogeneizadas com água de diluição e detergente Tween 80; em seguida, filtradas para remoção de materiais grosseiros; e centrifugadas a 1.800 rpm por cinco minutos; o líquido sobrenadante foi retirado e o sedimento foi ressuspenso com solução de sulfato de zinco a 33% (densidade 1,2). Foram identificados cistos de protozoários, larvas e ovos de helmintos de acordo com referências e Atlas de Parasitologia Médica (OMS, 1992; WHITFIELD, 1993; PETERS & GILLES, 1995; LEVENTHAL & CHEADLE, 2000; CUTOLO et al., 2006).

Ainda na terceira visita de campo, em julho de 2005, realizou-se diagnóstico específico para proposição de melhorias sanitárias, por consultor contratado pelo projeto e especialista na área. Assim, além dos aspectos levantados quanto à disponibilidade de abastecimento de água, disposição final de esgotos e de resíduos, salubridade habitacional, entre outros, este profissional também participou das reuniões comunitárias recebendo subsídios quanto às demandas da população local, e da mesma maneira contribuindo com orientações pertinentes às dúvidas dos indígenas quanto ao saneamento básico.

A quarta visita de campo, realizada em maio de 2006, teve por objetivo apresentar e discutir com a população indígena de lauretê e representantes de instituições locais, como da Missão Salesiana da Igreja Católica, do Pelotão de Fronteira do Exército Brasileiro, da Unidade Mista de Saúde da Susam, da Escola São Miguel e do Distrito Sanitário Especial Indígena - Dsei/ARN/Foirn, os principais resultados obtidos até aquele momento, bem como delimitar ações para continuidade de pesquisas e intervenções. Com estes mesmos objetivos e também com o intuito de oferecer auxílio técnico a



entidades envolvidas com saneamento e saúde na área de estudo foram realizadas reuniões com instituições sediadas no município de São Gabriel da Cachoeira/AM.

## 4 Resultados alcançados frente aos objetivos propostos e discussão

No processo de pesquisa-ação, as discussões e atividades realizadas nas reuniões comunitárias propiciaram a obtenção de informações relevantes quanto à concepção dos indígenas sobre a problemática, as causas e as possíveis soluções para o saneamento e a saúde.

De acordo com os resultados obtidos em questionários, não houve diferença significativa quanto ao relato de doenças mais freqüentes que acometiam homens, mulheres, recém-nascidos, crianças e jovens, sendo as mais citadas nas respostas, “diarréia”, “vômito”, “verminoses”, “malária” e “gripe”. Foram mencionadas também “febre”, “disenteria”, “coceira”, “impinge”, “dor de cabeça”, “pneumonia”, entre outras.

Entre estas, percebeu-se que a maioria tinha relação direta com as precárias condições de saneamento, resultantes das alterações do modo de vida desses indígenas e da manutenção de hábitos tradicionais de higiene incompatíveis com a sua nova realidade de vida.

Para um efetivo combate às doenças infecciosas, Soares et al. (2002) lembram da importância de desenvolver processos educativos associados a medidas de saneamento, com o devido respeito aos aspectos culturais, já que estas podem também ocorrer em domínio doméstico.

De maneira geral, na opinião dos respondentes, essas doenças poderiam ter sido evitadas de diversas formas, como: pela “prevenção”, “palestra na comunidade”, tendo “água limpa”, “banheiro próprio”, “higiene”, “remédio caseiro” e por meio do “benzimento” e da “proteção do pajé”.

Com relação aos tratamentos por eles utilizados para estas doenças foram mencionados pela maioria, primeiro a procura de um pajé, benzimento ou remédio caseiro, e depois a procura de um médico ou remédio “de branco”; para outros, o tratamento era feito concomitantemente ao uso de medicamentos alopáticos e benzimento ou orientações do pajé. Havia também pessoas que preferiam procurar apenas tratamento “de branco”, na Unidade Mista de Saúde/Susam ou no Pólo-base/Dsei.

Verificou-se, portanto, que prevaleciam ainda entre os indígenas componentes culturais e crenças referentes à interpretação do adoecimento, elementos característicos

da cultura ancestral desses povos, transmitida por meio de tradição oral, ao longo de centenas de anos, e que formas tradicionais de prevenção e cura de doenças ainda são bastante praticadas.

Buchillet (1995) lembra que, nas sociedades tradicionais, a doença não pode ser analisada fora do seu suporte (o indivíduo, na sua singularidade pessoal e social), e fora do contexto histórico que presidiram o aparecimento da doença. Devem, portanto, ser levadas em consideração as representações que estes indivíduos possuem, bem como as relações por eles estabelecidas entre os mundos humano, natural e sobrenatural. As doenças devem então, ser interpretadas dentro de um quadro sociocultural de referência do grupo pesquisado.

Também surgiram em algumas respostas a indicação de tratamento diferenciado para doenças consideradas “doenças de branco”, como a gripe, pneumonia, sendo então recomendado para combatê-las remédio “de branco”, e para “doenças de índio (feitiço)”, como dor de cabeça, febre, diarreia, o uso de remédio caseiro ou benzimento.

Segundo Garnelo & Wright (2001), as chamadas “doenças de branco” são representações acerca de doenças trazidas pelo contato com a sociedade envolvente, e para os indígenas da etnia baníwa, pertencente ao mesmo tronco lingüístico que a etnia tariana (que ocorre em lauaretê), o que as distingue das “doenças de índio” é seu caráter de transmissibilidade, sendo as mais reconhecidas por eles o sarampo, a malária, a gripe, a diarreia com sangue, a tuberculose, entre outras. Os autores lembram ainda que, de maneira geral, essas classificações seguem a lógica do pensamento mítico e não premissas da microbiologia.

Identificou-se também que para a maioria dos indígenas, ter saúde estava relacionado à “sentir-se bem”, “animado”, “disposto”, e esta disposição dizia respeito principalmente ao trabalho, ou seja, sentindo-se bem há disposição para o trabalho, e isto é (para eles) fundamental para se ter saúde, pois é o trabalho de subsistência na roça que garante ainda para a maioria da população, o alimento de cada dia.

Quanto às razões para o adoecimento foram apresentados desde aspectos associados à mitologia, como “por feitiço”, “sopro”, “veneno”, “relâmpago”, “trovão” e “profanação”, como também por “falta de cuidados com a alimentação”, “falta de hábitos de higiene”, “ausência de saneamento”, ou ainda por “preguiça” e “indisposição para o trabalho”.

Na construção dos mapas-falantes para identificação de problemas socioambientais e de saúde, técnica desenvolvida na primeira visita de campo, solicitou-se aos participantes das reuniões comunitárias que, divididos em grupos, desenhassem o lugar onde viviam, mostrando aspectos que interferiam positivamente e negativamente na saúde deles. Quando todos os grupos terminavam, os participantes eram convidados a explicar os desenhos para os demais e a discussão sobre o tema era então estimulada,

de modo a aprofundar a reflexão. Essa atividade permitiu obter importantes informações sobre o saneamento e o processo saúde-doença.

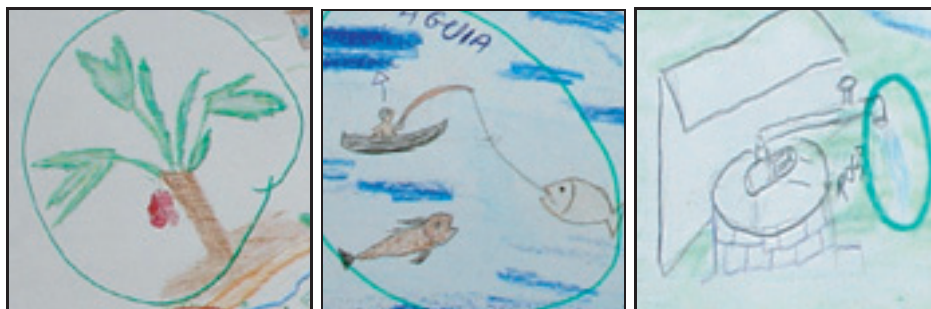
Quanto aos aspectos negativos para a saúde, por eles representados, destacaram-se: pessoas defecando e urinando no solo e na água; animais defecando na rua e nas quadras de areia; lixo disperso, panelas destampadas com comidas, com a possibilidade, segundo os relatos feitos, de transmitir doenças. Ficou evidente a interpretação dos indígenas quanto à poluição por cargas difusas, sendo comentado que a chuva levaria os resíduos do solo para igarapés e para o rio, e que os peixes se alimentavam das fezes e resíduos, contaminando-se. Desenharam também tanques de criação de peixes, comentando na apresentação que estes estavam “contaminados com carapanãs” (mosquitos) que transmitiam a malária, e que mesmo assim, essa água era utilizada ocasionalmente (figura 1).

Figura 1 – Recortes de mapas-falantes - aspectos negativos para a saúde



Quanto aos aspectos positivos destacaram-se: a presença de árvores frutíferas, peixes, poços rasos e de algumas torneiras do poço profundo perfurado pela prefeitura, as quais segundo eles, beneficiavam uma pequena parcela da população que vivia próxima das mesmas (figura 2).

Figura 2 – Recortes de mapas-falantes - aspectos positivos para a saúde – indicados em verde.



Na segunda visita de campo, foram novamente realizadas reuniões comunitárias para a construção de painéis a fim de discutir com os moradores de cada vila, causas e soluções para os problemas socioambientais e de saúde por eles diagnosticados anteriormente. Utilizou-se, além dos mapas-falantes construídos, as fotos tiradas pelos moradores, agrupadas por temas em seis painéis: fontes de água, práticas cotidianas, lixo, animais, alimento e verminoses. Solicitou-se aos participantes que formassem grupos e escolhessem um dos painéis para a discussão e levantamento das causas e soluções (figuras 3 e 4).

Figura 3 e 4 – Construção de painéis para identificação de causas e soluções.



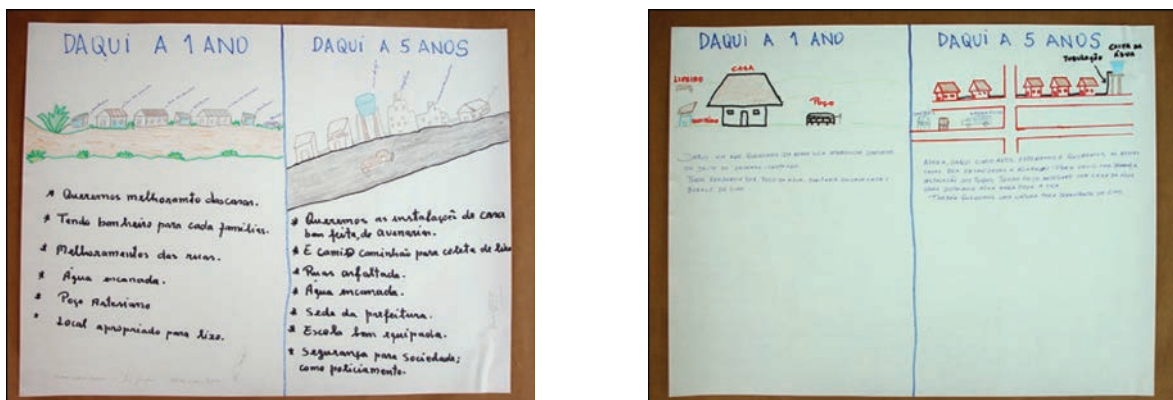
Foram mencionadas como causas: a falta de saneamento, de poços artesianos, de água encanada nos domicílios e de banheiros, ausência de um sistema de coleta de lixo, descuido quanto a ações preventivas e hábitos saudáveis e a falta de orientação para muitos dos problemas apresentados.

Em relação às soluções propostas por eles destacaram-se melhorias das condições de saneamento quanto ao abastecimento de água, tratamento de esgoto e do lixo e a solicitação por orientação técnica quanto aos cuidados com a disposição do lixo, manipulação e preparação de alimentos e práticas preventivas, quanto a aspectos sanitários e hábitos saudáveis.

Observou-se que a busca de causas para os problemas levantados, fundamental em processos educativos, fez com que os indígenas refletissem sobre seus hábitos e costumes, passando a reconhecer que a origem de algumas doenças estava relacionada, além de outros fatores, ao descuido individual e coletivo para com a saúde. A partir desta reflexão, alguns participantes, principalmente lideranças, aproveitaram as reuniões para cobrar dos próprios moradores ações preventivas e de autocuidado.

Tendo sido percebida a importância de intensificar atividades que despertassem e incentivassem a mobilização dos moradores para ações práticas, foi proposta novamente a construção de mapas-falantes nas reuniões comunitárias da terceira visita, porém desta vez enfatizando-se anseios e sonhos para o futuro de Iauaretê, sendo solicitado que representassem como gostariam que a vila onde moravam estivesse daqui há um ano e daqui há cinco anos (figuras 5 e 6). Após o término, os desenhos eram apresentados e a discussão estimulada pela equipe, procurando-se identificar quais ações seriam necessárias para que aqueles sonhos e desejos fossem alcançados.

Figura 5 e 6 – Mapas-falantes para identificação de anseios futuros.



De modo geral, foram representadas melhorias nas habitações e centros comunitários, asfaltamento das ruas, bem como soluções provisórias e definitivas para resíduos sólidos, água e esgoto, indicando anseios por alguns aspectos de urbanização.



Durante as discussões e as apresentações procurou-se identificar junto com os moradores as ações necessárias para a concretização daqueles desejos, e entre estas, as que dependiam da atuação deles e as que dependiam de atuação governamental, incentivando a mobilização dos indígenas, tanto para ações preventivas, quanto para o exercício da cidadania, sendo também este aspecto primordial em processos educativos voltados para a transformação de situações indesejáveis.

De acordo com as demandas identificadas em visitas anteriores por meio de observação participante e de atividades desenvolvidas em reuniões comunitárias sobre a problemática dos resíduos, foram realizados, na terceira visita, encontros com estudantes, professores e funcionários da saúde, procurando esclarecer sobre os perigos da disposição inadequada, bem como, estimulá-los a repensar comportamentos e valores.

Da mesma maneira, procurando atender à solicitação por orientações quanto à manipulação, provisionamento e valor nutritivo dos alimentos consumidos pelos indígenas locais, realizou-se um curso, considerando a cultura alimentar regional, com 30 mulheres que se disponibilizaram a reproduzir os conhecimentos em reuniões comunitárias que aconteciam todas as manhãs de sábado.

Os demais estudos realizados pelos especialistas membros da equipe de pesquisa sobre resíduos sólidos, qualidade das fontes de água, contaminação do solo, inquérito parasitológico e georreferenciamento agregaram saber científico às indagações dos indígenas, permitindo a aproximação de formas distintas de saber. Esse processo ocorreu também nas reuniões comunitárias por ocasião da apresentação de resultados preliminares do diagnóstico de saúde ambiental que vinha sendo realizado.

Não obstante, percebeu-se que em diversos momentos foram mencionados pelos indígenas maneiras de se evitar doenças diarreicas e parasitoses intestinais, como “tomar água fervida”, “lavar frutas antes de consumi-las”; “tampar alimentos para evitar o pouso de moscas”, entre outras, porém, esse discurso, não foi observado em suas práticas cotidianas.

Sobre esse aspecto, Arruda (1992) lembra que o fato das sociedades tradicionais, de cultura oral, interpretarem acontecimentos do presente por meio de mitos, acaba por mascarar esse trabalho de “bricolage”, de reinterpretação e de reordenação social que vem sendo desenvolvido ao longo da história.

Para Minayo (2005) toda proposta de intervenção, seja ela educacional ou prática, envolvendo, por exemplo, mudanças de hábitos, tem seus limites como o da recusa clara, o da resistência camuflada ou da reinterpretação.

Na psicologia social, essa discordância entre o discurso e a prática, é denominada de dissonância cognitiva, e ocorre em situações em que as cognições de um indivíduo,

incluindo suas crenças, opiniões, conhecimentos sobre o ambiente e conhecimentos sobre suas ações e sentimentos são incompatíveis, dissonantes entre si (FESTINGER, 1957).

Pelas práticas diárias observadas em Iauaretê e relatadas na pesquisa, evidenciou-se que a existência de hábitos e costumes originados por componentes culturais milenares contribuiu para a construção das cognições que hoje se apresentam entre esses indígenas. Resultados e discussões mais aprofundadas sobre essas questões, bem como sobre o processo de pesquisa-ação foram apresentados por Toledo et al. (2006).

Analisando-se ainda as entrevistas e as atividades desenvolvidas nas reuniões comunitárias, no tocante às práticas sanitárias, foi possível identificar que os moradores não efetuavam qualquer tratamento de água nos domicílios e que utilizavam áreas peridomiciliares, roça, Igarapé e rio para suas necessidades fisiológicas, exceto no caso de pessoas que freqüentavam a Unidade Mista de Saúde, a escola e outras instituições onde havia sanitários. Para banho os indígenas utilizavam o próprio rio Waupés e Igarapés quando a moradia se distanciava do rio.

Com relação à água utilizada na sede do distrito de Iauaretê, foram identificados cinco tipos distintos de fontes de obtenção para consumo humano, a saber: (1) poço profundo com aproximadamente 70 metros, que abastecia apenas quatro vilas por meio de encanamentos e torneiras, o qual freqüentemente passava alguns períodos sem servir a população em decorrência da falta de manutenção; (2) nascentes, também chamadas de poços rasos, que se situavam em área peridomiciliar, e onde os moradores captavam água superficial sem que estes possuíssem barreiras sanitárias adequadas, aparentando sérias possibilidades de contaminação; (3) água de Igarapés – pela captação em área de cabeceira de cursos d'água, as quais também estavam sujeitas à contaminação; (4) água do rio – da mesma forma, sujeitas à contaminação; e (5) água de chuva, ocasionalmente utilizada em algumas vilas e que devido à sua disponibilidade ser irregular não foi possível amostragem e análise deste recurso. A distribuição das fontes de água localizadas é apresentada na figura 7.

Ficou clara a preferência por “água branca” como chamavam a água que não era proveniente do rio ou de Igarapés, estas de coloração naturalmente escura. Na categoria “água branca”, destacou-se a água proveniente de poço profundo na preferência dos indígenas, que quando disponível nas vilas atendidas (Cruzeiro, Dom Pedro Massa, São José e Domingos Sávio) era coletada em garrafas e caldeirões para satisfazer às necessidades domésticas, inclusive a dessedentação humana. Na ausência de água de boa procedência captavam de fontes sob maior risco de insalubridade, de acordo com o que dispunham.

Na análise microbiológica das amostras coletadas, todas apresentaram resultado positivo para coliformes totais. Os resultados de presença de coliformes termotolerantes

por tipo de fonte de água encontram-se na tabela 1, ressalta-se que as amostras de água de poço profundo não apresentaram contaminação por coliformes termotolerantes e só foram coletadas na segunda visita, pois na terceira visita técnica a bomba d'água estava quebrada privando os indígenas dessa fonte de abastecimento, bem como, impossibilitando a coleta de amostras.

Figura 7 – Distribuição espacial das fontes de captação de água disponíveis para a população da sede do Distrito de Iauaretê e classificação das vilas por percentual de análises de água positivas para coliformes termotolerantes. Fonte: Giatti et al. (2007).

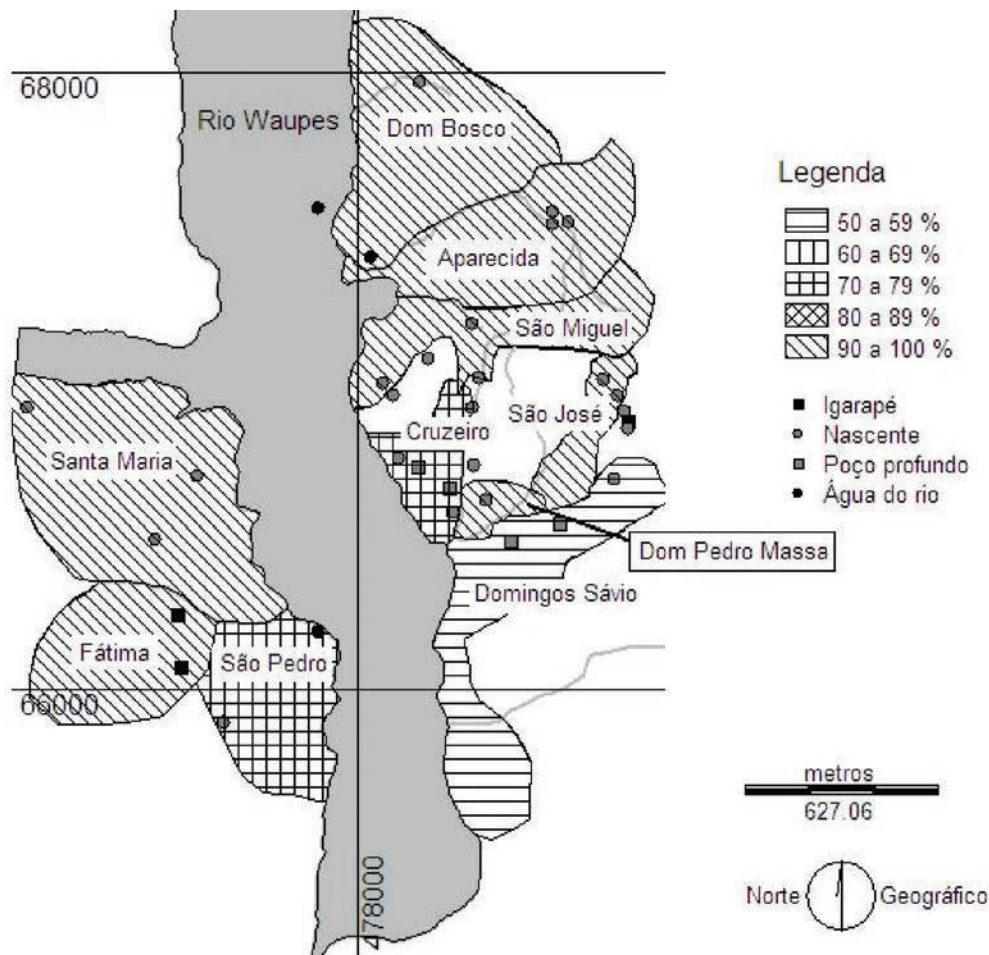




Tabela 1 – Resultado da presença de coliformes termotolerantes por tipo de fonte de água analisada na sede do Distrito de Iauaretê, entre maio e julho de 2005.

Tipo de fonte de água	Número de amostras	positivas	
		N	%
poço profundo	4	0	0,0
poço profundo II *	2	1	50,0
nascentes	39	37	94,9
igarapé	12	12	100,0
rio Waupés	8	8	100,0
total	65	58	89,2

\* Poço profundo no pelotão de fronteira, não abastece a população. Fonte: Giatti et al. (2007).

Do total de amostras de água analisadas, 89,2% apresentou contaminação por coliformes termotolerantes. Na tabela 2 e na figura 7 apresentam-se os resultados de percentual de amostras positivas para coliformes termotolerantes por vila, de acordo com as fontes de água disponíveis em período de coleta. As vilas Dom Bosco, Aparecida, São Miguel, Fátima, Santa Maria, Dom Pedro Massa e São José apresentaram os maiores índices de contaminação por coliformes termotolerantes em fontes de água disponíveis (100% das amostras). Domingos Sávio foi a vila que apresentou o menor índice (50%).

Diante da falta de opção por fontes de águas limpas e seguras para abastecimento, observa-se risco potencial de efeitos adversos à saúde na população indígena pela presença da elevada porcentagem de amostras positivas para coliformes termotolerantes (LECLERC et al., 2001). Esta bactéria pode indicar a presença de agentes infecciosos e parasitários, segundo Gadgil (1998), vários são os agentes transmitidos pela água de abastecimento como *Escherichia coli*, *Campylobacter sp.*, *Salmonella sp.*, *Pseudomonas sp.*, *Vibrio cholerae sp.*, entre outros. Cerca de 400 crianças menores que cinco anos morrem por dia nos países em desenvolvimento em decorrência de doenças diarreicas cujos agentes patogênicos encontram-se presentes em águas contaminadas por excretas (GADGIL, 1998).

A situação de risco se estende além dos problemas sanitários gerados por práticas e concentração humana. A proximidade da floresta, o processo de ocupação dessas áreas e as inerentes interferências no equilíbrio ecológico podem colocar os indígenas em contato direto com doenças que ocasionalmente “transbordam” das florestas (CONFALONIERI, 2005). Nesse sentido, pode-se citar o que ocorre quanto às doenças diarreicas, em que mamíferos edentatas e marsupiais são indicados como

importantes reservatórios de *Salmonella sp.*. Do mesmo modo, há possibilidade de marsupiais apresentarem importante papel na transmissão de rotavírus entre indígenas (LINHARES, 1992).

Resultados e discussões mais aprofundadas sobre condições sanitárias da área de estudo, principalmente quanto às fontes de água de abastecimento podem ser encontradas em Giatti et al. (2007).

Quanto aos exames parasitológicos de fezes analisados as vilas Dom Bosco, São Miguel e Domingos Sávio (tabela 2) tiveram as maiores prevalências, com índices de indivíduos parasitados variando entre 75% e 76%. As vilas Cruzeiro e São José tinham as menores prevalências, ficando entre 56% a 59% dos indivíduos parasitados.

O parasito encontrado isoladamente com a maior prevalência foi *Ascaris lumbricoides*, que também está entre o grupo de parasitos que mais apareceu nos resultados com mais de uma espécie.

Indivíduos albergando mais de uma espécie de parasito (poliparasitismo ou infecções múltiplas), também apresentaram um alto índice de prevalência entre a população amostrada. As vilas Domingos Sávio (42%) e São Miguel (40%) foram as que apresentaram os maiores valores de poliparasitados. Já as vilas São José e Fátima apresentaram os menores valores, respectivamente 24% e 21% (tabela 2).

No total de 225 amostras de solo coletadas, cerca de 5% apresentaram resultado positivo na presença das três formas evolutivas de parasitos (cistos, larvas e ovos), 57% apresentaram resultado para a presença de alguma das formas parasitárias e 38% apresentaram resultado negativo. Verificou-se que, entre as amostras que apresentaram cistos, a proporção de *Entamoeba coli* foi de 52,6% e de *Giardia sp.* de 42,10%; entre as amostras de solo que tinham larvas, a proporção de ancilostomídeos foi de 52,6%, enquanto que entre as que apresentaram ovos, as maiores proporções foram de *Toxocara sp.* (58%), *Ascaris sp.* (52,6%), *Hymenolepis sp.* (47,36%), *Taenia sp.* (47,36%) e *Trichuris sp.* (47,36%).

Com relação à presença de ancilostomídeos no solo, no total de 10 vilas foram detectadas formas larvárias em 73% e ovos em 55% das vilas. Embora tenha sido diagnosticada uma gama de organismos no solo, como os cistos de protozoários *Balantidium coli*, *E. coli*, *E. histolytica* / *E. dispar*; *Giardia sp.*, *Iodamoeba sp.*, *Isospora sp.*; as larvas de helmintos *Ancylostoma sp.*, *Enterobius sp.*, *Strongyloides sp.*, *Trichuris sp.*; e os ovos ou larvas de helmintos ancilostomídeo(s), *Ascaris sp.*, *Echinococcus sp.*, *Enterobius sp.*, *Hymenolepis sp.*, *Schistosoma sp.*, *Taenia sp.*, *Toxocara sp.*, *Trichuris sp.*, na associação das formas de parasitos encontrados no solo com os indivíduos infectados, dos quatro parasitos de maior prevalência, apenas *A. lumbricoides* e *E. coli* detectados em amostras de solo por vila apresentaram correlação com indivíduos parasitados.

Na tabela 2 sintetizaram-se os resultados referentes à *A. lumbricoides* em amostras fecais e em amostras no solo. Em relação à proporção deste parasito em amostras fecais positivas, os valores entre as vilas variaram cerca de 41% a 75% e as diferenças foram significativas ( $X^2= 30,300$ ;  $p = 0,0004$ ). As proporções de amostras de solo contaminadas com *A. lumbricoides* foram inferiores às proporções deste parasito em amostras fecais. Foram significativas as diferenças de proporções de amostras de solo contaminadas com *A. lumbricoides* ( $X^2= 21,467$ ;  $p = 0,0107$ ). Nas vilas D. Bosco e S. Miguel as diferenças entre proporções de amostras de solo contaminadas não foram significativas ( $X^2=2,082$ ;  $p = 0,1491$  e  $X^2=1,902$ ;  $p = 0,1679$ , respectivamente), ao passo que nas demais vilas houve diferenças significativas.

No tocante à elevada prevalência de parasitos intestinais (69%) entre a população estudada, Bóia et al. (1999), também, verificaram a prevalência de 87,6% em Novo Airão (AM). Em Coari, no Rio Solimões, Coura et al. (1993, 1994) verificaram índice de 68,9% e em Barcelos, no Rio Negro, 69,4%, demonstrando que as populações indígenas de maneira geral sofrem com o enteroparasitismo, o que confirma as precárias condições de saúde pública dessas populações. Esse problema é apontado por Buchillet (2004), em que dados epidemiológicos disponíveis sobre a região do Alto Rio Negro, como um todo, indicam predomínio de doenças infecto-contagiosas e parasitárias, com destaque para afecções do aparelho respiratório e digestivo, malária, dermatoses e piodermes.

A presença de protozoários e helmintos no solo representa um risco à saúde humana em cada localidade. Apesar dos diferentes ciclos biológicos de cada espécie de enteroparasito, as condições ambientais como temperaturas entre 25 °C e 30 °C e umidade elevada propiciam o desenvolvimento e manutenção dos seus estágios evolutivos. Alia-se a ausência de saneamento e de práticas de higiene que favorecem a dispersão desses agentes no ambiente, assegurando a continuidade da relação parasito – hospedeiro (WHO, 1991; HELLER, 2000; CUTOLO et al., 2006).

Segundo Ruppel & Doenhoff (1998), a interação parasito – hospedeiro pode envolver estimulação e evasão dos mecanismos de defesa do hospedeiro. No caso dos parasitos encontrados no solo, a presença é considerada um risco potencial em detrimento da baixa imunidade da população, insalubridade no ambiente urbano e a inadequada disposição de resíduos sólidos, ocorrência de córregos contaminados, entre outros eventos ambientais que ameaçam, prejudicam ou desafiam o bem-estar do organismo (ELLIOT et al., 1993).

Tabela 2 – Etnias, número de habitantes, amostragens, número de domicílios e prevalências de parasitos intestinais e de coliformes termotolerantes por vila na sede do Distrito de Iauaretê, município de São Gabriel da Cachoeira/AM

Vila	Etnias mais representativas	N habitantes	N amostras de fezes	N domicílios	N amostras de solo coletadas	% de prevalência de parasitos intestinais	% de prevalência para mais de um parasito intestinal	% de prevalência para <i>Ascaris</i> sp. dentre amostras fecais positivas	% de prevalência de ovos de <i>Ascaris</i> sp. no solo, dentre as positivas	% de amostras de água com coliformes termotolerantes
Aparecida	Tariano,	425	103	70	34	73	33	53,40	23,52	100
	Tukano, Piratapuia									
Cruzeiro	Tariano,	376	105	61	31	59	27	38,10	0,00	70
	Tukano, Piratapuia									
D. Bosco	Tariano,	332	87	56	28	76	39	58,62	24,14	100
	Tukano, Wanano									
D. Pedro Massa	Tariano,	276	117	47	24	74	38	56,03	8,33	100
	Tukano, Piratapuia									
Dom Sávio	Tukano,	215	65	40	20	75	42	43,08	5,00	50
	Tariano, Piratapuia									
Fátima	Hupda*	120	33	15	10	67	21	45,45	10,00	100
S. Maria	Tariano,	290	106	46	23	73	37	36,79	4,34	100
	Tukano, Piratapuia									
S. José	Piratapuia, Tukano, Desana	211	105	34	17	56	24	38,68	23,53	100
S. Miguel	Tariano,	343	121	54	20	76	40	45,55	35,00	100
	Tukano, Piratapuia									
S. Pedro	Tariano, Piratapuia, Juriti	118	52	17	15	67	27	25,00	13,33	75

\* Em vila Fátima apenas quatro pessoas não são declaradas como de etnia Hupda. Fonte: RIOS et al., (2007).

Chernella & Thatcher (1989) verificaram por meio de inquérito parasitológico intestinal dentre indígenas da região do Rio Waupés, que populações sedentárias, de hábitos ribeirinhos, apresentaram piores indicadores de saúde, sob aspectos de parasitos intestinais, do que populações que ainda conservavam hábitos seminômades. No presente estudo, a única etnia de hábitos seminômades entre a população estudada foi a Hupda, habitante da vila Fátima, onde, apesar de vivenciarem situações semelhantes às demais etnias quanto às práticas de higiene e saneamento, apresentaram os menores percentuais de prevalência de parasitos na sede do distrito.

Rios et al. (2007) apresentam resultados e discussões mais aprofundadas sobre a prevalência de parasitos intestinais na área de estudo. Nesse citado estudo salienta-se que *‘os altos índices de prevalência de parasitos intestinais, a grande quantidade de indivíduos com poliparasitismo, a qualidade da água utilizada pela população, as precárias condições de saneamento e a falta em muitos casos, e determinados hábitos inapropriados para a atual situação de concentração populacional, demonstram os riscos reais na saúde das populações indígenas e a necessidade de medidas urgentes de saneamento ambiental’*.

Com relação aos resíduos sólidos, os participantes da pesquisa demonstraram preocupação para com os problemas advindos da sua disposição inadequada, ao representarem em todos os mapas-falantes esses resíduos dispersos tanto no solo como na água. Essa preocupação ficou evidente também ao questionarem a ausência de um sistema de coleta e ao destacarem aspectos relacionados ao próprio descuido e à falta de orientação sobre o assunto.

Pelo diagnóstico ambiental, confirmou-se que os resíduos sólidos encontravam-se, na maioria das vezes, dispersos no ambiente de forma irregular, como próximos de fontes de captação de água ou sobre o solo. Embora em pequenas quantidades, os resíduos encontrados eram constituídos de embalagens plásticas e metalizadas, latas, papel e alguns resíduos orgânicos.

Não havendo na época do estudo um sistema de coleta de resíduos, os moradores se viam obrigados a dar uma destinação precária para o material gerado que na maioria das vezes incluía a queima, o enterramento, o acúmulo sobre o solo e o despejo no rio ou igarapés (tabela 3).

Tabela 3 – Destinos de resíduos sólidos de acordo com entrevistas aplicadas na sede do Distrito de Iauaretê – março de 2005.

Destino	resposta	
	N	%
queimam	15	75
jogam no quintal	12	60
jogam em barranco	6	30
utilizam como adubo	5	25
jogam no rio	4	20
jogam em igarapé	2	10
jogam no mato	6	30
enterram	2	10

\*Cada um dos 20 entrevistados, a rigor, apresentou mais de um destino para os resíduos. Fonte: GIATTI et al. (2007).

Todavia, apesar da solução domiciliar praticada identificou-se uma área próxima à pista de pouso com grande quantidade de resíduos dispostos de maneira totalmente inadequada, podendo ser considerada, sob o ponto de vista sanitário, como um vazadouro ou lixão. Nesse local foram encontradas, também, significativas quantidades de resíduos de serviços de saúde, gerados no distrito de Iauaretê devido à atividade de dois hospitais e um posto de atendimento.

Sabe-se que a geração de resíduos, de maneira geral, depende de uma série de fatores, dentre eles os hábitos de consumo e poder de compra. O distrito de Iauaretê vem sofrendo profundas modificações ao longo dos anos, com o aumento da população, com o incremento do comércio e com a circulação de dinheiro. Isso tudo tem como consequência a produção crescente de resíduos que deveria ser acompanhada por medidas sanitárias pertinentes para sua coleta e disposição final, incluindo nesse caso, os cuidados adequados com os resíduos de serviços de saúde, que contém ou podem conter agentes patogênicos causadores de doenças graves.

Segundo Azevedo et al. (2001), apesar de amplamente reconhecida a importância dos efeitos e a associação entre os fatores da disposição dos resíduos sólidos sobre a saúde pública, esta não tem sido objeto de muitos estudos e pesquisas além de ficar relegada a níveis secundários pelas políticas públicas.

Como causas diretas de doenças, a importância epidemiológica dos resíduos sólidos não está conclusivamente comprovada ao passo que, como fator indireto, há amplo reconhecimento acadêmico de sua relevância na transmissão de doenças (AZEVEDO et al., 2001).

A transmissão de doenças via resíduos sólidos se dá pela disposição e/ou tratamento inadequados, como o despejo em lixões e vazadouros. Esses locais tendem a abrigar ou tornarem-se criadouros de muitos vetores de importância epidemiológica que, por sua vez, serão veiculadores ou reservatórios (mecânicos ou biológicos) de moléstias (GÜNTHER & RIBEIRO, 2003), pois transmitem ao ser humano diversas enfermidades que podem causar até a morte (leptospirose, febre tifóide, giardíase, toxoplasmose, entre outras). Além disso, segundo Rocha (1980), quando os resíduos encontram-se disponíveis, servem como fonte de alimento pelo seu alto conteúdo energético oferecendo condições adequadas à proliferação de vetores biológicos e mecânicos.

Assim como a saúde da população, o ambiente também sofre as conseqüências da falta de medidas sanitárias em relação aos resíduos. O solo sempre foi considerado um receptáculo natural para disposição final de resíduos sólidos produzidos pelas atividades humanas (RODRIGUES, 1996). O problema reside na quantidade que aumenta consideravelmente a cada década e que o solo não consegue absorver na mesma velocidade de recepção. Outro grave problema é a composição gravimétrica desses resíduos constituídos de materiais que não são absorvidos de forma natural pelo ambiente, seja pela sua composição química, pela mistura de diferentes materiais em um mesmo produto, ou ambos.

No distrito de Iauaretê, a composição dos resíduos não difere de outras regiões, e também possui componentes perigosos como pilhas, baterias e embalagens de óleo lubrificante que, além de portarem quantidades significativas de substâncias químicas nocivas aos seres vivos, podem contaminar o solo e a água. O chorume, nessa localidade, não chega a ser um problema, pois os resíduos orgânicos são produzidos em quantidades mínimas e dispersos no ambiente, como nos quintais das casas, sendo degradados por microorganismos que fazem o retorno de nutrientes para o solo. Mas existem outras conseqüências adversas da disposição inadequada de resíduos encontrados em Iauaretê que podem ser destacadas pela desvalorização espacial em torno desses locais incluindo o comprometimento da área, a poluição visual e o conseqüente custo para a recuperação ambiental da área degradada, como no caso do “lixão”.

No tocante à proposição de melhorias sanitárias realizadas por consultor competente, face ao exposto, um prognóstico possível indica que Iauaretê se configura como um aglomerado urbano, e, portanto, torna-se de fundamental importância a provisão de sistemas de infra-estrutura urbana e de saneamento ambiental que dêem suporte sustentável a sua dinâmica. A partir de uma diretriz de desenvolvimento territorial e estruturação urbana e ambiental, devem ser introduzidos sistemas de saneamento de

médio a grande porte, contemplando a captação e distribuição adequadas porta a porta, sistemas de esgotamento, unidades sanitárias domiciliares e disposição adequada de resíduos sólidos, representada por aterro sanitário. É também de fundamental importância a implantação de sistemas de drenagem pluvial que contemplem não só o disciplinamento das águas no chamado meio urbano propriamente dito, mas também a conservação dos recursos hídricos existentes, possibilitando também o combate às erosões. Devem ser previstos dispositivos de captação, caminhamento e dissipação, de forma associada à conservação e recuperação das matas ciliares ao longo dos igarapés.

Apesar das necessidades identificadas serem de larga escala, o estudo também indicou possibilidade para a melhoria dos processos atualmente utilizados pela população. Desse modo, foram apresentadas sugestões de soluções técnicas, elaboradas com base nas atividades realizadas junto à comunidade e, portanto, adequadas à realidade cultural, as quais, embora não se mostrem sustentáveis enquanto política pública de larga escala, traduzem-se em melhorias imediatas nas condições de saneamento e que, com poucos recursos e alguma orientação técnica, podem facilmente ser incorporadas às práticas cotidianas dos moradores. Assim, entre as sugestões pode-se destacar: melhoria dos dispositivos de captação de água de chuva, inclusive de grandes coberturas; proteção das nascentes; proteção e recuperação das matas ciliares; desinfecção solar para água de consumo humano; utilização de filtro de bio-areia – filtro conjugado de processo físico e biológico, para água de consumo humano; construção de tanques sépticos; proteção das bases das moradias e drenagem em vias de circulação. As soluções acima citadas encontram-se devidamente discriminadas no relatório final de conclusão da pesquisa. Do mesmo modo no citado documento também são apresentadas alternativas de coleta dos resíduos nas diferentes vilas utilizando-se meios alternativos, no intuito de minimizar os possíveis impactos na estrutura urbana já existente.

## 5 Conclusão

Durante as visitas, os pesquisadores puderam observar algumas situações, ocorrências e comportamentos de grande significado para constatar a problemática local, tais como: locais de coleta de água insalubres; presença de resíduos em locais inadequados (como nas proximidades de fontes de água); falta de cuidados quanto a aspectos sanitários na manipulação de alimentos, desde o preparo ao armazenamento; relatos de diarreias e parasitoses intestinais frequentes; e identificação de comportamentos imediatistas, ou seja, o indivíduo só reconhece a doença quando é acometido.

Nas reuniões comunitárias foi possível identificar importantes informações relacionadas à saúde e ao meio ambiente na interpretação dos indígenas. Destacou-se a noção de espaço dos participantes, cadeia alimentar, poluição difusa, e conhecimento sobre



transmissão de doenças como malária, diarreias e verminoses, esta última categoria implícita nas afirmações quanto às fezes de animais e o hábito de andar descalço, por exemplo. Vale ressaltar que os indígenas demonstraram reconhecer situações de causa e efeito de doenças relacionadas à inexistência de saneamento, porém, parecem ainda não ter incorporado esse conhecimento na vida cotidiana. O conhecimento adquirido ainda não se transformou em práticas que poderiam contribuir para a melhoria da qualidade de vida dessa população.

Outra situação observada foi a falta de mobilização dos mesmos, que aparentemente aguardavam a construção de melhorias, como sendo a única solução para os problemas.

Os moradores que interagiram com os pesquisadores demonstraram o desejo por algum tipo de melhoria sanitária, contudo, ficou claro que apenas a oferta de infraestrutura não será suficiente para garantir a saúde e romper ciclos de transmissão de doenças. Faz-se então necessário que, os atores envolvidos na problemática interiorizem a importância de práticas saudáveis, por meio de um processo educativo que trabalhe os domínios cognitivos, afetivos, comportamentais e motivacionais, obtendo-se assim, resultados satisfatórios.

Também foi registrada certa organização política e institucional e preocupação com a solução desta problemática, contudo, a falta de informação técnica e suporte legal constituem entraves à tomada de iniciativas em esferas locais. Nesse sentido, as universidades e instituições de pesquisa podem dar valorosa contribuição com suporte técnico e educativo.

Quanto à execução da metodologia participativa, um comportamento espontâneo e considerado positivo foi verificado nas reuniões comunitárias, principalmente na segunda visita de campo: no momento da apresentação das causas e proposição das soluções, os indígenas faziam breves comentários em português referente à escrita dos cartazes, em seguida dirigiam-se diretamente aos demais presentes em língua tukano, idioma mais utilizado pelos indígenas locais para se comunicarem entre si. Obviamente, a dificuldade com esta língua impossibilitava o correto julgamento sobre as explanações, contudo, com o teor dos enunciados, explicado em momentos conclusivos, podia-se compreender que ali ocorria uma reflexão sobre os problemas, causa e soluções, assim como, cobranças quanto às responsabilidades individuais pertinentes. Consecutivamente, os indígenas que apresentavam as explicações requisitavam aos pesquisadores ao final das mesmas para que estes, por meio de complementação, realizassem a legitimação e confirmação daquilo que haviam apresentado.

Desse modo, ficou claro aos pesquisadores, que as atividades propostas nessas reuniões forneceram aos participantes uma oportunidade de refletirem sobre sua realidade, e a partir dessa reflexão, pôde-se observar discursos de alguns indígenas que

procuravam motivar os presentes quanto à necessária mudança de comportamentos quanto à prevenção de doenças e melhoria das condições de saúde.

Outro aspecto importante observado nas reuniões foi a constante solicitação por orientações, desde as de caráter técnico, como também formas adequadas de construção de poços e fossas sépticas, e até as de caráter prático ou conceitual sobre a transmissão de doenças e formas de prevenção. Destacou-se ainda o interesse dos participantes por orientações sobre problemas relacionados ao acúmulo de resíduos sólidos e sobre a adequada manipulação e provisionamento de alimentos.

Quanto ao diagnóstico ambiental, a análise da qualidade da água sobre aspectos microbiológicos permitiu inferir quanto ao risco de contaminação das fontes de água utilizadas e conseqüentes riscos à saúde pública, ficando clara a necessidade de utilizar água de poço profundo com devidas barreiras sanitárias e a adoção de processo de desinfecção com cloro para a água destinada a consumo humano na sede do distrito.

Os resíduos sólidos também foram identificados como uma problemática que envolve o meio ambiente, a saúde e a qualidade de vida dos indivíduos quanto aos riscos a que estes estão expostos, principalmente com relação aos resíduos de serviços de saúde. Concluiu-se pela necessidade e urgência da coleta e disposição adequada dos resíduos e a adoção de práticas individuais que contribuam para diminuir o desconforto causado pelo seu acúmulo no entorno das residências, o que vem sendo estimulado por meio do desenvolvimento de um processo de promoção e educação em saúde.

Tanto o inquérito parasitológico da população como a análise de solo foram instrumentos importantes no estudo do processo saúde-doença, e demonstraram claramente a prevalência de *Ascaris sp.* dentre a população e nas amostras de solo. Neste sentido, as condições ambientais com temperaturas elevadas e umidade propiciam o desenvolvimento e manutenção dos estágios evolutivos dos parasitas intestinais. Alia-se a ausência de saneamento e de práticas de higiene que favorecem a dispersão desses agentes no ambiente, assegurando a continuidade da relação parasita – hospedeiro.

Um ponto forte da metodologia aplicada foi o trabalho interdisciplinar que ocorreu tanto nas reuniões comunitárias como em campo durante o diagnóstico ambiental, na coleta de amostras de água e solo e no georreferenciamento de informações relevantes. Vale destacar que os diversos profissionais envolvidos interagiram o tempo todo entre si e com a comunidade. Os mesmos profissionais que em alguns períodos atuavam em diagnóstico ambiental participavam em outros momentos das reuniões comunitárias, adquirindo informações relevantes sobre os anseios e posicionamento dos indígenas e desta mesma maneira contribuindo imediatamente com demandas espontâneas por orientações técnicas que surgiam por parte dos comunitários participantes nas reuniões.

## 6 Recomendações para utilização dos resultados pela Funasa e indicadores de custo

As recomendações para utilização dos resultados dessa pesquisa-ação pela **Funasa** estão, de maneira geral, discriminadas ao longo do relatório final de conclusão da pesquisa. Da mesma maneira, alguns indicadores de custos constam na Proposta para Melhorias Sanitárias incorporada ao mesmo.

Ressalta-se a importância de considerar a pesquisa desenvolvida, não apenas no que diz respeito aos resultados obtidos com o diagnóstico ambiental (análise das fontes de água, amostras de solo e da disposição dos resíduos), inquérito parasitológico e diagnóstico para melhorias sanitárias, mas também quanto à interpretação dos indígenas sobre a problemática e os aspectos socioculturais identificados, que influenciam esse processo.

Por outro lado, sugere-se considerar relevante a *expertise* (experiência) gerada no desenvolvimento das metodologias e obtenção de resultados. Ou seja, sob a forma de recursos humanos há possibilidade de os pesquisadores, envolvidos nesta pesquisa interdisciplinar, contribuir em novos projetos sobre a temática saúde pública indígena, seja na concepção ou execução, não obstante, podem ainda contribuir em atividades pedagógicas e no desenvolvimento de políticas pertinentes.

Recomenda-se ainda envolver os indígenas habitantes de Iauaretê na implantação de sistemas estruturais de melhorias sanitárias, por meio de oficinas de capacitação sobre construção e manutenção de instalações domiciliares e demais intervenções educacionais em saúde e ambiente, garantindo a sustentabilidade das ações.

## 7 Referências bibliográficas

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10007/1987**: solo e resíduos sólidos: amostragem de resíduos – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.
- ANDRELLO, G. L. **Iauaretê**: transformações sociais e cotidiano no rio Uaupés (alto rio Negro, Amazonas). 2004. Tese (doutorado) - Instituto de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade de Campinas, Campinas, 2004.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and waste water**. 20. ed. Washington: APHA, 1999.
- ARRUDA, R. S. V. **Os Rikbaktsa**: mudança e tradição. 1992. Tese (doutorado) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 1992.

AZEVEDO, M. A.; HELLER, L.; SCHALCH, V. Avaliação do potencial de risco para a saúde da disposição inadequada dos resíduos sólidos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21., 2001, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: ABES, 2001. p. 1-15.

BÓIA, M. N.; MOTTA, L. P.; SALAZAR, M. S. P.; MUTIS, M. P. S.; COUTINHO, R. B. A. Estudo das parasitoses intestinais e da infecção chagásica no Município de Novo Airão, Estado do Amazonas, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 15, n. 3, p. 497-504, 1999.

BUCHILLET, D. Cultura e saúde pública: reflexões sobre o Distrito Sanitário Especial Indígena do Rio Negro. In: LANGDON, E. J.; GARNELO, L. (org.). **Saúde dos povos indígenas: reflexões sobre antropologia participativa**. Associação Brasileira de Antropologia, 2004. p. 53 – 67.

BUCHILLET, D. **Contas de vidro, enfeites de branco e “potes de malária”**. Brasília: UnB, 1995. Série Antropológica, 187.

CHERNELA, J. M.; THATCHER, V. E. Comparison of parasite burdens in two native amazonian populations. **Medical Anthropology**, v. 10, p. 279-285, 1989.

CONFALONIERI, U. E. C. Saúde na Amazônia: um modelo conceitual para a análise de paisagens e doenças. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 19, n. 53, p. 221-236, 2005.

COURA, J. R.; WILLCOX, H. P. F.; TAVARES, A. M.; CASTRO, J. A. F.; FREITAS A. D. A.; PLASENCIA, E. P.; LOAIZA, L. B. Aspectos epidemiológicos, sociais e sanitários em áreas do Médio Solimões. II. Estudo de dois bairros periféricos da cidade de Coari e quatro localidades do lago do Mamiá, Estado do Amazonas. **Anais da Academia Nacional de Medicina**, v. 153, p. 183-186, 1993.

COURA, J. R.; WILLCOX, H. P. F.; TAVARES, A. M.; PAIVA, D. D.; FERNANDES, O.; RADA, E. L. J. C.; PEREZ, E. P.; BORGES, L. C. L.; HIDALGO, M. E. C.; NOGUEIRA, M. L. C. Aspectos epidemiológicos, sociais e sanitários de uma área no Rio Negro, Estado do Amazonas, com especial referência às parasitoses intestinais e à infecção chagásica. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 10, p. 327-336, 1994.

CUTOLO, S. A.; MATTÉ, M. H., ROCHA, A. A. Monitoring of parasitological contamination in treated wastewater from activated sludge system. **Management of Environmental Quality: An International Journal**, v. 17, n. 1, p. 43-56, 2006.

ELLIOT, S. J.; TAYLOR, S. M.; WLATER, S. Modeling psychosocial effects of exposure to solid waste facilities. **Social Science and Medicine**, v. 37, n. 6, p. 790-804, 1993.

FESTINGER, L. A. **Theory of cognitive dissonance**. Stanford: Stanford University Press, 1957.

GARNELO, L.; WRIGHT, R. Doença, cura e serviços de saúde: representações, práticas e demandas Baniwa. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 2, p. 273-284, mar./abr. 2001.

GADGIL, A. Drinking water in developing countries. **Ann Rev Energy Environ**, v. 23, p. 253-86, 1998.

GIATTI, L. L.; ROCHA, A. A.; TOLEDO, R. F.; BARREIRA, L. P.; RIOS, L.; PELICIONI, M. C. F.; MUTTI, L. V.; CUTOLO, S. A. Condições sanitárias e socioambientais em

lauaretê, área indígena em São Gabriel da Cachoeira/AM. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 12, n. 6, p.1387-1399, 2007.

GÜNTHER, W. M. R.; RIBEIRO, H. Resíduos sólidos urbanos. In: RIBEIRO, W. C. (org.). **Patrimônio ambiental brasileiro**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2003.

HELLER, L. **Saneamento e saúde**. Brasília: Organização Pan-Americana da Saúde, 2000.

LECLERC, H.; MOSSEL, D. A. A.; EDBERG, S. C.; STRNIJK, C. B. Advances in the bacteriology of the coliform group: their suitability as markers of microbial water safety. **Ann Rev Microbiol**, v. 55, p. 201-234, 2001.

LEVENTHAL, R.; CHEADLE, R. F. **Parasitologia médica: texto e atlas**. 4. ed. Davis Company, 2000.

LINHARES, A. C. Epidemiologia das infecções diarréicas entre populações indígenas da Amazônia. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 2, p. 121-128, 1992.

LUTZ, A. O *Schistosomum mansoni* e a schistosomatose segundo observações feitas no Brasil. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 11, p. 121-155, 1919.

MALINOWSKI, B. K. **Argonautas do Pacífico Ocidental: um relato do empreendimento e da aventura dos nativos nos arquipélagos da Nova Guiné melanésia**. 3. ed. São Paulo: Abril Cultural, 1984 (p. VI-XXI). Coleção Os Pensadores.

MINAYO, M. C. S. **O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde**. São Paulo: Hucitec; 2004.

MINAYO, M. C. S. Mudança: conceito-chave para intervenções sociais e para avaliação de programas. In: MINAYO, M. C. S.; ASSIS, S. G.; SOUZA, E.R. (org.). **Avaliação por triangulação de métodos: abordagem de programas sociais**. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2005. p. 53-70.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. **Métodos básicos de laboratorio en parasitología medica**. Ginebra: OMS, 1992.

PETERS, W.; GILES, H. M. **Color atlas of tropical medicine and parasitology**. 4. ed. Mosby Wolfe, 1995.

RIOS, L.; CUTOLO, A. S.; GIATTI, L. L.; CASTRO, M.; ROCHA, A. A.; TOLEDO, R. F.; PELICIONOI, M. C. F.; BARREIRA, L. P.; SANTOS, J. G. Prevalência de parasitos intestinais e aspectos socioambientais em comunidade indígena no distrito de lauaretê do município de São Gabriel da Cachoeira (AM), Brasil. **Saúde Soc.**, São Paulo, v. 16, n. 2, p. 76-86, 2007.

ROCHA, A. A. **Lixo: aspectos epidemiológicos, classificação, características e processos de tratamento e disposição final**. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública/USP, 1980.

RODRIGUES, M. S. **Composted societal organic wastes for sustainable wheat (Triticum aestivum) production**. Tese para obtenção do título de PhD - Wye College/ University of London, 1996.

ROUQUAYROL, M. Z.; VERAS, F. M. F.; FAÇANHA, M. C. Doenças transmissíveis e modos de transmissão. In: ROUQUAYROL, M. Z.; ALMEIDA FILHO, N. **Epidemiologia e saúde**. 5. ed. Rio de Janeiro: MEDSI; 1999. p. 215-257.

RUPPEL, A.; DOENHOFF, M. J. Vector biology and the control of parasitic diseases. **Parasitology Today**, v. 14, n. 8, p. 299-300, 1998.

SANTOS, R. V.; COIMBRA, C. E. A. Cenários e tendências da saúde e da epidemiologia dos povos indígenas no Brasil. In: COIMBRA Jr, C. E. A.; SANTOS, R. V.; ESCOBAR, A. L. (org.). **Epidemiologia e saúde dos povos indígenas no Brasil**. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2003. p. 13-47.

SÃO PAULO. Secretaria Estadual da Saúde. Centro de Apoio ao Desenvolvimento. Núcleo de Educação. **Educação em saúde**: coletânea de técnicas. São Paulo: SES, 1993.

SOARES, S. R. A.; BERNARDES, R. S.; CORDEIRO-NETTO, O. M. Relações entre saneamento, saúde pública e meio ambiente: elementos para formulação de um modelo de planejamento em saneamento. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 6, p. 1713-24, 2002.

THIOLLET, M. **Metodologia da Pesquisa-Ação**. São Paulo: Cortez, 2000.

TOLEDO, R. F.; PELICIONI, M. C. F.; GIATTI, L. L.; BARREIRA, L. P.; CUTOLO, A. S.; MUTTI, L. V.; ROCHA, A. A.; RIOS, L. Comunidade indígena na Amazônia: metodologia da pesquisa-ação em educação ambiental. **O Mundo da Saúde**, v. 30, n. 4, p. 559-569, 2006.

WHITFIELD, P. I. Parasitic helminths. In: COX, F. E. G. **Modern parasitology**: a textbook of parasitology. 2. ed. Blackwell Science, 1993.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Environmental health in urban development**. Geneva: WHO, 1991. Technical Report Series nº 807.

# Filtros domésticos: avaliação de eficácia e eficiência na redução de agentes patogênicos

Paulo Tadeu Ribeiro de Gusmão (Coordenador), José Wedson Salvador de Oliveira, Denis Leonardo Santana dos Santos.

Proponente: Fundação de Apoio ao Desenvolvimento da Universidade Federal de Pernambuco (Fadep)

Executora: Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

## Resumo

Os filtros domiciliares com vela cerâmica têm sido intensivamente utilizados no Brasil (e em outros países subdesenvolvidos) como forma de melhorar a qualidade da água disponível para consumo humano. Por esse motivo, a Fundação Nacional de Saúde (**Funasa**), em convênio com o Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), realizaram esta pesquisa, que teve como objetivo geral avaliar, sob diferentes condições operacionais, que procuravam simular as formas como tais filtros são utilizados nas residências, a capacidade de redução de agentes patogênicos de três tipos de filtros domésticos: filtros do tipo Gravidade, filtros do tipo Pressão e filtros do tipo Pressão acoplados a reservatórios auxiliares. Os resultados da pesquisa permitiram, entre outras, as seguintes conclusões: (i) a limpeza do elemento filtrante (vela) do filtro deve ser realizada de forma que seja preservada, parcialmente, a camada biológica que se desenvolve sobre sua superfície durante a filtração; (ii) os filtros tipo Gravidade e tipo Pressão com reservatório auxiliar, que operaram sob baixas taxas de filtração (até  $5,5 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$ ), foram os mais eficientes na remoção de bactérias coliformes totais e *E. coli* e na redução da turbidez; (iii) esses filtros apresentaram baixo desempenho na remoção de bactérias coliformes totais e de cor aparente, mas apresentaram desempenho satisfatório na redução de turbidez, produzindo, de forma consistente, efluentes com turbidez  $< 1 \text{ uT}$ ; (iv) o filtro mais eficiente, com relação à remoção de *E. coli*, foi o filtro de Pressão com reservatório auxiliar cujo elemento filtrante foi lavado com remoção total da camada biológica, produzindo efluente livre dessas bactérias quando, na água bruta, havia  $\text{NMP} < 12,5 \text{ E. coli}/100 \text{ mL}$ .

**Palavras-chave:** eficiência de filtros domiciliares; redução de agentes patogênicos em filtros domiciliares.



## Abstract

Ceramic filters for point-of-use water treatment have been widely used in Brazil (and in other underdeveloped countries) as a means of improving the quality of the water available for human consumption. For this reason, the National Health Foundation (**Funasa**), in accord with the Department of Civil Engineering of the Federal University of Pernambuco (UFPE), carried out this research in order to evaluate, under different operational conditions, the capacity to reduce pathogenic agents of three types of household ceramic water filters: gravity filters, pressure filters (on tap filters), and pressure filters (on tap filters) connected to dispensers. Experimental conditions simulated the ways in which such filters are used in the home. The results of the research led to the following conclusions, among others: (i) the cleaning of the filter candle must be done in such a way that it preserves, partially, the biological layer developed on its surface during the filter run; (ii) gravity filters and pressure filters (on tap filters) connected to dispensers, that operated under a low filtration rate (up to 5,5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.day), were the most efficient in reducing coliforms bacteria and turbidity; (iii) these filters did not produce effluents free of total coliforms bacteria and they produced low turbidity (< 1 NTU) effluents, but were not efficient in reducing apparent color; (iv) the pressure filters connected to dispensers obtained the greatest efficiency in the removal of *E. coli*, the highest efficiency being obtained by the filter that had its candle cleaned in such a way that the biological layer was completely removed. This type of filter consistently produced effluent free of *E. coli*, when concentrations of these bacteria in raw water were less than 12,5 NMP/100 mL.

**Keywords:** efficiency of household ceramic water filters; reduction of pathogenic agents in household ceramic water filters.



## 1 Introdução

A ingestão de água contaminada juntamente com suprimento inadequado de água para higiene pessoal e saneamento precário, são as causas principais de aproximadamente quatro bilhões de casos de diarreia anuais, causando 2,5 milhões de mortes (KOSEK et al., 2003). Nos países em desenvolvimento, a diarreia é responsável por 21% de todas as mortes entre crianças com menos de cinco anos de idade (PARASHAR et al., 2003).

Filtros cerâmicos têm sido identificados como uma das mais promissoras e acessíveis tecnologias para tratamento de água em domicílios (CLASEN et al., 2004). Filtros cerâmicos domésticos (ou domiciliares) têm sido produzidos e largamente utilizados em muitas partes do mundo para melhoria da qualidade da água disponível para consumo humano (SOBSEY, 2002). Unidades de tratamento de água domiciliares são muito utilizadas nos Estados Unidos da América. Parmelee (2000) previa que nesse país, o mercado de cartuchos (elementos filtrantes) para filtros domiciliares deveria movimentar mais de US\$ 500 milhões em 2004.

A eficiência na redução de microorganismos patogênicos de filtros cerâmicos fabricados em países desenvolvidos, tais como Reino Unido e Estados Unidos da América, tem sido extensivamente testada e muitos tem sido certificados por seu elevado desempenho. Tais filtros tendem a ter preços superiores aos da maioria dos filtros produzidos em países em desenvolvimento e, portanto, não se tem, atualmente, a garantia de sua acessibilidade, viabilidade e sustentabilidade para tratamento domiciliar de água nas áreas mais pobres desses países (SOBSEY, 2002).

No Brasil (e em outros países em desenvolvimento), filtros cerâmicos domésticos ou domiciliares são utilizados em habitações isoladas em zonas rurais, em pequenas comunidades não dotadas de sistemas coletivos de abastecimento de água, e mesmo em áreas urbanas desenvolvidas quando não há garantia da qualidade da água fornecida por seus sistemas de abastecimento de água.

Apesar de estudos recentes (BORGES et al., 2001; HWANG, 2003; CLASEN et al., 2004; COULBERT, 2005), não há informações precisas a respeito do quanto os filtros cerâmicos produzidos em países em desenvolvimento tem sido, ou estão sendo, testados com respeito à redução de microorganismos patogênicos, tais como vírus, bactérias e parasitas. Tais avaliações de desempenho forneceriam informações valiosas para julgamento da qualidade e do desempenho desses filtros (SOBSEY, 2002).

Assim, a **Funasa**, em convênio com o Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), considerando a importância desses filtros para a saúde pública, realizou esta pesquisa, que teve como objetivo geral avaliar, sob diferentes condições operacionais que procuravam simular as formas como tais filtros são utilizados nas residências, sua eficácia e eficiência na redução de agentes patogênicos.

## 2 Objetivos

O objetivo geral da pesquisa é avaliar a capacidade de remoção de patógenos de diversos tipos de filtros domésticos, sob diferentes condições operacionais. Os objetivos específicos da pesquisa foram:

- avaliar a capacidade de remoção de impurezas (agentes patógenos, turbidez e cor aparente) de filtros do tipo Gravidade e do tipo Pressão, sob diferentes condições operacionais;
- avaliar diferentes procedimentos de lavagem do meio filtrante e o desempenho dos filtros durante os períodos iniciais de funcionamento após a lavagem de seu meio filtrante;
- elaborar manual de orientações para a correta utilização, operação, manutenção e limpeza dos filtros domésticos.

## 3 Metodologia

### 3.1 Instalação utilizada

As investigações experimentais foram realizadas em instalação construída especificamente para este fim no Laboratório de Hidráulica do Departamento de Engenharia Civil da UFPE. A instalação consistiu, basicamente, das seguintes unidades (figuras 1 e 2):

- tanque de preparação da água bruta (Tinf) – a água bruta era preparada em tanque de fibra com 300 L de capacidade dotado de escala interna para leitura do volume de água adicionado. Junto a esse tanque foi instalada torneira conectada à rede de distribuição de água do Laboratório de Hidráulica, para lavagem e eventual adição de água tratada ao tanque Tinf;

- unidades de bombeamento, armazenamento e distribuição da água bruta – a água bruta preparada no tanque Tinf era bombeada por meio de conjunto elevatório com bomba centrífuga (figura 2) até o tanque Tsup, semelhante ao tanque Tinf, localizado na coberta do prédio do laboratório. A partir do tanque Tsup, onde era armazenada, a água bruta escoava, por gravidade, através de tubulação distribuidora até cada um dos equipamentos de filtração estudados na pesquisa;
- equipamentos de filtração – na pesquisa, foram estudados seis equipamentos de filtração: dois filtros tipo gravidade - G1 e G2 (figura 3), dois filtros tipo pressão - P1 e P2 (figura 4) e dois filtros tipo pressão acoplados a reservatórios auxiliares - PR1 e PR2 (figura 6).

## 3.2 Investigação experimental

### 3.2.1 Introdução

Nesta investigação experimental, procurou-se simular as formas como os filtros domésticos são utilizados nas residências. Dessa maneira, durante cada ensaio de filtração com o filtro do tipo Gravidade, foram retirados diariamente do reservatório inferior do filtro, o volume correspondente ao consumo diário (ingestão) de uma família de tamanho médio (quatro pessoas). Sempre que o compartimento superior esvaziava, era adicionada água bruta, simulando-se, dessa forma, o funcionamento real do filtro. Da mesma forma, durante cada ensaio de filtração com os equipamentos que utilizavam filtros do tipo Pressão, procurou-se simular o seu funcionamento real, extraíndo-se diariamente a intervalos regulares, volumes de água filtrada correspondentes ao consumo (ingestão) de uma família de tamanho médio (quatro pessoas).

### 3.2.2 Equipamentos de filtração avaliados na pesquisa

Na pesquisa, foram avaliados dois tipos de filtros: os filtros do tipo Gravidade e os filtros do tipo Pressão. O filtro do tipo Gravidade é constituído por um reservatório cilíndrico superior, onde é instalado o elemento filtrante (que funciona de forma contínua), e um reservatório cilíndrico inferior, onde fica armazenada a água filtrada (figuras 3 e 5). Os filtros do tipo Pressão são conectados diretamente à canalização de água da residência e podem ser operados de duas formas: (i) com funcionamento descontínuo e (ii) com funcionamento contínuo.

Figura 1 – Esquema da instalação utilizada na pesquisa

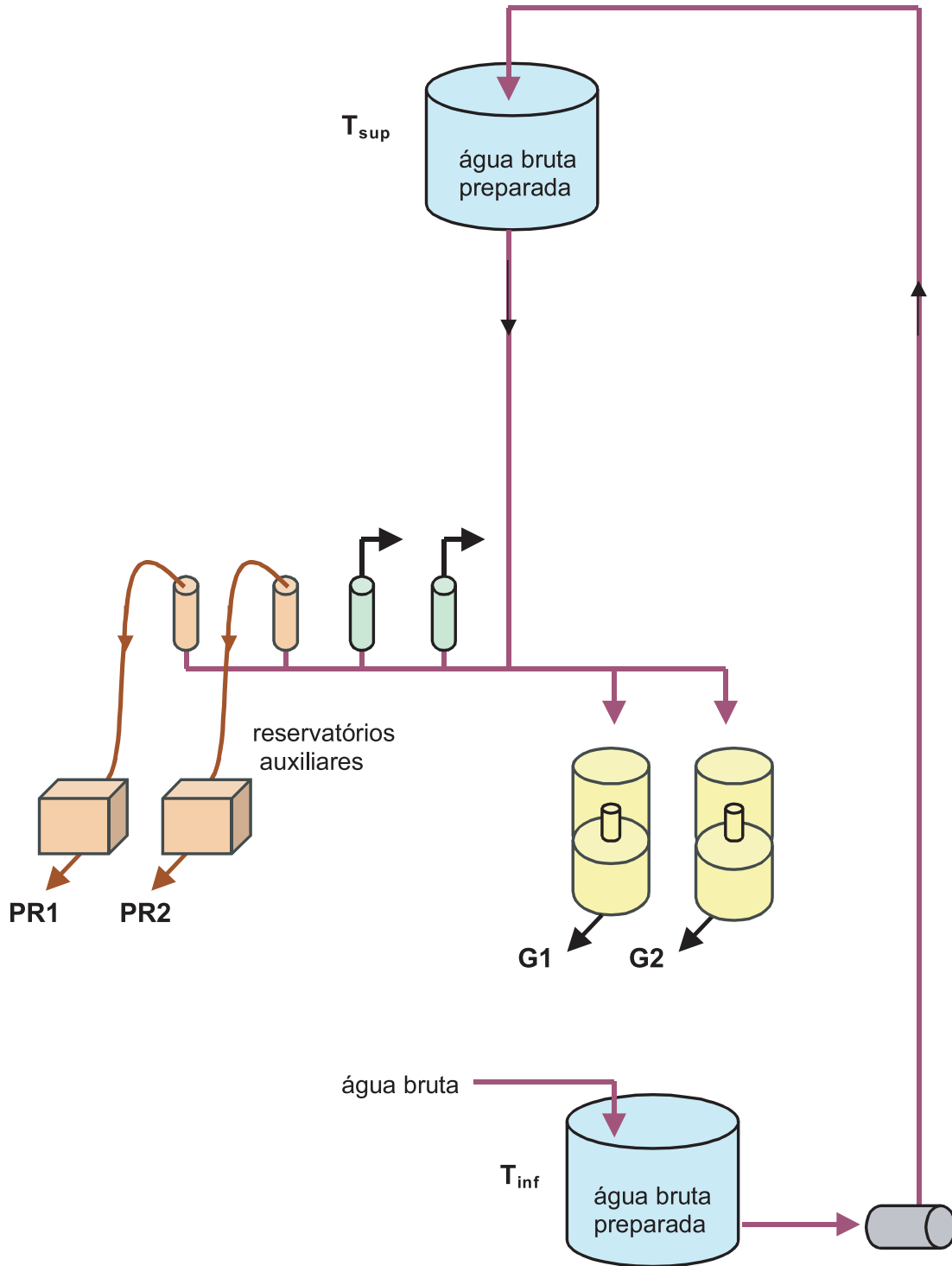


Figura 2 – Conjunto dos equipamentos de filtração estudados na pesquisa



Figura 3 – Filtros do tipo gravidade – G1 e G2



Figura 4 – Filtros do tipo Pressão – P1 e P2



Figura 5 – Filtros do tipo gravidade: reservatórios e elementos filtrante (vela)





Figura 6 – Filtros do tipo pressão acoplados a reservatórios auxiliares – PR1 e PR2



Figura 7 – Detalhe da "vela" de cerâmica microporosa lavável



Figura 8 – Filtros do tipo Pressão e elemento filtrante (vela)



No primeiro caso, o elemento filtrante opera de forma descontínua, em função da abertura e fechamento da torneira de saída do filtro (figura 4). No segundo caso, o elemento filtrante funciona de forma contínua devido à conexão do filtro, por meio de tubo flexível, a um reservatório auxiliar, onde fica armazenada a água filtrada (figura 6). Os equipamentos de filtração, avaliados na investigação experimental, estão listados na tabela 1.

Tabela 1 – Tipos de equipamentos de filtração avaliados na pesquisa

tipo	quantidade	denominação
gravidade	2	G1 e G2
pressão – funcionamento descontínuo	2	P1 e P2
pressão – funcionamento contínuo	2	PR1 e PR2

A pesquisa teve o objetivo de avaliar o desempenho de filtros domésticos de menor preço e, portanto, mais acessíveis à população de baixa renda. Foram, portanto, investigados os equipamentos mais simples e dotados de apenas 1 (um) elemento filtrante (vela). Da mesma forma, foi estudado o elemento filtrante de menor preço, tendo sido selecionada a “vela” de cerâmica microporosa lavável (figura 7), a qual pode ser instalada em quaisquer dos tipos de equipamentos de filtração domiciliar avaliados na pesquisa - filtros do tipo Pressão (figura 8) ou do tipo Gravidade (figura 5). Entre os equipamentos disponíveis no mercado, foram selecionados para a pesquisa os equipamentos relacionados na tabela 2.

Tabela 2 – Equipamentos de filtração selecionados para a pesquisa

equipamentos	características / modelos	fabricantes
elemento filtrante	vela cerâmica microporosa, modelo Stéfani	Cerâmica Stéfani SA
filtros do tipo Gravidade	talha de acrílico, de seis litros	SAP – Ind. e Com. Ltda
filtros do tipo Pressão	modelo Stéfani	Cerâmica Stéfani SA
reservatório auxiliar	reservatório de PVC, modelo Potágua, de 12 litros	Unipac - Ind. e Com. Ltda

### 3.2.3 As condições operacionais sob as quais os filtros foram avaliados

#### a) Características da água bruta

Na pesquisa foi utilizada água bruta natural, de baixa turbidez, proveniente de um dos poços profundos que abastece o campus da UFPE. Nos experimentos em que foi necessário obter concentração elevada de microorganismos patogênicos, essa água foi contaminada com quantidades predeterminadas de esgoto tratado efluente da ETE Mangueira, localizada na cidade do Recife. Para determinação das relações água de poço/esgoto tratado, correspondentes às concentrações de bactérias (*E. coli*) desejadas nos ensaios, foram realizados diversos testes preliminares, em que foram medidas as concentrações de bactérias (*E. coli*) resultantes de diversos valores da relação água de poço/esgoto tratado. A investigação experimental consistiu de diversos ensaios de filtração, nos quais a água bruta foi tratada simultaneamente nos filtros em estudo. Dessa forma, foi possível avaliar não apenas a eficácia e a eficiência dos filtros, mas, também, a comparar o desempenho dos diversos tipos de filtros.

## b) Volume filtrado diariamente

Durante os ensaios de filtração procurou-se filtrar, em cada um dos filtros estudados, o mesmo volume de água bruta, o qual foi fixado em seis litros por dia. Esse valor foi determinado admitindo-se consumo (ingestão) *per capita* de 1,5 litro por dia e família de tamanho médio (quatro pessoas).

## c) Freqüência e o modo de lavagem dos elementos filtrantes

Durante o funcionamento de um filtro domiciliar, desenvolve-se na superfície do elemento filtrante (vela cerâmica microporosa) uma camada biológica semelhante à que se forma em filtros lentos de areia. Nesses filtros, essa camada é responsável pela atividade biológica, a qual é considerada a ação mais importante que ocorre na filtração lenta (DI BERNARDO, 1993). Com relação à lavagem do elemento filtrante ou remoção dessa camada, constatou-se que os usuários, em muitos casos, adotam procedimentos diferentes daqueles recomendados pelos fabricantes:

- de acordo com os fabricantes, a lavagem deve ser realizada pelo menos uma vez por semana (velas Pozzani) ou sempre que houver redução no fluxo de água filtrada (velas Stéfani). Tem sido constatado, no entanto, que os usuários muitas vezes fazem a lavagem do elemento filtrante quando há necessidade de reposição da água no compartimento superior do filtro;
- o fabricante das velas Pozzani recomenda que a limpeza seja realizada raspando-se sua superfície com uma faca ou similar para remoção da parte suja da vela, até torná-la branca novamente, sob água corrente. O fabricante das velas Stéfani recomenda que na lavagem sejam usadas, somente, água e uma escovinha ou as mãos. Ambos afirmam que não devem ser utilizados sabão, detergente, sal, açúcar ou produtos químicos. Tem sido constatado, no entanto, que, durante a limpeza da vela, muitos usuários procuram remover completamente a camada biológica, utilizando, para isso, esponja e água sanitária diluída, esponja (ou bucha vegetal) e açúcar granulado ou outros materiais.

Esses fatores podem interferir no desempenho de um filtro e foram, portanto, objeto de investigação. Assim, durante as investigações experimentais, foram adotadas e avaliadas duas freqüências de lavagem do meio filtrante: (1) a cada seis dias – o que corresponde, aproximadamente, à lavagem semanal, recomendada por um dos fabricantes (velas Pozzani); (2) a cada três dias – o que corresponde à metade da freqüência anterior, significando, por um lado, remoção mais freqüente da camada biológica, e por outro, maior produção de água filtrada.

Foram, ainda, testados e avaliados dois diferentes modos de lavagem do elemento filtrante: Modo 1: remoção parcial da camada biológica, sob água tratada corrente, utilizando-se apenas as mãos; Modo 2: remoção completa da camada biológica, sob água tratada corrente, utilizando-se inicialmente apenas as mãos e, em seguida, material abrasivo (açúcar granulado).

A formação da camada biológica em filtros lentos pode levar dias ou até semanas. Esse período é denominado fase de “amadurecimento” do filtro lento (DI BERNARDO, 1993). Para avaliação da ocorrência e duração da fase de “amadurecimento” nos filtros domiciliares, foi aumentada a frequência de coleta de amostras nos períodos iniciais de funcionamento de cada filtro, após a lavagem de seu meio filtrante.

#### d) Fases da pesquisa

A investigação experimental foi realizada em três fases. Na Fase 1, foram utilizados seis equipamentos:

- 2 filtros do tipo Gravidade, iguais (G1 e G2);
- 2 filtros do tipo Pressão, iguais (P1 e P2);
- 2 conjuntos iguais (PR1 e PR2), constituídos, cada um deles, por 1 filtro do tipo Pressão (igual a P1 ou P2) e 1 reservatório auxiliar, alimentado pelo respectivo filtro.

A Fase 1 teve como objetivo definir, com base na avaliação do desempenho dos filtros, a melhor forma de lavagem do elemento filtrante (total ou parcial) e a melhor forma de utilização dos filtros do tipo Pressão (com ou sem reservatório auxiliar). Os filtros foram operados simultaneamente, utilizando-se a água bruta preparada e armazenada no tanque Tsup, durante período total de 18 dias. Nessa fase a lavagem dos elementos filtrantes foi realizada a cada três dias, de modo que foram realizadas seis carreiras de filtração, correspondendo, cada uma delas, a um ensaio de filtração, tendo sido, portanto, realizados os ensaios E1 a E6. Em cada uma das cinco lavagens dos elementos filtrantes, a camada biológica que os recobria foi removida conforme o Modo 2, nos filtros G1, P1 e PR1, e conforme o Modo 1, nos filtros G2, P2 e PR2.

A Fase 2 teve como objetivo definir, com base na avaliação do desempenho dos filtros, a melhor frequência de limpeza dos elementos filtrantes e, comparando-se os resultados das fases 1 e 2, definir a melhor forma de lavagem do elemento filtrante (total ou parcial). Na Fase 2, foram utilizados quatro equipamentos de filtração: os dois filtros do tipo Gravidade (G1 e G2) e os dois conjuntos PR1 e PR2. Os filtros foram operados simultaneamente, utilizando-se a água bruta preparada e armazenada no tanque Tsup, durante período total de 18 dias. Nessa fase, a lavagem dos elementos filtrantes foi realizada a cada seis dias, de modo que foram realizadas três carreiras de filtração,

correspondendo, cada uma delas, a um ensaio de filtração, tendo sido, portanto, realizados os ensaios E7, E8 e E9. Em cada uma das duas lavagens dos elementos filtrantes, a camada biológica que os recobria foi removida conforme o Modo 2, nos filtros G1 e PR1, conforme o Modo 1, nos filtros G2 e PR2.

Na Fase 3, foram utilizados dois equipamentos de filtração: o filtro tipo Gravidade G2 e o conjunto PR2, cujos elementos filtrantes foram lavados conforme o procedimento recomendado: Modo 1. Nessa fase, foram realizadas três carreiras de filtração (ensaios E10, E11 e E12), com o objetivo principal de avaliar o desempenho dos filtros relativamente à redução da cor aparente.

#### e) Parâmetros de interesse na pesquisa

Durante a pesquisa foram medidos e avaliados os seguintes parâmetros:

- microbiológicos: concentração de *Escherichia coli* e de coliformes totais –utilizando-se a tecnologia *Defined Substrate Technology* e o procedimento quanti-tray para determinação do número mais provável (NMP) em amostras de 100 mL. Foram utilizados os seguintes equipamentos: Seladora eletrônica (IDEXX); Estufa para cultura bacteriológica (FANEM®, série ORION, modelo 502-A, tam. 01) e Lâmpada UV de bancada, 365 nm, 6 W (Spectroline).
- físicos: turbidez – utilizando-se princípio nefelométrico e turbidímetro HACH 2100 P; cor aparente – por comparação visual, utilizando-se princípio platino-cobalto e colorímetro Nessler Quanti 200 da Policontrol; taxa de filtração – a partir de vazões determinadas por método volumétrico; temperatura da água filtrada – utilizando-se termômetro de mercúrio.

Os ensaios para determinação dos valores dos parâmetros foram realizados no Laboratório de Hidráulica, com exceção dos ensaios relativos à cor aparente, os quais foram realizados no Laboratório de Saneamento Ambiental do Deciv da UFPE e no Laboratório da ETA Pres. Castelo Branco, da Companhia Pernambucana de Saneamento (Compesa).

### 3.3 Análise estatística dos resultados

A análise estatística teve por objetivo verificar se havia diferença significativa entre os três tipos de filtro estudados e os dois modos de limpeza adotados, com relação à concentração de bactérias (*Escherichia coli* e coliformes totais), turbidez e cor aparente, utilizando-se os dados obtidos na pesquisa. Os dados obtidos na pesquisa não apresentaram distribuição normal e as amostras tinham tamanho reduzido. Por esses motivos, foram utilizados testes estatísticos não paramétricos para verificar se as

hipóteses levantadas eram válidas ou não. Entre os diversos testes não paramétricos existentes, foram utilizados: (i) o Teste dos Postos Sinalizados de Wilcoxon, ou simplesmente Teste de Wilcoxon e (ii) o Teste de Friedman para Amostras Relacionadas, ou simplesmente Teste de Friedman, ambos alternativas não paramétricas ao Teste T para Amostras Pareadas e ao Teste F para Amostras Relacionadas.

## 4 Resultados alcançados frente aos objetivos propostos e discussão

### 4.1 Introdução

Na tabela 3 estão resumidas as principais características da água bruta utilizada na pesquisa (concentrações de *E. coli* e de coliformes totais, turbidez e cor aparente) em suas três fases. Observa-se que na Fase 2, a água bruta utilizada resultou na menor concentração de *E. coli*, mas com maior turbidez em relação à Fase 1.

Tabela 3 – Características da água bruta nas fases da pesquisa

Fase da pesquisa	Ensaio	<i>E. coli</i> (NMP/100 mL)	Coliformes Totais (NMP/100 mL)	Turbidez (uT)	Cor aparente (uH)
1	E1 a E6	10,0 a 5.830,8	100,5 a 17.329,0	0,88 a 3,39	---
2	E7 a E9	< 1,0 a 290,9	101,6 a 12.700,8	1,20 a 15,3	---
3	E10 a E12	---	---	1,18 a 11,5	5 a 15

Na tabela 4, estão indicados os valores médios dos volumes de água bruta filtrados diariamente, em cada filtro, em cada fase da pesquisa.

Tabela 4 – Volumes médios filtrados (L/dia)

filtros	Fase 1 Ensaio E1 a E6	Fase 2 Ensaio E7 a E9	Fase 3 Ensaio E10 a E12
P1	5,58	---	---
P2	5,53	---	---
G1	5,53	5,95	---
G2	5,10	6,00	2,96
PR1	5,99	6,11	---
PR2	5,91	6,13	5,37

## 4.2 Fase 1 (ensaio E1 a E6)

### 4.2.1 Remoção de *Escherichia coli*, coliformes totais e turbidez

#### a) Ensaio E1

Antes do ensaio E1, os elementos filtrantes (velas) dos filtros não foram lavados. Nesse ensaio, portanto, o fator Modo de Limpeza não influenciou os resultados obtidos. Na tabela 5, estão resumidas as concentrações de *Escherichia coli* (*E. coli*), coliformes totais (CT) e turbidez no efluente dos filtros no ensaio E1. De acordo com os dados apresentados nessa tabela, há indícios de que com relação à remoção de *E. coli* e coliformes totais:

- nenhum dos filtros produziu, consistentemente, efluente livre dessas bactérias;
- os filtros de pressão P1 e P2, que operaram sem reservatórios auxiliares e, portanto, com taxas de filtração elevadas, apresentaram o pior desempenho;
- os filtros de pressão PR1 e PR2, que operaram com reservatórios auxiliares e taxas de filtração baixas, apresentaram o melhor desempenho;
- os filtros de gravidade G1 e G2, que operam com taxas de filtração baixas, apresentaram desempenho intermediário.

Com relação à redução da turbidez, os filtros estudados produziram, de forma consistente, efluentes com turbidez < 1 uT e apresentaram, aparentemente, o mesmo desempenho.



Tabela 5 – Ensaio E1: concentrações de *E.coli*, CT e turbidez no efluente dos filtros

Filtros	<i>E.coli</i> (NMP/100 mL)	CT (NMP/100 mL)	Turbidez (uT)
P1	93,3 a > 2.419,2	410,6 a > 2.419,2	0,27 a 0,53
P2	26,5 a 1.553,1	101,9 a > 2.419,2	0,27 a 0,55
G1	< 1 a 21,3	2,0 a 172,3	0,26 a 0,39
G2	31,3 a 201,4	275,5 a 1.413,6	0,27 a 0,54
PR1	< 1 a 7,4	4,1 a 54,7	0,26 a 0,51
PR2	< 1 a 2,0	8,6 a 12,1	0,26 a 0,95

b) Ensaios E2 a E6

Remoção de *E. coli* (ensaios E02 a E05)

Nos ensaios E2 a E5, nenhum dos filtros produziu, consistentemente, efluente com ausência de *Escherichia coli*. Na tabela 6, são apresentadas as estatísticas descritivas para a concentração de *E. coli* (NMP/100 mL), para cada um dos filtros estudados nesses ensaios. Observa-se, nessa tabela, que o filtro com pior desempenho foi o P1 (lavado no Modo 2), com uma média de 500,0 NMP/100 mL de *Escherichia coli*, e que o filtro com melhor desempenho foi o G2 (lavado no Modo 1), com 5,4 NMP/100 mL de *Escherichia coli*.

Tabela 6 – Estatísticas descritivas para a concentração de *E. coli* segundo o Tipo de Filtro e Modo de limpeza nos ensaios E02 a E05.

Tipo de Filtro	Filtro	Lavagem	Nº de Amostras	Média (NMP/100 mL)	Desvio Padrão	Mínimo (NMP/100 mL)	Máximo (NMP/100 mL)
Pressão	P2	Modo 1	38	347,0	647,1	0	2419,20
	P1	Modo 2	38	500,0	645,0	0	2419,20
Gravidade	G2	Modo 1	38	5,4	6,6	0	24,3
	G1	Modo 2	37	28,6	52,2	0	261,0
Pressão com reservatório	PR2	Modo 1	37	8,4	27,3	0	166,0
	PR1	Modo 2	36	70,4	171,4	0	921,0

Esses resultados foram confirmados com o teste de Friedman. O teste de Wilcoxon mostrou que não há diferença significativa (ao nível de 5%) entre os resultados dos filtros mais eficientes: G2 e PR2, ambos lavados no Modo 1.

#### Remoção de coliformes totais (ensaios E2 a E5)

Nos ensaios E2 a E5, nenhum dos filtros produziu, consistentemente, efluente com ausência de coliformes totais. Na tabela 7, são apresentadas as estatísticas descritivas para a concentração de CT (NMP/100 mL), para cada um dos filtros estudados nesses ensaios. Observa-se que o filtro com pior desempenho foi o filtro P1 (lavado no Modo 2), com uma média de 1.356,5 NMP de CT /100 mL, e que os filtros com melhor desempenho foram o filtro G2 (lavado no Modo 1), com 41,4 NMP de CT /100 mL, seguido pelo filtro PR2 (lavado no Modo 1), com 74,4 NMP de CT /100 mL. Os resultados do teste de Friedman confirmam essas observações. Aqui, também, o teste de Wilcoxon mostrou que não há diferença significativa (ao nível de 5%) entre os resultados dos filtros mais eficientes: G2 e PR2, ambos lavados no Modo 1.

Tabela 7 – Estatísticas descritivas para a concentração de CT segundo o Tipo de Filtro e Modo de limpeza nos ensaios E2 a E5.

Tipo de Filtro	Filtro	Lavagem	Nº de Amostras	Média (NMP/100 mL)	Desvio Padrão	Mínimo (NMP/100 mL)	Máximo (NMP/100 mL)
Pressão	P2	Modo 1	38	729,4	915,24	6,3	2.419,2
	P1	Modo 2	38	1.356,5	1.039,35	8,5	2.419,2
Gravidade	G2	Modo 1	38	41,4	43,37	1,0	145,0
	G1	Modo 2	38	483,0	722,17	0,0	2.419,0
Pressão com reservatório	PR2	Modo 1	38	74,4	181,10	1,0	1.046,2
	PR1	Modo 2	37	453,6	690,49	7,4	2.419,2

#### Remoção de turbidez (ensaios de E2 a E6)

Nos ensaios E2 a E6, todos os filtros produziram, de forma consistente, efluentes com turbidez < 1 uT. Na tabela 8 são apresentadas as estatísticas descritivas para a turbidez (uT), para cada um dos filtros estudados. Verifica-se que o filtro com pior desempenho foi o filtro PR1 (lavado no Modo 2), com uma média de 0,40 uT, e que os filtros com melhor desempenho foram os filtros G2 (Modo 1) e G1 (Modo 2), com valores médios de 0,25 uT e 0,29 uT, respectivamente. Esses resultados foram confirmados pelo teste de Friedman e, nesse caso, o teste de Wilcoxon demonstrou que há

diferença significativa (ao nível de 1%) entre os resultados dos filtros mais eficientes: G2 e G1, sendo o filtro G2 aquele que apresentou melhor desempenho.

Tabela 8 – Estatísticas descritivas para a turbidez segundo o tipo de filtro e Modo de limpeza nos ensaios E2 a E6.

Tipo de Filtro	Filtro	Limpeza	Número de Amostras	Média (uT)	Desvio Padrão	Mínimo (uT)	Máximo (uT)
Pressão	P2	Modo 1	47	0,32	0,087	0,20	0,49
	P1	Modo 2	47	0,38	0,130	0,24	0,92
Gravidade	G2	Modo 1	46	0,25	0,051	0,19	0,46
	G1	Modo 2	46	0,29	0,088	0,20	0,61
Pressão com reservatório	PR2	Modo 1	46	0,31	0,110	0,20	0,72
	PR1	Modo 2	47	0,40	0,190	0,21	1,30

#### 4.2.2 Ocorrência de fase de “amadurecimento” dos filtros

A ocorrência da fase de “amadurecimento” foi constatada visualmente (nos filtros G1 e G2) e medida pela redução na concentração de *E. coli*, de coliformes totais ou pela redução da turbidez. A esse respeito, observou-se que: (i) o fenômeno ocorreu em todos os filtros, na maioria dos ensaios; (ii) no filtro PR2, o “amadurecimento”, com relação aos parâmetros citados, ocorreu em todos os ensaios; (iii) nos ensaios E04 e E05, com relação à remoção de *E. coli* e de coliformes totais, o “amadurecimento” foi observado, principalmente, nos filtros cujos elementos filtrantes foram lavados no Modo 1; e (iv) com relação a *E. coli*, foram observados no período inicial de funcionamento dos filtros (até 4,5 horas de operação), valores elevados, variando de 2,0 a >2.429,2 NMP/100 mL.

#### 4.2.3 Modo de Limpeza do elemento filtrante

Com relação ao modo de limpeza do elemento filtrante, observou-se que: (i) na avaliação por tipo de filtro, a unidade cuja “vela” foi lavada no Modo 1 apresentou, em seu efluente, concentração média de bactérias e turbidez média inferiores às do efluente da unidade similar cuja “vela” foi lavada no Modo 2; (ii) entre todos os filtros, aqueles que apresentaram melhor desempenho com relação a esses parâmetros, foram os filtros cujos elementos filtrantes foram lavados no Modo 1 (PR2 e G2).

#### 4.2.4 Taxa de filtração

Os filtros de Gravidade e os filtros de Pressão com Reservatório auxiliar, que operaram com taxas de filtração baixas (0,27 a 3,04 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.dia), apresentaram, na maioria dos casos, melhor desempenho (na redução de bactérias e turbidez) que os filtros de Pressão, que operaram sem reservatório auxiliar e, portanto, com taxas de filtração elevadas (até 89,32 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.dia). Exceções ocorreram no caso do filtro PR1 que teve desempenho inferior ao do filtro P2, na remoção de coliformes totais e desempenho inferior aos filtros P2 e P1, na redução de turbidez.

### 4.3 Fase 2 (ensaios E7 a E9)

#### 4.3.1 Remoção de *Escherichia coli*, coliformes totais e turbidez

##### a) Ensaio E07

Antes do ensaio E7, os elementos filtrantes (velas) dos filtros não foram lavados, no Modo 1 ou no Modo 2. Nesse ensaio, portanto, o fator modo de limpeza não influenciou os resultados obtidos. Os resultados do ensaio E7, resumidos na tabela 9, mostram que: (i) apenas o filtro PR1 forneceu, de forma consistente, efluente com ausência de *E. coli*; (ii) com relação à remoção de *E. coli* e coliformes totais, os filtros de pressão PR1 e PR2, que operaram com reservatórios auxiliares, apresentaram melhor desempenho que os filtros de gravidade G1 e G2; e (iii) com relação à turbidez, os filtros estudados produziram, de forma consistente, efluentes com valores < 1 uT e apresentaram, aparentemente, o mesmo desempenho.

Tabela 9 – Ensaio E7: concentrações de *E. coli*, CT e turbidez no efluente dos filtros

filtros	<i>E.coli</i> (NMP/100 mL)	CT (NMP/100 mL)	Turbidez (uT)
G1	< 1 a 2,0	5,2 a 135,4	0,18 a 0,61
G2	< 1a 8,5	9,8 a 172,5	0,18 a 0,60
PR1	< 1	< 1a 204,6	0,19 a 0,69
PR2	< 1 a 2,0	1,0 a 133,3	0,21 a 0,98

## b) Ensaios E8 e E9

### Remoção de *E. coli* (ensaios E8 e E9)

Apenas o filtro PR1, no ensaio E9, forneceu, de forma consistente, efluente com ausência de *E. coli*. Na tabela 10, são apresentadas as estatísticas descritivas para a concentração de *E. coli* para os filtros estudados nesses ensaios. Observa-se que o filtro com pior desempenho foi o G1 (lavado no Modo 2), com uma média de 7,95 NMP/100 mL de *E. coli*, e que o filtro com melhor desempenho foi o PR1 (lavado no Modo 2), com 0,60 NMP/100 mL de *E. coli*, seguido do filtro PR2 (lavado no Modo 1) com 0,77 NMP/100 mL de *E. coli*. Esses resultados foram confirmados com o teste de Friedman. O teste de Wilcoxon mostrou que não há diferença significativa (ao nível de 5%) entre os desempenhos dos filtros de pressão com reservatório (PR1 e PR2) lavados no Modo 2 e no Modo 1, respectivamente.

Tabela 10 – Estatísticas descritivas para a concentração de *E. coli* segundo o Tipo de Filtro e Modo de limpeza nos ensaios E8 e E9.

Tipo de Filtro	Filtro	Lavagem	Nº de Amostras	Média (NMP/100 mL)	Desvio Padrão	Mínimo (NMP/100 mL)	Máximo (NMP/100 mL)
Gravidade	G2	Modo 1	28	2,60	3,60	0	12,0
	G1	Modo 2	28	7,95	12,0	0	56,0
Pressão com reservatório	PR2	Modo 1	29	0,77	1,21	0	5,0
	PR1	Modo 2	29	0,60	1,29	0	6,0

### Remoção de coliformes totais (ensaios E8 e E9)

Nos ensaios E8 e E9, nenhum dos filtros produziu, consistentemente, efluente com ausência de coliformes totais. As estatísticas descritivas para a concentração de CT, para cada um dos filtros estudados, nesses ensaios estão apresentadas na tabela 11. Há indicação, nessa tabela, de que o filtro com pior desempenho foi o G1 (lavado no Modo 2), com uma média de 2591,9 NMP/100 mL de CT, e que o filtro com melhor desempenho foi o PR2 (lavado no Modo 1) com 519,8 NMP/100 mL de CT, sendo seguido pelo filtro G2 (lavado no Modo 1) com 649,8 NMP/100 mL. Os resultados do teste de Friedman confirmam essas observações. Aqui, também, o teste de Wilcoxon mostrou que não há diferença significativa (ao nível de 5%) entre os resultados dos filtros mais eficientes (PR2 e G2), ambos lavados no Modo 1.

Tabela 11 – Estatísticas descritivas para a concentração de CT segundo o Tipo de Filtro e Modo de limpeza nos ensaios E8 e E9.

Tipo de Filtro	Filtro	Lavagem	Nº de Amostras	Média (NMP/100 mL)	Desvio Padrão	Mínimo (NMP/100 mL)	Máximo (NMP/100 mL)
Gravidade	G2	Modo 1	28	649,8	820,98	41,9	2.419,2
	G1	Modo 2	28	2.591,9	4.536,32	53,0	25.269,3
Pressão com reservatório	PR2	Modo 1	29	519,8	729,66	6,3	2.419,2
	PR1	Modo 2	29	931,9	1.022,62	13,5	2.419,2

#### Remoção de turbidez (ensaios E8 e E9)

Nos ensaios E8 e E9, todos os filtros produziram, de forma consistente, efluentes com turbidez < 1 uT. Na tabela 12, são apresentadas as estatísticas descritivas para a turbidez para cada um dos filtros estudados. Observa-se que o filtro com pior desempenho foi o filtro G1 (lavado no Modo 2), com uma média de 0,53 uT, e que os filtros com melhor desempenho foram os filtros PR2 (Modo 1) e G2 (Modo 1), com valores médios de 0,39 uT e 0,47 uT, respectivamente. Efetuado o teste de Friedman, foram obtidos resultados que confirmaram essas observações. De acordo com o teste de Wilcoxon, ao nível de 5%, há diferença significativa entre os filtros PR2 e G2, tendo o filtro PR2 apresentado melhor desempenho que o filtro G2.

Tabela 12 – Estatísticas descritivas para a turbidez segundo o tipo de filtro e modo de limpeza nos ensaios E8 e E9.

Tipo de Filtro	Filtro	Limpeza	Número de Amostras	Média (uT)	Desvio Padrão	Mínimo (uT)	Máximo (uT)
Gravidade	G2	Modo 1	30	0,47	0,15	0,26	0,86
	G1	Modo 2	30	0,53	0,20	0,26	0,89
Pressão com reservatório	PR2	Modo 1	30	0,39	0,17	0,18	0,83
	PR1	Modo 2	30	0,49	0,16	0,27	1,03

#### 4.3.2 Ocorrência de fase de “amadurecimento” dos filtros

Com relação a esse fenômeno observou-se que: (i) a fase de “amadurecimento”, embora tenha sido constatada em todos os filtros, não ocorreu na maioria dos ensaios; (ii) em nenhum filtro o “amadurecimento”, com relação a *E. coli*, Coliformes Totais e turbidez, ocorreu em todos os ensaios; (iii) com relação a *E. coli*, foram observados

valores elevados, de 2,0 a 20,1 NMP/100 mL de *E. coli*, no período inicial de funcionamento dos filtros (até 6,2 horas de operação).

#### 4.3.3 Modo de limpeza do elemento filtrante

Com relação ao modo de limpeza do elemento filtrante, observou-se que: (i) na avaliação por tipo filtro verificou-se que a unidade cuja “vela” foi lavada no Modo 1 apresentou, em seu efluente, concentração média de bactérias e turbidez média inferiores às do efluente da unidade similar cuja “vela” foi lavada no Modo 2, exceto no caso dos filtros PR1 e PR2, com relação à remoção de *E. coli*. Nesse caso, no entanto, não houve diferença significativa entre os resultados desses filtros; e (ii) os filtros PR2 e G2, cujos elementos filtrantes foram lavados no Modo 1, apresentaram melhor desempenho, tanto na remoção de bactérias, quanto na redução de turbidez.

### 4.4 Análise das fases 1 e 2

#### 4.4.1 Remoção total de bactérias nos filtros PR1, PR2, G1 e G2

Na fase 1, em que na água bruta foram detectadas até 5.830,8 NMP *E. coli*/100 mL, os filtros PR1, PR2, G1 e G2, tenderam a produzir efluentes livres de *E. coli* (remoção total) após 25 horas de operação. No entanto, na fase 2, em que foram detectadas na água bruta concentrações de *E. coli* mais baixas que na fase 1 (até 290,9 NMP/100 mL), esses filtros produziram efluentes livres de *E. coli* logo após o início de operação.

A tabela 13 e a figura 9 apresentaram, para os ensaios da fase 1 e da fase 2, as faixas de valores de concentração de *E. coli* na água bruta e os correspondentes percentuais de casos em que no efluente dos filtros PR1, PR2, G1 e G2 foi detectada concentração de *E. coli* < 1 NMP/100 mL. Nelas pode-se observar que: (i) o filtro PR2 produziu efluente livre de *E. coli* em 100% dos casos em que a concentração de *E. coli* na água bruta atingiu no máximo 12,5 NMP/100mL; (ii) o filtro PR1 produziu efluente livre de *E. coli* em 86,7% dos casos em que na água bruta foi detectado no máximo 50 NMP de *E. coli*/100mL.

Com raras exceções, em todas as amostras de efluentes dos filtros estudados, nas fases 1 e 2, foi detectada a presença de bactérias coliformes totais. A ausência dessas bactérias foi constatada, apenas, no efluente do filtro G1 (no ensaio E3, após 50 h de operação) e no efluente do filtro PR1 (no ensaio E7, após 17 h de operação).

Figura 9 – Percentual de amostras efluentes dos filtros PR1, PR2, G1 e G2 com concentração de *Escherichia coli* < 1 NMP/100 mL, em função da concentração de *Escherichia coli* na água bruta

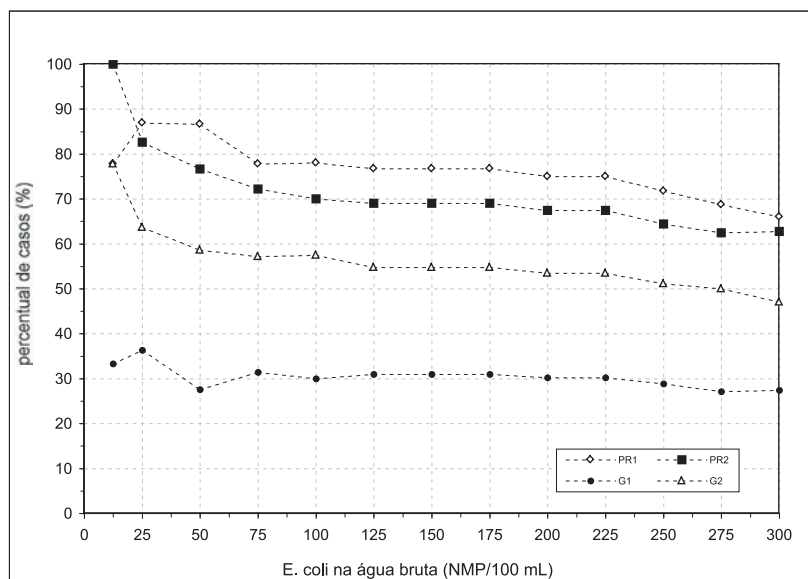


Tabela 13 – Percentual de amostras cujo efluente dos filtros PR1, PR2, G1 e G2 apresentou concentração de *E. coli* < 1 NMP/100 mL

<i>E. coli</i> na água bruta (NMP/100 mL)	PR1 (%)	PR2 (%)	G1 (%)	G2 (%)
até 12,5	77,8	100,0	33,3	77,8
até 25	87,0	82,6	36,4	63,6
até 50	86,7	76,7	27,6	58,6
até 75	77,8	72,2	31,4	57,1
até 100	78,0	70,0	30,0	57,5
até 125	76,7	69,0	31,0	54,8
até 150	76,7	69,0	31,0	54,8
até 175	76,7	69,0	31,0	54,8
até 200	75,0	67,4	30,2	53,5
até 225	75,0	67,4	30,2	53,5
até 250	71,7	64,4	28,9	51,1
até 275	68,8	62,5	27,1	50,0
até 300 (*)	66,0	62,7	27,5	47,1

(\*) – limitada a 300 NMP/100 mL, pois acima desse valor o número de amostras casos foi insignificante.



#### 4.4.2 Aumento na duração da carreira de filtração

Comparando-se os resultados dos filtros PR1, PR2, G1 e G2, nas duas primeiras fases da pesquisa, observa-se que na fase 2 ocorreu, com maior frequência que na fase 1, a ausência de bactérias no efluente desses filtros. A menor concentração de bactérias na água bruta e/ou o aumento na duração da carreira de filtração do filtro (de três para seis dias) são fatores que podem ter contribuído para esse fato. Como, na fase 2, esses dois fatores ocorreram simultaneamente, não foi possível avaliar a influência da duração da carreira de filtração dos filtros em seu desempenho.

### 4.5 Fase 3 (ensaios E10 a E12)

#### 4.5.1 Remoção de turbidez

Com relação à turbidez, o filtro PR2 produziu efluentes com turbidez  $< 1$  uT durante a maior parte do período de operação, tendo sido observados valores  $> 1$  uT apenas nas fases de “amadurecimento” dos filtros, nos ensaios E10 e E12. Apenas o filtro G2, nos ensaios E10 e E12, forneceu efluente com turbidez  $< 1$  uT durante todo o período de operação; no entanto, no ensaio E11, foram observados valores  $> 1$  uT em seu efluente não apenas na fase de “amadurecimento” do filtro, mas, também, entre 20 e 28,5 horas de operação.

Na tabela 14, são apresentadas as estatísticas descritivas para a turbidez, para cada desses filtros, nos ensaios E10 a E12. Observa-se, nessa tabela, que o filtro com pior desempenho foi o filtro G2 com uma média de 0,74 uT, e que o filtro com melhor desempenho foi o filtro PR2, com valor médio de 0,57 uT. O teste de Wilcoxon mostrou, no entanto, que essa diferença é significativa, ao nível de 5%, indicando que o PR2 apresentou melhor desempenho.

Tabela 14 - Estatísticas descritivas para a turbidez segundo o Tipo de Filtro nos ensaios E10 a E12.

Tipo de Filtro	Filtro	Nº de Amostras	Média (uT)	Desvio Padrão	Mínimo (uT)	Máximo (uT)
Gravidade	G2	51	0,74	0,411	0,28	2,75
Pressão c/ reservatório	PR2	48	0,57	0,210	0,32	1,23

#### 4.5.2 Remoção de cor aparente

No ensaio E10, em que a água bruta apresentou cor aparente de 15 uC, os filtros G2 e PR2 produziram efluentes com cor aparente entre 10 e 20 uH, demonstrando, portanto, baixo desempenho com relação à remoção de cor aparente. Nos ensaios E11 e E12, em que na água bruta foi observada cor aparente entre 5 e 15 uH, foram constatados, também, valores de cor aparente entre 5 e 15 uH nos efluentes dos filtros G2 e PR2. Esse fato demonstra que, embora atendendo aos requerimentos do Ministério da Saúde relativamente à cor aparente, os filtros G2 e PR2 apresentaram baixo desempenho com relação a esse parâmetro. Na tabela 15 são apresentadas as estatísticas descritivas para a cor aparente para esses filtros, nos ensaios E10 a E12. Observa-se, nessa tabela, pequena diferença na média da cor aparente, tendo o filtro G2 a menor média (9,7 uH). Os valores mínimos e máximos foram iguais para os dois filtros. O teste de Wilcoxon mostrou que, ao nível de 5%, o parâmetro cor aparente não apresenta variação significativa em função do tipo de filtro utilizado.

Tabela 15 – Estatísticas descritivas para a cor aparente segundo o tipo de filtro, nos ensaios E10 a E12.

Tipo de Filtro	Filtro	Nº de Amostras	Média (uH)	Desvio Padrão	Mínimo (uH)	Máximo (uH)
Gravidade	G2	31	9,7	5,313	5	20
Pressão c/ reservatório	PR2	32	10,0	5,680	5	20

#### 4.5.3 Ocorrência de fase de “amadurecimento” dos filtros

Com relação à turbidez, a fase de “amadurecimento”, com até duas horas de duração, ocorreu nos filtros estudados embora não tenha sido observada em todos os ensaios. Com relação à cor aparente, não foi constatada essa fase nos filtros estudados.

## 5 Conclusões

Os resultados dos ensaios realizados nas três fases da pesquisa permitem as seguintes conclusões:

## Taxa de filtração

Os filtros de Gravidade (G1 e G2) e os filtros de Pressão com Reservatório Auxiliar (PR1 e PR2) que operaram com taxas de filtração baixas (até 5,5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.dia), apresentaram melhor desempenho na redução de bactérias e turbidez que os filtros de Pressão (P1 e P2), que operaram sem reservatório auxiliar e, portanto, com taxas de filtração elevadas (até 90,1 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.dia). Exceções ocorreram na fase 1, no caso do filtro PR1 que teve desempenho inferior ao do filtro P2, na remoção de coliformes totais, e inferior aos filtros P2 e P1 na redução de turbidez.

Dessa forma, o filtro deve operar sob baixas taxas de filtração (até 5,5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.dia), devendo ser evitado o filtro de Pressão que opera sem Reservatório Auxiliar. Devem ser utilizados: (i) filtro de Pressão acoplado por meio de tubo flexível a um Reservatório Auxiliar, ou (ii) filtro de Gravidade, o qual já incorpora um reservatório de acumulação inferior.

## Modo de limpeza do elemento filtrante

Nas fases 1 e 2, os filtros de Pressão com Reservatório Auxiliar e de Gravidade, PR2 e G2, que apresentaram melhor desempenho tanto na remoção de bactérias quanto na redução de turbidez, tiveram seus elementos filtrantes lavados no Modo 1 (com remoção parcial da camada biológica). Além disso, a avaliação por tipo de filtro mostrou que o filtro cujo elemento filtrante foi lavado no Modo 1 apresentou, em seu efluente, concentração média de bactérias e turbidez média inferiores às do efluente do filtro cujo elemento filtrante foi lavado no Modo 2, exceto no caso dos filtros PR1 e PR2, com relação à remoção de *E. coli*. Nesse caso, no entanto, não houve diferença significativa entre os resultados desses filtros.

Dessa forma, a limpeza do elemento filtrante deve ser realizada de forma que seja preservada, parcialmente, a camada biológica que se desenvolve sobre sua superfície durante a carreira de filtração.

## Remoção de bactérias *E. coli*

Na fase 1, em que, na água bruta, foram detectadas até 5.830,8 NMP *E.coli*/100 mL, os filtros de Gravidade (G2) e de Pressão com Reservatório Auxiliar (PR2) foram os mais eficientes com relação à remoção de bactérias *E. coli*, não havendo diferença significativa entre seus resultados. Nessa fase, os filtros de Pressão com reservatórios auxiliares e os filtros de Gravidade tenderam a produzir efluentes com ausência de *E. coli* após 25 horas de operação e nenhum dos filtros produziu, de forma consistente, efluente com ausência de *E. coli*.

Na fase 2, em que foram detectadas na água bruta concentrações de *E. coli* mais baixas que na fase 1 (até 290,9 NMP/100 mL), os filtros de Pressão com Reservatório Auxiliar e os filtros de Gravidade produziram efluentes com ausência de *E. coli* logo após o início de operação. Nessa fase, os filtros de Pressão com Reservatório Auxiliar (PR1 e PR2) foram os mais eficientes, não havendo diferença significativa entre seus resultados.

O filtro PR1, nas fases 1 e 2, produziu efluente livre de *E. coli* em 86,7% dos casos em que na água bruta foi detectado no máximo 50 NMP de *E. coli*/100mL; e, na Fase 2, esse filtro forneceu efluente com ausência de *E. coli* ao longo de dois ensaios (E07 e E09). Por sua vez, o filtro PR2, nas fases 1 e 2, produziu efluente livre de *E. coli* em 100% dos casos em que a concentração de *E. coli* na água bruta atingiu no máximo 12,5 NMP/100mL.

### Remoção de bactérias coliformes totais

Em todos os ensaios realizados nas fases 1 e 2, foi detectada a presença de bactérias coliformes totais nas amostras coletadas (com raras exceções) dos efluentes dos filtros estudados. A ausência dessas bactérias foi detectada, apenas, no efluente do filtro de Gravidade G1 (no ensaio E3, após 50 h de operação) e no efluente do filtro de Pressão com Reservatório Auxiliar PR1 (no ensaio E7, após 17 h de operação). Os filtros que apresentaram melhores desempenhos com relação à remoção de bactérias coliformes totais foram os filtros de Gravidade (G2) e de Pressão com Reservatório Auxiliar (PR2), não havendo diferença significativa entre seus resultados.

### Redução de turbidez e de cor aparente

Com relação à redução de turbidez, os filtros apresentaram desempenho satisfatório, produzindo, de forma consistente, efluentes com turbidez <1 uT. Os filtros mais eficientes foram o filtro de Gravidade G2 (na fase 1) e o filtro de Pressão com Reservatório auxiliar PR2 (nas fases 2 e 3).

Com relação à redução de cor aparente, os filtros estudados - tipo Gravidade (G2) e tipo Pressão com Reservatório auxiliar (PR2) - apresentaram baixo desempenho, não havendo diferença significativa entre seus resultados.

### Ocorrência do período de “amadurecimento” do filtro

A partir do início da carreira de filtração, a qualidade do efluente do filtro, com relação às concentrações de bactérias *E. coli* e coliformes totais e à turbidez, tende a

melhorar, levando, até seis horas para atingir estabilidade (período de “amadurecimento” do filtro). Esse fenômeno, embora tenha sido constatado em todos os filtros, não ocorreu na maioria dos ensaios.

Não foi constatado o período de “amadurecimento” nos filtros G2 e PR2, com relação ao parâmetro cor aparente.

## 6 Recomendações para utilização dos resultados pela Funasa e indicativo de custos

Os resultados dos ensaios realizados nas três fases da pesquisa permitem as seguintes recomendações:

- filtros domiciliares dotados de um único elemento filtrante (vela) de cerâmica microporosa devem operar sob baixas taxas de filtração (até 5,5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.dia). Nesse caso, pode ser utilizado o filtro do tipo Gravidade, que incorpora um reservatório de acumulação inferior; sendo recomendável utilizar filtro do tipo Pressão, acoplado por meio de tubo flexível a um reservatório auxiliar;
- devem ser evitados filtros do tipo Pressão (dotados de um único elemento filtrante de cerâmica microporosa) que operem sem reservatório de acumulação auxiliar;
- a limpeza do elemento filtrante (vela de cerâmica microporosa) do filtro domiciliar, do tipo Pressão acoplado a um reservatório auxiliar ou do tipo Gravidade, deve ser realizada de forma que seja preservada, parcialmente, a camada biológica que se desenvolve sobre sua superfície durante a carreira de filtração.

## 7 Referências bibliográficas

BORGES, E. S. M.; CASTRO, L. M. A.; LIBÂNIO, M. Avaliação da eficiência de remoção bacteriológica em unidades domiciliares de tratamento de água. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 1 e n. 2, 2001.

CLASEN, T. F.; BROWN, J.; COLLIN, S.; SUNTURA, O.; CAIRNCROSS, S. Reducing diarrhea through the use of household-based ceramic water filters: a randomized, controlled trial in rural Bolivia. **American Journal of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 70, n. 6, p. 651-657, 2004.

- COULBERT, B. **Evaluation of household drinking water treatment systems in Peru: the Table Filter and the Safe Water System.** 2005. Dissertação (Mestrado) - Dept. of Civil and Environmental Engineering, M.I.T, Cambridge, 2005.
- DI BERNARDO, L. **Métodos e técnicas de tratamento de água** – vol II. Rio de Janeiro: ABES, 1993.
- HWANG, R. E. Y. **Six-month field monitoring of point-of-use ceramic water filter by using H<sub>2</sub>S paper strip Most Probable Number Method in San Francisco Libre, Nicaragua.** 2003. Dissertação (Mestrado) - Dept. of Civil and Environmental Engineering, M.I.T., Cambridge, 2003.
- KOSEK, M.; BERN, C.; GUERRANT, R. L. The global burden of diarrhoeal disease, as estimated from studies published between 1992 and 2000. **Bulletin of the World Health Organization**, Geneve, v. 81, p. 197-204, 2003.
- PARASHAR, U. D.; BRESEE, J. S.; GLASS, R. I. The global burden of diarrhoeal disease in children (editorial). **Bulletin of the World Health Organization**, Geneve, v. 81, p. 236, 2003.
- PARMELEE, M. A. Market healthy for home treatment devices. **American Water Works Association Journal**, v. 92, n. 1 e n. 11, Nov. 2000.
- SOBSEY, M. D. **Managing water in home:** accelerated health gains from improved water supply. Geneva: World Health Organization, 2002. WHO/SDE/WSH/02.07.

# Avaliação comparativa dos impactos à saúde das crianças nos bairros contemplados com as melhorias sanitárias domiciliares

Cleunice Inácio Rodrigues (Coordenadora), Lindalva Marques da Silva, Cláudio Nascimento, Dione da Conceição Miranda, Luiza Maria de Castro Augusto Alvarenga, Fátima Maria Silva, Ethel Noia Maciel, Jamili Spinasse.

Proponente e Executora: Prefeitura Municipal de Vitória (PMV/ES).

## Resumo

O trabalho utilizou as metodologias de estudo de análise descritiva com elementos do tipo Corte Transversal e estudo analítico do tipo Caso-Controle. Foram selecionadas para formação dos grupos 271 crianças na faixa etária entre três meses e cinco anos de idade. O desenho de corte transversal foi usado para avaliar possíveis correlações entre os hábitos de higiene e a presença de intercorrências na infância. O estudo caso-controle associou a ausência ou existência de banheiros, nas residências dos grupos, à transmissão de parasitoses adquiridas por infestação de helmintos e protozoários. O tamanho da amostra foi calculado levando-se em consideração um erro alfa de 0,05 e erro beta de 0,20 (poder estatístico de 80%). Utilizou-se o programa SPSS 11.5 para o armazenamento e análise estatística dos dados. Na avaliação comparativa das variáveis estudadas empregou-se o teste quiquadrado ( $\chi^2$ ) de Pearson com correção de continuidade e teste exato de Fisher, ambos bicaudais, com um nível de significância de 0,05. A associação entre as variáveis foi determinada pelo cálculo da razão de chance ou "Odds ratio" (OR) para um intervalo de confiança (IC) de 95%. Além da análise univariada, também foi realizada a análise de regressão logística. Estudou-se, também, dados de anamnese e antropometria dos indivíduos, assim como foram determinadas as condições ambientais das áreas por eles ocupadas. A análise estratificada entre beneficiados e não beneficiados (casos e controles) demonstrou não haver diferença no resultado do exame parasitológico de fezes entre os grupos. Esses dados apontam para a necessidade da implementação de obras de saneamento básico de forma integral em áreas carentes, além de desenvolver ações

conjuntas no âmbito das políticas de saneamento ambiental e de educação em saúde, visando a redução da aquisição de doenças infecciosas e a conseqüente utilização dos serviços de saúde. Utilizando-se os recursos disponibilizados pelo geoprocessamento, foram espacializados os dados referentes às seguintes variáveis: crianças estudadas estratificadas em casos e controles, doenças diarréicas, estado nutricional e resultado do exame parasitológico de fezes.

**Palavras-chave:** helmintos, protozoários, melhorias sanitárias, estudo transversal, caso-controle.



## Abstract

The work was developed using a methodologies of study of descriptive analysis with elements type cross-sectional and type case-control. 271 (two hundred seventy one) childrens with ages between 3 (three) months and 5 (five) years old were selected for formation of groups. The design of cross-sectional was used for evaluate correlation possible between custom of hygiene and presence of variation infancy. The study case-control associated the presence or lack of bathroom in the houses of the groups with transmission of parasitosis acquired for helminths and protozoa infestation. The sample size was calculated considering an alfa error equal at 0.05 and beta error 0.2 (statistics power of 80%). The program SPSS 11.5 was used for data storage and statistics analysis. In the comparative evaluation of the studied variables was used the Pearson Chi-square ( $\chi^2$ ) test with continuity correction and Fisher's exact test, both two-sided, with significance level of 0.05. The association between variables was determined for calculation of Odds Ratio (OR) with confidence interval (CI) of 95%. Beyond of the univariable analysis also was realized logistic regression analysis. The anamnese and antropometry data from individuals also were studied, as how the environmental conditions in the occupied areas for them. The extractified analysis between benefited and not benefited (cases and controls) demonstrated does not have difference in the test parasitological results of feces between groups. These data point with respect to the necessity of the implementation of action of basic sanitation of integral form in lack areas, beyond developing joint actions in the scope of the politics of environmental sanitation and education in health, aiming at the reduction of the acquisition of infectious illnesses and the consequent use of the health services. Through the available resources for the geoprocessing, the data were spacialized at following variables: children extratified in the cases and controls studies, diarrheas diseases, nutritional state and feces parasitologics and test results.

**Keywords:** helminths, protozoa, sanitary improvements, cross-sectional study, case-control.



## 1 Introdução

O município de Vitória, capital do estado do Espírito Santo, possui uma área equivalente a 104 km<sup>2</sup> constituída por uma região insular e outra continental.

A cidade apresenta relevo acidentado cujas formações elevadas e vasta área litorânea proporcionam inegável beleza à região, entretanto a escassez de áreas viáveis para construção de moradias, conduziu a população carente do município a se instalar nos morros e em áreas de mangue. Por esse motivo essas áreas foram submetidas, ao longo dos anos, a alterações ambientais que promoveram a degradação dos ecossistemas existentes tendo em vista a retirada indiscriminada de vegetação, o aterro de áreas de mangue, a disposição inadequada de resíduos sólidos domésticos e o lançamento de dejetos humanos e animais nas áreas circunvizinhas às habitações.

A ausência de infra-estrutura em saneamento básico, verificada nestas áreas, se caracteriza como um dos elementos responsáveis pela degradação ambiental, que acarreta efeitos diretos sobre a saúde humana, com graves conseqüências para a qualidade de vida e para o desenvolvimento de uma região.

Salienta-se que a ausência de local próprio para segregação e posterior disposição do esgoto sanitário produzido por uma comunidade, acarreta a ocorrência de fezes e urina espalhadas no entorno das habitações promovendo condições próprias para a disseminação de doenças relacionadas com a contaminação desses resíduos.

Com relação ao abastecimento de água, a concessionária fornece água tratada para todos os bairros incluídos na pesquisa, atingindo uma média de atendimento de 98,8% do total de domicílios existentes. Apesar deste fato, muitos domicílios utilizam sistemas precários de reserva de água em virtude da intermitência que ocorre nas regiões mais altas.

Quanto ao esgoto doméstico, apenas a parte central do Bairro Santa Tereza dispõe de estação de tratamento de esgoto, enquanto os demais bairros contam apenas com rede para coleta, não incluindo o tratamento, ou, ainda têm seu lançamento direto na drenagem pluvial, cujo destino final, também, é a Baía de Vitória.

O lixo domiciliar é coletado, diariamente, em todos os bairros pelo serviço de coleta pública municipal. Mesmo assim, ainda, existe uma grande quantidade de bairros que utiliza sistema de caçamba, em virtude de sua localização nas partes mais altas dos morros, o que dificulta o acesso dos caminhões de lixo. Verificou-se, também que alguns moradores recorrem à prática, embora ilegal, da queima de lixo, talvez

como forma de fugir às dificuldades para removê-lo até a caçamba mais próxima. Esta alternativa inadequada leva ao acúmulo de lixo em locais próximos às residências e no seu entorno, propiciando a formação de ambientes adequados ao desenvolvimento de insetos nocivos à saúde, assim como à proliferação de roedores. Segundo estimativas da Organização Pan-Americana da Saúde (Opas) (1999), as condições do meio ambiente na região da América Latina e Caribe são preocupantes, uma vez que os problemas decorrentes de deficiências de saneamento básico, além de outros impactos ambientais, seguem minando a saúde de milhões de pessoas.

Estudos realizados por Moraes (1997) demonstraram a relação entre melhorias na área de saneamento ambiental e a saúde pública da população atingida, uma vez que ações referentes à disposição adequada de excretas humanas podem ter gerado um impacto positivo sobre a morbidade de diarreia e o estado nutricional de crianças de até cinco anos de idade, assim como sobre as infecções intestinais provocadas por helmintos em crianças entre 5 e 14 anos.

## 2 Objetivos

### 2.1 Objetivo geral

Avaliar os impactos à saúde das crianças de três meses a cinco anos de idade residentes nos bairros contemplados com melhorias sanitárias domiciliares, utilizando o método epidemiológico de estudo caso-controle para correlacionar os resultados de exame parasitológico de helmintos e protozoários dos grupos formados por indivíduos beneficiados e não beneficiados pela construção de banheiros nas residências.

### 2.2 Objetivos específicos

- realizar quatro coletas de amostras de fezes dos indivíduos dos grupos do estudo, em quatro etapas subsequentes;
- aplicar inquérito domiciliar e aplicar questionário para avaliação do ambiente no entorno das moradias pesquisadas;
- georreferenciar as famílias beneficiadas e avaliar as cartas temáticas, por meio do cadastro georreferenciado dos grupos pesquisados.

## 3 Metodologia

Foi inicialmente construído um cadastro de todas as famílias moradoras em bairros selecionados e relacionados na tabela 1, sendo o estudo dividido em duas fases.

Foram construídas planilhas com definição das seguintes variáveis: desfecho (resultado do exame de fezes), situação (ser beneficiado ou não de banheiro) e explicativas (desnutrição, hábitos de higiene, idade, sexo).

Utilizou-se o geoprocessamento, para a espacialização das variáveis definidas para as crianças estudadas.

### 3.1 Fases de desenvolvimento do estudo

1ª Fase:

No final do ano de 2002, foram selecionadas 141 crianças na faixa etária entre três meses a cinco anos, beneficiadas com a implantação de banheiros na residência, e 101 crianças na mesma faixa etária, moradoras do mesmo peridomicílio cujas famílias não haviam recebido o benefício.

Nessa fase do estudo, utilizou-se a tipologia de corte transversal com a análise descritiva dos dados. Durante os anos de 2002 e 2003, foi aplicado um questionário estruturado com perguntas fechadas, sendo as informações obtidas, utilizadas no sentido de avaliar possíveis correlações entre as variáveis correspondentes aos hábitos de higiene e presença de intercorrências na infância.

2ª Fase:

Entre as crianças que participaram da fase anterior, foram selecionadas nesta etapa, que compreendeu os anos de 2003 e 2004, aquelas que continuavam morando no mesmo domicílio e com idade inferior ou igual a seis anos. Nesta fase, utilizou-se a tipologia de caso-controle.

### 3.2 Critérios de inclusão/exclusão dos casos

Foram considerados elegíveis para participar do estudo 46 crianças de três meses a seis anos que foram beneficiadas pelo programa Banho de Saúde.

### 3.3 Critérios de inclusão/exclusão dos controles

Foram consideradas elegíveis para participar do estudo como controles, 57 crianças sem o benefício do banheiro que moravam próximas às residências dos casos e que preenchiam os mesmos critérios de faixa etária e de condições socioeconômicas, de maneira a resguardar os princípios de comparabilidade entre os grupos. Os critérios de exclusão para os indivíduos controle foram os mesmos utilizados para os casos.

### 3.4 Procedimentos da 2ª fase do estudo

#### 3.4.1 Avaliação parasitológica das fezes

O método parasitológico de fezes utilizado no estudo foi o método de sedimentação espontânea de Hoffman et al. (1934). As fezes coletadas eram acondicionadas em recipiente plástico com tampa e transportadas para o laboratório, onde eram examinadas no mesmo dia, sempre pelo mesmo técnico e de forma aleatória em relação ao grupo de participação do indivíduo. A quantidade de fezes utilizada de cada amostra era de aproximadamente 10 gramas. Considerou-se como exame parasitológico positivo, pelo menos uma amostra positiva para qualquer um dos testes realizados.

#### 3.4.2 Análise estatística

O tamanho da amostra foi calculado levando-se em consideração um erro alfa de 0,05 e erro beta de 0,20 (poder estatístico de 80%).

Utilizou-se o programa SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*, ver. 11.5 para windows). Na avaliação comparativa das variáveis estudadas, empregou-se o teste quiquadrado ( $\chi^2$ ) exato de Fisher e o quiquadrado de Pearson, bicaudais com um nível de significância de 0,05. A associação entre “ter banheiro” e verminoses foi determinada pelo cálculo da razão de chance ou “Odds ratio” (OR) para um intervalo de confiança de 95%.

Além da análise univariada, também foi realizada a análise de regressão logística com o objetivo de associar a variável situação (casos e controles) com possíveis fatores de risco e excluir uma possível interferência de co-variáveis confundidoras e ou modificadoras de efeito.

### 3.4.3 Georreferenciamento dos dados

Na confecção dos mapas ilustrativos foi utilizado o programa ArcMap-ArcView e na inserção dos pontos digitalizados foi usada a base cartográfica pertencente à Prefeitura Municipal de Vitória, na escala 1:20.000, após adaptação.

## 4 Resultados alcançados frente aos objetivos propostos e discussão

### 4.1 Primeira fase: análise descritiva das variáveis incluídas no estudo

Na tabela 1, está descrita a distribuição quantitativa de beneficiados e não beneficiados com a construção de banheiros nos bairros incluídos na pesquisa.

Tabela 1 – Distribuição por área de crianças beneficiadas e não beneficiadas

Comunidades	Não beneficiado		Beneficiado	
	Quantidade	Percentual	Quantidade	Percentual
Alto da Consolação	0	0,00%	1	0,99%
Bananal	1	0,71%	0	0,00%
Cabral	11	7,80%	11	10,89%
Conquista	3	2,13%	3	2,97%
Consolação	12	8,51%	7	6,93%
Cruzamento	16	11,35%	10	9,90%
Fonte Grande	6	4,26%	3	2,97%
Gilson Santos	8	5,67%	2	1,98%
Ilha das Caieiras	6	4,26%	17	16,83%
Jaburu	15	10,64%	0	0,00%
Jesus de Nazareth	17	12,06%	13	12,87%
Mata da Floresta	8	5,67%	1	0,99%
Piedade	1	0,71%	4	3,96%
Praia do Suá	14	9,93%	16	15,84%
Santa Tereza	4	2,84%	4	3,96%
São Benedito	7	4,96%	9	8,91%
São Pedro I	12	8,51%	0	0,00%
Total	141	100,00%	101	100,00%

#### 4.1.1 Variáveis relacionadas à estrutura familiar e ao nível socioeconômico das crianças do estudo

No presente trabalho foram analisados dados relacionados com aspectos da estrutura familiar e do nível socioeconômico das crianças do estudo, considerando que são fatores intervenientes do processo de doença, de acordo com Nóbrega (2001). Os resultados obtidos demonstraram que em 96,19% dos casos a mãe está presente na vida cotidiana das crianças, enquanto apenas 55,19% representam a presença do pai no ambiente familiar. Este fato demonstra que para a grande maioria das famílias, a figura materna se destaca como responsável principal pela manutenção da estrutura familiar, e da condição econômica dessas comunidades. Com relação ao grau de instrução, tanto para mãe como para o pai, evidenciou-se que a maior parte (78,39% das mães e 72,87% dos pais) cursou apenas o primeiro grau incompleto, o que pode interferir de forma negativa nos cuidados sanitários relacionados com a criança. Para os dados referentes à renda familiar da amostra estudada, tem-se um percentual de 54,8% para as faixas entre maior ou igual a 1, e menor que 2 salários mínimos. Os dados mostraram, também, existir um percentual significativo de pessoas com salário menor do que o mínimo (26,37%). Estes fatos indicam que a massa trabalhadora do local se dedica aos serviços que não necessitam de mão de obra especializada e exigem pouco, ou nenhum grau de instrução.

#### 4.1.2 Informações gerais sobre os processos de saúde/doença das crianças

Os resultados mostraram que a maioria das crianças recebeu as vacinas indicadas para a idade com uma cobertura total de 99,17%, o que mostra a importância deste indicador de saúde figurar como uma das exigências estabelecidas pelo Ministério da Saúde. Vale destacar o importante papel exercido pelos profissionais das Unidades Municipais de Saúde de Vitória, cuja rotina de trabalho inclui o controle da imunização obrigatória das crianças residentes nos territórios correspondentes. Mostra, também, o compromisso dos responsáveis em providenciar a vacinação das crianças, de maneira a prevenir o contágio por doenças evitáveis, as quais podem interferir nas etapas do crescimento, causar seqüelas na vida futura ou, até, serem fatais.

Ficou demonstrado a existência de um grande número de crianças (17,01%) que ficaram internadas no primeiro mês de vida. Quanto ao fato de a criança fazer uso de medicação, embora existisse um percentual de 28,33%, não ficou especificado qual o tipo de doença estava associado ao tratamento médico realizado. Também, foi elevado o fato de a criança ainda apresentar alguma doença no momento da entrevista com um valor de 23,33%.

Entre o percentual de 12,08% de crianças relatadas com ocorrência de diarreia nas 48 horas que antecederam a entrevista, 22,5% dos casos ocorreram no período de



24 horas, observando-se que os principais sinais e sintomas relatados foram: febre em 38,89%, vômito em 33,33%, e sangue nas fezes 16,67% dos casos.

Destaca-se que, de 33 crianças com problemas de diarreia, 48,89% dos casos demandaram a intervenção do serviço de saúde, sendo que 15,63% destes necessitaram de internação. Houve, portanto, um alto percentual de crianças que foram internadas por causa da diarreia, mostrando que ocorreu uma fase grave na ocasião do evento. O fato de a criança ter sido levada às US somente em 48,48% dos casos, ou seja, menos da metade, indica a necessidade do setor saúde desenvolver ações que possam registrar todas as ocorrências para a correta atuação no controle deste tipo de agravo à saúde infantil. Os sintomas relatados apontam para a possibilidade das diarreias serem causadas por parasitoses, como infestação por helmintos e protozoários. Observou-se um número significativo de crianças com diarreias e também dos casos que necessitaram de internação, o que ratifica estudos indicando a persistência da doença diarreica como um dos problemas de saúde pública (FUCHS et al., 1996). Os episódios de diarreias estão, possivelmente, relacionados com a precariedade da estrutura de saneamento da área onde a criança reside. Desta forma, ressalta-se a necessidade de implementação de medidas efetivas para modificar a situação das condições sanitárias destas comunidades.

Em trabalho realizado por Vanderlei et al. (2003), utilizando um desenho de estudo caso-controle, confirmou-se a associação entre situações socioeconômicas desfavoráveis, condições precárias de moradia e baixa idade das crianças, como fatores responsáveis por episódios graves de diarreia.

Um fato importante foi observado quanto ao grande número de crianças que faziam uso de antibiótico no momento da realização do inquérito, situação que demanda uma análise específica que possa aprofundar as causas desta necessidade. Embora a maioria das crianças (67,54%) tenha amamentado por mais de seis meses, mesmo com complementação, foi relatado que 30,67% recebeu suplementação nutricional, dado que não corrobora as alegações das mães quanto ao tipo de alimentação fornecida à criança, que era rica em proteínas, vitaminas e lipídios.

#### 4.1.3 Variáveis relacionadas ao ambiente da criança

##### a) Ambiente externo

A aplicação do instrumento usado para a avaliação das questões relacionadas com o ambiente circunvizinho às casas das crianças, que participaram do estudo, proporcionou a obtenção das informações abaixo descritas.

Observou-se a precariedade das condições do calçamento das ruas e alguns trechos situados em terrenos mais elevados dispõem apenas de escadarias estreitas para facilitar o acesso às moradias. Notou-se que alguns bairros apresentam sistemas de coleta de esgoto e drenagem de águas pluviais, entretanto em alguns trechos, escorrem a céu aberto. A coleta de lixo é feita diariamente, entretanto é comum a presença de lixo nas ruas, demonstrando que os moradores não respeitam o período de sua coleta. Hábitos que precisam urgentemente ser combatidos por meio da educação em saúde. Quanto ao abastecimento de água, embora 97,1% das casas sejam contempladas com rede pública, constatou-se existir um alto índice de reclamações quanto à intermitência.

#### b) Ambiente interno

Os resultados mostraram que 41,5% dos domicílios são constituídos de dois cômodos, sendo que 55,3% das casas possuem cozinha independente, entretanto verifica-se que a maior parte não apresenta ponto de consumo de água no seu interior. Este fato combinado com a inexistência de banheiro, mostra as possíveis dificuldades relativas à questão de higiene geral nas casas. Verificou-se que 97,46% das crianças consomem água da rede da concessionária, sendo que em cerca de 65,67% dos casos, a água é submetida a um tratamento domiciliar, destacando-se a utilização de filtro de vela com o objetivo de melhorar a sua qualidade. Muitas vezes este procedimento deixa de atingir tal objetivo, à medida que não se efetue a manutenção adequada do filtro, pela limpeza e troca periódica, como forma de prevenir a formação de colônias de bactérias nocivas à saúde. Observou-se que, além da caixa d'água, são usados outros tipos de recipientes como tonéis e baldes que se constituem em sistemas precários e inadequados de reservação, que podem se transformar em criadouros de larvas de mosquitos e serem contaminados por outros agentes biológicos causadores de agravos à saúde humana. As informações indicaram a preocupação com a limpeza da caixa d'água, onde ficou registrado que 73,2% das pessoas entrevistadas, haviam higienizado o sistema dentro de um período de um mês e seis meses em relação ao momento da entrevista.

#### 4.1.4 Variáveis relacionadas aos hábitos de higiene e condição nutricional da criança

Observou-se a partir dos resultados, que a maioria das crianças toma pelo menos um banho por dia, apesar de um grande número delas apresentar doença de pele ou piolho. Verificou-se que 87,61% das famílias adotam cuidados com a lavagem dos alimentos crus que são consumidos pela criança. Ficou evidenciado que ocorre uma baixa frequência no corte semanal das unhas da criança (54,2%), o que a expõe ao risco de infestação por parasitos que sobrevivem de forma latente nesta região do

corpo e facilmente penetram no trato intestinal. Ficou caracterizado que a maioria das crianças 54,41% andam descalças, fator que pode contribuir para facilitar o ingresso no organismo de agentes patogênicos como aqueles que foram encontrados neste estudo. Este dado confirma os estudos realizados por Nascimento e Carvalho (2002), sobre a prevalência de parasitoses intestinais na população que vive em condições precárias de higiene e de saneamento básico. Com relação ao estado nutricional da criança, verificou-se um grande percentual de crianças distróficas (27,72%), ou seja com baixo peso, enquanto 67,33% das crianças se encontravam em estado nutricional eutrófico. Para o quesito referente ao grau de satisfação dos usuários quanto à construção dos banheiros, verificou-se que 87,63% dos beneficiados classificaram como bom e ótimo o benefício concedido.

## 4.2 Segunda fase: análise estatística das variáveis do estudo

Na tabela 2, é apresentada a distribuição dos resultados obtidos nas análises de helmintos do material fecal proveniente dos indivíduos beneficiados e não beneficiados pela construção de banheiros. A correlação destas variáveis, pelo teste exato de Fisher, apresentou um valor p igual 0,783 ( $> 0,05$ ), indicando não existir diferença significativa entre as variáveis consideradas.

Tabela 2 – Correlação entre resultado para helmintos em crianças beneficiadas ou não pela construção de banheiro

Resultado para helmintos	Condição quanto à existência de banheiro		Total
	Não beneficiado	Beneficiado	
Negativo	09	06	15
Positivo	48	40	88
Total	57	46	103

Teste exato de Fisher: valor p 0,783.

Na tabela 3, são mostrados os valores numéricos referentes aos resultados de protozoários nas fezes e existência de banheiro na residência da criança. O teste exato de Fisher, mostrou não haver diferença significativa quanto à associação dessas variáveis. O valor p obtido para o teste exato de Fisher foi de 0,403.

Tabela 3 – Correlação entre o resultado de protozoários em crianças beneficiadas ou não pela construção de banheiro

Resultado para protozoários	Condição quanto à existência de banheiro		Total
	Não beneficiado	Beneficiado	
Negativo	02	04	06
Positivo	55	42	97
Total	57	46	103

Teste exato de Fisher: valor p 0,403.

Na tabela 4, são mostrados os resultados para a correlação entre a criança que ainda apresentava diarreia, no momento da entrevista, e o fato de sua residência possuir ou não banheiro. O emprego do teste de Pearson mostrou existir diferença estatisticamente significativa, apontando um valor p igual a 0,038 (< 0,05). Possivelmente, a existência do banheiro introduz uma nova postura higiênica, evitando a disseminação e reduzindo a quantidade de organismos responsáveis pela constância de problemas de diarreias, introduzidos no ambiente através da defecação realizada em locais inadequados.

Tabela 4 – Comparação entre a criança que ainda apresenta diarreia e o fato de possuir ou não banheiro na residência

A criança ainda apresenta diarreia	Condição quanto à existência de banheiro		Total
	Não beneficiado	Beneficiado	
Não sabe	00	01	01
Sim	06	00	06
Não	07	08	15
Total	13	09	22

Teste  $\chi^2$  de Pearson: valor p 0,038.

Na tabela 5, são apresentados os resultados encontrados para a associação entre o tempo em que a criança foi amamentada e a infestação por helmintos e protozoários. A aplicação do teste de Pearson para o caso da infestação por helmintos mostrou um valor de p igual a 0,327, enquanto a correlação entre o período de amamentação e a

infestação por protozoários apresentou um valor p igual a 0,029. Desta forma, verifica-se a importância das campanhas de incentivo à amamentação infantil, principalmente, aquelas que enfatizam a necessidade do processo por períodos mais longos, ainda que seja para prevenir a criança de contaminação por parasito de tipo específico.

Tabela 5 – Correlação entre período de amamentação da criança e resultados para helmintos e protozoários

Período de amamentação	Resultado para helmintos			Resultados para protozoários		
	Negativo	Positivo	Total	Negativo	Positivo	Total
Não sabe	00	05	05	00	05	05
Até 15 dias	01	01	02	00	02	02
Entre 15 dias e 3 meses	00	09	09	00	09	09
Entre 3 e 6 meses	02	10	12	03	09	12
Mais de 6 meses	12	54	66	02	64	66
Total	15	79	94	05	89	94
Teste quiquadrado de Pearson	Valor p 0,327			Valor p 0,029		

Na tabela 6, são apresentadas as informações referentes à origem da água consumida nas casas das crianças e os resultados para helmintos e protozoários. A aplicação do teste quiquadrado de Pearson indicou não existir diferença significativa para as variáveis envolvidas na correlação considerada.

Tabela 6 – Correlação entre a origem da água consumida e a infestação por helmintos e protozoários nas crianças beneficiadas e não beneficiadas pela construção de banheiros

Origem da água consumida na casa	Resultados para helmintos			Resultados para protozoários		
	Negativo	Positivo	Total	Negativo	Positivo	Total
Cesan	14	78	92	06	86	92
Poço	00	01	01	00	01	01
Torneira comunitária	00	02	02	00	02	02
Mais de um anterior	00	02	02	00	02	02
Total	14	83	97	06	91	97
Teste quiquadrado de Pearson	Valor p 0,828			Valor p 0,951		

Na tabela 7, são apresentados os dados sobre a condição nutricional da criança e a infestação por helmintos, sendo a criança beneficiada ou não beneficiada pela construção de banheiro. Para correlacionar as variáveis indicadas, aplicou-se o teste quiquadrado de Pearson. Os resultados obtidos indicaram existir diferença significativa apenas no caso em que a criança foi beneficiada. Portanto, o melhor estado nutricional da criança associado com o benefício do banheiro, protegeu a criança para infestação por helmintos, o mesmo não acontecendo com a infestação por protozoário. Considerando que a forma de infestação é a mesma para ambos os parasitas, o resultado sugere que a contaminação por protozoário pode ocorrer, independentemente, do estado nutricional da criança, desde que esteja presente em algum compartimento ambiental.

Tabela 7 – Correlação entre estado nutricional e resultados de helmintos em crianças beneficiadas e não beneficiadas pela construção de banheiros

Estado nutricional da criança	Resultados para helmintos					
	Não beneficiado			Beneficiado		
	Positivo	Negativo	Total	Positivo	Negativo	Total
Normal	07	29	36	04	28	32
Baixo peso	02	13	15	01	12	13
Sobre peso	00	04	04	01	00	01
Total	09	46	55	06	40	46
Teste quiquadrado de Pearson	P valor 0,568			P valor 0,03		

Na tabela 8, são apresentados os dados sobre a condição nutricional da criança e a infestação por protozoários, sendo o indivíduo beneficiado ou não beneficiado pela construção de banheiro. Para correlacionar as variáveis indicadas, aplicou-se o teste quiquadrado de Pearson. Os resultados obtidos indicaram não existir diferença significativa em ambas as situações.

Tabela 8 - Correlação entre estado nutricional da criança e resultados para protozoários

Estado nutricional da criança	Resultados para protozoários					
	Não beneficiado			Beneficiado		
	Positivo	Negativo	Total	Positivo	Negativo	Total
Normal	02	34	36	04	28	32
Baixo peso	00	15	15	00	13	13
Sobre peso	00	04	04	00	01	01
Total	02	53	45	04	42	46
Teste quiquadrado de Pearson	P valor 0,578			P valor 0,384		

### 4.3 Geoprocessamento das variáveis estudadas

Nas figuras a seguir, são apresentados os mapas temáticos elaborados para a espacialização das variáveis que foram selecionadas para serem georreferenciadas, levando-se em consideração a sua relevância para o setor saúde.

Na figura 1, é mostrado o mapa de Vitória destacando as comunidades que foram selecionadas para participar do estudo, incluindo tanto as crianças que foram beneficiadas quanto aquelas não beneficiadas com a construção de banheiros. Salienta-se que estas áreas estão inseridas, em sua grande maioria, nos morros do município e que pertencem a zonas residenciais mais pobres, garantindo que as crianças que participaram na formação dos grupos de casos e controle pertencessem a regiões similares quanto a problemas sociais e econômicos.

Na figura 2, é mostrada a distribuição dos dados sobre enteroparasitos encontrados nos exames realizados com crianças beneficiadas pela construção de banheiros. Verifica-se que dentro da mesma comunidade, os percentuais obtidos para helmintos e protozoários ficaram praticamente uniformes. Entretanto, deve-se destacar que os maiores percentuais foram atribuídos às comunidades de Ilha das Caieiras, seguida da Praia do Suá e Morro do Cabral.

Na figura 3, é facilmente visível o elevado percentual de ocorrência de helmintos e protozoários na comunidade de São Pedro IV para as crianças não beneficiadas pela construção de banheiros, embora nas demais áreas estudadas ocorram valores significativos para infestações por estes parasitos.

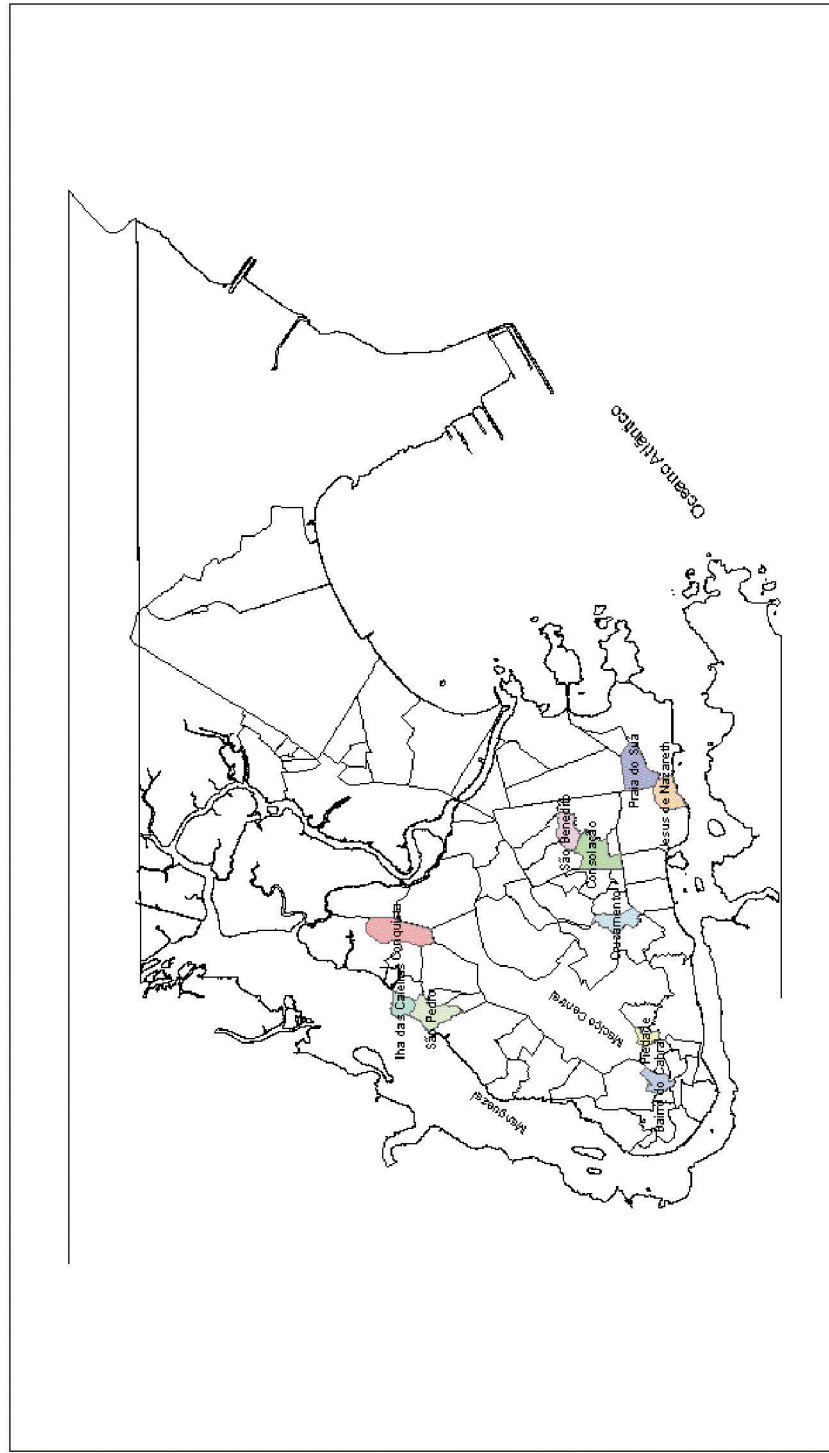
Nas figuras 4 e 5 verifica-se que as crianças diferem quanto ao grau de nutrição, existindo bairros como São Benedito onde todos os indivíduos se apresentaram como eutróficos, enquanto Piedade apresentou em sua totalidade indivíduos desnutridos, e ainda o Bairro Conquista que teve um alto percentual de indivíduos com baixo peso. Os demais bairros apresentaram variação na condição nutricional, apresentando sempre um maior percentual para a classe eutrófica.


Na figura 6, é mostrada a distribuição dos casos de diarreia nas últimas 48 horas a partir do momento da entrevista, indicando que na maioria dos bairros, os indivíduos beneficiados, foram protegidos pela construção dos banheiros.

Na figura 7, está representada a distribuição das ocorrências de diarreias nas últimas 48 horas, a partir do momento em que foi realizado o inquérito junto às famílias das crianças que estavam incluídas no grupo controle.




Figura 1 – Localização das áreas de estudo



  
**PREFEITURA MUNICIPAL DE VITÓRIA**  
 CUV - Companhia de Desenvolvimento de Vitória  
**PROJETO: MELHORIAS SANITÁRIAS DO MÍLIÁRIAS**  
 Elaboração Técnica: Cláudia Inês Ribeiro Rodrigues  
 Data: 06/02/2016

**MAPA ILUSTRATIVO DE LOCALIZAÇÃO  
DA ÁREA DE ESTUDO**

Projeção: Universal Transversa de Mercator - UTM  
 Datum: Horizontal (SAD-69) / Mercator  
 Sistema de Coordenadas: UTM  
 Origem de dados: Google Earth  
 Escala: 1:90.000



Legenda	Descrição
	Área de Estudo
	Área de Referência
	Área de Proteção
	Área de Recreação
	Área de Lazer
	Área de Convívio
	Área de Convívio
	Área de Convívio
	Área de Convívio
	Área de Convívio
	Área de Convívio
	Área de Convívio
	Área de Convívio
	Área de Convívio
	Área de Convívio

Figura 2 – Ocorrência de helmintos e protozoários nas crianças beneficiadas pela construção dos banheiros

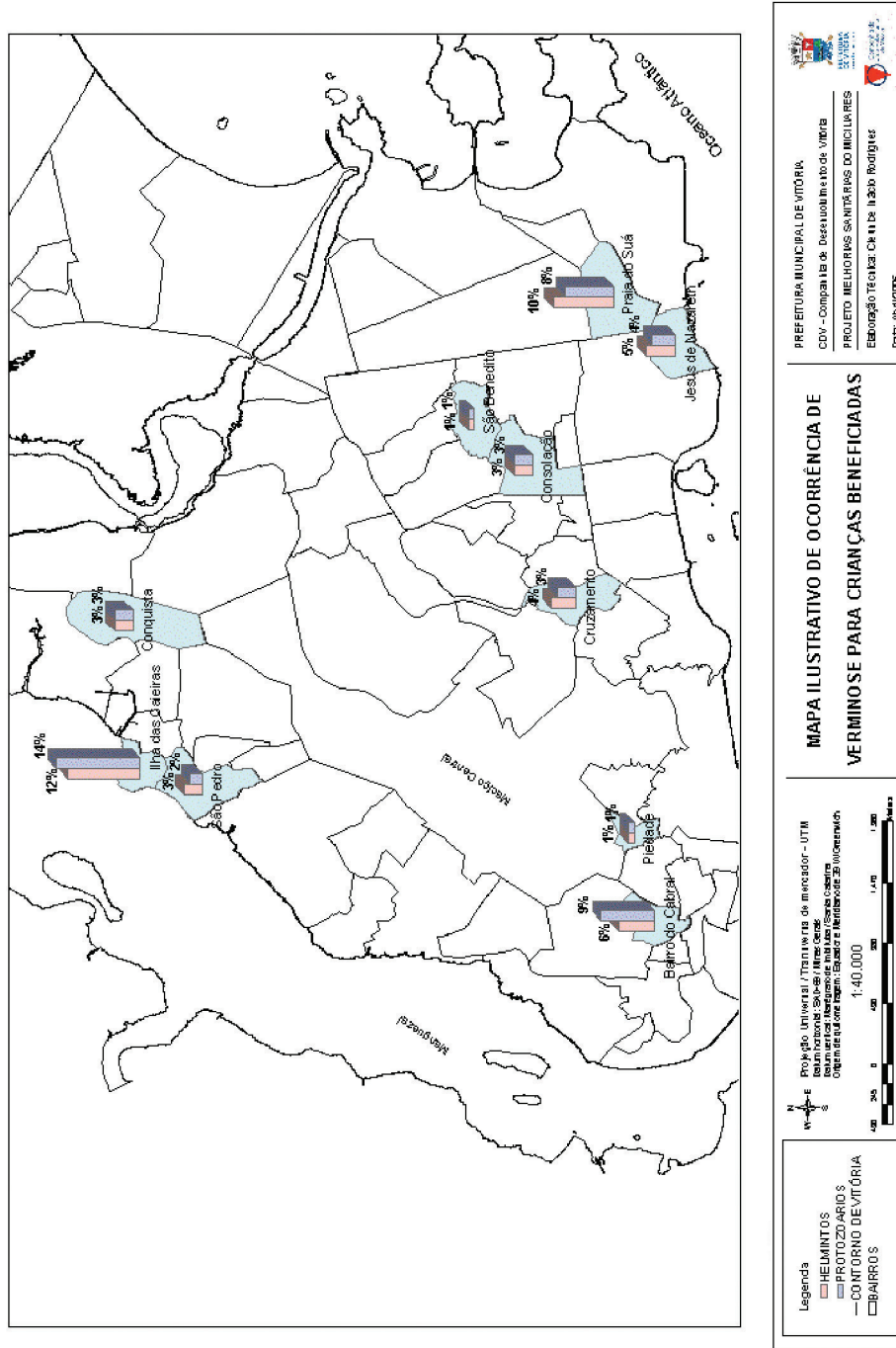


Figura 3 – Ocorrência de helmintos e protozoários nas crianças não beneficiadas pela construção dos banheiros

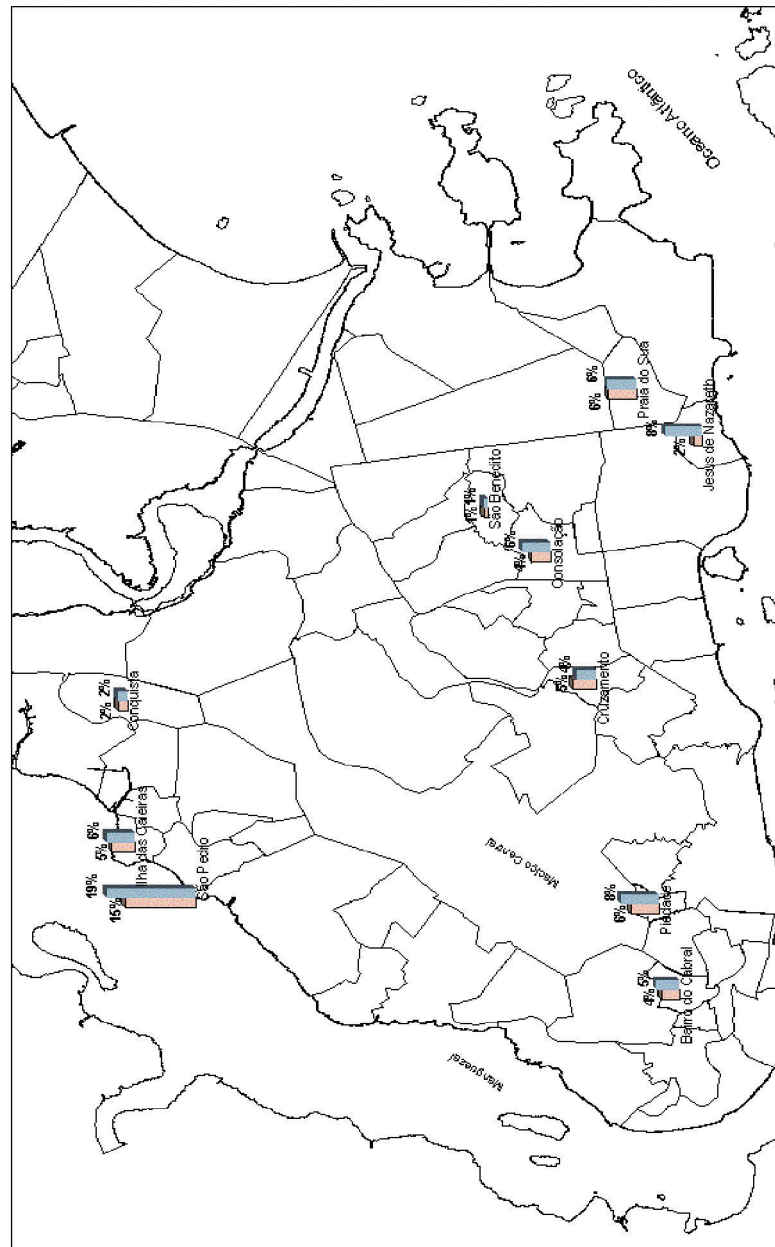


FIGURA 12

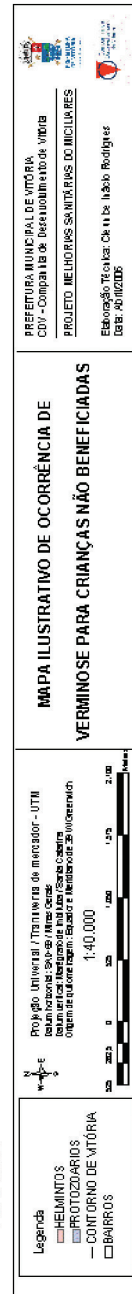


Figura 4 – Estudo nutricional das crianças não beneficiadas pela construção de banheiros

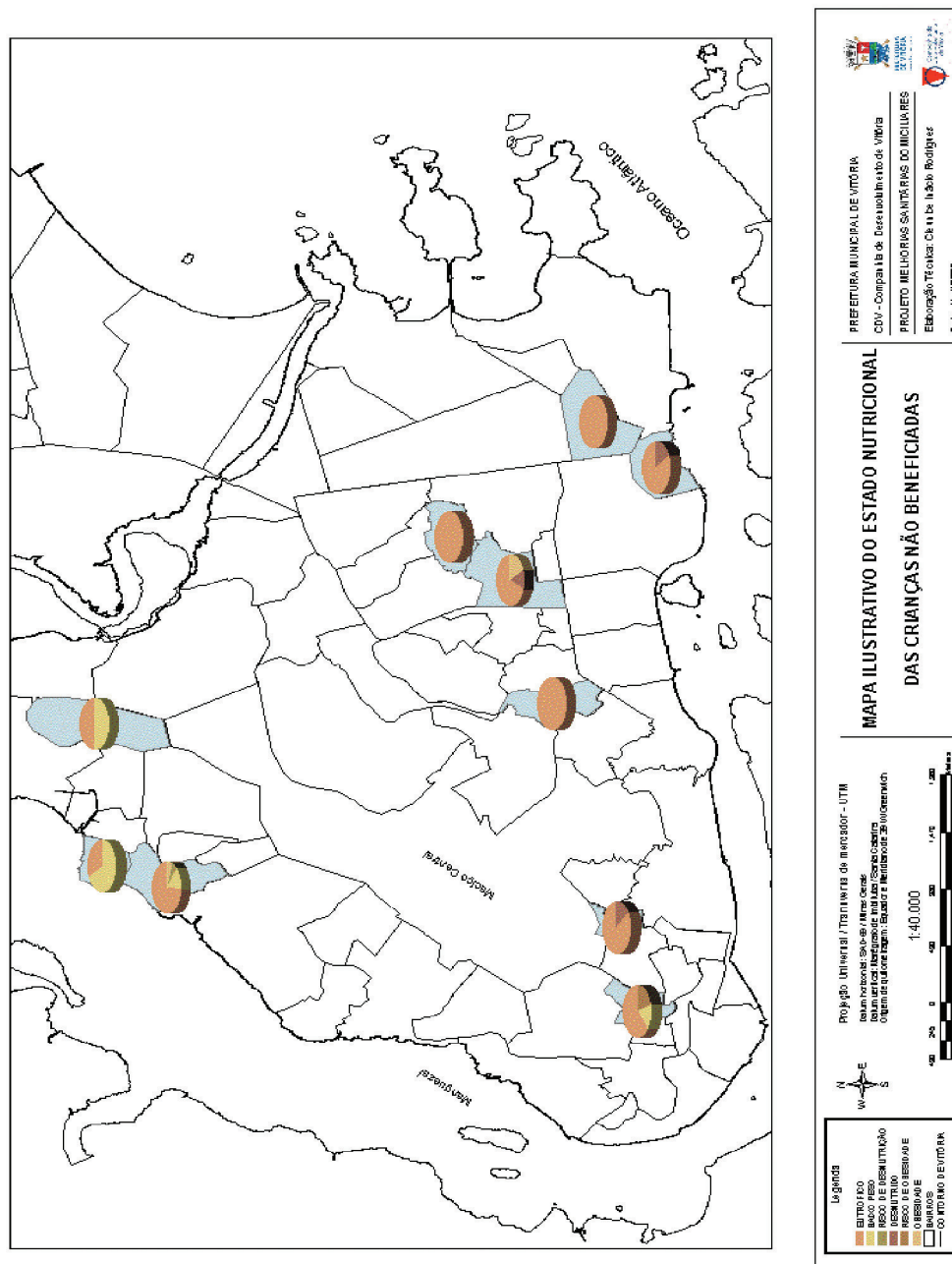


Figura 5 – Estado nutricional das crianças beneficiadas com a construção de banheiros

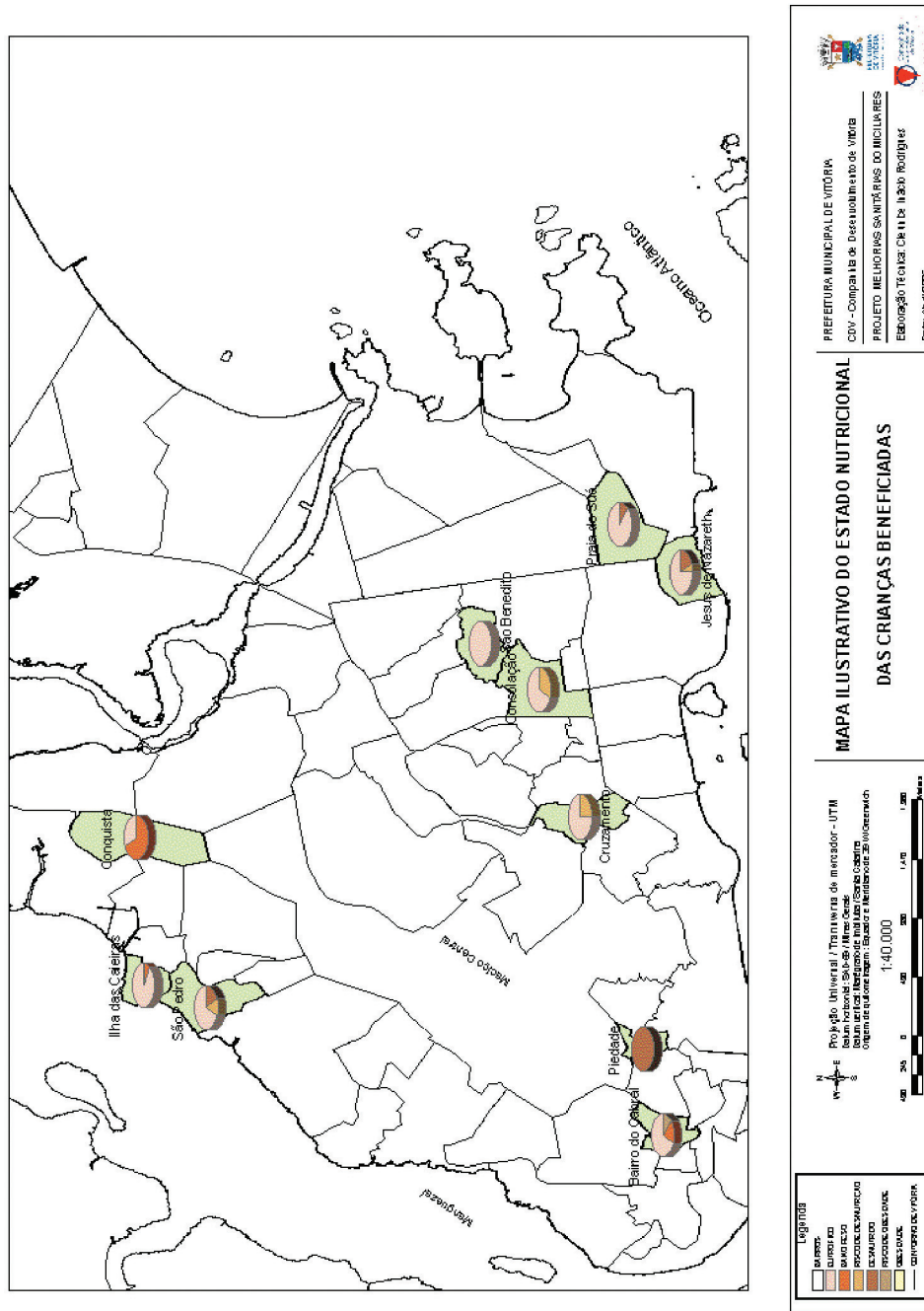


Figura 6 – Ocorrência de diarreia nas últimas 48 horas nas crianças beneficiadas

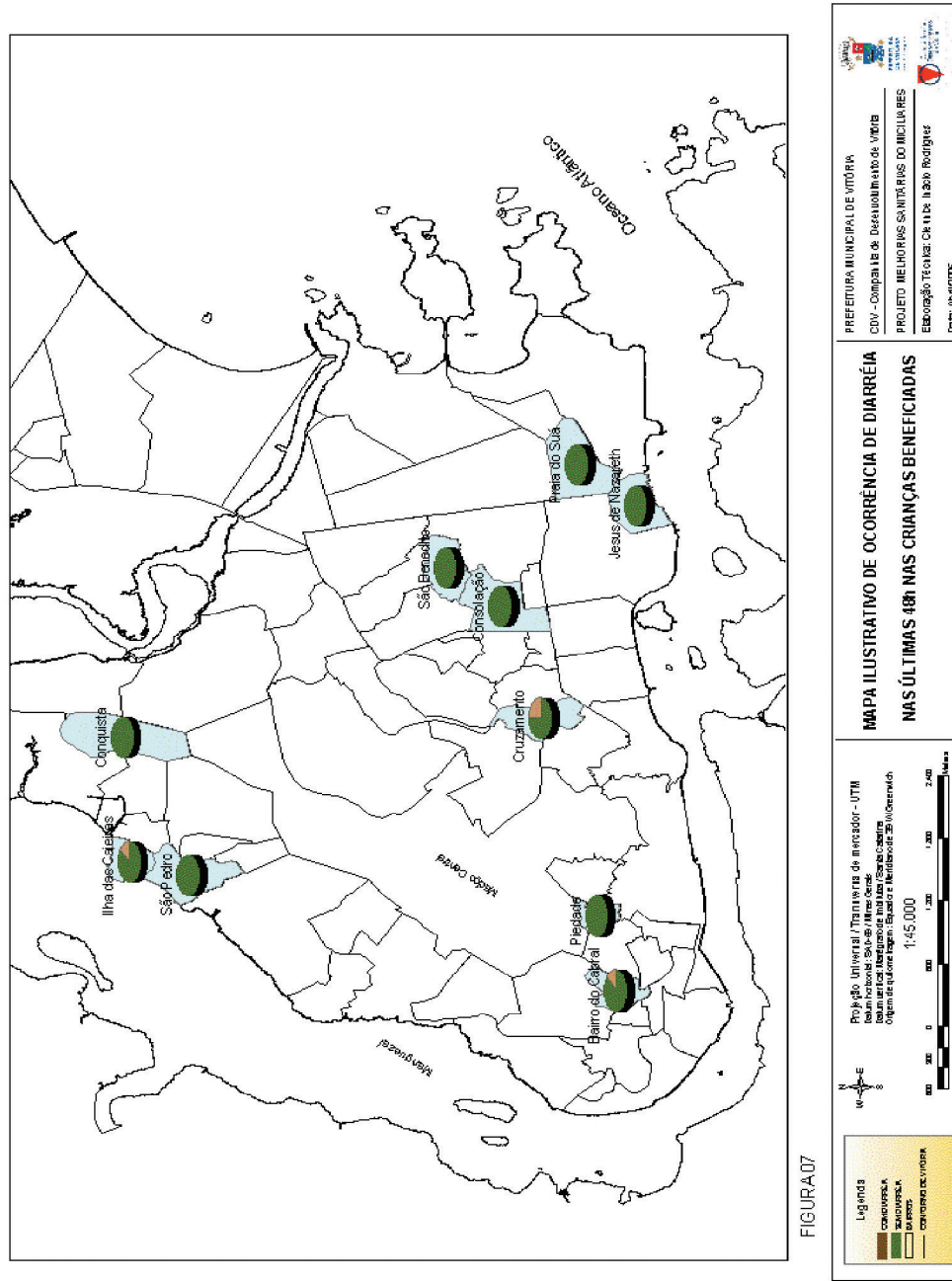
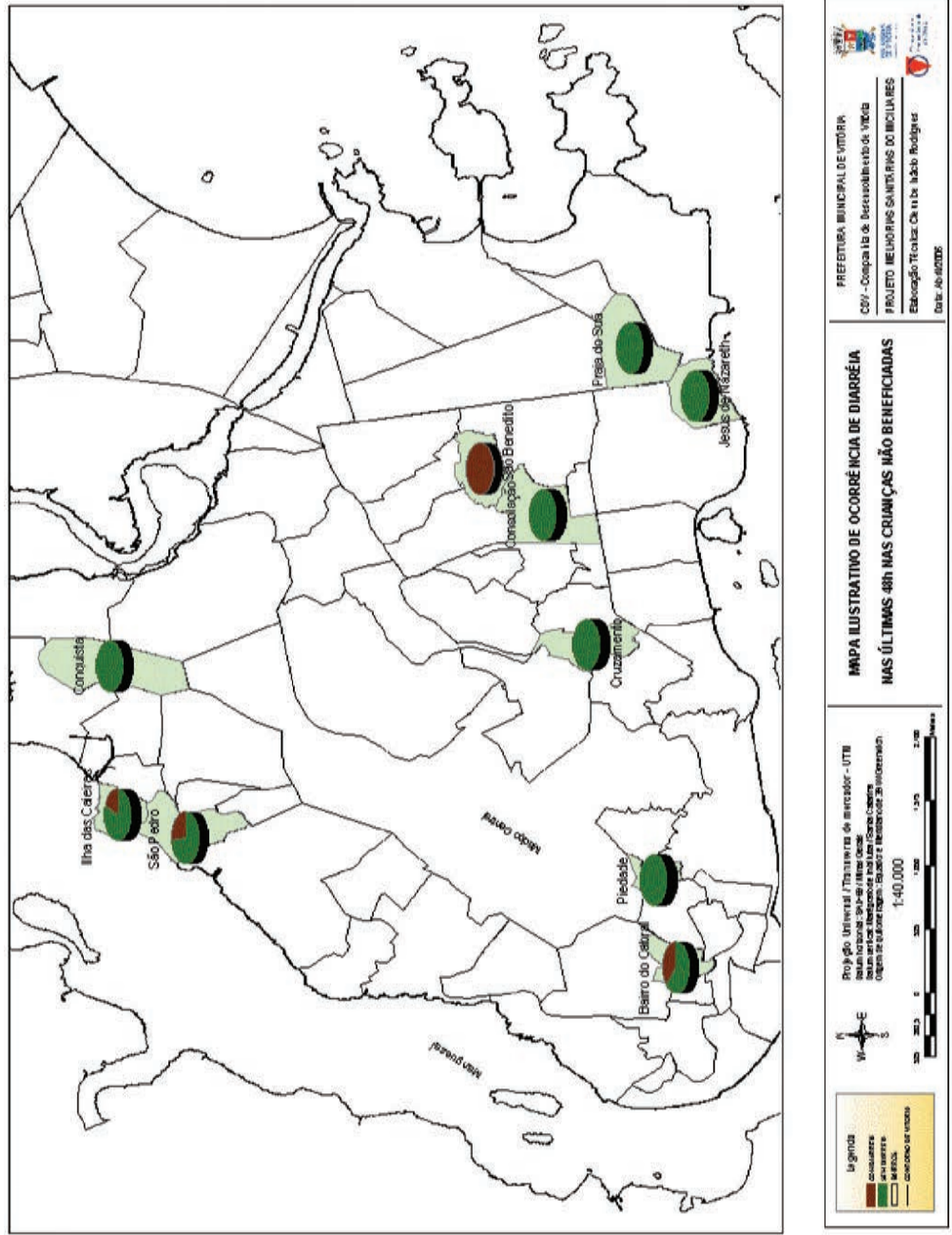


FIGURA 07



Figura 7 – Ocorrência de diarreia nas últimas 48 horas nas crianças não beneficiadas



## 5 Conclusões

1. As correlações efetuadas entre as variáveis consideradas no estudo, utilizando estudo do tipo caso-controle, mostraram que a construção de banheiro na residência, quando considerada isoladamente, não representa um fator decisivo para a melhoria das condições sanitárias relacionadas com a infestação por helmintos e protozoários.

2. O estudo mostrou que as parasitoses intestinais, ainda, constituem um grave problema de saúde pública e, que em uma mesma localidade com condições precárias de salubridade, a diferença de prevalência entre os membros do grupo podem estar relacionados a fatores proximais do cuidado com a criança na sua condição de dependente.

3. Em diversos trabalhos publicados, as maiores freqüências de parasitoses, em crianças dentro da faixa etária escolhida, têm coincidido com as espécies encontradas no estudo, onde as maiores prevalências foram para: *Ascaris lumbricoides*, *Trichocephallus trichiuris* e *Giardia lamblia* (TEIXEIRA et al., 2002; NASCIMENTO e CARVALHO, 2002; BROOKER et al., 2003). Portanto, estes parasitas são bons indicadores de saúde, embora sua redução não possa ser associada a melhorias sanitárias representadas apenas pela construção de banheiros, principalmente se na mesma área coexiste situação diferente, ou seja, habitações sem banheiro. Segundo Nascimento e Carvalho (2002), mesmo que ocorra o tratamento clínico para infecção por parasitoses, ele não é suficiente para o controle da doença porque a criança permanece no mesmo ambiente se reinfectando.

4. Ao se selecionar crianças de diferentes faixas etárias, há existência de fatores específicos que levam ao risco de contaminação, em diferentes graus, tanto pela ausência de hábitos higiênicos adequados, quanto pelo contato com o solo da área interna ou externa do ambiente familiar.

5. Os resultados ilustrados através de mapas mostram a importância da utilização da técnica de geoprocessamento, como forma de identificar com precisão áreas de focos de doenças, situações de risco à saúde e distribuição quantitativa de casos por doença, entre outros aspectos, instrumentalizando o setor saúde para organizar e priorizar as ações preventivas e corretivas.



## 6 Recomendações para utilização dos resultados pela Funasa

Os resultados alcançados no estudo mostraram a necessidade da **Funasa** de providenciar a ampliação do benefício, representado pela construção de banheiros em áreas carentes, como forma de promover uma substancial melhoria na qualidade de vida desta parcela da população, à medida que, também, melhora a condição sanitária e ambiental do perímetro domiciliar e da comunidade em geral. Além disso, oferece ao usuário da unidade sanitária implantada, o conforto e a elevação da auto-estima, integrando-o ao que se concebe na atualidade como condições mínimas para preservação da dignidade humana, incentivando-o a se conscientizar dos seus direitos primordiais e forçando-o ao exercício contínuo de cidadania. Os resultados mostraram que é necessária a adoção de políticas públicas integradoras entre saúde, educação, meio ambiente e saneamento, voltadas para a conscientização do cidadão quanto à sua atuação como co-responsável do processo da melhoria de sua condição sanitária.

## 7 Referências bibliográficas

BROOKER, et al. Mapping soil-transmitted helminths in southeast Asia and implications for parasitic control. **Southeast Asian Journal Tropical Public Health**, v. 34, n. 1, p. 24-36, Mar. 2003.

FUCHS, A. R. et al. Modelo hierarquizado: uma proposta de modelagem aplicada à investigação de fatores de risco para diarreia. **Revista de Saúde Pública**, v. 30, p. 108-178, 1996.

HOFFMANN, W. A.; PONS, J. A.; JANER, J. L. The sedimentation concentration method in *Schistosomiasis Mansoni*. **Puerto Rico Journal of Public Health Tropical Medicine**, v. 9, p. 283-291, 1934.

MORAES, L. R. S. Avaliação do impacto sobre a saúde das ações de saneamento ambiental em áreas pauperizadas de Salvador – Projeto AISAM. In: HELLER, L.; MORAES, L. R. S.; MONTEIRO, T. C. N.; SALLES, M. J.; ALMEIDA, L. M.; CÂNCIO, J. (org.). **Saneamento e saúde em países em desenvolvimento**. Rio de Janeiro: CC& P, 1997. p. 281-305.

NASCIMENTO, D. N.; CARVALHO, M. M. **Orientação e acompanhamento de helmintos em escolares da periferia da Barra do Piraí**. Rio de Janeiro: Centro Universitário de Volta Redonda, 2002.

NÓBREGA, F. J. Atenção à criança desnutrida em área urbanas. **Temas de Nutrição em Pediatria**, v. 2, p. 28-38, 2001.

PAN-AMERICAN HEALTH ORGANIZATION. **The World health report**. Geneva: PAHO, 1999.

TEIXEIRA, M. G.; COSTA, M. L.; NASCIMENTO, M. C. Áreas sentinelas: uma estratégia de monitoramento em Saúde Pública. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 18, n. 5, p.1189-1195, set/out. 2002.

VANDERLEI, L. C. M.; SILVA, G. A. P.; BRAGA, J. V. Fatores de risco para internamento por diarreia aguda em menores de 2 anos: estudo caso-controle. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 2, mar/abr. 2003.

# Detecção simplificada de coliformes totais e *Escherichia coli* em amostras de águas utilizando substrato cromogênico em microplacas e metodologia NMP

Participantes: Sérgio Túlio Cassini (Coordenador), Ricardo Franci Gonçalves, Eliane Zandonate, Maria Alice Moreno Marques

Proponente: Fundação Espírito Santense de Tecnologia (Fest)

Executora: Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)

## Resumo

O presente trabalho de pesquisa tem por objetivo o desenvolvimento de uma metodologia alternativa para a avaliação de microorganismos bioindicadores de poluição antrópica em amostras de águas, tendo sido escolhido os microorganismos do grupo coliforme, principalmente coliformes totais e especificamente a bactéria *E. coli* como os principais bioindicadores de poluição sob avaliação. Foram comparados diversos meios de cultivo e formulações comerciais utilizando a metodologia do substrato definido cromo-fluorogênico, por meio da adição de ONPG (ortonitrofenil galactopiranosídeo) e MUG (metilumbeliferil glucoronídeo), de modo a permitir uma avaliação combinada na mesma placa de coliformes totais e *E. coli* em diversas amostras de águas. Uma das formulações avaliadas, denominada genericamente de Meio Mínimo (MM) apresentou o mesmo desempenho de formulações comerciais (colilert). Foi desenvolvido, também, um sistema estatístico de contagem de bactérias coliformes e *E. coli*, com base em tabelas NMP especialmente geradas para leitura em microplacas de 96 ou 288 poços. Comparações da formulação MM e sistema comercial colilert utilizadas tanto no sistema de cartelas como em microplacas de 96 ou 288 poços não apresentaram diferenças significativas ( $p=0,05$ ) mostrando que tanto a formulação desenvolvida quanto o sistema de análise em microplacas apresentaram o mesmo desempenho quando comparado com o sistema comercial Colilert® que vem sendo amplamente utilizado em análises de qualidade de águas.

**Palavras-Chave:** Colimetria; detecção *Escherichia coli*; Colilert®; substrato definido; substrato cromogênico; ONPG; MUG; análise de qualidade de águas.

## Abstract

This work has the main objective to develop a alternative simplified methodology for coliform detection, specifically the *Escherichia coli*, to be used as routine analysis for microbiological analysis of water samples. Several media and formulations were initially tested by using a defined substrate methodology with ONPG (ortho nitrophenyl galactopyranoside) and MUG (methyl umbelliferyl glucuronide) incorporated in these media and formulations and using water samples from several origins and comparing with the commercial formulations. One of these formulations, denominated Minimal Medium (MM), showed the same performance when compared with commercial formulations such as colilert® and allowing its use as qualitative PA (presence–absence tests) and quantitative analysis by use in special trays. Also, it was developed a alternative system for quantitative analysis, based on MNP algorithm by using 96 wheel microplates in several arrays. Comparisons using the MM formulation and commercial system Colilert® used both as in special trays and microplates indicate no significant differences among these systems ( $p=0.05$ ) showing that the MM developed formulation and the microplate system assessed in this study can be used to perform a microbiological analysis of water samples with the same confidence as found for commercial formulations such as colilert® preparation.

**Keywords:** Coliform detection; Colilert®; defined substrate methodology; ONPG, MUG; *Escherichia coli*; water analysis.



# 1 Introdução

Um dos pressupostos básicos relacionados com o conceito de saúde coletiva é o contínuo monitoramento da qualidade microbiológica de águas, principalmente em regiões urbanas, visando impedir os ciclos ou cadeias de transmissão de doenças por via hídrica, assegurando, assim, uma melhoria significativa na qualidade de vida das populações humanas. Neste sentido, foi introduzido o conceito indicador biológico baseado no conceito de indicador “fecal”, onde a sua presença em águas, indica o contato destas águas com material fecal ou esgotos sanitários, aumentando desta maneira os riscos de veiculação de doenças.

O indicador biológico mais utilizado na engenharia sanitária é o grupo dos microorganismos denominado genericamente de “coliformes”, representado por bactérias com reação gram-negativa, metabolismo facultativo e com capacidade de fermentação de lactose com produção de ácido e gás, cujo principal representante de origem exclusivamente fecal é *Escherichia coli* (*E. coli*). Desde seu isolamento e caracterização em material fecal realizado por Theodor Escherich no final do século 19, esta bactéria vem servindo de principal referencial para os estudos relacionados com doenças transmitidas pela água. Entretanto, alguns questionamentos sobre a sua utilização e correlação com agentes patogênicos específicos tem sido colocado por alguns pesquisadores, principalmente quando se utilizam metodologias de avaliação de coliformes totais ou coliformes termotolerantes (fecais), visto que estes grupos podem apresentar componentes que não tem origem exclusivamente fecal, gerando, assim, um elevado grau de incerteza nas análises.

As principais metodologias de avaliação de coliformes, incluindo *E. coli*, são: a) tubos múltiplos com avaliação do número mais provável (NMP), e b) utilização de membranas filtrantes (MF) com avaliação das unidades formadoras de colônias (UFC) padronizada para 100 mL de amostras de águas. Apesar de amplamente aceitas, estas metodologias requerem de 24 a 96 horas para um resultado confirmativo, sendo, também, muito trabalhosa e principalmente com elevado custo. Estas restrições de tempo de análise, exigência de pessoal qualificado e custos elevados vem impedindo a adoção deste indicador biológico nas rotinas de monitoramento da qualidade de águas em pequenas comunidades, que, em termos de Brasil, pode representar até 30% da população incluindo pequenas e médias comunidades com densidade populacional menor que 100.000 habitantes (65% dos municípios brasileiros).

Assim, os diversos setores da sociedade relacionados com a área de saneamento ambiental vem indicando, claramente, a necessidade de se estabelecer metodologias mais rápidas e com menor custo visando ampliar a base de monitoramento de quali-

dade de águas para as populações urbanas. Neste sentido foi introduzido na década de 1990, os testes baseados na metodologia de substratos definidos envolvendo a presença de enzimas específicas do grupo coliforme, capazes de desdobrar estes substratos definidos em produtos de fácil detecção visual, sendo por isto denominados também de metodologia cromo-fluorogênica. Esta metodologia diminuiu sensivelmente o tempo de análise de coliformes totais e *E. coli* para 18-24 horas, com grande precisão e correlação com as metodologias tradicionais para a detecção do grupo coliforme. Entretanto, esta metodologia de detecção cromo-fluorogênica ainda apresenta custos muito elevados, principalmente devido aos seus componentes importados, impedindo sua ampla utilização em sistemas de monitoramento de qualidade microbiológica de águas.

## 2 Objetivos

### 2.1 Objetivo geral

Desenvolvimento de sistema simplificado de avaliação de densidade de coliformes totais e *E. coli* em amostras de águas para abastecimento por meio da utilização de substratos cromogênicos e leitura em microplacas de 96 poços com avaliação do número mais provável (NMP) adaptado para as condições de ensaio.

### 2.2 Objetivos específicos

- desenvolver uma formulação de meio de cultura específico e alternativo para detecção de coliformes totais e *E. coli* utilizando substratos cromogênicos e componentes específicos para sua detecção;
- comparar as formulações alternativas com diversos meios de cultivo e formulações comerciais;
- avaliar a utilização de microplacas de 96 poços para a detecção simplificada de coliformes e *E. coli*;
- desenvolver um sistema de análise estatística baseado na avaliação do Número Mais Provável (NMP);
- apresentar uma análise de custos de produção do meio e das análises de águas.



## 3 Metodologia

### 3.1 Descrição da pesquisa e contexto experimental

Esta pesquisa foi realizada no Laboratório de Saneamento da Ufes durante o período de 2002 a 2004 com apoio financeiro da **Funasa** por meio do Programa de Pesquisa em Saúde e Saneamento conforme edital 001/2001 na área temática de Metodologias e instrumentais simplificados para avaliação da contaminação microbiana das águas de abastecimento. Esta pesquisa foi dividida em três etapas compreendendo o isolamento e caracterização de cepas e meios alternativos para detecção de *E. coli*, o estabelecimento de um sistema de avaliação envolvendo os meios alternativos e microplacas NMP e finalmente uma análise de custos dos sistemas avaliados.

### 3.2 Isolamento e caracterização de cepas de *Escherichia coli*

A metodologia de isolamento de *E. coli* foi baseada na presença de reação positiva da cartela de 98 poços para *E. coli* (figura 1A). Desses poços com reação positiva foram retiradas amostras, através de uma seringa Figura 1B, e posteriormente diluídas a  $10^{-1}$  em água de diluição esterilizada, para o isolamento das cepas de *E. coli*. O isolamento foi realizado em meio Agar MacConkey específico para enterobactérias (figura 1C e 1D). As placas foram incubadas a  $37^{\circ}\text{C}$  durante o período de 18 horas. Após o período de incubação as colônias isoladas foram selecionadas e armazenadas. Em seguida era feito então testes confirmativos para *E. coli* que foram realizados com bases em teste bioquímico utilizando sistema de confirmação comercial Bactray I e II <sup>®</sup> (figura 1E). As cepas que apresentaram resposta positiva no teste confirmativo foram armazenadas em tubos inclinados com meio Agar MacConkey a  $4^{\circ}\text{C}$ . Estas culturas de *E. coli* eram renovadas por meio de repicagens para novos tubos com meio Agar MacConkey inclinado a cada três meses de modo a preservar as características originais da cepa. Como indicadores negativos para *E. coli*, poços com reação positiva para coliformes totais (ONPG +) e negativo para fluorescência (MUG -) foram isoladas pelo mesmo procedimento e avaliadas em teste pelo Bactray I e II. Colônias coliformes positivas e negativas para *E. coli* foram isoladas e mantidas em ágar inclinado recebendo a denominação coli negativa (-).

Figura 1A – Cartelas do sistema Colilert evidenciando reações positivas para *Escherichia coli* (esquerda) e coliformes totais (direita)



Figura 1B – Coleta de amostras positivas para *Escherichia coli* nos poços de cartelas com reação MUG positiva



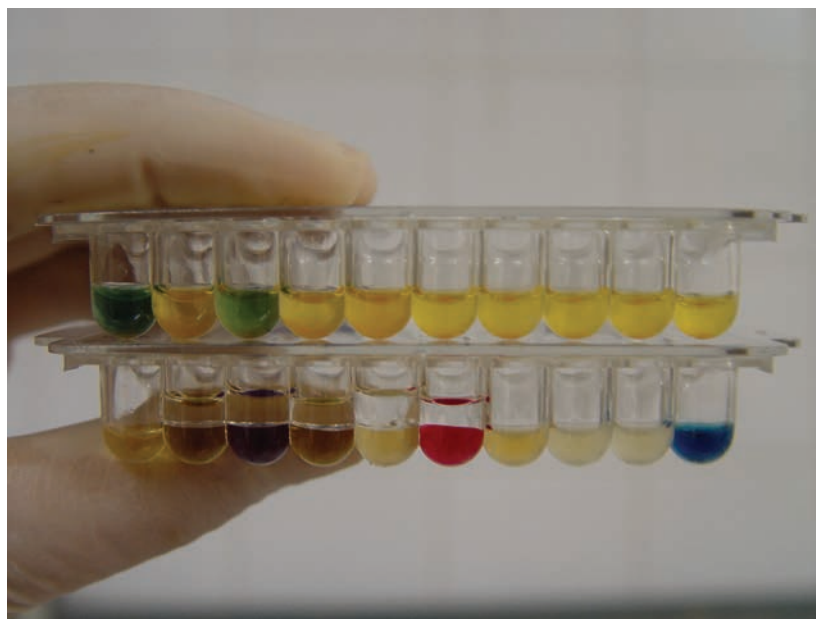
Figura 1C – Plaqueamento das amostras positivas para *Escherichia coli* em meio Agar MacConkey



Figura 1D – Colônias de *Escherichia coli* isoladas após período de incubação



Figura 1E – Teste bioquímico (Bactray®) para confirmação *Escherichia coli*



### 3.3 Avaliação e comparação de meios de cultivo e formulações com substratos cromo-fluorogênicos

Cepas de *E. coli* previamente isoladas e caracterizadas, foram crescidas em meio caldo lactosado por 12 horas a 35 °C. Após a determinação da densidade celular por meio de curva-padrão em espectrofotometria (600 nm) uma destas culturas foi utilizada como inóculo padrão de  $2,0 \times 10^1$  células/mL para diversos meios de cultivo previamente preparados e esterilizados, adicionado com ONPG (ortonitrofenil galactopiranosídeo) e MUG (metilumbeliferil glucoronídeo) nas concentrações finais de 0,50 e 0,05 mg/L respectivamente. As formulações ou meios de cultivo avaliados para isolamento e caracterização de *E. coli* estão listados na tabela 1. Todas as formulações foram adicionadas de ONPG (Ortonitrofenil galactopiranosídeo) e MUG (Metilumbeliferil–glucoronídeo) nas concentrações finais de 0,5 mg/L e 0,05 mg/L, de modo a manter a mesma concentração desses substratos em relação à formulação comercial colilert.

Foram preparadas alíquotas de 100 mL de cada meio de cultivo na sua formulação líquida, e distribuídas em frascos de diluição e esterilizados em autoclave. Cada frasco foi inoculado com cepa padrão de *E. coli* de modo a obter-se cerca de  $1,0 \times 10^2$  células de *E. coli* por 100 mL de cada meio. Após incubação a 44,5 °C foram realizadas avaliações com 18 e 24 horas por inspeção visual nos frascos de cultura

para o desenvolvimento da reação amarela (ONPG+) e fluorescência sob iluminação ultravioleta (UV) a 366 nm representando a característica MUG+.

Tabela 1 - Meios de cultivo e principais formulações utilizadas na fase de avaliação de crescimento de *E. coli* previamente isolada e caracterizada.

Meio de cultivo	Formulação avaliada (g /L)	Referência
1 - Colilert (Idexx)	Formulação comercial não especificada.	Edberg et al. (1991).
2 - A1 ( Difco)	Triptona: 20,0; lactose: 5,0 ; NaCl 5,0; salicina 0,5; Triton X-100 1,0 mL. pH final: 6,9 a 25 °C.	APHA (1998)
3 - Caldo EC	Triptose 20,0; Lactose 5,0; Sais biliares 1,5; Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> 4,0; KHPO <sub>4</sub> 1,5; NaCl 5,0; pH final 6,9.	Feng & Hartman (1982)
4 - Caldo lactosado	Peptona 5.0; extrato de carne 3.0; lactose 5.0.	APHA (1998)
5 - Caldo nutriente	Peptona 5,0; NaCl 5,0; extrato Levedura 2,0; extrato de carne 1,0; pH final 7,4 a 25 °C.	APHA (1992)
6 – Citrato Koser	NaNH <sub>4</sub> HPO <sub>4</sub> ·4H <sub>2</sub> O 1,5; KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> (monobásico) 1,0; MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O 0,2; citrato de sódio·2H <sub>2</sub> O 3,0.	Koser (1923)
7 - ENDO MF (Difco)	Triptona 10,0; peptona 10,0; extrato levedura 1,5; extrato carne 5,0; lactose 12,5; NaCl 5,0; K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> 4,375; KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> 1,375; Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> 2,1; fucsina básica 1,05; deoxicolato de sódio 0,1 g. pH 7,2	McCarthy et al. (1958, 1961)
8 - Lauril triptose (LST)	Triptose 20 g; lactose 5,0 g; KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> 2,75; K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> 2,75; NaCl 5,0; lauril sulfato de sódio 0,1; L-triptofano 1.0; pH final 6,8 a 25 ° C.	Schindler (1991)
9 - Lauril triptose sorbitol (LMX – ReadyCult) Merck	Triptose 0,5; cloreto sódio 0,5; sorbitol 0,1; triptofan 0,1; K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> 0,27; KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> 0,2; lauril sulfato sódio 0,01;	Manafi & Rosman (1998)
10 – Formulação mínima (MM)	Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> 0,040; Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> 6,2; KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> 0,9; MgSO <sub>4</sub> 7H <sub>2</sub> O 0,20; (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 5,0; NaCl 10,0; ONPG 0,5; MUG 0,005; antibióticos 0,001; fatores de crescimento 0,96.	Este trabalho



### **3.4 Avaliação dos diversos meios de cultivo (formulações) suplementados com substratos definidos cromo-fluorogênicos utilizando amostras de águas de diferentes procedências**

Os diferentes meios de cultivo relacionados na tabela 4 foram também avaliados para a presença de reação positiva para ONPG (cor amarela) e MUG (fluorescência 366 nm), utilizando-se amostras de águas coletadas de diferentes origens a saber: a) água tratada (torneira) do campus da Ufes; b) água de poço de área rural; c) esgoto bruto diluído 1:10; d) água de lagoa do Campus da Ufes. e) água de área de mangue do campus da Ufes. Os meios foram preparados na forma líquida e distribuídos na forma de 90 mL para cada frasco, sendo a seguir esterilizados em autoclave. Em cada frasco foi adicionado 10 mL das amostras de água (diluição 1:10), homogeneizado e incubado a 44,5 °C por 18 a 24 horas. Após estes períodos cada frasco foi avaliado pela presença ou ausência (P/A) da reação ONPG+ (cor amarela) ou reação azul fluorescente característica de amostras MUG+ indicando a presença de *E. coli*. Após a avaliação da reação de presença/ausência (P/A) para ONPG e MUG em 24 horas, procedeu-se, também, a avaliação das densidades de coliformes em cada frasco por meio da metodologia de diluições e contagem de células viáveis em placa, utilizando-se alíquotas de 0,1 mL em placas com meio Agar Mac Conkey, servindo também como contra-prova da presença de coliformes e avaliando as densidades de cada frasco em relação ao meio referencial colilert.

### **3.5 Comparação da formulação de Meio Mínimo (MM) com meio comercial Colilert**

Tendo em vista a tendência observada na avaliação visual das avaliações de desenvolvimento de cor amarela e fluorescência (ONPG e MUG), decidiu-se comparar a formulação de meio mínimo (MM) com o meio comercial colilert, utilizando inóculo de *E. coli* padronizado para as avaliações quantitativas. Assim, utilizou-se o sistema Colilert Quanti-Tray 18 (Idexx) conforme as especificações do fabricante (tratamento controle) comparado com meio mínimo (MM) já descrito. Amostras de 100 mL de água destilada e previamente esterilizadas foram inoculadas com  $10^2$  células de *E. coli* por 100 mL nos frascos. O experimento foi delineado como inteiramente casualizado com dois tratamentos (meio colilert e meio mínimo MM) e quatro repetições, utilizando água destilada e inóculo de *E. coli* padronizado. Posteriormente, foram realizadas também, análises de águas de diferentes origens como no item 3.4, avaliando-se no NMP de cada amostra com base nas tabelas e informações do fabricante do meio comercial colilert.

### 3.6 Desenvolvimento do sistema de microplacas 96 e 288 poços

Tendo em vista a simplificação dos sistemas comerciais utilizados neste trabalho, optou-se pelo sistema de microplacas de 96 poços por ser um sistema já amplamente utilizado em processos imunobiológicos tais como o teste de enzimático de substrato adsorvido (Elisa). Estas placas têm baixo custo, grande disponibilidade e algumas delas podem ser reprocessadas e esterilizadas se confeccionadas em material plástico derivado de polipropileno. Todo o sistema se baseia na distribuição das amostras de 100 mL de águas adicionadas com o meio contendo os substratos definidos cromo-fluorogênicos tais como ONPG e MUG. Caso a amostra original tem suspeita de elevada contaminação de coliformes ou não há nenhuma referência sobre as amostras, deve-se proceder uma diluição seriada base 10 para distribuição das amostras. Cada amostra de água sob avaliação e adicionada com o meio de substrato definido (ONPG e MUG) é distribuído por meio de micropipetas multicanal, de modo a distribuir alíquotas de 30 µL da amostra em cada poço, de maneira ordenada e rápida. Após a transferência das alíquotas, as microplacas devem ser cobertas com uma película aderente em toda a sua superfície superior, de modo a impedir vazamentos e contaminações da amostra. Cada placa é então incubada a 44,5 °C por 18 a 24 horas avaliando-se o desenvolvimento de cor amarela e fluorescência a 366 nm cada poço. Após contagem do número de poços positivos para ONPG e MUG, utiliza-se uma tabela estatística especialmente desenvolvida, de modo a gerar os números mais prováveis (NMP) de coliformes totais e *E. coli* para cada placa ou amostra considerada. As figuras 2A, 2B, 2C e 2D ilustram os componentes do sistema de detecção simplificado de coliformes e *E. coli* avaliado no presente estudo.

Figura 2A – Leitura de presença/ausência (P/A) de reação positiva para *Escherichia coli* em frascos com meio MM suplementado com MUG sob luz UV (366 nm) após incubação de oito horas a 44,5 °C

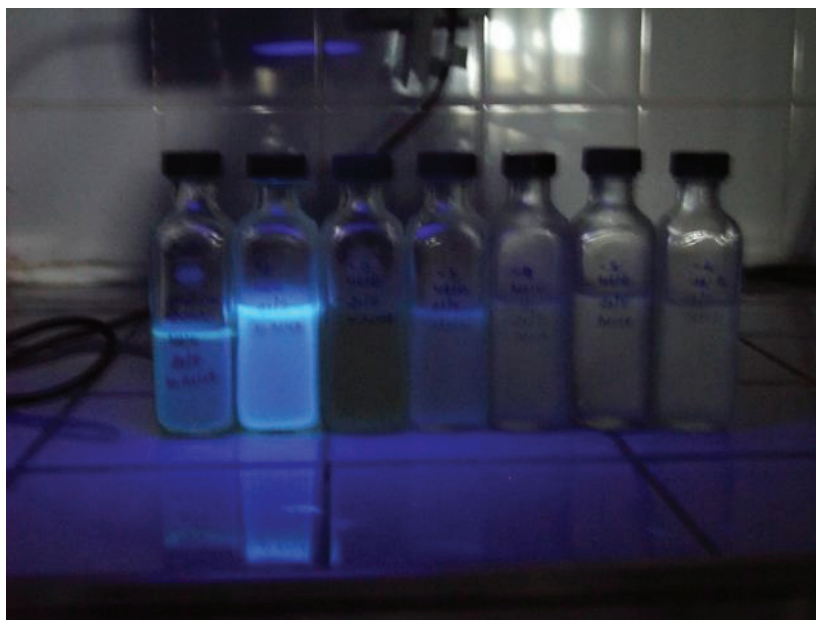


Figura 2B – Leitura de presença/ausência de coliformes totais em frascos com diversos meios de cultivo suplementado com ONPG e MUG após incubação de 24 horas a 44,5 °C





Figura 2C – Sistema de avaliação simplificada de coliformes totais e *Escherichia coli* em microplacas. Da esquerda para a direita: frasco de amostra de água (100 mL), micropipeta multicanal (8) e microplacas de 96 poços



Figura 2D – Microplacas de 96 poços, com leitura de reação positiva ONPG e MUG. Acima: poços amarelados com e reação ONPG positiva para coliformes totais. Abaixo mesma placa sob luz UV evidenciando reação MUG positiva para *Escherichia coli* (três poços)



### **3.7 Desenvolvimento de sistema estatístico de análise por NMP do sistema de microplacas 96 poços e comparação com sistema comercial colilert.**

Para a estimativa da densidade de coliformes e *E. coli* utilizando a técnica do Número Mais Provável (NMP) utilizou-se o algoritmo NMP desenvolvido por Cochran (1950). Esta metodologia de NMP consiste, essencialmente, em dividir a amostra original em várias alíquotas das amostras do líquido, incubar num meio de cultura e observar o crescimento do organismo neste meio, tendo como base um sistema de deteção bem característico. A estimativa da densidade será baseada na aplicação da teoria da probabilidade sob certas hipóteses. As hipóteses que devem ser consideradas são: a) os organismos são distribuídos aleatoriamente no líquido (cada parte do líquido tem a mesma chance de conter organismos) e b) não existe tendência de grupos de organismos se agruparem ou se repelirem. Dessa maneira, se na amostra existir um ou mais organismos, é certo que haverá crescimento. Por outro lado, se o meio de cultura for pobre ou se existirem fatores que inibem o crescimento, o NMP (número mais provável) dará uma subestimação da verdadeira densidade.

Assim, foram calculados os NMP/100 mL para as amostras usando o método colilert (cartela) e comparado com os resultados obtidos com as microplacas. Tendo em vista que as amostras de águas devem conter 100 mL em relação às amostras originais, para análise das placas adotamos dois procedimentos: a) Placa A: calcular o NMP para cada uma das três placas, verificando a tabela de 96 poços sendo o resultado expresso como a média geométrica entre os três resultados obtidos. b) Placa B: somatório dos resultados das três placas e calcular o NMP para a soma (considerando o total de 288 poços). Foram calculadas as médias geométricas de cada sistema e realizado os testes de hipóteses não paramétrico de Wilcoxon para comparar os NMP entre o método colilert e as placas A e B. O nível de significância adotado foi de 5%.

## **4 Resultados alcançados frente aos objetivos propostos e discussão**

### **4.1 Avaliação da reação ONPG/MUG nos meios de cultivo e formulações**

Os resultados referentes a avaliação do crescimento tipo presença ausência de inóculo de coliformes, por meio da reação positiva para utilização de ONPG e MUG nos diversos meios estão apresentados na tabela 2.

Tabela 2 – Principais meios e formulações avaliadas com a adição de ONPG e MUG (0,50 e 0,05 mg/L) avaliados com 18 e 24 horas de incubação a 44,5 °C. (1) formulação do meio com presença de coloração amarelada no início do teste; (2) leitura dificultada com resultados variáveis dependendo das amostras. (+, ++, +++) reação fraca, média e forte respectivamente; (-) ausência de reação.

Meio / Formulação	18 horas		24 horas	
	ONPG	MUG	ONPG	MUG
1 - Colilert (Idexx):	+++	+++	+++	+++
2 - A1 ( Difco)	+	++	++	+++
3 - Caldo EC	+	++	++	+++
4 - Caldo lactosado	+	+	+	+++
5 - Caldo nutriente	+++ <sup>(1)</sup>	++	+++	+++
6 – Citrato de Koser	-	-	-	-
7 - Endo MF (Difco)	-/+ <sup>(2)</sup>	++	+++	++
8 - Lauril Triptose (LST)	+	++	+++	+++
9 - Lauril Triptose Sorbitol (LMX – ReadyCult) Merck	+++	++	+++	+++
10 - Formulação mínima (MM)	+++	+++	+++	+++

#### 4.2 Avaliação da reação ONPG/MUG e densidades de coliformes nos diversos meios e amostras de águas de diferentes procedências

As reações desenvolvidas nos diversos meios com inóculo padronizado, indicaram a viabilidade de crescimento de coliformes e *E. coli* nesses meios permitindo a sua comparação de desenvolvimento de cor e fluorescência baseados. Para a avaliação de um inóculo real, utilizaram-se amostras de águas de diversas procedências que foram transferidas para frascos contendo os diversos meios de cultivo, avaliando-se o desenvolvimento de reações de desenvolvimento de cor e fluorescência em cada frasco. Os resultados deste ensaio com amostras de águas estão consolidados na tabela 3.

Tabela 3 – Avaliação qualitativa da Presença (+) /Ausência (-) (PA) no desenvolvimento da reação de ONPG e MUG nos frascos contendo cada meio de cultivo e amostras de águas de diferentes procedências após incubação de 24 horas a 44,5 °C em frascos de 100 mL.

Meio de cultivo	Água torneira (1)		Água de poço (2)		Esgoto bruto diluído 1:100 (3)		Água de lagoa (4)		Água de mangue (5)	
	ONPG	MUG	ONPG	MUG	ONPG	MUG	ONPG	MUG	ONPG	MUG
1 - Colilert (Idexx):	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+
2 - A1 (Difco)	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-
3 - Caldo EC	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
4 - Caldo lactosado	-	-	-	-	-	+	-	-	+	+/-
5 - Caldo nutriente	+/-(*)	-	+	+/-	+	+	+	+	+	+
6 - Citrato Koser	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7 - Endo MF (Difco)	-	-	-	-	-	+	-	-	+	+/-
8 - Lauril triptose (LST)	-	-	-	+	-	+	-	-	+	+
9 - LST / (LMX Readycult)	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+
10 - Formulação mínima (MM)	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+

Tendo em vista o meio Colilert como referencial positivo e o meio Citrato Koser como referencial negativo, podemos inferir que os meios Caldo Nutriente, LMX e Formulação mínima apresentaram uma tendência de resposta positiva semelhante à formulação comercial Colilert. Este padrão de resposta encontra respaldo na literatura (ROMPRE et al., 2002) visto que o meio caldo nutriente já é muito utilizado para avaliar o crescimento de *E. coli* com adição em meio sólido (Agar nutriente) onde as colônias com atividade MUG+ podem ser visíveis sob luz UV. A formulação comercial LMX também tem apresentado uma resposta com padrão semelhante, visto tratar-se de uma formulação já amplamente utilizada no mercado e que apresenta o mesmo princípio de atuação do colilert. A formulação de meio mínimo (MM) apresentou uma resposta também similar ao padrão comercial colilert. O meio caldo nutriente apresentou uma tendência a geração de falsos-positivos, observados principalmente em amostras de águas tratadas (água tratada). Esta tendência provavelmente está associada com a composição e coloração do meio líquido, que já apresenta uma coloração amarelada mesmo em condição estéril, conforme já havia sido reportado nos resultados de avaliações dos meios constantes na tabela 4.

Para a avaliação quantitativa de coliformes e *E. coli* nos frascos adicionados com águas de diferentes procedências, procedeu-se a retirada de alíquotas de cada frasco e por meio de diluições apropriadas, foram transferidas para placas contendo meio Agar MacConkey, onde foram identificadas e contadas as unidades formadoras de colônias (UFC) referentes a coliformes totais. Tendo em vista que os resultados de cada frasco representam o crescimento total de coliformes, incluindo coliformes totais e *E. coli*, optou-se por utilizar a média geométrica dos resultados de ONPG e MUG para cada amostra de água analisada, mesmo porque o meio MacConkey não poderia gerar resultados confirmativos de *E. coli*. Após 24 horas de incubação a 44,5 °C e avaliação P/A, alíquotas de cada frasco foram transferidas para placas com meio MacConkey para avaliação e contagem de colônias. Os resultados quantitativos de avaliação de coliformes totais nos diversos frascos de crescimento podem ser visualizados na tabela 4.

Tabela 4 - Avaliação das densidades de coliformes totais (UFC/mL) em cada frasco de crescimento contendo 90 mL dos diversos meios de cultura na sua formulação líquida e 10 mL águas de diversas procedências, exceto na formulação (1) do meio comercial colilert, onde foram utilizados frascos com 90 mL de água esterilizada e 10 mL das amostras de águas. Médias geométricas com n=2. (ND = não detectado)

Meio / Formulação	Densidade populacional coliformes totais (UFC/mL)				
	Água torneira (1)	Água de poço (2)	Esgoto bruto diluído 1:10 (3)	Água de lagoa (4)	Água de mangue (5)
1 - Colilert (Idexx):	ND	$2,2 \times 10^5$	$6,8 \times 10^7$	$7,3 \times 10^6$	$6,5 \times 10^6$
2 - A1 (Difco)	ND	$3,3 \times 10^5$	$4,9 \times 10^7$	$4,6 \times 10^6$	$6,4 \times 10^7$
3 - Caldo EC	ND	$4,6 \times 10^7$	$5,0 \times 10^7$	$1,6 \times 10^7$	$4,1 \times 10^5$
4 - Caldo lactosado	ND	$3,8 \times 10^6$	$8,0 \times 10^7$	$3,0 \times 10^6$	$5,3 \times 10^6$
5 - Caldo nutriente	ND	$2,8 \times 10^5$	$5,0 \times 10^8$	$4,1 \times 10^6$	$5,4 \times 10^6$
6 - Citrato Koser	ND	ND	ND	ND	ND
7 - Endo MF (Difco)	ND	$6,5 \times 10^7$	$7,9 \times 10^8$	$7,3 \times 10^7$	$7,4 \times 10^7$
8 - Lauril Triptose (LST)	ND	$3,3 \times 10^7$	$3,4 \times 10^8$	$4,0 \times 10^6$	$6,3 \times 10^6$
9 - Lauril triptose sorbitol (LMX – ReadyCult-Merck)	ND	$5,6 \times 10^6$	$7,6 \times 10^7$	$3,8 \times 10^5$	$4,3 \times 10^6$
10 - Formulação mínima (MM)	ND	$1,1 \times 10^6$	$3,0 \times 10^7$	$6,1 \times 10^6$	$5,5 \times 10^6$

Pode-se observar um crescimento em todos os frascos contendo os meios de cultivo acrescentado com as amostras de águas, exceto para o caso do meio Citrato Koser. Neste caso, a ausência de crescimento era já prevista por ser um meio não apropriado para o crescimento de coliformes, funcionando assim, como um controle negativo do teste de crescimento em frascos. As densidades de coliformes variaram de  $10^5$  UFC/mL como no caso de amostras de água de poço até  $10^8$  UFC/mL. O crescimento observado apresentou uma tendência para valores uniformes tendo em vista as características dos meios visando o crescimento de coliformes totais, sem diferenciação para o tipo específico de *E. coli*. Assim, tanto o meio contendo ONPG ou MUG permitiam o crescimento de células de microorganismos coliformes indiscriminadamente, sendo o

processo de discriminação realizado por meio do substrato específico ONPG ou MUG. Desse modo, pode-se comprovar o efeito de crescimento generalizado para todos os tipos de microorganismos coliformes nos meios estudados. Considerando-se os diversos meios utilizados, os ensaios de avaliação quantitativa das densidades populacionais de coliformes em cada meio comprovou a uniformidade dos meios LMX e Meio Mínimo (MM) quando comparados com o meio colilert.

### **4.3 Comparação entre meios de cultivo, formulações e sistemas de detecção de coliformes totais e *Escherichia coli***

Após a constatação de que o meio mínimo (MM) apresentava boa correlação qualitativa e quantitativa com os meios colilert e LMX, foi realizado um ensaio de comparação do meio colilert com meio mínimo (MM), utilizando os sistemas colilert e de microplacas com diversas amostras de águas em várias diluições. Os resultados desse ensaio estão consolidados na tabela 5 expressos como médias geométricas de coliformes totais e *E. coli* em cada sistema considerado e a análise estatística do ensaio, realizado por meio do teste de Wilcoxon (pareado) apresentado na tabela 6.

Tabela 5 - Avaliação de coliformes totais e *Escherichia coli* em amostras de águas de diferentes procedências, utilizando meio colilert e meio mínimo (MM), considerando os sistemas sob análise (cartela, microplaca A e microplaca B). Valores expressos como média geométrica do NMP/100 mL avaliado adotando as tabelas de cada sistema (Colilert e Microplaca).

Amostra	Diluição	Meio Colilert			Meio Mínimo (MM)		
		Cartela Colilert	Microplaca A	Micro-placa B	Cartela Colilert	Microplaca A	Microplaca B
Coliformes Totais							
Esgoto bruto <sup>(1)</sup>	10 <sup>-5</sup>	2,41 x 10 <sup>6</sup>	2,45 x 10 <sup>6</sup>	2,68 x 10 <sup>6</sup>	6,36 x 10 <sup>6</sup>	7,30 x 10 <sup>6</sup>	7,86 x 10 <sup>6</sup>
Lagoa <sup>(2)</sup>	10 <sup>-3</sup>	3,05 x 10 <sup>4</sup>	2,30 x 10 <sup>4</sup>	3,10 x 10 <sup>4</sup>	3,20 x 10 <sup>4</sup>	3,8 x 10 <sup>4</sup>	3,9 x 10 <sup>4</sup>
Mangue <sup>(3)</sup>	10 <sup>-2</sup>	6,05 x 10 <sup>3</sup>	4,80 x 10 <sup>2</sup>	5,05 x 10 <sup>4</sup>	4,80 x 10 <sup>3</sup>	3,35 x 10 <sup>3</sup>	4,10 x 10 <sup>3</sup>
<i>Escherichia coli</i>							
Esgoto bruto <sup>(1)</sup>	10 <sup>-5</sup>	2,33 x 10 <sup>6</sup>	2,33 x 10 <sup>6</sup>	2,54 x 10 <sup>6</sup>	3,80 x 10 <sup>6</sup>	4,88 x 10 <sup>6</sup>	4,21 x 10 <sup>6</sup>
Lago <sup>(2)</sup>	10 <sup>-3</sup>	5,8 x 10 <sup>2</sup>	6,7 x 10 <sup>2</sup>	4,9 x 10 <sup>3</sup>	4,0 x 10 <sup>2</sup>	5,1 x 10 <sup>2</sup>	4,8 x 10 <sup>2</sup>
Mangue <sup>(3)</sup>	10 <sup>-2</sup>	2,3 x 10 <sup>1</sup>	4,0 x 10 <sup>1</sup>	4,4 x 10 <sup>1</sup>	5,8 x 10 <sup>1</sup>	5,1 x 10 <sup>1</sup>	2,3 x 10 <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Amostras de esgoto bruto da ETE-Ufes coleta como amostra composta (manhã n=6);

<sup>2</sup> Amostras de água de lagoa da Ufes coletada superficialmente (n=4);

<sup>3</sup> Amostras de água de mangue no campus da Ufes coletadas superficialmente (n=4).



Tabela 6 – Comparação dos meios de cultivo (meio colilert e meio mínimo – MM) e processos de leitura (cartela, microplacas) pelo teste de Wilcoxon pareado, utilizando os valores de NMP para coliformes totais e *Escherichia coli* (\*\*diferenças significativas)

Coliformes Totais					
Amostras/Diluição	Meios/Processos	Fatores de comparação	Teste valor	p-valor	n
Todas	Colilert	Cartela x Placa A	-0,16	0,87	23
		Cartela x placa B	-0,54	0,32	23
		Placa A x Placa B	-1,94**	0,01	23
Todas	MM	Cartela x Placa A	-1,26	0,21	23
		Cartela x placa B	-1,49	0,14	23
		Placa A x Placa B	-1,53	0,20	23
Todas	Cartela	Colilert x Meio M	-1,48	0,24	23
	Placa A	Colilert x MM	-1,08	0,28	23
	Placa B	Colilert x MM	-1,05	0,29	23
Escherichia coli					
Todas	Colilert	Cartela x Placa A	-0,16	0,88	23
		Cartela x placa B	-0,35	0,73	23
		Placa A x Placa B	-1,78	0,47	23
Todas	MM	Cartela x Placa A	-0,73	0,67	23
		Cartela x placa B	-0,73	0,67	23
		Placa A x Placa B	-1,60	0,41	23
Todas	Cartela	Colilert x MM	1,37	0,17	23
	Placa A	Colilert x MM	0,20	0,68	23
	Placa B	Colilert x MM	0,20	0,72	23

Os dados de avaliação comparativa do número mais provável (NMP)/100 mL das amostras, evidenciam uma maior densidade de coliformes e *E. coli* nas amostras de esgoto bruto conforme já anteriormente evidenciado pela presença de altas diluições da amostra, cujos valores ficaram em torno de 10<sup>6</sup> microorganismos /100 mL, expressando assim, os valores normalmente encontrados em amostras de esgoto doméstico tanto para coliformes totais quanto para *E. coli*. Os valores obtidos para amostras de mangue e lagoa situaram em torno de 10<sup>3</sup> a 10<sup>4</sup> coliformes totais/100mL e de 10<sup>2</sup> a 10<sup>1</sup> *E. coli*/ 100 mL respectivamente. Estes valores refletem o nível de contaminação da lagoa da Ufes e do mangue junto ao *campus* universitário, evidenciando processos de contaminação antrópica nesses ambientes. Comparando os meios de cultivo utilizados, não foi observado nenhuma diferença significativa entre o meio colilert e meio mínimo, evidenciando uma composição homogênea entre estes dois meios de cultivo com base na resposta ao crescimento de coliformes totais e *E. coli*. Comparando os sistemas de detecção, não foram observadas diferenças significativas nas comparações da utilização da cartela colilert e as microplacas. Entretanto, quando se utilizou o meio colilert no sistema de microplacas, foi verificada uma diferença significativa entre placa A e B para a detecção de coliformes totais apenas, o que pode ser explicado pela diferença de concepção deste sistema, já que foi desenhado para sua utilização com cartelas diferenciadas onde apresenta poços com diferentes tamanhos de poços e distribuição das amostras. Quando se utilizou o meio mínimo (MM) não foram observadas diferenças significativas entre o sistema de cartela e de microplacas tanto para detecção de coliformes totais quanto *E. coli*.

## 5 Conclusões

Tendo em vista o desenvolvimento de um sistema simplificado para detecção de coliformes e *E. coli* avaliado no presente trabalho, pode-se concluir que:

1. Os substratos definidos ONPG (ortonitrofenil galactopiranosídeo) e MUG (metilumbeliferil glucoronídeo) apresentaram desempenho diferenciado com a composição de meios de cultivo geralmente utilizados para avaliação de coliformes e *E. coli*.
2. A formulação de meio mínimo (MM) suplementada de antibióticos e fatores de crescimento específicos apresentou o mesmo padrão de resposta para diferentes amostras de águas quando comparado com formulações comerciais, especialmente em relação ao produto comercial denominado Colilert.

3. O sistema de detecção em microplacas de 96 ou 288 poços apresentou um desempenho semelhante ao produto comercial utilizando cartelas descartáveis de 96 poços podendo ser utilizado para diferentes amostras de águas. A principal vantagem deste sistema, além da formulação do meio, é a possibilidade de reuso das microplacas tornando desnecessária a utilização de cartelas descartáveis nos sistemas comerciais.
4. Foram construídas tabelas NMP específicas para utilização com o sistema de microplacas de 96 ou 288 poços para análise microbiológica quantitativa de coliformes totais e *E. coli* em amostras de águas.
5. Os custos do sistema de análise microbiológica de qualidade de águas é significativamente inferior aos sistemas comerciais analisados.

## 6 Recomendações e análise de custo

Considerando-se as diversas opções de meios de cultivo, a produção do meio de cultivo baseado na metodologia de substrato definido cromo-fluorogênico com meio mínimo (MM), pode representar uma redução significativa em relação às formulações comerciais, especialmente a formulação colilert mais utilizada. Os custos de produção do meio mínimo e o custo de análises de coliformes totais e *E. coli* podem ser visualizados na tabela 7. O custos de produção foram estimados com base em três componentes: a) Sais inorgânicos; b) substratos importados; c) custos administrativos e fiscais. Pode-se verificar que o componente de maior impacto financeiro na sua produção são os custos de material importado tais como ONPG e MUG perfazendo um total de aproximadamente 70% dos custos do total de produção, seguido de 24% referentes a investimentos em equipamentos, embalagens e outros custos administrativos mais impostos e taxas.

Comparando-se os custos de análise de amostras de águas entre as diversas alternativas com substrato definido cromo-fluorogênico conforme detalhado na tabela 8, verifica-se que o menor custo de análise é aquela realizada com a metodologia de presença/ausência (P/A). Nesta metodologia, as análises são realizadas em frascos contendo as amostras de águas onde se adiciona a dose do meio de cultivo com substrato definido. Neste caso a leitura é apenas qualitativa pelo desenvolvimento de cor amarela e/ou fluorescência a 366 nm. Esta metodologia é muito adequada para o monitoramento de águas tratadas para distribuição onde a legislação pertinente preconiza a ausência total de *E. coli*. Comparando a utilização do Meio Mínimo (MM) desenvolvido neste trabalho com a formulação comercial colilert, verifica-se uma diferença de aproximadamente 78% no custo de análises, o que pode significar uma redução substancial dos custos de

análises de águas, viabilizando esta metodologia para análises de águas em pequenas comunidades, principalmente em se tratando de análise tipo P/A.

Tabela 7 - Análise de custos de produção do meio mínimo (MM) para a detecção de coliformes totais e *E. coli* em amostras de águas, considerando a produção de 10 doses. (uma dose equivalente a utilização em 100 mL de amostra de água).

Componente	g (10 doses)	% total (massa)	custo R\$	unidade	R\$ (10 doses)
Sais inorgânicos					
Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	0,040	0,169	65,00	kg	0,0026
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	6,200	26,181	113,00	kg	0,7006
MgSO <sub>4</sub> 7H <sub>2</sub> O	0,205	0,866	52,00	kg	0,0107
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	0,900	3,801	88,00	kg	0,0792
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	5,000	21,114	36,00	kg	0,1800
NaCl	10,000	42,228	25,00	kg	0,2500
Total sais	22,345	94,359	379,00		1,2231
ONPG	0,300	1,267	55,00	g	16,5000
MUG	0,075	0,317	200,00	g	15,0000
Antibióticos	0,001	0,004	1.300,00	g	1,3000
Fatores de crescimento	0,960	4,053	340,00	kg	0,1656
Total importado	1,336	5,641	1.895,00		32,9656
Total 10 doses	23,681	100,000			<b>34,19</b>
Investimento/embalagens/ microplacas/depreciação (*)					0,793
Mão-de-obra e obrigações trabalhistas (**)					1,0257
Impostos e taxas (***)					11,2823
Total produção					<b>47,30</b>

(\*) Equipamentos, embalagens e microplacas com fator anual de 0,0232 calculados na escala de produção média de 105 doses anuais.

(\*\*) Contratação de dois técnicos de nível médio.

(\*\*\*) Considerando um valor médio de 33%.

Tabela 8 – Custo de análises de amostras de águas com três opções: presença/ausência (P/A), Meio Mínimo (MM) e Meio comercial Colilert considerando as diversas variáveis de análise mais utilizadas.

Análise	Custo (R\$/ Dose)	Diluições avaliadas	Cartelas	Custo final (R\$)
Presença /Ausência (P/A) MM	4,73	-	-	4,65
Meio Mínimo (MM)	4,73	3	-	13,95
Meio Colilert	11,00	3	3	54,00 (1)

(1) Considerando-se os custos do meio mais a cartela colilert comercial.

Recomenda-se, assim, a utilização do meio mínimo (MM) para a avaliação de qualidade microbiológica de águas, visando a determinação qualitativa ou quantitativa dos bioindicadores coliformes totais e *E. coli*. Esta recomendação se baseia principalmente no baixo custo de análise e a facilidade operacional do sistema desenvolvido, podendo viabilizar a adoção desta metodologia em ETA e ETE atendendo pequenas e médias comunidades. Recomenda-se também, a adoção de cursos e outros sistemas de treinamento visando a disseminação desta tecnologia no âmbito das ações de saneamento e saúde coletiva.

## 7 Referências bibliográficas

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standards Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 19. ed. Washington: APHA,1995.
- COCHRAN, W. G. Estimation of bacterial densities by means of the “Most Probable Number”. **Biometrics**, v. 6, p. 105-116, 1950.
- EDBERG, S. C.; ALLEN, M. J.; SMITH, D. B. Defined substrate technology method for rapid and specific simultaneous enumeration of total coliforms and *Escherichia coli* from water: collaborative study. **J. Assoc. Off. Analy. Chem.**, v. 74, p. 526-529, 1991.
- FENG, P. C. S.; HARTMAN, P. A. Fluorogenic assays for immediate confirmation of *Escherichia coli*. **Appl. Environ. Microbiol.**, v. 43, p.1320-1329, 1982.
- KOSER, S. A. Utilization of the salts of organic acids by the colon aerogenes group. **J. Bacteriol**, v. 8, p. 493–520, 1923.

MANAFI, M.; ROSMAN. Evaluation of Readycult® Presence/Absence test for the detection of total coliforms and *E.coli* in water. In: AMERICAN SOCIETY OF MICROBIOLOGY, 98., 1998, Atlanta, USA. **Proceedings...** Atlanta, 1998.

McCARTY, J. A.; DELANEY, J. E.; GRASSO, R. J. Measuring coliforms in water. **Water Sewage Works**, v. 108, p. 238-243, 1961.

McCARTHY, J. A.; THOMAS, H. A.; DELANEY, J. E. Evaluation of reliability of coliform density tests. **Am. J. Publ. Hlth.**, v. 48, p. 12, 1958.

ROMPRE, A.; SERVAIS, P.; BAUDART, J.; de-ROUBIN, M.; LAURENT, P. Detection and enumeration of coliforms in drinking water: current methods and emerging approaches. **Journal of Microbiological Methods**, v. 49, n. 1, p. 31-54, 2002.

SCHINDLER, P. R. G. MUG-Laurylsulfat-Bouillon - ein optimales nachweismedium für gesamtcoliforme und fäkalcoliforme bakterien im rahmen der hygienischen überprüfung von Badegewässer gemäß der EG-Richtlinie 76/160 EWG. **Zbl. Hyg.**, v. 191, p. 438-444, 1991.

# Avaliação do rendimento, qualidade da água produzida e custos de dessalinizadores instalados no município de Poço Redondo-SE

Participantes: Mario Takayuki Kato (Coordenador), Lourdinha Florencio, Sávia Gavazza dos Santos, Giovanni de Melo Perazzo.

Proponente: Fundação de Apoio ao Desenvolvimento da Universidade Federal de Pernambuco (Fadep)

Executora: Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

## Resumo

Este trabalho apresenta os resultados obtidos sobre a qualidade de água, o rendimento e custos de cinco poços de extração de água, com dessalinizador, localizados no semi-árido nordestino. Também foi avaliada a qualidade do solo que recebia o rejeito dos dessalinizadores tendo sido comparada com amostras de solo coletadas a jusante da aplicação do rejeito. As unidades de dessalinização avaliadas localizam-se nas comunidades de Areias (município de Poço Redondo/ SE), Aroeira (Santa Brígida/ BA), Minuim (Santa Brígida/BA), Icozeira (Abaré/BA) e Barra do Silva (Carnaubeira da Penha/PE). Antes da consecução dessas atividades, foram feitos levantamentos sobre a situação em que se encontravam os poços com e sem dessalinizador em Poço Redondo/SE, além de todas as unidades de dessalinização instaladas na área atuação do Instituto Xingó (IX). Verificou-se que os poços sem dessalinizador em Poço Redondo/SE encontravam-se abandonados. Também constatou-se que a maioria dos poços com dessalinizador, localizados na área de Xingó, não estava produzindo água dessalinizada, devido à ausência de manutenção. De acordo com os resultados, a água bruta dos poços monitorados não atendem ao padrão de potabilidade (Portaria nº 518/2004 do MS), enquanto que o permeado, produzido pelo processo de dessalinização, nem sempre atendeu a esses padrões. Embora na maioria das amostras coletadas na água do permeado não tenha sido constatada a presença de coliformes termotolerantes, recomenda-se a sua desinfecção antes de ser consumida. O dessalinizador que apresentou maior rendimento foi o de Minuim/SE, chegando a

um rendimento máximo, em torno de 64%. Este trabalho também apresenta resultados do monitoramento da qualidade de água de oito barreiros e 20 cisternas, situadas em Poço Redondo. Constatou-se que a água armazenada nestas pequenas obras hídricas não atendia completamente ao padrão de potabilidade para consumo humano. Isso se deve ao fato de os barreiros serem utilizados também para outros fins (banho, lavagem de roupa, dessedentação animal) e ao inadequado manejo da água das cisternas.

**Palavras-chave:** Qualidade da água, semi-árido, dessalinizadores, barreiros, cisternas.



## Abstract

In this report, the results obtained concerning water quality, efficiency and costs of 5 (five) wells with desalinators are presented. These units are located in the semi-arid zone. Samples of soil were also collected in the disposal site and downstream site. Those desalting units are located in Areias (municipality of Poço Redondo), Aroeira (municipality of Santa Brígida), Minuim (municipality of Santa Brígida), Icozeira (municipality of Abaré), and Barra do Silva (municipality of Carnaubeira da Penha). Before accomplishing these activities, surveys were made on the situation of wells located in Poço Redondo, and on desalting units situated in the Xingó Institute area. It was found that most of the wells in Poço Redondo were abandoned. It was also found that most of the wells with desalinators were not producing desalting water, because of the lack of adequate maintenance. A review on desalting alternative technologies is also shown. According to the results obtained, the raw water from wells monitored does not meet the potable water standards (resolution 518/04 – Ministerial of Health). Permeate produced in those desalting units sometimes meet the potable water standards. It is recommended the disinfection of the permeate before using for consumption, although the presence of the thermotolerant coliforms usually has not been detected. The Minuim desalinator showed the best efficiency of all 5 (five) monitored. It reached efficiency of 64%. The results of water quality monitoring of 8 (eight) water traps, and 20 cisterns located in Poço Redondo are also presented. The water traps have been used for bathing, washing clothes, animal and human consumption. It was also found the inadequacy of the water management stored in the cisterns assessed. Due to these reasons, the water stored in these small sized water works does not comply entirely with the potable water standards.

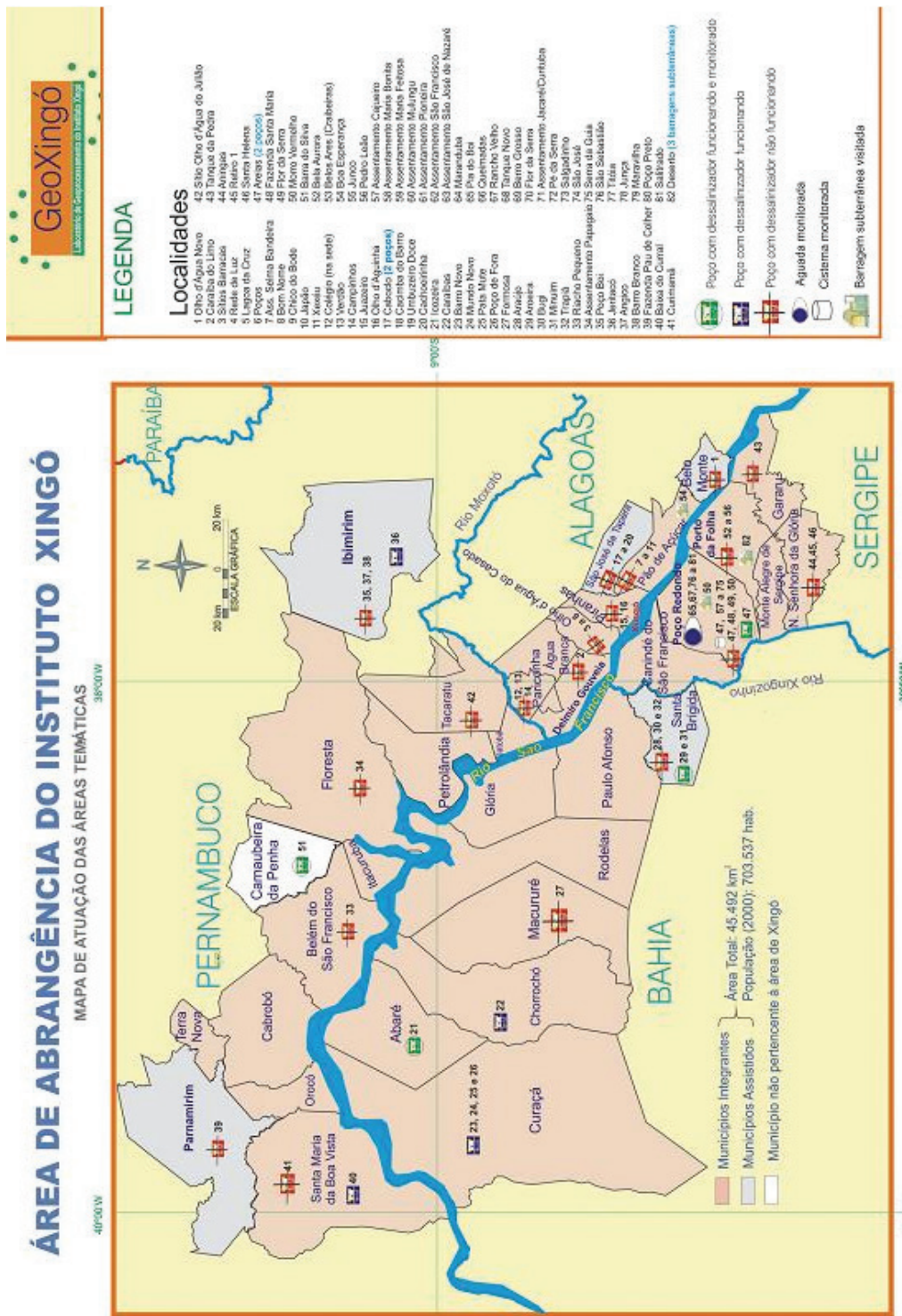
**Keywords:** water quality, semi-arid, desalinator, water traps, cisterns



## 1 Introdução

No semi-árido nordestino tem sido observado um crescente uso de dessalinizadores, equipamentos que se destinam à dessalinização de água salobra, imprópria para consumo humano, utilizando o processo de osmose reversa ou inversa. Também tem sido constatada a construção de cisternas e outras pequenas obras de captação de água, voltadas para o consumo humano e para outros fins. O Instituto Científico e Tecnológico de Xingó (Instituto Xingó), com sede no município de Canindé do São Francisco/SE, tem como objetivo promover o desenvolvimento do semi-árido nordestino, pela produção científica, aplicação e difusão tecnológica. Sua área de atuação compreende 29 municípios integrantes e cinco assistidos, todos inseridos no “Polígono das Secas”, e situados nos estados de Alagoas, Bahia, Pernambuco e Sergipe. Na corrente pesquisa foram realizados estudos concernentes à qualidade de água e rendimento de quatro dessalinizadores, situados na área onde o Instituto Xingó desenvolve suas atividades e também no dessalinizador localizado no município de Carnaubeira da Penha/PE. Além disso, foram feitos levantamentos sobre pequenas obras hídricas (barreiros, cisternas, barragens subterrâneas) que captam e armazenam água, em Poço Redondo/SE, sendo determinados parâmetros de qualidade da água armazenada em oito barreiros e 20 cisternas, todos localizados em Poço Redondo/SE. Na figura 1, consta a localização dos barreiros, das cisternas e dos poços com dessalinizador, que tiveram a qualidade de água monitorada. Além disso, na figura 1, é mostrada também as barragens subterrâneas visitadas e a situação dos dessalinizadores que existem na área de atuação do Instituto Xingó.

Figura 1 – Localização dos poços com dessalinização, das aguadas e das cisternas monitoradas e das barragens subterrâneas visitadas.



## 2 Objetivos

O objetivo geral do projeto foi avaliar o rendimento, a qualidade da água produzida e os custos de dessalinizadores instalados no município de Poço Redondo/SE.

As atividades que foram desenvolvidas no período de fevereiro de 2005 a setembro de 2006 visaram alcançar os seguintes objetivos específicos:

- identificação dos poços de abastecimento de água existentes no município de Poço Redondo/SE;
- identificação dos poços que possuem dessalinizadores de água em Poço Redondo, SE e na área de Xingó, visando a escolha de poços para o monitoramento e sua qualidade de água;
- determinação do rendimento dos dessalinizadores monitorados;
- obtenção de custos para aquisição/implantação, operação e de manutenção de dessalinizadores.
- avaliação dos impactos ambientais decorrentes da disposição de rejeitos, oriundos do processo de dessalinização.
- identificação e validação de tecnologias de captação e armazenamento de água na área de Xingó.

## 3 Metodologia

Para atingir os objetivos propostos, a metodologia foi dividida em atividades, descritas a seguir:

### 3.1 Levantamento dos poços de água existentes em Poço Redondo/SE

Para identificação dos poços com cadastro para funcionamento, foram consultadas a prefeitura do município de Poço Redondo e a Deagro (Empresa de Desenvolvimento Agropecuário de Sergipe). Destacaram-se, também, as informações obtidas em Bomfim et al. (2002) sobre o projeto Cadastro da Infraestrutura Hídrica do Nordeste: estado de

Sergipe, realizado pelo CPRM (Serviço Geológico do Brasil). Posteriormente, foram efetuadas visitas a todos os poços de água cadastrados.

### **3.2 Identificação dos poços que possuíam dessalinizador e escolha para monitoramento da qualidade de água daqueles que estivessem produzindo água dessalinizada**

A fim de atingir-se esta meta, foram consultados vários órgãos oficiais nos 29 municípios integrantes e nos cinco municípios assistidos pelo Instituto Xingó, além do município de Carnaubeira da Penha/PE (não integrante da área, onde o Instituto Xingó exerce suas atividades). Alguns dos poços dotados de dessalinizador, foram visitados. Em seguida, procedeu-se à escolha de cinco dessalinizadores, onde foi realizado o monitoramento da qualidade da água produzida, do permeado e do rejeito produzido pelo processo. Nesta escolha, foram levados em consideração questões relacionadas com a distância, acessibilidade e adequação ao roteiro e às atividades do projeto.

### **3.3 Levantamento de custos para a aquisição, implantação, operação e manutenção de dessalinizadores**

Para obtenção dos valores relacionados com aquisição, implantação, operação e manutenção de dessalinizadores, foram solicitados orçamentos a empresas especializadas no ramo. Adicionalmente, foi solicitado às prefeituras responsáveis pelas cinco unidades de dessalinização, onde foi efetuado o monitoramento da qualidade de água, informações acerca de despesas com pessoal e energia elétrica, despendidas no processo de dessalinização.

### **3.4 Levantamento de custos referentes à perfuração dos poços com dessalinizadores e equipamentos**

No levantamento de custos referentes à perfuração de poços com dessalinizador em substrato cristalino (condição geológica dos cinco dessalinizadores monitorados), solicitou-se orçamento às empresas especializadas neste segmento.

### 3.5 Monitoramento da qualidade de água produzida pelos dessalinizadores

Na tabela 1, consta a localização e o período de monitoramento da qualidade da água (água bruta, permeado e rejeito) dos cinco poços com dessalinizador estudados. Os parâmetros de monitoramento, o local de sua determinação e método empregado, são apresentados na tabela 2. Todas as análises foram realizadas em conformidade com o *Standard Methods* (1998).

Tabela 1 – Localização e período de monitoramento da qualidade da água dos cinco poços com dessalinizador investigados.

Localidade do poço com dessalinizador monitorado	Município	Estado	Período de monitoramento
Areias	Poço Redondo	Sergipe	Julho a setembro de 2005 (semanalmente) Outubro e novembro de 2005 (mensalmente) Janeiro a abril de 2006 (mensalmente)
Aroeira	Santa Brígida	Bahia	Janeiro a junho de 2006 (quinzenalmente)
Minuim	Santa Brígida	Bahia	Janeiro a junho de 2006 (quinzenalmente)
Icozeira	Abaré	Bahia	Fevereiro a junho de 2006 (quinzenalmente)
Barra do Silva	Carnaubeira da Penha	Pernambuco	Fevereiro a maio de 2006 (quinzenalmente)

Tabela 2 – Parâmetros de qualidade determinados na água coletada nos cinco poços com dessalinizador monitorados, com o local de sua determinação e método utilizado.

Parâmetro	Local de determinação	Método
Alcalinidade	Laboratório do Instituto Xingó	Potenciométrico
Cloretos	Laboratório do Instituto Xingó	Titulométrico
Coliformes (totais e termotolerantes)	Laboratório do Instituto Xingó	Tubos múltiplos
Condutividade elétrica	Campo	Condutivímetro
Cor aparente	Campo	Colorímetro
Dureza (total e cálcica)	Laboratório do Instituto Xingó	Titulométrico
pH	Campo	Potenciométrico
Sólidos totais dissolvidos (STD)	Campo	Condutivímetro
Temperatura	Campo	Leitura direta
Turbidez	Laboratório do Instituto Xingó	Nefelométrico

### 3.6 Avaliação do rendimento dos dessalinizadores que se encontram em operação em relação à quantidade de água dessalinizada produzida e em relação à eficiência de remoção de salinidade

Foi determinada a vazão do permeado produzido e do rejeito gerado no processo de dessalinização, utilizando-se um balde graduado até 11 L e um cronômetro, onde foram efetuadas 30 leituras, pois os rotâmetros (indicadores de vazão dos equipamentos dessalinizadores) apresentavam-se defeituosos e/ou o visor da leitura e, em virtude das condições, não permitia a visualização.

Na determinação da eficiência de remoção de salinidade, foram determinados com o condutivímetro, a condutividade elétrica e o STD da água bruta (alimentação), permeado e do rejeito.



### 3.7 Identificação e validação de tecnologias de captação e armazenamento de água na área de Xingó

Esta etapa abrangeu o monitoramento da qualidade de água de aguadas (barreiros) e cisternas no município de Poço Redondo, que são formas muito utilizadas para a captação e armazenamento de água no semi-árido brasileiro.

Como o número de aguadas existentes no município de Poço Redondo era bastante elevado, da ordem de centenas, foram monitoradas apenas oito aguadas construídas pela Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (Codelvasf), pois havia um cadastro com a localização e algumas informações sobre elas, facilitando o desenvolvimento do trabalho. Na tabela 3, são mostrados a localização das aguadas e o período de monitoramento da qualidade de água destas. Os parâmetros e a metodologia utilizada foram os mesmos empregados no monitoramento da qualidade de água de poços com dessalinizador, vistos no item 3.5.

Tabela 3 – Localidade e período de monitoramento da qualidade da água de oito aguadas, localizadas em Poço Redondo/SE, com frequência mensal de amostragem.

Localidade	Período de monitoramento
Pia do Boi	
Rancho Velho	11 meses (julho a novembro de 2005 e janeiro a junho de 2006)
São Sebastião	
Titóia	3 meses (julho a setembro de 2005)
Junca	
Maravilha	
Poço Preto	2 meses (julho e agosto de 2005)
Salitrado	

As cisternas utilizadas no presente trabalho foram escolhidas aleatoriamente, obedecendo apenas o critério de estar localizada em Poço Redondo/SE, município onde atua o Instituto Xingó, em distância conveniente para os trabalhos de campo e coleta de amostras de água. Foram coletadas amostras de água de 20 cisternas, com frequência mensal e períodos distintos de duração do monitoramento. Os parâmetros de qualidade de água e metodologia para a sua determinação foi a mesma descrita no item 3.5. Vale observar que, a concentração de ferro nas amostras coletadas em novembro de 2005 foi determinada, pelo emprego do fotômetro de chamas. Além destes parâmetros foram determinados os metais alumínio, cobre, manganês e zinco, utilizando o espectrofotômetro de emissão atômica em plasma indutivamente acoplado (ICP), além de ferro, sódio e potássio, pelo emprego do fotômetro de chamas. As localidades, cujas cisternas foram monitoradas, e a duração das atividades de monitoramento são vistas na tabela 4.

Tabela 4 – Localidade, com o número de residentes, e período de monitoramento da qualidade da água de 20 cisternas, localizadas em Poço Redondo/SE, com frequência mensal de amostragem.

Nº da cisterna	Localidade	Número de pessoas residentes	Período de monitoramento
1	Areias	4	11 meses (julho a novembro de 2005 e janeiro a junho de 2006)
2	Assentamento Cajueiro	7	
3	Assentamento Maria Bonita	7	
4	Assentamento Maria Feitosa	7	
5	Assentamento Mulungu	3	
6	Assentamento Pioneira	4	
7	Assentamento São Francisco	1	
8	Assentamento São José de Nazaré	6	
9	Maranduba	10	
10	Pia do Boi	3	
11	Queimadas	4	
12	Rancho Velho	5	

Nº da cisterna	Localidade	Número de pessoas residentes	Período de monitoramento
13	Tanque Novo	4	10 meses (agosto a novembro de 2005 e janeiro a junho de 2006)
14	Berro Grosso	5	
15	Flor da Serra	5	
16	Jacaré/Curituba	6	
17	Pé da Serra	9	2 meses (julho a agosto de 2005)
18	Salgadinho	5	
19	São José	4	
20	Serra da Guia	7	

## 4 Resultados alcançados frente aos objetivos propostos e discussão

### 4.1 Levantamento dos poços de água existentes em Poço Redondo/SE

No município de Poço Redondo pode-se distinguir dois domínios hidrogeológicos: o Cristalino e o Metasedimentos/Metavulcanitos, sendo que o primeiro ocupa cerca de 80% do território municipal. Estes dois domínios têm comportamento de aquífero fissural. Dentro deste contexto, geralmente, as vazões produzidas por poços são pequenas e a água é, na maior parte das vezes, salinizada. Essas condições definem um potencial hidrogeológico baixo para as rochas cristalinas sem, entretanto, diminuir sua importância como alternativa de abastecimento nos casos de pequenas comunidades, ou como reserva estratégica, em períodos prolongados de estiagem.

No levantamento realizado 32 poços de água estavam cadastrados pela CPRM, sendo todos do tipo poço tubular e localizados sobre o aquífero do tipo fissural. A equipe do LSA (Laboratório de Saneamento Ambiental) da UFPE visitou cada um dos poços e os registros da situação da captação indicaram, nas datas da coleta da informação no campo, 4 (quatro) situações diferenciadas: (i) poços em operação – 6,25%; (II) os paralisados – 28,12 %; (iii) os que não foram instalados – 21,87 % e (iv) os abandonados – 43,75%.

Os usos pretendidos das águas dos poços iam desde abastecimento humano a dessedentação de animais e todos apresentaram água salgada, de acordo com a CPRM. Por este motivo, quase a metade deles estavam abandonados ou não tiveram os equipamentos instalados. Boa parcela (28,12%) estavam paralisados em função de falta de manutenção e apenas dois se encontravam em operação, cuja água era submetida a processo de dessalinização para consumo.

Outro cadastro de poços foi obtido junto à Secretaria de Agricultura e Desenvolvimento Sustentável da prefeitura Municipal de Poço Redondo, onde constava a perfuração de mais 14 poços. Destes, todos estavam fora de operação em virtude de falta de manutenção, principalmente de peças de reposição.

Do total de poços visitados dois estavam em operação e cinco possuíam dessalinizador. No entanto, apenas o poço Areias 1, estava funcionando com dessalinizador. O outro poço em operação, sem dessalinizador, apresentou condutividade elétrica = 3200  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , STD = 4869 mg/L, pH = 8,8 e temperatura = 31,0°C, o que indica qualidade imprópria para consumo humano, devido ao elevado teor de sais, pois o STD é superior a 1000 mg/L (Portaria nº 518/2004 do MS).

## **4.2 Identificação dos poços que possuem dessalinizador e escolha para monitoramento da qualidade de água daqueles que estejam produzindo água dessalinizada**

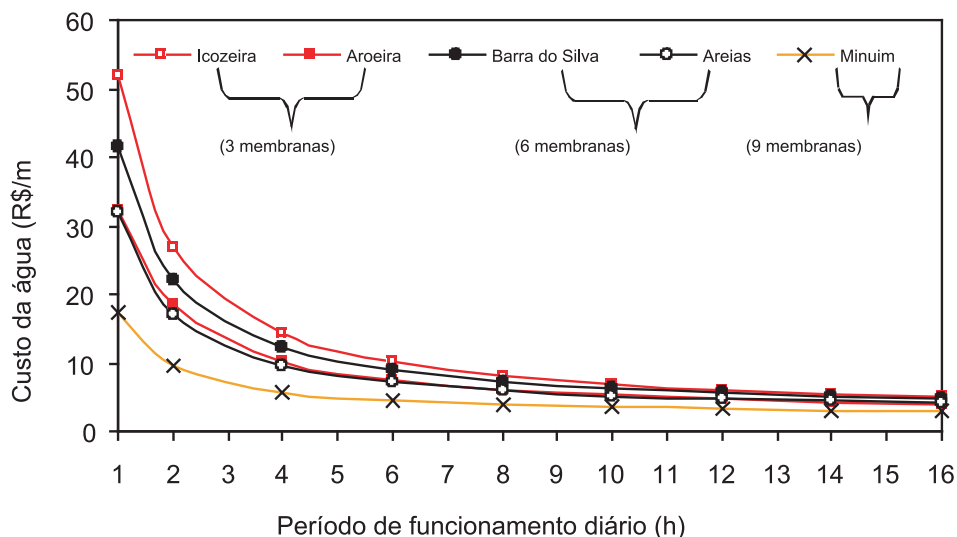
Em virtude de haver apenas um poço com dessalinizador em operação em Poço Redondo/SE, os demais municípios pertencentes ou assistidos pelo Instituto Xingó foram visitados. Foram levantados 68 poços com dessalinizador, sendo que destes apenas 11 se encontravam em operação. A grande maioria não se encontrava produzindo água dessalinizada. A principal causa dessa situação, pelo que foi levantado, era a ausência de manutenção adequada dos equipamentos, cujas peças e acessórios, muitas vezes, têm alto custo. Desta forma, foram selecionados 3 (três) dessalinizadores nas localidades de Aroeira e Minuim (Santa Brígida/BA) e Icozeira (Abaré/BA). Adicionalmente, optou-se por um poço com dessalinizador na comunidade de Barra do Silva, no município de Carnaubeira da Penha/PE, além do poço de Areias 1 (daqui por diante com a simples denominação de Areias) que tiveram a qualidade da água monitorada.

### 4.3 Levantamento de custos para a aquisição, implantação, operação e manutenção de dessalinizadores

No cálculo do custo de água fornecida pelo dessalinizador foi necessário dividir o custo mensal de cada tipo de equipamento pelo volume que ele produz em um mês.

Na figura 2, são apresentados os custos mensais, estimados por metro cúbico da água produzida nos cinco dessalinizadores, por casas beneficiadas, em função do número de horas em funcionamento dos equipamentos.

Figura 2 – Custo da água produzida nos dessalinizadores por metro cúbico, em função do período de funcionamento dessas unidades em horas por dia durante 10 anos de vida útil.



Observa-se que o custo por metro cúbico da água produzida reduz-se, à medida que se aumenta o número de horas em funcionamento dos dessalinizadores, sendo que estes valores tendem a se aproximar à medida que cresce o número de horas. O dessalinizador de Minuim é o que possui o maior número de membranas, sendo o que apresenta o menor custo por metro cúbico de água produzida. No entanto, o custo por metro cúbico de água produzida nem sempre é inversamente proporcional ao número de membranas, pois nem sempre o de maior número de membranas possui uma maior vazão. Isto é o caso do custo por metro cúbico do dessalinizador de Barra

do Silva, que embora tenha seis membranas e os de Icozeira e Aroeira tenham apenas três membranas, é superior a estes dois.

Os menores valores observados são os de Minuim, que atende a um maior número de casas (em média 125). O que apresenta o maior custo por metro por casa beneficiada é o dessalinizador de Areias, que atende apenas uma média de três casas.

Cabe ressaltar que o objetivo dos cálculos apresentados foi o de fornecer um valor estimado do custo da água produzido por dessalinizador. Os diversos custos envolvidos variam, em função de diversos fatores, tais como a localidade, o fabricante dos equipamentos, da utilização dos dessalinizadores, qualidade da água, etc.

O custo médio de um caminhão-pipa, com capacidade para armazenar 7 m<sup>3</sup>, na região, é de R\$70,00, ou seja, o metro cúbico custa R\$10,00. Conforme foi visto antes, o custo estimado por metro cúbico de água produzido no dessalinizador de Icozeira é inferior a R\$10,00, quando o equipamento opera durante oito horas ou mais diariamente, enquanto que nos dessalinizadores de Aroeira, Barra do Silva, Areia e Minuim, o custo por metro é inferior a R\$10,00, quando estes equipamentos operam no mínimo durante, respectivamente, seis, seis, quatro e duas horas. Vale observar também que, de um modo geral, a qualidade de água produzida nos dessalinizadores é boa, conforme é visto mais adiante neste relatório no item 4.5 (monitoramento da qualidade de água produzida pelos dessalinizadores), embora seja recomendada a sua desinfecção antes de ser consumida. A água transportada dos carros-pipa é, provavelmente, de qualidade duvidosa.

Para comparação desse custo com o de cisternas, o volume de água de chuva que pode escoar no telhado é dado pela seguinte equação:

$V$  = volume de água captado.

$P$  = precipitação média da região considerada (mm).

$S$  = área do telhado (m<sup>2</sup>).

$C_e$  = coeficiente de escoamento superficial. Esse índice é influenciado pelo tipo de material no telhado da casa.

Considerando a precipitação média anual na área em estudo, como sendo de 600 mm ( $P = 600 \text{ mm} = 0,6 \text{ m}$ ), a área superficial do telhado como sendo de 35 m<sup>2</sup> ( $S = 35 \text{ m}^2$ ) e  $C_e = 0,75$  (material do telhado em telha cerâmica), obtém-se na Eq. 1 um volume  $V$  igual a 15,75 m<sup>3</sup>.

Cisternas de placas de cimento têm sido construídas na região. Segundo levantamentos, em Poço Redondo, o custo unitário de cisternas com capacidade de armazenamento de 16 m<sup>3</sup>, construídas em 2005, é de cerca de R\$1.060,00. Considerando

10 anos de vida útil para uma cisterna, o custo anual incorrido pode ser estimado em R\$106,00 (R\$1.060,00 em 10 anos). Assumindo-se um armazenamento de 16 m<sup>3</sup> por ano, o custo do m<sup>3</sup> da água ficaria em torno de R\$6,63.

Vale observar que, na estimativa dos custos com a cisterna, não foram considerados os custos de manutenção, como a quebra de telhas, vazamentos na cisterna, etc.

Em decorrência dos elevados custos de manutenção dos dessalinizadores, a comunidade de Minuim optou por cobrar dos moradores o pagamento de R\$0,20/balde de 20 L de água dessalinizada. Os recursos obtidos neste procedimento são utilizados na manutenção do dessalinizador e nas despesas em geral. Além disso, as residências que são supridas pela água bruta do poço, pagam R\$1,00 mensalmente.

#### **4.4 Levantamento de custos referentes à perfuração dos poços com dessalinizadores e equipamentos**

No levantamento de custos referentes à perfuração de poços com dessalinizador em substrato cristalino, obteve-se junto a empresas da região o custo médio de R\$12.000,00 para perfuração do poço.

#### **4.5 Monitoramento da qualidade de água produzida pelos dessalinizadores**

Apresenta-se neste item, os resultados do monitoramento de cinco dessalinizadores quanto às características e os parâmetros de qualidade de água.

##### **4.5.1 Poço com dessalinizador de Areias**

O dessalinizador de Areias foi instalado em 1998. Até novembro de 2005, em Areias era produzido na época seca cerca 15 m<sup>3</sup>/semana de água dessalinizada, atendendo a 30 famílias e no inverno era produzido um terço dessa quantidade, atendendo a 10 famílias. Após novembro daquele ano, algumas casas em Areias foram contempladas com água encanada. Com isso a produção ficou entre 2,5 e 5 m<sup>3</sup>/ mês, atendendo a uma população que variava entre duas e quatro famílias. O operador efetua limpeza das membranas sem periodicidade definida, passando às vezes mais de dois meses sem realizá-la. O abastecimento aos moradores é feito com baldes na torneira

de água dessalinizada, próxima do abrigo do dessalinizador e do reservatório de água dessalinizada de 5 m<sup>3</sup>, pode ser visualizado na figura 3.

Figura 3 – Dessalinizador de Areias: (a) vista do dessalinizador (b) Moradores coletando água dessalinizada em baldes



O período de monitoramento no dessalinizador de Areias foi de julho de 2005 a abril de 2006.

Os resultados dos parâmetros físico-químicos da água bruta (alimentação) do poço, permeado e rejeito, indicaram que a temperatura das três águas analisadas ficou na faixa entre 23 e 34 °C. O pH da água bruta variou entre ácido e alcalino e se manteve na faixa de pH recomendada, para consumo humano, que é de 6,0 a 9,5 (Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde - MS). A cor aparente, tanto da água bruta, como do rejeito, apresentaram-se sempre elevadas (> 100 uH), o que pode indicar a ocorrência de lixiviação. De forma inversa, a cor aparente da água bruta e rejeito dos outros quatro dessalinizadores monitorados, sempre foi 0 uH. A cor da água a ser consumida (permeado), também, foi sempre 0 uH.

A turbidez da água bruta do poço de Areias sempre foi elevada (mínimo de 82 uT e máximo de 278 uT), enquanto que a do permeado e a do rejeito apresentaram valores baixos. Possivelmente, isso se deve em parte, ao fato de que, com o bombeamento, a água bruta é conduzida para um reservatório de 5 m<sup>3</sup>, onde ocorre uma sedimentação, para depois seguir para o dessalinizador.



Apesar de apresentar valores elevados de cor aparente e turbidez o rendimento desse dessalinizador não foi prejudicado, estando em torno de 50%, como será visto mais adiante.

Segundo Franca et al. (2006), a alcalinidade de águas subterrâneas, em geral, situa-se entre 100 e 300 mg CaCO<sub>3</sub>/L e, somente em casos excepcionais, pode atingir 1.000 mg CaCO<sub>3</sub>/L. A alcalinidade do permeado obtido, através do dessalinizador de Areias apresentou-se sempre baixa, com valor máximo de 16 mg CaCO<sub>3</sub>/L. Entretanto a água de alimentação e do rejeito apresentaram oscilações no valor da alcalinidade (mínimo de 20 e máximo de 240 mg CaCO<sub>3</sub>/L na água bruta e mínimo de 26 e máximo de 469 mg CaCO<sub>3</sub>/L no rejeito).

A condutividade elétrica da água bruta chegou a 11.000 µS/cm, que é um valor elevado, sendo típico de subsolo cristalino. A água do permeado apresentou, geralmente, baixas condutividades elétricas, porém, chegou a 1143 µS/cm. Quanto ao STD do permeado, este variou entre 295-1687 mg/L, ou seja, algumas vezes ultrapassou o valor máximo estabelecido para consumo humano pela portaria nº 518/2004 do MS, que é de 1.000 mg/L. A água bruta sempre ultrapassou esse valor de STD.

Esta portaria estabelece que para consumo humano, a concentração de cloreto não deve ultrapassar a 250 mg Cl/L. A água do permeado das duas últimas coletas (março e abril de 2006), apresentou uma concentração de cloreto superior a 250 mg Cl/L, talvez tenha se constituído num indício de que o equipamento não vinha apresentando um desempenho satisfatório.

Segundo Franca et al. (2006), os valores de dureza das águas subterrâneas, em geral, variam entre 10 e 300 mg CaCO<sub>3</sub>/L, podendo atingir 1.000 mg CaCO<sub>3</sub>/L e, em casos excepcionais 2.000 mg CaCO<sub>3</sub>/L. De acordo com os resultados, a água bruta e do rejeito são classificadas como muito duras. A água do permeado, no que diz respeito ao valor máximo de 500 mg/L para dureza total, para consumo humano, recomendado pela portaria referida anteriormente, sempre apresentou valores abaixo dessa recomendação. Das 18 coletas realizadas, a água do permeado somente em seis ocasiões apresentou um valor de dureza cálcica superior ao da dureza magnésiana, ou seja, uma dureza cálcica com valor superior a 50% do valor da dureza total. A água do rejeito sempre apresentou dureza cálcica inferior à dureza magnésiana.

Em relação aos exames bacteriológicos das três águas, em 16 coletas (88,90%) das 18 realizadas, na água do permeado, não se constatou a presença de coliformes termotolerantes. Em apenas duas coletas (11,10% do total), ficou constatada a presença destes microorganismos. Recomenda-se que esta água, antes de ser consumida, seja desinfetada por motivo de precaução.

#### 4.5.2 Poço com dessalinizador de Aroeira

No caso de Aroeira, uma bomba recalca a água bruta para o reservatório do dessalinizador, em linha de aproximadamente 1 km de extensão. Antes, porém, a água bruta deste poço pode ser retirada de chafarizes públicos, como apresentado na figura 4.

Figura 4 – Dessalinizador de Aroeira: (a) vista do equipamento (b) vista do chafariz automático



Segundo o operador, a limpeza das membranas do dessalinizador é realizada após o término da operação. Na época seca, o dessalinizador trabalha de 10 a 12 horas por semana, produzindo 10 m<sup>3</sup> de água dessalinizada. Como no inverno o consumo diminui, nesta época o dessalinizador trabalha apenas quinzenalmente. A água tratada nesta unidade supre a demanda de 42 casas.

Foi observado que a temperatura das três águas analisadas ficou na faixa entre 25 °C e 33 °C. O pH do permeado, em certas ocasiões, esteve abaixo de 6,0, não atendendo, portanto ao que estabelece a Portaria nº 518/2004 do MS, para fins de consumo humano. A cor aparente, tanto da água bruta, como do rejeito, foram sempre de 0 uH. A turbidez do permeado sempre foi inferior a 1 uT, atendendo, desta forma ao preconizado pelos padrões de potabilidade.

A alcalinidade do permeado apresentou-se sempre baixa, variando entre 3 e 7 mg CaCO<sub>3</sub>/L. A água dessalinizada do poço de Aroeira, dos cinco poços com dessalinizador monitorados, foi a que apresentou o menor valor médio de condutividade elétrica e de STD. Esses valores foram respectivamente de 41,1 µS/cm e 55,7 mg/L. A concentração máxima de cloretos da água bruta foi de 630 mg Cl<sup>-</sup>/L e do rejeito foi de 750 mg Cl<sup>-</sup>/L. A concentração de cloretos do permeado foi sempre muito baixa, apresentando um valor máximo de 6 mg Cl<sup>-</sup>/L. De acordo com os resultados, a água bruta e do rejeito são classificadas como muito duras. Porém, a água do permeado, é

classificada como mole (dureza total  $< 50 \text{ mg/L CaCO}_3$ ) e atende ao estabelecido para consumo humano.

Em relação aos exames bacteriológicos, em nove coletas (90%) das 10 realizadas, na água do permeado, não se constatou a presença de coliformes termotolerantes. Em uma coleta, no entanto, ficou constatada a presença destes microorganismos. Recomenda-se o mesmo procedimento indicado antes para a água dessalinizada em Areias, ou seja, desinfecção.

#### 4.5.3 Poço com dessalinizador de Minuim

A água é captada no poço de 64 m de profundidade, cuja vazão é de  $21 \text{ m}^3/\text{h}$ . A água dessalinizada é conduzida até o chafariz automático (figura 5), onde se insere uma moeda, para o enchimento de um balde de 20 L. É cobrada a taxa de R\$0,20 para o enchimento de um balde de 20 L. Dos dessalinizadores monitorados, o de Minuim é o de maior porte. A limpeza das membranas é realizada aos sábados. A produção de água dessalinizada situa-se entre 10 e  $20 \text{ m}^3/\text{semana}$ . Na comunidade de Minuim existem 201 residências, sendo que alguns moradores preferem, ou não podem pagar, pela água dessalinizada e consomem a água não tratada ou utilizam outras alternativas (cisternas, entre outras).

Figura 5 – Dessalinizador de Minuim: (a) vista do equipamento (b) moradores coletando água em baldes no chafariz



Foram determinados parâmetros físico-químicos da água do poço (água de alimentação) de Minuim no município de Santa Brígida/BA, do permeado e do rejeito. A temperatura das três águas analisadas de Minuim ficou na faixa entre 26 °C e 33 °C. O pH da água bruta e do rejeito foram sempre alcalinos (pH > 7,0). Por outro lado, o pH do permeado foi sempre ácido, com valor mínimo de 6,0 e máximo de 6,9 e atende, portanto ao que estabelece a Portaria nº 518/2004 do MS.

A cor aparente dos três tipos de água analisados foi sempre 0 uH. A turbidez da água do permeado foi sempre inferior a 1 uH (valor máximo recomendado para consumo humano), variando entre 0,12 e 0,53 uT. A alcalinidade da água bruta variou entre 20 mg e 51 mg CaCO<sub>3</sub>/L, a água do permeado entre 2 e 12 mg CaCO<sub>3</sub>/L e a do rejeito entre 22 e 66 mg CaCO<sub>3</sub>/L. A condutividade elétrica da água bruta ficou entre 4.995 e 4.770 µS/cm, a do permeado entre 63,3 e 124 µS/cm e a do rejeito entre 8.110 e 7.330 µS/cm. Quanto ao STD do permeado, seu valor máximo foi 177,2 mg/L, atendo ao que preconiza o MS, que é de 1.000 mg/L.

A água bruta apresentou concentração de cloreto mínima de 1232 mg Cl<sup>-</sup>/L, superior, portanto a 250 mg Cl<sup>-</sup>/L, não devendo ser consumida por pessoas. Por outro lado, a concentração de cloreto do permeado foi de 28 mg Cl<sup>-</sup>/L.

De acordo com os resultados, a água bruta e do rejeito, produzidas em Minuim, são classificadas como muito duras. Porém, a água do permeado, é classificada como mole (dureza total < 50 mg/L CaCO<sub>3</sub>) e atende ao valor máximo estabelecido para consumo humano.

Em oito coletas (80%) das 10 (dez) realizadas, na água do permeado, não se constatou a presença de coliformes termotolerantes. Em duas coletas, porém, ficou constatada a presença destes microorganismos. Da mesma forma que os poços de Areias e Aroeira, descritos anteriormente, recomenda-se que seja feita desinfecção, por questão de segurança à saúde.

#### 4.5.4 Poço com dessalinizador de Icozeira

A água é captada em um poço de 18 m de profundidade, em Icozeira, cuja vazão é de 8m<sup>3</sup>/h, é bombeada até dois reservatórios, localizados na parte mais elevada de Icozeira. Após esse trajeto, a água é conduzida por gravidade até um reservatório, localizado próximo à unidade de dessalinização.

A temperatura das três águas analisadas ficou na faixa entre 24 °C e 35 °C. O pH do permeado, em certas ocasiões, esteve abaixo de 6,0, chegando ao valor mínimo de 5,7, não atendendo, desta forma, ao que estabelece a Portaria nº 518/2004 do MS, para fins de consumo humano.

A cor aparente, tanto da água bruta, como do rejeito, foram sempre de 0 uH. A turbidez máxima do permeado foi 0,5 e assim sendo, atende ao preconizado pelos padrões de potabilidade. A alcalinidade do permeado apresentou-se sempre baixa, variando entre 4 mg e 9 mg CaCO<sub>3</sub>/L.

A condutividade elétrica da água bruta ficou entre 6.840 e 7.640 µS/cm, a do permeado entre 368 e 475 µS/cm e a do rejeito entre 8.930 e 9.760 µS/cm. A água bruta apresentou sempre uma concentração de STD superior a 1.000 mg/L, sendo que, o seu valor mínimo foi de 10.101 mg/L. Entretanto, a concentração de STD do permeado foi sempre inferior a 1.000 mg/L, tendo como valor máximo de 690 mg/L.

O teor de cloretos da água bruta foi sempre superior a 250 mg Cl/L, indicando ser imprópria para consumo, enquanto que o oposto ocorreu com o teor de cloretos do permeado, que foi determinado, cujo valor máximo foi de 88 mg Cl/L. De acordo com os resultados, a água bruta e do rejeito são classificadas como muito duras e água do permeado variou entre mole e dureza moderada.

Em oito amostras coletadas (88,89%) das nove realizadas, na água do permeado, não se constatou a presença de coliformes termotolerantes. Em uma coleta, porém, ficou constatada a presença destes microorganismos. Vale as mesmas recomendações feitas anteriormente para os poços com dessalinizador.

#### 4.5.5 Poço com dessalinizador de Barra do Silva

Na época seca, o dessalinizador opera diariamente durante cerca de seis horas, produzindo em torno de 5 m<sup>3</sup>. No período chuvoso, o equipamento opera em dias alternados, durante esse mesmo intervalo de tempo. A água produzida atende entre 20 e 30 famílias.

Os parâmetros físico-químicos da água bruta do poço, além da do rejeito e do permeado, produzidos pelo dessalinizador de Barra do Silva indicaram que o pH do permeado ficou entre 6,2 e 7,1, atendendo, assim, ao que estabelece a Portaria nº 518/2004 do MS, para fins de consumo humano. A cor aparente, tanto da água bruta, como do rejeito, foram sempre de 0 uH. A turbidez máxima do permeado foi 0,68 e assim sendo, atende ao preconizado pelos padrões de potabilidade. A alcalinidade do permeado apresentou-se sempre baixa, variando entre 4 mg e 7 mg CaCO<sub>3</sub>/L. A condutividade elétrica da água bruta ficou entre 3.710 e 4.420 µS/cm, a do permeado entre 529 e 725 µS/cm e a do rejeito entre 5.260 e 6.240 µS/cm. A água bruta apresentou sempre uma concentração de STD superior a 1.000 mg/L, sendo que, o seu valor mínimo, foi de 5.504 mg/L. Nas quatro últimas coletas, a concentração de STD do permeado foi superior a 1.000 mg/L, não atendendo, assim, o estabelecido para os padrões de água potável. O teor de cloretos da água bruta foi sempre superior a 250 mg Cl/L, indicando ser imprópria

para consumo, enquanto que o oposto ocorreu com o teor de cloretos do permeado, que variou entre 140 mg e 190 mg Cl<sup>-</sup>/L

De acordo com os resultados, a água bruta e do rejeito são classificadas como muito duras e água do permeado apresentou sempre dureza moderada.

Em seis amostras coletadas (88,89%) das sete realizadas, na água do permeado, não se constatou a presença de coliformes termotolerantes. Em uma coleta, porém, ficou constatada a presença destes microorganismos. Vale as mesmas recomendações feitas anteriormente para os poços com dessalinizador.

#### 4.6 Avaliação do rendimento dos dessalinizadores que se encontram em operação em relação à quantidade de água dessalinizada produzida e em relação à eficiência de remoção de salinidade

Foram determinados em campo a produção de permeado e do rejeito e o rendimento dos cinco dessalinizadores. Na tabela 5, podem ser vistas a produção do permeado e do rejeito, além do rendimento destas unidades monitoradas.

Tabela 5 – Produção e rendimento dos cinco dessalinizadores avaliados.

Dessalinizador	Produção (L/h)		Rendimento (%)
	Permeado	Rejeito	
Areias	1131,50 ± 151,25	978,82 ± 69,79	53,6
Aroeira	872,44 ± 105,62	823,55 ± 56,42	51,4
Minuim	3051,44 ± 605,25	2401,67 ± 510,29	55,9
Icozeira	567,33 ± 49,11	1027,33 ± 97,89	35,5
Barra do Silva	763,86 ± 25,87	1310,67 ± 50,19	36,82

Como se observa na tabela 5, os dessalinizadores de Areias, Aroeira e Minuim apresentaram rendimento médio em torno de 50%, ou seja, aproximadamente a metade da quantidade da água bruta, concentrada com os sais retirados durante o processo de dessalinização, é lançada no meio ambiente como rejeito.

Nos dessalinizadores de Icozeira e Barra do Silva a quantidade de efluente gerado (rejeito) chegou a superar a quantidade de água dessalinizada que foi produzida, com

eficiências médias em torno de 35%. Esse aspecto deve estar relacionado à qualidade da água de alimentação, principalmente, a condutividade elétrica, sólidos dissolvidos e turbidez, além das condições de operação, frequência de limpeza das membranas e manutenção. A condutividade elétrica média da água de alimentação dos dessalinizadores de Icozeira e Barra do Silva foram, respectivamente, 7.091,7 e 4.122,9  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . De fato, os valores médios da condutividade elétrica (7.091,7  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) e SDS (10.460 mg/L) da água de alimentação do dessalinizador de Icozeira foram os maiores entre os cinco dessalinizadores monitorados. No caso do dessalinizador de Barra do Silva, que apresentou valores de condutividade e SDS inferiores aos observados na água de alimentação do dessalinizador de Minuim, por exemplo, o principal fator para a baixa eficiência de produção deve ter sido a frequência de manutenção das membranas que não era realizada com periodicidade definida.

## 4.7 Identificação e validação de tecnologias de captação e armazenamento de água na área de Xingó

### 4.7.1 Aguadas ou barreiros

Foram realizados monitoramentos da qualidade de água de oito barreiros situados em Poço Redondo. A água acumulada nesses barreiros vêm sendo utilizados de diversas formas: lavagem de utensílios domésticos, dessedentação animal (figura 6), prática de banho e consumo humano.

Figura 6 – Uso da água de barreiros para dessedentação de animais





Excetuando-se algumas amostras coletadas nos barreiros Pia do Boi e São Sebastião, o teor de STD das demais aguadas foram inferiores a 1.000 mg/L. A turbidez (30 uT a 220 uT) e a cor aparente (15 uH a 1500 uH) sempre apresentaram valores acima do permitido para consumo humano. O único barreiro que apresentou um teor de cloretos acima de 250 mg Cl/L, foi a de Pia do Boi.

Em todas as amostras coletadas nos barreiros, foi detectada a presença de coliformes termotolerantes.

#### 4.7.2 Cisternas

Todas as cisternas levantadas e monitoradas são de placa de cimento de forma cilíndrica, coberta e semi-enterrada, algumas com capacidade para armazenar 15 m<sup>3</sup>, outras com capacidade para 16 m<sup>3</sup>. A calha de todas as 20 cisternas é de zinco. Todas essas cisternas foram pintadas de branco que, segundo Gnadlinger (1999), diminui o aquecimento. Os agentes de saúde distribuem hipoclorito para os proprietários das cisternas. Alguns moradores colocam esse produto somente na cisterna, outros só no pote, outros em ambos e alguns admitem que não o utilizam (Maria Bonita, Maranduba, Areias e Assentamento Pioneira).

Quanto à origem da água armazenada nas cisternas, no dia de cada coleta de água, levantou-se que a água tinha as mais variadas procedências: chuva, carro-pipa, carro-pipa e chuva, sistema de abastecimento público (Deso), entre outras.

Todos os 20 proprietários retiram a água da cisterna com balde (quando necessário, atado a uma corda). Embora algumas cisternas possuam bomba bola de gude (Areias, Assentamento Cajueiro, Salgadinho, Assentamento São José de Nazaré e Assentamento São Francisco), os moradores não as utilizam, pois se queixam da vazão desta. Na cisterna de Queimadas, o proprietário removeu a bomba da cisterna. É recomendado que a cisterna seja localizada a uma distância mínima de 30 m de fossas, galinheiros, pocilgas e similares. Essa recomendação não foi atendida em nenhuma das 20 cisternas monitoradas (figura 7).

Das cisternas monitoradas, apenas a cisterna do Assentamento São José de Nazaré era dotada de peneira na tubulação de entrada da cisterna, o que previne a passagem de resíduos carreados com a água de chuva. Em nenhuma das cisternas foi observada a presença de desvio de águas das primeiras chuvas.



Figura 7 – Ilustração de cisternas (a) Cisterna localizada a menos de 30 m de fossa e (b) Cisterna com bomba de bola de gude retirada



A condutividade elétrica mais elevada foi verificada na cisterna do Assentamento São José de Nazaré, que atingiu o valor de 711  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Os valores de STD de todas as cisternas, excetuando o da coleta em Tanque Novo em março de 2006, sempre foram inferiores a 1.000 mg/L.

Algumas cisternas (30%) apresentaram valores de pH superior a 9,5, chegando a 11,8, tornando a água inaceitável para consumo humano. Isso pode estar relacionado ao fato de essas cisternas terem menos de três anos de sua construção e que, segundo Meera e Mansor (2006), esse parâmetro diminui com a idade da cisterna. Também, possivelmente, os materiais utilizados na construção da cisterna, inclusive o impermeabilizante vedacit, podem contribuir para essa elevação do pH.

Com relação à turbidez, esta deve ser sempre inferior a 1,0 uT, sendo que, para consumo, são aceitáveis valores até 5,0 uT. Portanto, a água de todas as cisternas atendeu a esse parâmetro. De acordo com os padrões para água potável, a cor aparente não deve ser superior a 15,0 uH. Apenas a água coletada nas cisternas Assentamento Cajueiro e na cisterna Assentamento São Francisco, coletadas em maio de 2006, apresentaram valores maiores que o recomendado (22,6 e 16,8 uH, respectivamente).

Os valores da concentração de cloreto e de dureza em todas as cisternas atenderam ao padrão de potabilidade.

## 5 Conclusões

- 1) Por meio de visitas realizadas no campo, constatou-se que todos os 32 poços de água sem dessalinizador, à exceção de um único poço, não estavam produzindo água. Alguns deles estavam abandonados e em outros só havia sido realizada a perfuração sem, no entanto, ter sido efetuada a instalação do poço.
- 2) A maioria das unidades de dessalinização existentes na área de Xingó não se encontrava produzindo água dessalinizada, devido, principalmente, à ausência de manutenção. Em Poço Redondo/SE, apenas um poço com dessalinizador estava funcionando.
- 3) De acordo com orçamentos obtidos junto a empresas da região, o custo por permeado produzido seria o menos oneroso (R\$28,39) para o dessalinizador de Minuim, entre os cinco dessalinizadores monitorados. No entanto, o equipamento dessalinizador seria o de valor mais elevado (R\$86.625,00).
- 4) Em comparação com outras fontes de água, o custo de produção de água de dessalinizada por metro cúbico por residência foi 70% e 80% inferior ao de cisterna e caminhão-pipa, respectivamente. Contudo, há que se considerar que o processo de dessalinização gerou quantidade de rejeito da ordem de 50% a 70% da quantidade de água bruta utilizada, o que implica em cuidados quanto ao destino dos rejeitos, sob pena de promover salinização do solo ou corpos d'água receptores.
- 5) A água bruta proveniente dos cinco poços com dessalinizador não deve ser consumida pela população, pois apresentou valores de STD, cloretos, dureza acentuadamente superiores ao estabelecido pela Portaria nº 518/2004 do MS. A água bruta desses poços, exceto a do poço de Areias, apresentaram baixos valores de turbidez, atingindo o valor máximo de 1,53 uT em Aroeira e sem cor aparente (0 uH). Em Areias, a turbidez variou entre 82 uT e 278 uT e a cor aparente entre 53,4 e 94,1 uH, não atendendo aos padrões de potabilidade.
- 6) Os únicos parâmetros físico-químicos da água do permeado produzida, que nem sempre atenderam aos padrões de potabilidade recomendados, foram o STD (em Areias e Barra do Silva) e o pH (Aroeira e Icozeira). Apenas uma vez, o valor de turbidez do permeado em Areias foi superior a 1 uT, sendo de 1,4 uT.
- 7) Embora não tenha sido detectada a presença de coliformes termotolerantes na maior parte das amostras da água do permeado, recomenda-se a desinfecção com hipoclorito, antes dessa água ser consumida pelas pessoas.

- 8) O dessalinizador de Minuim que é o de maior porte entre os cinco dessalinizadores, foi o que apresentou a maior produção de água tratada (permeado) e chegou a apresentar o maior rendimento (64,71%).
- 9) Por ser uma estrutura muito susceptível à contaminação, pois fica exposto a céu aberto e por estar sendo utilizado para diversos fins (lavagem de utensílios domésticos, dessedentação animal e práticas de banho), os oito barreiros não apresentaram parâmetros compatíveis com os padrões de potabilidade. Foram constatados sempre valores elevados de turbidez e cor aparente e a presença de coliformes termotolerantes na água de todos os barreiros que foram monitorados.
- 10) O manejo inadequado e o armazenamento de água de diversas origens têm comprometido a qualidade de água das cisternas.

## 6 Recomendações para utilização dos resultados pela Funasa e indicativo de custos

O uso múltiplo dos recursos hídricos deve ser incentivado. Entretanto, os conflitos de uso devem ser rigorosamente avaliados em cada caso, e devem ser propostos à comunidade mecanismos de gerenciamento desses usos múltiplos. O controle da qualidade da água, quando a mesma é utilizada para consumo humano deve ser previsto em programas comunitários ou municipais, com a participação indispensável dos usuários e a sua sensibilização à proteção ambiental. Os agentes comunitários dos programas de saúde têm um papel importante neste âmbito. No momento da implantação do programa e/ou da construção do sistema de captação/armazenamento, mecanismos devem ser encontrados para que a comunidade ou a família se aproprie da obra e do seu papel econômico.

São descritas a seguir, algumas tecnologias que aumentam a disponibilidade hídrica e alguns indicativos de custos, avaliados por esta pesquisa.

### 1) Poços com dessalinizador

Pelo fato de a maior parte da região semi-árida nordestina ser constituída por formações cristalinas, a perfuração de poços como solução para o suprimento das diversas necessidades em água está sujeita às seguintes limitações: baixas vazões, na maioria dos casos até 2 m<sup>3</sup>/h e teores de sais muitas vezes elevados.

Frente ao problema relacionado aos teores de sais elevados, a partir da década de 1990, diversos programas federais e estaduais incentivaram a utilização de dessalinizadores de água na proximidade dos poços. Entre os processos de dessalinização, o de osmose reversa é o mais empregado.

A vida útil de um poço e de um dessalinizador depende, tanto da metodologia adequada da construção, como da manutenção posterior.

De acordo com orçamento fornecido por empresas da região (dezembro de 2005), o custo total para a construção de um poço tubular profundo em rochas cristalinas é de R\$12.000,00. Enquanto que o custo para aquisição de um equipamento de dessalinização de médio porte é de R\$30.000,00. O que resulta em R\$ 42.000,00 para a implantação total.

A disposição do rejeito, gerado no processo de dessalinização, sem nenhum tratamento, no solo e nos corpos hídricos, prejudica o meio ambiente.

O sistema de produção integrado que utiliza o rejeito da dessalinização de águas salobras, desenvolvido na Embrapa Semi-Árido é uma combinação de ações integradas. Nesse sistema, o permeado produzido por um dessalinizador é utilizado para consumo humano, enquanto que, o rejeito é utilizado no cultivo da erva-sal (*Atriplex nummularia*) e na piscicultura (criação de tilápia rosa). A erva-sal é utilizada na alimentação de ovinos e caprinos.

É importante ressaltar que o objetivo principal para implantação do sistema de produção é a redução do impacto ambiental, causado pela disposição do rejeito sem qualquer tipo de cuidado com a natureza. Essa redução no impacto é difícil de ser mensurada a curto e médio prazos, situação comum onde existem dessalinizadores em funcionamento.

## 2) Barreiro

Consiste em uma escavação feita no terreno, por meios manuais ou mecanizados (auxílio de trator), para acúmulo de águas de chuva ou o represamento de um rio ou riacho. Apresenta uma baixíssima eficiência hidrológica, em decorrência das perdas por evaporação serem elevadas e a qualidade de água incompatível com as mínimas exigências de potabilidade. O custo médio para construção dos oito barreiros, construídos em 2000 e 2001, que foram monitorados em Poço Redondo nesta pesquisa foi de R\$4.495,00, segundo a Codevasf.

No entanto, o barreiro pode ser considerado uma solução alternativa quando utilizado para irrigação de salvação, onde se armazena água proveniente do escoamento superficial, para irrigação de salvação das culturas e alimentação de animais.

Foi verificado que a pouca utilização dos barreiros para irrigação de salvação se dá, principalmente, devido ao custo de implantação, visto que, na maioria dos casos, a utilização de máquinas para a sua construção, torna essa opção inviável para os pequenos agricultores. Um dos principais obstáculos ao uso de barreiros para irrigação de salvação, é que, quando submetidos a longos períodos de estiagem, os pequenos agricultores preferem guardar a água para o consumo doméstico e dessedentação animal a utilizá-la para irrigação.

### 3) Cisterna

Consiste em aproveitar os telhados das casas como área de captação de água pluvial e a cisterna como unidade de armazenamento. Atualmente, existem várias propostas disponíveis de formas e processos construtivos de cisternas. O mais difundido é a cisterna de placas pré-moldadas. O custo unitário de cada uma das cisternas construídas em 2003 e 2004 foi de R\$ 960,00, enquanto que, as construídas em 2005 foi de R\$1.060,00.

Embora as águas pluviais sejam, em geral, de boa qualidade, é necessário que alguns cuidados sejam tomados. É também importante que se conheça a qualidade da água que se encontra armazenada nessas cisternas, a fim de se verificar o atendimento do padrão de potabilidade, uma vez que essa água é utilizada para consumo pela população.

Mesmo adotados todos os procedimentos pertinentes, é prudente tratar a água da cisterna antes de usá-la, principalmente nos casos em que não se tem a garantia de que a cisterna é abastecida apenas por água de chuva, ou que não se tenha a garantia da potabilidade da água de carros-pipa.

Uma tarefa muito importante também é capacitar as pessoas das comunidades, onde vão ser implantadas cisternas, sobre o gerenciamento e o tratamento da água (manejo, tratamento). Medidas, tais como não colocar recipientes sujos dentro da cisterna, evitar deixar a cisterna aberta, limpar canos e calhas na época das chuvas, não permitir que animais fiquem no telhado da casa, usar decantadores naturais (moringa), entre outras medidas, devem ser abordadas nessa capacitação.

## 7 Referências bibliográficas

- AMORIM, M. C. C.; PORTO, E. R. Considerações sobre controle e vigilância da qualidade de água de cisternas e seus tratamentos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA, 4., 2003, Juazeiro. **Anais...** Juazeiro: ABCMAC, 2003. 1 CD-ROM.
- AMORIM, M. C. C.; PORTO, E. R.; SILVA JÚNIOR, L. G. Evaporação solar como alternativa de reúso dos efluentes da dessalinização por osmose inversa. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27., 2000, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ABES, 2000. 1 CD-ROM.
- ANDRADE NETO, C. O. Segurança sanitária das águas de cisternas rurais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA, 4., 2003, Juazeiro. **Anais...** Juazeiro: ABCMAC, 2003. 1 CD-ROM.
- ANDRADE NETO, C. O. Proteção sanitária das cisternas rurais. In: SILUBESA SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA AMBIENTAL, 11., 2004, Natal. **Anais...** Natal: ABES, 2004. 1 CD-ROM.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for examination of water and wastewater**. 20. ed. Washington: APHA, 1998.
- BOMFIM, L. F. C.; COSTA, I. V. G.; BENVENUTTI, S. M. P. **Projeto Cadastro da Infra-Estrutura Hídrica do Nordeste: Estado de Sergipe**. Diagnóstico do município de Poço Redondo. Aracaju: CPRM, 2002.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Água subterrânea: conceitos, reservas, usos e mitos**. Brasília, 1999.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise do solo**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997.
- FRANCA, R. M. et al. Contaminação de poços tubulares em Juazeiro do Norte-CE. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 11, n. 1, p. 92-102, 2006.
- GNADLINGER, J. Apresentação técnica de diferentes tipos de cisternas construídas em comunidades rurais do semi-árido brasileiro. In: 1º SIMPÓSIO SOBRE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO, 1., 1997, Petrolina-PE. **Anais...** Petrolina: EMBRAPA Semi-Árido/IRPAA/IRCSA, 1999. p. 81-93.
- MEERA, V.; AHAMMED, M. M. Water quality of rooftop rainwater harvesting systems: a review. **Journal of Water Supply Research and Technology**, p. 1-13, 2006.

# Avaliação de métodos de remoção e inativação de formas de resistência de protozoários parasitos encontrados em água

Participantes: Vanete Thomaz Soccol (Coordenadora), Adriana Oliveira Costa, Rosangela Clara Paulino, Edilene Alcântara de Castro, Juliana Tracz Pereira, Silvia Cristina Osaki, Luciane Mara Hennig, Márcia Benedita de Oliveira Silva, Wagner Schuchardt, Carlos Hatmann

Proponente: Fundação da Universidade Federal do Paraná

Executoras: Universidade Federal do Paraná, Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar) Universidade Federal do Triângulo

## Resumo

O presente trabalho teve como objetivos: 1) padronizar métodos moleculares para detecção de DNA de cistos de *Giardia* e de oocistos de *Cryptosporidium* presentes em água; 2) avaliar os processos físicos e produtos químicos usados no tratamento convencional de água de abastecimento público, quanto à eficiência na inativação destes protozoários. Os métodos moleculares padronizados (PCR e Nested PCR) foram capazes de detectar a presença de 10 cistos de *Giardia* e 10 oocistos de *Cryptosporidium* em amostras de água. Os processos de coagulação, floculação, decantação e filtração com areia de diferentes granulometrias, reduziram significativamente a quantidade de cistos de *Giardia* e oocistos de *Cryptosporidium* presentes nas amostras contaminadas experimentalmente, porém não os eliminaram completamente. Nos processos de desinfecção avaliados observou-se que: 1) o cloro na concentração de 2 ppm inativou 99,45% a 100 % dos cistos de *Giardia* após 45 minutos de contato e 49% dos oocistos de *Cryptosporidium* após 120 minutos. 2) o dióxido de cloro, a 0,2 ppm inativou 100% dos cistos de *Giardia* com tempo de contato de 15 minutos; para *Cryptosporidium* foram necessários 5 ppm e tempo de contato de 90 minutos para inviabilizar 90% dos oocistos presentes. 3) o ozônio na concentração de 0,1 mg/L inativou 100% dos cistos de *Giardia*; e para *Cryptosporidium* 98,87% e 100%

de inativação foi obtida na concentração de 0,18 mg/L e 0,48 mg/L, respectivamente. Foi também avaliada a eficiência de processos que podem ser usados para desinfecção de pequenas quantidades de água, usando *Giardia* como organismo indicador. O tratamento com iodo a 3 ppm exigiu um tempo de contato de 30 minutos para inviabilizar 100% dos cistos. O uso de vinagre, popularmente empregado para desinfecção de hortaliças, não reduziu significativamente a viabilidade dos cistos (em torno de 67% em concentração de 64 mL/L). Quanto à temperatura exigida para inviabilizar cistos de *Giardia* observou-se que foram necessárias 18 horas para temperaturas de 40 °C a 50 °C, 4 horas a 60 °C e menos de um minuto para 100 °C. Neste trabalho, a metodologia molecular mostrou-se promissora para detecção de DNA de *Giardia* e de *Cryptosporidium* em água. Foi também confirmada a resistência de *Cryptosporidium* aos processos usuais de desinfecção, indicando a necessidade de tratamentos mais efetivos para melhorar a qualidade da água consumida no Brasil.

**Palavras-chave:** *Cryptosporidium*, *Giardia*, extração de DNA, PCR, veiculação hídrica, processos de remoção e desinfecção de protozoários em água.



## Abstract

*Giardia* and *Cryptosporidium* are important protozoan causative of waterborne diseases. Transmission is by oral route, usually by drinking contaminated water containing cysts and oocysts. World Health Organization (WHO) considers giardiasis and cryptosporidiosis as emergent and neglected diseases. The purpose of this study was to standardize molecular methods for detection of *Giardia* cysts and of the respective protozoans as well as to evaluate the efficacy of the processes and *Cryptosporidium* oocysts as well as to evaluate the efficacy of the processes and chemical products used to the conventional water treatment of public supplying. The standardized molecular methods detected the presence of 10 cysts of *Giardia* and 10 oocysts of *Cryptosporidium* in water samples. The processes of coagulation, flocculation, sedimentation and filtration with sand of different granulometries reduced significantly the amount of these protozoan forms in experimentally contaminated water samples. However, the complete removing was not achieved. According to each disinfection processes, it was observed: (1) Chlorine at concentration 2 ppm inactivated cysts of *Giardia* in 99.5% to 100% after a contact time of 45 minutes and oocysts of *Cryptosporidium* in 49% after 120 minutes. (2) Chlorine dioxide at concentration 0.2 ppm inactivated 100% of *Giardia* cysts in 15 minutes of contact time. It was necessary 5 ppm and 90 minutes of contact time to inactivate 90% of oocysts of *Cryptosporidium*. (3) Ozone at concentration 0.1mg/L inactivated 100% of cysts of *Giardia*; and for *Cryptosporidium* 98.87% and 100% of inactivation was achieved at concentration 0.18mg/L and 0.48mg/L, respectively. Processes which can be used to disinfect small volumes of water were also tested here, using *Giardia* as an indicator organism. The treatment with iodine at concentration 3 ppm demanded a contact time of 30 minutes to inactivate 100% of the cysts. The vinegar, popularly employed for vegetables disinfection, did not show significant reduction of cyst viability (about 67% at concentration 64 mL/L). The inactivation of 100% by heat demanded 18 hours at 40 and 50 °C, 4 hours at 60 °C and less than a minute at 100 °C. In the present work the molecular methodology showed to be efficient for *Giardia* and *Cryptosporidium* detection. It was also confirmed here that *Cryptosporidium* is very resistant to water treatment processes, which indicates that more effective treatments are necessary to improve the quality of water consumption in Brazil.

**Keyword:** *Cryptosporidium*, *Giardia*, DNA extraction, PCR, water propagation, removal and inactivation of protozoans in water.



# 1 Introdução

A água natural é um dos elementos essenciais à existência do homem, pois ela contém grande parte das substâncias e elementos necessários aos processos metabólicos do organismo (DI BERNARDO e DANTAS, 2005). Ela também é essencial em outras atividades humanas como na recreação, preservação da vida aquática, na atividade industrial, agropecuária e no transporte (SANCHEZ e NETO, 1999). A coleta e a eliminação de resíduos provenientes da atividade humana é um dos fatores relevantes na contaminação dos corpos d'água, constituindo um dos grandes problemas de saúde pública em diversas partes do mundo (AMARAL et al., 1994).

Entre os patógenos veiculados pela água merecem destaque *Giardia* e *Cryptosporidium* que são protozoários que infectam o homem e animais domésticos, mamíferos silvestres, aves e répteis. No ser humano a infecção por estes protozoários pode se manifestar com diarreia, má absorção com déficit nutricional e grave perda de peso. Vários são os surtos epidêmicos de giardiose e criptosporidiose citados na literatura recente, tanto em países em desenvolvimento como em países desenvolvidos (SAVIOLI et al., 2006, SMITH et al., 2006). A ocorrência de criptosporidiose e giardiose de origem hídrica tem sido assinalada em associação com contaminação de poço artesiano (NIME et al., 1976), água filtrada de rede de abastecimento público (SMITH et al., 2006) e água superficial não tratada (ORLANDI e LAMPEL, 2000).

Estes parasitos apresentam, no curso do seu ciclo biológico, cistos ou oocistos como formas de resistência, que são eliminadas junto com fezes no ambiente. O homem facilita a dispersão por falta de saneamento básico ou por realizar a coleta de esgoto, proceder a tratamento primário e lançá-los no solo ou nos corpos d'água, porém, contendo ainda organismos patogênicos viáveis.

Face aos constantes relatos da ocorrência destas protozooses, esforços importantes têm sido feitos para melhorar os métodos de detecção, desinfecção e controle dos parasitos a partir de uma possível fonte de infecção: a água. No Brasil, o Ministério da Saúde publicou a Portaria nº 518/2004 estabelecendo parâmetros para tratamento da água de abastecimento (BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004). Para *Giardia* sp. e *Cryptosporidium* sp. recomenda-se a remoção por filtração rápida que promova valores de turbidez inferiores a 0,5 uT em 95% dos dados mensais, e nunca superiores a 5,0 uT. Todavia, para cumprir tal norma torna-se necessário o desenvolvimento de técnicas sensíveis e específicas para o monitoramento destes protozoários.

O tamanho micrométrico destes organismos dificulta a sua detecção, necessitando-se de técnicas de concentração de grande volume de água, seguido de identificação microscópica das formas parasitárias. Como exemplo, pode ser citado o método 1623

da Agência de Proteção Ambiental Americana (USEPA, 1999), que envolve separação imunomagnética e detecção por imunofluorescência dos parasitos. Embora bem padronizados por pesquisadores e técnicos americanos, estes procedimentos demandam estratégias complexas, experiência considerável do pesquisador e, sobretudo seu custo é um fator limitante considerando a realidade brasileira.

Métodos moleculares como PCR (Reação da polimerase em cadeia) mostram-se promissores como alternativa para a detecção destes parasitos, podendo ser futuramente empregados para avaliar a qualidade de processos de tratamento da água. Ressalta-se, entretanto, que diferentemente de bactérias, a detecção dos protozoários em água, por si só não é suficiente para a discussão do risco de infecção para humanos. É imprescindível avaliar de forma adequada a sua viabilidade, já que somente aqueles viáveis possibilitam a ocorrência de infecção.

O desenvolvimento e avaliação de métodos de tratamento de água devem ser contínuos, buscando propor sistemas alternativos e aprimorar os convencionais, a fim de confirmar os parâmetros de qualidade. Estas informações, além de contribuir para identificação e avaliação de risco de surtos de origem hídrica, poderão ser úteis às instituições governamentais como base para a definição, estruturação e implementação de políticas públicas de saneamento e de saúde. Além disso, os processos de tratamento de água (coagulação, decantação, filtração e desinfecção) e suas eficiências são conhecidos em literatura internacional e poucos são os dados disponíveis no Brasil. Nossa água tem textura, pH e substâncias orgânicas diferentes. Diante destas observações, uma questão importante é se estes processos teriam a mesma eficiência que em outros países.

## 2 Objetivos

### 2.1 Objetivo geral

Avaliar a eficiência de método molecular para detecção de DNA de *Giardia* e de *Cryptosporidium* presentes em água e a eficiência de processos físicos e produtos químicos usados no tratamento convencional de água, para remoção ou inativação destes protozoários.

## 2.2 Objetivos específicos

1. Determinar a sensibilidade e especificidade das provas moleculares na detecção de *Cryptosporidium* sp. e *Giardia duodenalis* em água, em escala laboratorial.
2. Testar, em escala laboratorial, a eficiência de processos convencionais de tratamento de água (coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção) para a eficiência da remoção de cistos de *Giardia* e oocistos de *Cryptosporidium*.
3. Testar a eficiência do ácido hipocloroso, dióxido de cloro, ozônio (substâncias que podem ser usadas na desinfecção de água de abastecimento público) na inativação de cistos de *Giardia* e oocistos de *Cryptosporidium*.
4. Testar a eficiência do iodo, do vinagre em diferentes concentrações e do tratamento térmico para desinfecção de pequenas quantidades de água experimentalmente contaminada com *Giardia*.

## 3 Metodologia

### 3.1 Obtenção e purificação de formas de resistência de parasitos

Cistos de *Giardia* foram obtidos de fezes de humanos no Laboratório Municipal de Curitiba, PR. A separação dos cistos do material fecal foi realizada por técnica de gradiente seqüencial de sacarose 1 M e 0,75 M, conforme descrito por Roberts-Thompson et al. (1976).

Os oocistos de *C. parvum* foram obtidos de fezes de bezerros neonatos infectados por via oral com uma solução aquosa de  $1 \times 10^6$  oocistos. Os animais eram alimentados durante todo o período com leite de vaca desnatado (UHT). As fezes destes animais eram examinadas diariamente para a pesquisa de oocistos de *C. parvum*. Aquelas contendo oocistos foram diluídas em água, filtradas (peneiras com malhas de 0,150, 0,053 e 0,037mm), adicionadas de solução de bicromato de potássio ( $K_2Cr_2O_7$ ) a 2,5% e estocadas a 4 °C até o momento do uso. A purificação dos oocistos foi realizada utilizando protocolos descritos por Ortega-Mora et al. (1992) com modificações segundo Silva et al. (2000), em gradiente descontínuo de sacarose, com soluções de densidade 1,05 g/mL e 1,15 g/mL.

## 3.2 Detecção molecular de protozoários em água

### 3.2.1 Extração de ácido desoxirribonucléico (DNA)

A extração de DNA dos protozoários seguiu as etapas de lise da parede cística dos (oo)cistos, desproteínização e concentração. Na etapa de lise, a ruptura celular de *Giardia* foi obtida por adição de 500 µL de tampão de lise (100 µL de Tris-HCL (pH 8,0) 100 mM + 100 µL de EDTA (pH 8,0) 50 mM + 50 µL de SDS 10% + 3,5 µL de β-mercaptoetano 70 mM), cinco ciclos de ultra-som (50 Hz por 30 segundos) em banho de gelo, três a cinco ciclos de congelamento (196 °C) e descongelamento (37 °C), digestão com RNase e posteriormente com proteinase K. Para *Cryptosporidium*, o número de ciclos de ultra-som e congelamento e descongelamento foi aumentado para 15.

Para a etapa de desproteínização, foi empregada uma solução de fenol/clorofórmio/álcool isoamílico (25:24:1), para remoção de resíduos de proteínas. Para a concentração do DNA, foram usadas soluções de acetato de sódio (3M) e etanol puro. Nas lavagens subsequentes usou-se etanol 70%. O DNA desidratado em estufa a 37 °C foi eluído com 100 µL de tampão TEN (Tris-EDTA). A dosagem do DNA foi realizada por eletroforese em gel de agarose a 0,8% corado com brometo de etídeo e espectrometria de luz ultravioleta. O DNA extraído foi mantido a temperatura de -20 °C até sua utilização.

### 3.2.2. Reação em Cadeia da Polimerase (PCR)

Para a detecção de DNA de *Giardia spp.* com etapa única de PCR foram usados os iniciadores: GGL405-433F/ GGR592-622R (5´CATAACGACGCCATCGCGCTCTCC AGGAA/ 5´TTGTGAGCGCTTCTGTCGTGGCAGCGTAA), que amplificam o gene giardina de *Giardia duodenalis* (ROCHELE et al., 1997). As reações foram realizadas em volume de 60 µL, contendo 0,2 mM de dNTP, 0,2 µM de cada iniciador, 2,5 mM de MgCl<sub>2</sub>, 1,25 U de Taq polimerase. As amostras foram amplificadas em aparelho termociclador MJ Research modelo PTC 100-96V com tampa aquecida, utilizando desnaturação inicial de 94 °C - 2 minutos; 40 ciclos de desnaturação a 94 °C - um minuto, anelamento a 64 °C - um minuto e extensão a 72 °C - dois minutos; extensão final a 72°C - cinco minutos.

Para a detecção de *Cryptosporidium* foi padronizada a técnica de Nested-PCR, que permitiu melhor sensibilidade na detecção do parasito. Os iniciadores XIAOF/XIAOR (5´TTCTAGAGCTAATACATGCG/5´CCCATTTCTTCGAAACAGGA) foram utilizados na primeira PCR e os iniciadores CRY9/CRY15 (5´GTAGATAATGGAAGAGATTGTG/5´GG ACTGAAATACAGGCATTATCTTG) na segunda PCR. Cada uma das reações foi realizada em volume de 50 µL, contendo 0,2 mM de dNTP, 20 pmol de cada iniciador, 1,5

mM de  $MgCl_2$ , 2,5 U de Taq polimerase. As amostras foram amplificadas em aparelho termociclador MJ Research modelo PTC 100-96V com tampa aquecida, utilizando desnaturação inicial de 94 °C - dois minutos; 40 ciclos de desnaturação a 94 °C - 30 segundos, anelamento a 55 °C - 30 segundos e extensão a 72 °C - um minuto; extensão final a 72 °C - sete minutos. Os produtos das reações de PCR foram separados por eletroforese em gel de agarose a 1,6%, visualizados após coloração com brometo de etídeo e fotografados para análise do tamanho dos fragmentos pelo programa gel Proanalyzer®.

### 3.2.3 Determinação da sensibilidade da PCR

Amostras de cistos de 1 a  $1 \times 10^5$  cistos de *Giardia* foram submetidas ao processo de extração de DNA e depois à PCR específica para avaliação da sensibilidade. Oocistos de *Cryptosporidium* foram avaliados nas concentrações de 1 a  $1 \times 10^6$ . Os microtubos contendo as quantidades determinadas de cistos e oocistos foram centrifugados duas vezes com água ultrapura esterilizada e o sedimento submetido à técnica de extração de DNA, para posterior realização da PCR.

### 3.2.4 Sensibilidade da PCR para pesquisa de *Giardia* em água

Para avaliar a sensibilidade da detecção de DNA de *Giardia* por PCR em amostras de maior volume, 1.000 mL de água destilada foram contaminadas com quantidades de cistos variando de 1 a  $1 \times 10^5$ . Estas amostras foram individualmente passadas em aparato de filtração da Millipore (Millipore Filter Holder part # 4), contendo membrana filtrante de acetato celulose de diâmetro 47 mm e porosidade 0,8  $\mu m$ . As amostras foram filtradas sob pressão negativa de 10 a 15 cmHg e após, a membrana foi retirada e depositada em embalagem plástica com PBST. A superfície da membrana foi friccionada dentro da embalagem e o eluato centrifugado a 600 x g por 10 minutos. O sedimento foi novamente lavado duas vezes por centrifugação com água ultrapura (1000 x g por 10 minutos) e submetido a procedimento de extração de DNA e, em seguida, à PCR.

### 3.2.5. Avaliação dos processos de coagulação, floculação, decantação e filtração para remoção de cistos de *Giardia* e oocistos de *Cryptosporidium*

O tratamento convencional da água foi simulado em aparelho *jar test*® para testar os processos de coagulação, floculação e decantação visando determinar a capacidade de retenção dos cistos e oocistos de protozoários.

Os experimentos foram realizados com amostra de água *in natura* da estação ETA Iguaçu, que capta água do rio Iraí, em Curitiba/PR. A água foi coletada em dois recipientes de 20 L e transportada ao laboratório para realização dos experimentos num período máximo de 12 horas. Os parâmetros auxiliares iniciais medidos foram: pH, aspecto, cor, turbidez, alcalinidade e presença dos elementos molibdênio (Mo), ferro (Fe), manganês (Mn) e alumínio (Al). Os métodos analíticos foram realizados de acordo com *Standard Methods for the examination of Water and Wastewater* (APHA – 1998).

Para efetuar o ensaio de floculação, em aparelho *jar test*, usou-se o volume de água de 2 L, com uma taxa de inóculo de cistos de *Giardia* de  $10^3$ /mL e de oocistos de *Cryptosporidium* de  $10^3$ /mL, escolhida em função da sensibilidade das metodologias de recuperação das formas de resistência dos protozoários e recomendação da literatura (RENNECKER et al., 1999; CHAURET et al., 2001).

Os experimentos foram realizados com três repetições para cada um dos seguintes coagulantes: sulfato de alumínio  $Al_2(SO_4)_3$ , policloreto de alumínio (PAC) e cloreto férrico ( $FeCl_2$ ). As concentrações dos coagulantes (em ppm) escolhidas para iniciar os experimentos foram baseadas nos dados reais da ETA Iguaçu (Sanepar) que opera há 30 anos. Para fazer o ajuste fino foram testadas de duas a três concentrações diferentes, variando de 2,0 ppm entre uma e outra, de acordo com as recomendações constantes no Manual do Ensaio de Floculação - Versão Operador de ETA (Sanepar, 2006), até encontrar a melhor equação coagulação/floculação. Para sulfato de alumínio a 2%  $Al_2(SO_4)_3$  foram avaliadas as concentrações de 24 a 34 ppm; para policloreto de alumínio a 2% (PAC) e cloreto de ferro a 2% ( $FeCl_2$ ) foram avaliadas as concentrações de 15 a 19 ppm. Quando o pH da água *in natura*, usada para os ensaios de floculação, era menor que 8,2/8,3 foi utilizada solução de hidróxido de cálcio (solução saturada de cálcio), para correção da alcalinidade e otimização da coagulação, respeitadas as proporções de reação ideais para cada coagulante, recomendadas no Manual do Ensaio de Floculação (Sanepar, 2006).

Na impossibilidade de simular o gradiente de mistura rápida da ETA (em torno de  $1000\text{ s}^{-1}$  e tempo de mistura de 2 s) no *jar test*, devido a rotação elevada e tempo curto de mistura, adotou-se rotação mais baixa e tempo de mistura maior, de forma a reproduzir os resultados semelhantes aos da ETA. Isto resultou em 100 rpm ( $100\text{ s}^{-1}$ ) durante 20 segundos para mistura rápida. Para floculação a 45 rpm ( $35\text{ s}^{-1}$ ) durante 10 minutos, os resultados são semelhantes ao processo da ETA, devido a zonas das camadas de floculação em regime contínuo, conforme consultado em diagrama do gradiente de velocidade segundo Phipps & Bird, 2006. O tempo de decantação foi de 10 minutos e a altura da amostra de água coletada do *jar test* foi de 7 cm que representou uma taxa de aplicação de  $10\text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{d}$ . Tempos superiores a este representam taxas muito menores que as usuais. O material floculado e o sobrenadante resultante



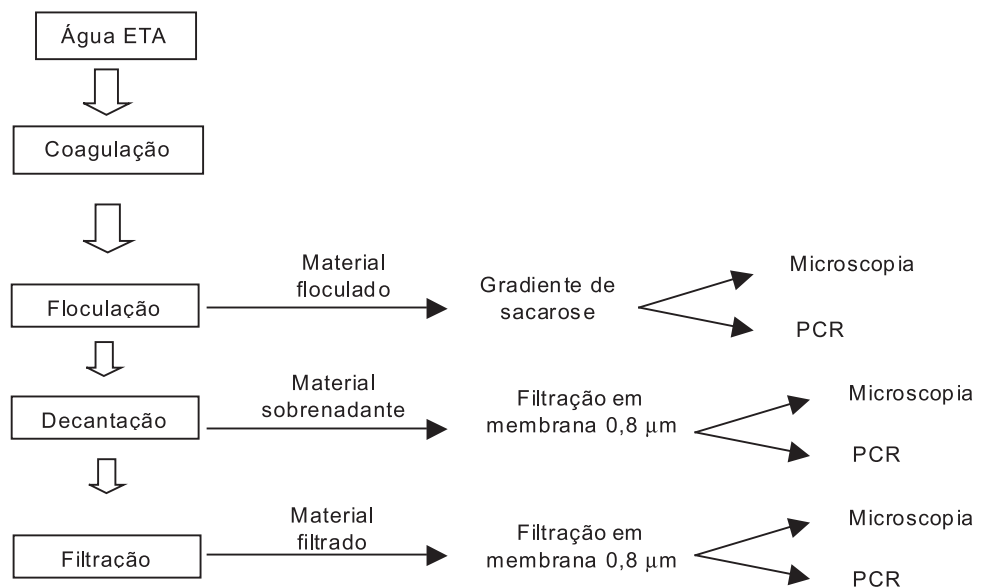
da decantação (água decantada) foram recolhidos para determinar a remoção ou não dos protozoários e/ou para etapa subsequente à filtração rápida.

Para o ensaio de filtração foram usados filtros confeccionados para o experimento de filtração rápida, que simulam a camada filtrante dos filtros das estações de tratamento (ETA), com granulometria de areia variável entre 0,33 e 1,37 mm com espessura equivalente a 25 cm. Após cada etapa de coagulação, floculação e decantação realizadas nos diferentes jarros, foram colhidas amostras para determinação da presença ou ausência dos cistos e oocistos de protozoários. O material sobrenadante, correspondente a camada de 7 cm, obtido após etapa de decantação, foi filtrado. Em cada etapa foram medidos: cor, turbidez e pH.

### 3.2.6 Avaliação microscópica e por PCR de *Cryptosporidium* e *Giardia* recuperados das etapas coagulação/floculação, decantação e filtração

A água obtida após o tratamento, nas diferentes etapas do processo, foi submetida à análise por meio da técnica de PCR e microscopia visando determinar a presença ou ausência dos cistos e oocistos. Na figura 1 são resumidas as etapas dos procedimentos, e as metodologias de avaliação dos protozoários.

Figura 1 – Etapas dos ensaios em jarreste com água contaminada com cistos de *Giardia* e oocistos de *Cryptosporidium* e análise dos parasitos.



Material floculado: Uma amostra de 50 mL, de cada jarro do material floculado (fase final de floculação), de cada ensaio, foi centrifugada e lavada em PBST (PBS pH 7,2 + Tween 0,01%) e submetida à separação por gradiente de sacarose 1 M (conforme Roberts-Thompson et al., 1976). O material recuperado da sacarose foi lavado três vezes por centrifugação em PBST e suspenso em 1 mL deste diluente. Alíquota de 300 µL foi separada para visualização microscópica com corante lugol e por coloração de Ziehl Neelsen modificada e o restante submetido à extração de DNA para PCR.

Água decantada: Uma amostra de 50 mL de cada de jarro do material sobrenadante resultante da decantação, de cada ensaio, foi filtrada em aparelho de filtração da Millipore (Millipore Filter Holder part # 4), conforme procedimento citado no item 3.2.4. O sedimento final foi suspenso em 1 mL de PBST, separando-se uma alíquota de 300 µL para visualização microscópica com corante lugol e por coloração de Ziehl Neelsen modificada.

Água filtrada: O material filtrado foi recolhido em diferentes tempos para análise por microscopia direta e PCR visando detectar ou não protozoários. Amostras de 250 mL de cada jarro (de cada ensaio) do material resultante da filtração em coluna de areia foram submetidas à filtração em aparelho de Millipore (Millipore Filter Holder part # 4) conforme procedimento citado no item 3.2.4. O sedimento final foi suspenso em 1 mL de PBST, separando-se uma alíquota de 300 µL para visualização microscópica com corante lugol e por coloração de Ziehl Neelsen modificada.

### 3.3 Processos de inativação de protozoários em água

Nesta etapa, foi avaliado o efeito de substâncias químicas usadas no tratamento de água de abastecimento público sobre cistos de *Giardia duodenalis* e oocistos de *Cryptosporidium*. Adicionalmente foi testada a suscetibilidade de *Giardia* a dois desinfetantes (iodo e vinagre) e ao processo de aquecimento, que são aplicáveis para desinfecção de pequenos volumes de água em nível doméstico.

#### 3.3.1 Metodologias para avaliação da viabilidade de *Giardia* e *Cryptosporidium*

Para avaliação de viabilidade de *Giardia*, foi adotado o método de desencistamento descrito por Feely et al. (1991), que propõe a incubação dos cistos em tampão fosfato 0,1 M-bicarbonato 0,3 M a 37 °C para induzir o desencistamento em meio TYI a 37 °C. A viabilidade foi determinada por contagem de cerca de 200 formas parasitárias, aplicando a fórmula de cálculo de viabilidade de Bingham et al. (1979), expressa em percentagem:  $[TPD+TG+T/2] / [(TPD + TG+ T/2)+ CI]$ , onde: TPD - trofozoítos

parcialmente desencistados; TG - trofozoítos desencistados “gêmeos”; T - trofozoítos isolados; CI - cistos intactos.

Para avaliar a viabilidade de *Cryptosporidium*, foi empregado o método otimizado por Hou et al. (2004), que consiste em incubar os oocistos previamente em solução ácida (PBS pH 3,8 por 30 minutos, a 37 °C) para induzir o desencistamento em meio composto de solução de Hanks, bile bovina e  $\text{NaHCO}_3$  0,44%. A viabilidade foi avaliada por contagem de 200 a 300 formas parasitárias, em microscópio (Olympus BX41) com iluminação de contraste de fase. Para cálculo da taxa de desencistamento, expressa em porcentagem, aplicou-se a fórmula:  $(OD + PD)/T$ , onde: OD - número de oocistos desencistados; PD - número de oocistos parcialmente desencistados; T - soma de todas as formas, incluindo OD, PD e os oocistos intactos.

Em cada experimento de desinfecção, o decréscimo da viabilidade foi avaliado com base em amostras controle, cujos cistos ou oocistos foram mantidos no diluente sem as substâncias testadas ou à temperatura ambiente, no caso da desinfecção por calor. Nestas amostras a viabilidade foi considerada como 100%.

### 3.3.2 Desinfecção por ácido hipocloroso

Foi testado o efeito das concentrações de 1,5 ppm e 2 ppm de cloro livre sobre a viabilidade de cistos de *Giardia* e oocistos de *Cryptosporidium* em água, concentrações estas utilizadas por serem as mesmas usadas na ETA Iguaçu e que são suficientes para garantir o residual mínimo de 0,2 ppm exigido pela Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde. As soluções de cloro foram preparadas a partir de solução de ácido hipocloroso, adicionada a tampão fosfato (concentração final 0,01 M, pH 7), preparado com água ultrapura. O cloro livre foi aferido por método colorimétrico usando-se NNN dietil phenileno diamina (DPD Reagente para cloro livre, Permachem Reagentes) (APHA, 1998). Foram também realizadas as medições de pH, turbidez, alcalinidade e temperatura. Cada ensaio de desinfecção foi realizado em volume de 1 L em balão volumétrico de água contendo  $10^3$  cistos/mL de cistos de *Giardia* ou  $2 \times 10^4$  oocistos/mL de *Cryptosporidium*. A cada cinco minutos, foi realizada a dosagem do cloro livre, para correção da demanda de cloro de modo a restituir as concentrações aos níveis de 1,5 ou 2 ppm (concentrações iniciais). Nos tempos 0, 30, 45 e 60 minutos, 200 mL da suspensão foram retirados e transferidos para béquer, onde se acrescentou 4 mL de tiosulfato de sódio 1%, para suspender a ação do cloro. Um experimento de cloração foi realizado em água coletada no rio Uraí após ter sido submetida às etapas de coagulação, floculação, decantação e filtração, para testar o efeito do cloro gerado a partir de ácido hipocloroso sobre cistos de *Giardia*. As amostras foram concentradas por filtração em membrana de acetato de celulose conforme descrito no item 3.2.4 e o sedimento submetido à metodologia de desencistamento descrita no item 3.3.1.

### 3.3.3 Desinfecção por dióxido de Cloro

Foi testado o efeito das concentrações de 0,2, 0,5, 1 e 2 ppm de dióxido de cloro na água sobre a viabilidade de cistos de *Giardia* e oocistos de *Cryptosporidium*. As concentrações trabalhadas estão dentro da faixa citada na literatura (DI BERNARDO e DANTAS, 2005). As soluções de dióxido de cloro (EKA Chemicals do Brasil AS) foram preparadas a partir de solução concentrada do produto (1.300 ppm a 1.500 ppm), diluída em tampão fosfato (0,01 M, preparado em água ultrapura, com pH 7). A concentração de dióxido de cloro foi aferida por método colorimétrico usando-se NNN dietil phenileno diamina (DPD Reagente para cloro livre, Permachem Reagentes) (APHA,1998).

Cada ensaio de desinfecção de água contendo cistos de *Giardia* ou oocistos de *Cryptosporidium* por dióxido de cloro foi realizado separadamente, em volume de 1 L em balão volumétrico, com  $10^3$  cistos/mL de *Giardia* ou  $2 \times 10^4$  oocistos/mL de *Cryptosporidium*. Após 5, 15, 30, 45, 60, 90 e 120 minutos, foram retirados do frasco 100 mL da solução, separando-se 30 mL para medição do pH e depois para aferição da concentração de dióxido de cloro. Ao restante adicionou-se solução de tiosulfato de sódio 1% (proporção de 5 ppm a 10 ppm de tiosulfato para cada 1 ppm de cloro), para suspender a ação do cloro. As amostras foram concentradas conforme descrito no item 3.2.4 e o sedimento submetido à metodologia de desencistamento descrita no item 3.3.1.

### 3.3.4. Desinfecção por Ozônio

O ozônio foi gerado a partir de oxigênio puro utilizando-se um gerador de ozônio (modelo OKTEC®) cedido gentilmente pela empresa Dinattec. Foi aplicado na amostra, por meio de um difusor de bolhas, nas concentrações de 0,1; 0,45 e 0,7 mg/L.

Os ensaios de desinfecção por ozônio foram realizados em balão volumétrico pirex de 1 L, em sistema fechado e com agitação no interior do reator. O volume de água ultrapura foi de 500 mL, contendo  $10^3$  cistos/mL de *Giardia* ou  $2 \times 10^4$  oocistos/mL de *Cryptosporidium*, em experimentos realizados separadamente e sempre em triplicata. As concentrações de ozônio foram aplicadas em tempos que variaram de um a cinco minutos para que as doses finais fossem de 0,18; 0,24; 0,36; 0,48; 1,44; 2,4 mg/L. A concentração de ozônio foi medida em cada experimento pelo método azul de trissulfonato (CHIOU et al., 1995). As amostras foram concentradas conforme descrito no item 3.2.4 e o sedimento submetido à metodologia de desencistamento descrita no item 3.3.1.

### 3.3.5 Inativação de cistos de *Giardia* em pequenos volumes de água por iodo, soluções de vinagre e pelo calor

Iodo: Soluções de iodo nas concentrações de 0,7 ppm, 1,5 ppm e 3 ppm foram preparadas a partir de tintura de iodo a 2% diluída em tampão fosfato 0,01 M pH 7. Os ensaios foram realizados em volumes de 100 mL, aos quais foram adicionados cistos de *Giardia* ( $5 \times 10^3$  /mL). Após períodos de 10 minutos, 30 e 60 minutos de interação, 15 mL da suspensão foram recolhidos em tubos cônicos, nos quais acrescentou-se 0,4 mL de tiosulfato de sódio 1% para suspender a ação do iodo. Os cistos foram concentrados por centrifugação (300 x g, 2 minutos), lavados com água destilada e submetidos ao teste de desencistamento (item 3.3.1).

Vinagre: Soluções de vinagre de vinho branco (teor de ácido acético 4%) foram preparadas em água destilada na proporção de 16 mL/L (correspondente a duas colheres de sopa/L) e 64 mL/L (oito colheres de sopa/L), em volumes de 100 mL. Os ensaios foram realizados em volumes de 100 mL aos quais foram acrescentados  $5 \times 10^3$  cistos/mL. Após períodos de 10 minutos, 30 e 60 minutos de interação, 15 mL da suspensão foram recolhidos em tubos cônicos, centrifugados a 500 x g por 2 minutos. Foi feita uma lavagem por centrifugação com água destilada e o sedimento foi submetido ao teste de desencistamento (item 3.3.1).

Calor: Foram testados os efeitos das temperaturas de 40 °C, 50 °C e 60 °C, por períodos de 1, 4 e 18h sobre cistos de *Giardia*. Água ultrapura (15 mL) foi contaminada com  $10^3$  cistos/mL e incubada em banho-maria nas temperaturas e períodos citados. Após o tempo determinado, as amostras foram concentradas por centrifugação (300 x g, 5 minutos) e o sedimento submetido à técnica de desencistamento (item 3.3.1). Também foi avaliada a viabilidade dos cistos após a fervura por 10 e 30 segundos. Para este experimento,  $2 \times 10^5$  cistos em volume de 500 µL foi inoculado em 30 mL de água fervente contida em um erlenmeyer. A suspensão foi resfriada em banho de gelo, concentrada por centrifugação e o sedimento submetido à técnica de desencistamento. Amostras usadas como controle foram mantidas à temperatura ambiente ( $25 \pm 1$  °C).

## 4 Resultados alcançados frente aos objetivos propostos e discussão

### 4.1 Detecção molecular de protozoários em água

#### 4.1.1 Padronização da extração de DNA e das reações de PCR para detecção de *Giardia* e *Cryptosporidium*

O protocolo de extração de DNA e as reações de PCR padronizadas neste trabalho tiveram sensibilidade para detectar, nas amostras não filtradas, um único cisto de *Giardia* e 100 oocistos de *Cryptosporidium* (figuras 2 e 3). Em amostras de 1.000 mL de água experimentalmente contaminadas com *Giardia*, a sensibilidade de detecção foi de 10 cistos (figura 2).

Uma das etapas principais da técnica de PCR é a obtenção de DNA de boa qualidade. Duas foram as dificuldades encontradas para trabalhar com cistos e oocistos de protozoários. Primeira, as formas parasitárias possuem uma parede cística e membrana celular o que os torna resistentes ao rompimento e liberação do DNA. A parede dos oocistos de *Cryptosporidium* tem estrutura trilaminar com espessura de 40 nm (HARRIS e PETRY, 1999). A segunda dificuldade é que cistos e oocistos são formas encontradas em fezes, solo ou água o que dificulta o processo de isolamento e purificação de DNA, limitando a sensibilidade do método de PCR. Muitos são os contaminantes inibidores da técnica de PCR. Entre eles são citados carboidratos e produtos químicos (HIGGINS et al., 2001).

Figura 2 – Eletroforese em gel de agarose (1,6%) mostrando os produtos de amplificação de fragmento gênico específico (218pb) de *Giardia duodenalis* em amostras de água contaminadas com diferentes quantidades de cistos. PM - padrão de peso molecular 1kb, CN: controle negativo (sem DNA). A flecha marca a banda que perdeu nitidez pelo processo fotográfico.

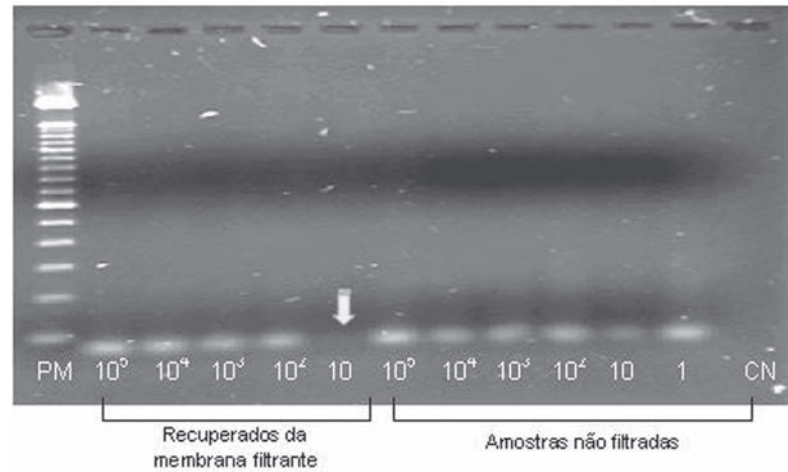
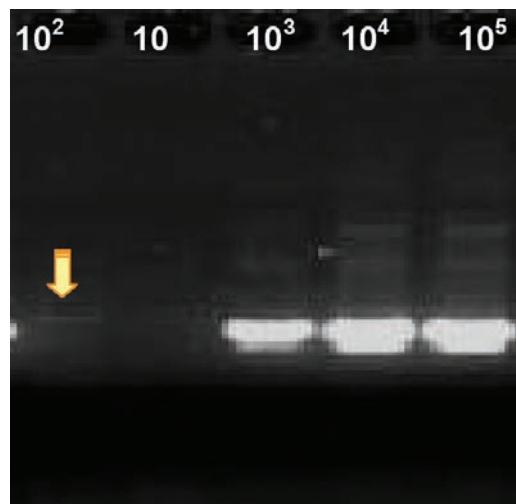


Figura 3 – Eletroforese em gel de agarose (1,6%) mostrando os produtos de amplificação de fragmento gênico cry9/cry15 (550 bp) de *Cryptosporidium* com diferentes concentrações de oocistos por mL.



Vasta literatura é encontrada propondo diferentes protocolos de extração de DNA para *Giardia* e *Cryptosporidium*. Os princípios dos métodos são: 1) químicos, usando digestão alcalina e fenol/clorofórmio (JIANG e XIAO, 2003; ALVES et al., 2003), hipoclorito de sódio Chelex-100; 2) métodos físicos usando pérolas de zircônia com sílica ativada ou pérolas de vidro com sílica ativada (McLAUHLIN et al., 1999); ou por choque térmico congelamento/descongelamento (BLEARS et al., 2000) 3) associação de princípios físicos e químicos (ENEMARK et al., 2002). Na maioria dos protocolos são usados kits como *QIAmp tissue purification* (MORGAN et al., 1998; WARD et al., 2002), GeneClean Bio101 (SPANO et al., 1998), kit de separação imunomagnética Dynabeads (WU et al., 2000) ou *High Pure Template preparation kit* (TANRIVERDI et al., 2002). Jiang et al. (2005) avaliaram seis kits diagnósticos para extração de DNA de *Cryptosporidium* e relataram que o uso de kit para extração de DNA aumenta a sensibilidade das técnicas moleculares. Além do uso do kit de extração, muitos pesquisadores ainda associam outros métodos (ZHOU et al., 2003; JELLISON et al., 2004), testemunho da dificuldade da obtenção de DNA purificado para uso em métodos moleculares em amostras ambientais.

Quanto às reações de PCR, as condições descritas para detecção de *Giardia* e de *Cryptosporidium* foram selecionadas após vários testes com outros iniciadores e condições de reação. Em estudos para pesquisa de cistos de *G. duodenalis*, Rochelle et al. (1997) obtiveram sensibilidade de detecção de 1 a 10 cistos em preparações purificadas e de 5 a 50 cistos em amostras ambientais, ao avaliarem diferentes iniciadores. Com relação aos pares de iniciadores avaliados o par GGL405-433F/GGR592-622R apresentou maior especificidade. Rochelle et al. (1997) demonstraram que o par GGL405-433F/GGR592-622R amplifica o gene giardina específico para *G. duodenalis*. Assim, estes iniciadores poderiam ser empregados em estudos de avaliação de risco ou de avaliação de água tratada.

Para *Cryptosporidium*, diversas outras reações, em PCR de etapa única ou Nested-PCR e empregando vários outros iniciadores foram testadas até que se obtivesse a sensibilidade reprodutível para detecção de 10 e 100 oocistos. A sensibilidade de 10 oocistos foi obtida usando-se a estratégia de fazer PCR de PCR usando como DNA molde produto da primeira PCR. A sensibilidade da técnica de PCR para detecção de DNA de *Cryptosporidium* vem sendo discutida por diferentes autores. Rochelle et al. (1997) analisaram os iniciadores LAX469F/869R e AWA995F/1207R pela técnica de PCR e foram capazes de detectar sinais de amplificação (bandas) entre 500 e 5.000 oocistos em amostras contaminadas experimentalmente, independente do par de iniciadores usados. Para melhorar a sensibilidade da técnica os autores propuseram a técnica de *slot blot*. Ward e Wang (2001), ao avaliarem a sensibilidade da técnica, demonstraram que ela depende do método de extração de DNA, e que necessita de  $10^4$  oocistos para ter sinais de amplificação em amostras cujo DNA tenha sido extraído com fenol/clorofórmio/álcool isoamílico e que quando são empregadas outras estratégias como *spin*



*collumns ou glass milk* a metodologia é capaz de detectar 100 oocistos. Hanninen et al. (2005) usando os iniciadores Cry15/Cry9 e associando a prova de hibridização foram capazes de detectar 125 oocistos em amostras de água. A sensibilidade das técnicas moleculares é na atualidade a grande preocupação dos pesquisadores (Quadro 1), pois somente com técnicas altamente sensíveis e de rápida execução é que será possível controlar melhor a qualidade da água que bebemos.

A metodologia molecular de detecção de DNA de *Giardia* e de *Cryptosporidium* padronizada, no presente trabalho, pode ser usada para controle de água de superfície e de água tratada, pois o método tem capacidade de detectar 10 cistos *Giardia* e 10 a 100 oocistos de *Cryptosporidium*.

Segundo a literatura consultada a sensibilidade das técnicas de determinação destes protozoários é bastante variável (Quadro 1). Nos métodos parasitológicos tradicionais para detectar *Cryptosporidium* são necessários: 50.000 a 500.000 oocistos por grama de fezes pela técnica de Ziehl-Neelsen acid fast e 1.000 por grama de fezes na técnica de flutuação em  $Zn_{SO_4}$  (GOBET et al., 1997).

Quanto a imunofluorescência, a sensibilidade é variável sendo que a IF direta tem sensibilidade para detectar 100.000 oocistos/grama de fezes e no método indireto são necessários de 50.000 a 500.000 oocistos por grama de fezes (XIAO et al., 1993). A identificação por imunofluorescência tem a desvantagem de apresentar reatividade cruzada dos anticorpos com algas e outros elementos podendo causar erros de interpretação (QUINTERO-BITENCOURT et al., 2002).

Quadro 1 – Características de sensibilidade de métodos para detecção de *Giardia* e *Cryptosporidium*.

Método	Critério avaliado	Características
Microscópico	Presença ou ausência de estágios morfológicos (trofozoítos/cistos de <i>Giardia</i> e oocistos de <i>Cryptosporidium</i> na amostra.	<p>A sensibilidade melhora quando:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumenta-se a amostra e o número de coletas ou amostragens;</li> <li>• Utilizam-se métodos específicos para cada parasito (<i>Giardia</i> e <i>Cryptosporidium</i>) e para os diferentes estágios morfológicos (trofozoítos / cistos e oocistos);</li> <li>• O profissional microscopista responsável pelo exame da amostra é competente.</li> </ul>
Imunológicos (IF, ELISA)	Presença ou ausência de antígenos de <i>Cryptosporidium</i> e de <i>Giardia</i> na amostra.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mais sensíveis que o método microscópico;</li> <li>• Possibilidade de reação cruzada (especificidade do anticorpo), particularmente em amostras não-humanas e ambientais;</li> <li>• Não permitem a identificação da espécie</li> </ul>
Moleculares	Presença ou ausência de DNA de <i>Cryptosporidium</i> e de <i>Giardia</i> na amostra.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mais sensíveis que os métodos anteriores</li> </ul>

Fonte: Savioli, Smith & Thompson, 2006.

Os diferentes autores que trabalham com técnicas moleculares têm demonstrado sensibilidades variáveis dependendo dos iniciadores usados ou da técnica de extração de DNA. Scorza et al. (2003) só obtiveram 100% de sensibilidade em amostras com 10<sup>4</sup> oocistos. Já Higgins et al. (2001) relataram sensibilidade para detecção de 200 oocistos e Kuhn et al. (2002) assinalaram a capacidade de detecção de 10 oocistos.

#### 4.1.2 Detecção de *Giardia* e *Cryptosporidium* nas diferentes etapas do ensaio coagulação/floculação/decantação e filtração da água

Na avaliação da concentração de coagulantes aplicada á água *in natura* testada em aparelho *jar test*, os melhores parâmetros de pH, cor e turbidez da água filtrada após os processos de coagulação/floculação/decantação foram obtidos quando usadas as seguintes concentrações, dos respectivos coagulantes: 32 ppm/2L de Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> (pH 6,8; cor 5; turbidez 0,19), 19 ppm de PAC (pH 6,5; cor 5; turbidez 0,65); 19 ppm

de cloreto férrico (pH 6; cor 10; turbidez 0,46). O coagulante  $Al_2(SO_4)_3$  mostrou-se mais adequado no tratamento simulado da água da ETA Iguaçu. Por isto, as avaliações microscópica e molecular (PCR) para detecção dos parasitos, após cada etapa de tratamento, são aqui descritas em experimentos usando este coagulante.

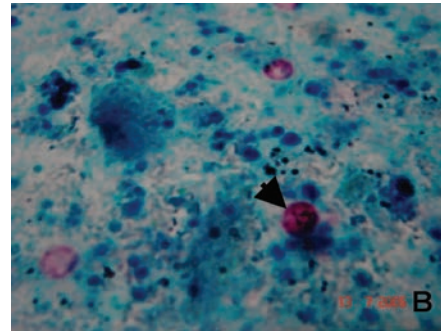
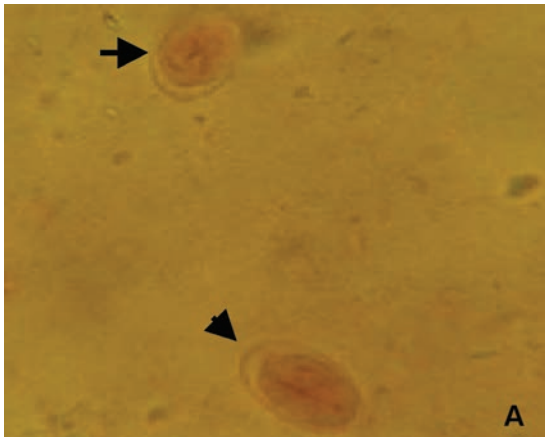
Os resultados da pesquisa de *Cryptosporidium* e *Giardia* no material floculado e decantado são apresentados na tabela 1. No material floculado, a avaliação microscópica (figura 4) e a técnica de PCR detectaram cistos de *Giardia* e oocistos de *Cryptosporidium* em todos os experimentos repetidos com diferentes concentrações de coagulante. Ainda que a PCR padronizada tenha mostrado sensibilidade para detectar 10 a 100 oocistos de *Cryptosporidium*, a retenção do parasito no material floculado foi observada, o que mostra certa eficiência do processo na remoção dos cistos e oocistos. No entanto, os parasitos ainda permaneceram na água decantada, sendo detectado DNA de *Giardia* por PCR nas concentrações de 24 a 30 ppm de  $Al_2(SO_4)_3$  e de *Cryptosporidium* nas concentrações de 24 a 28 ppm.

Na água filtrada, foi detectado DNA de *Giardia* por PCR demonstrando que o parasito pode ultrapassar a barreira de filtração rápida. Esta observação corrobora os achados de diferentes autores (DI BERNARDO e DANTAS, 2005, HELLER et al., 2004) e evidenciam a importância da desinfecção da água para inativar as formas de resistência dos parasitos. *Cryptosporidium* não foi detectado por microscopia ou PCR nas amostras de água filtrada, no entanto, não se pode descartar a sua presença, levando em consideração que a sensibilidade da PCR para este parasito, nos experimentos realizados, foi para detectar 100 oocistos.

Tabela 1 – Detecção de DNA de *Giardia* e *Cryptosporidium* pela técnica de PCR em diferentes etapas do processo de tratamento de água com três coagulantes.

Concentração de coagulante	Material floculado				Água decantada			
	<i>Giardia</i>		<i>Cryptosporidium</i>		<i>Giardia</i>		<i>Cryptosporidium</i>	
	MO	PCR	MO	PCR	MO	PCR	MO	PCR
24 ppm	+	+	+	+	+	+	+	+
26 ppm	+	+	+	+	+	+	+	+
28 ppm	+	+	+	-	+	+	+	+
30 ppm	+	+	+	+	-	+	-	-
32 ppm	+	+	+	+	-	-	-	-

Figura 4 – Cistos de *Giardia* (A) corados com lugol e oocistos de *Cryptosporidium* (B) corados com Ziehl Neelsen entre partículas floculadas no processo de coagulação com sulfato de alumínio. Aumento 1000X.

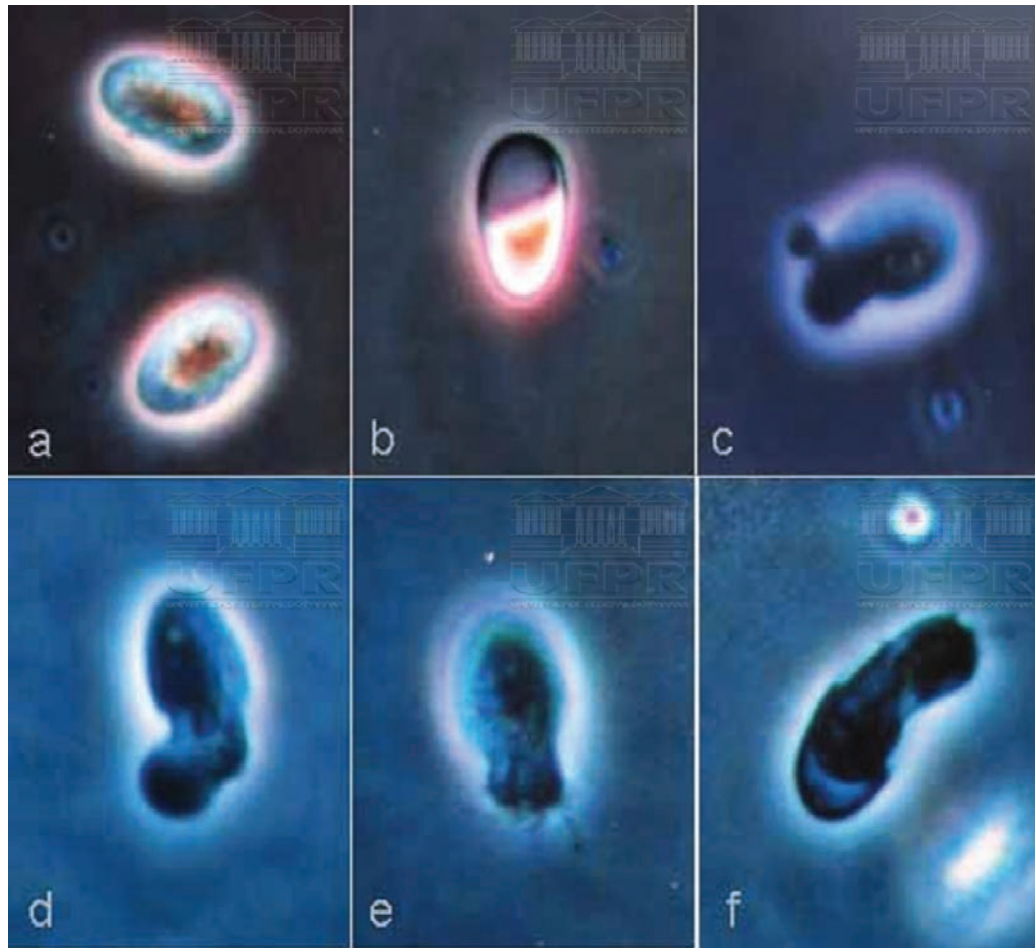


## 4.2 Processos químicos e físicos para inativação de protozoários em água

### 4.2.1 Metodologias de desencistamento

As técnicas usadas no presente trabalho para avaliar a viabilidade permitiram identificar claramente os cistos intactos e parcialmente desencistados (figura 5), bem como os trofozoítos de *Giardia*. Também em *Cryptosporidium* foi possível detectar as formas desencistadas e parcialmente desencistadas (figura 6).

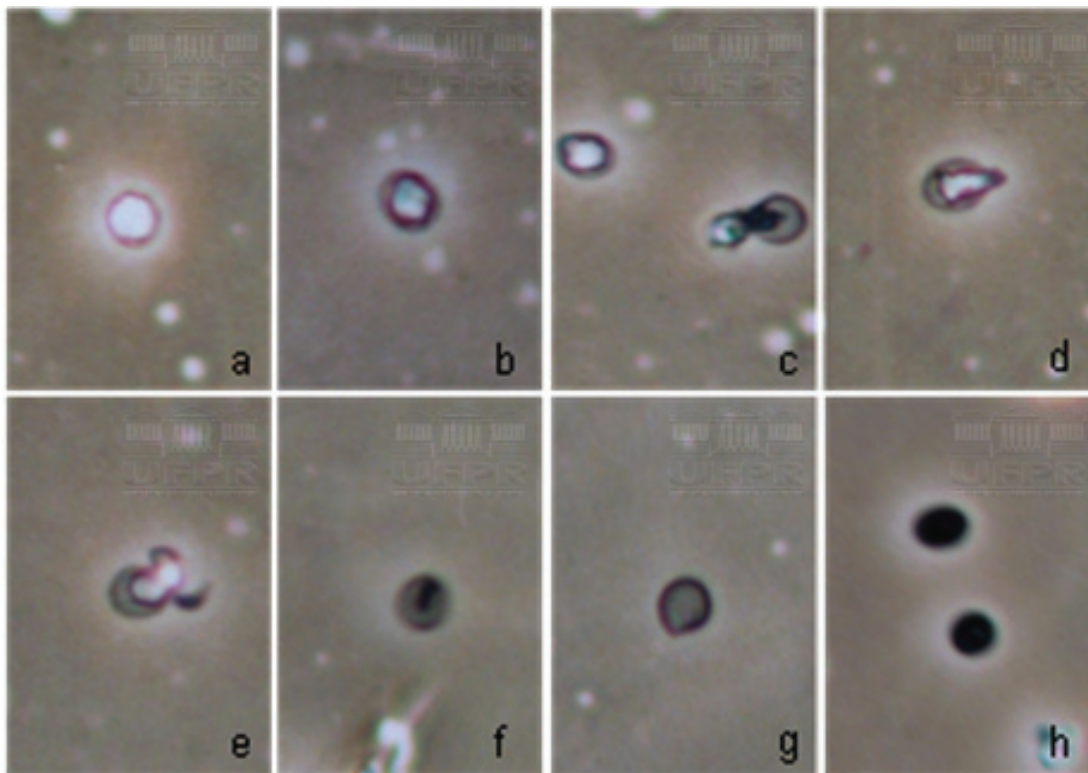
Figura 5 – Desencistamento *in vitro* de *Giardia* em microscopia de contraste de fase (400X). (a) e (b) cistos intactos; (c), (d), (e) e (f) cistos parcialmente desencistados.



As técnicas de desencistamento *in vitro* constituem uma das alternativas para avaliar a viabilidade de protozoários. Alguns autores relatam que ela é superior às técnicas baseadas no uso de corantes vitais como eosina, diacetato de fluoresceína (FDA) e iodeto de propídio (PI) (BINGHAM et al., 1979; SMITH & SMITH, 1989). Para protozoários pertencentes ao gênero *Giardia*, há indicação de que o teste de viabilidade é consistente e pode ser usado para avaliação de cinética de inativação com uso de desinfetantes (OWENS et al., 1994, RENNECKER et al., 1999). Para *Cryptosporidium* ainda são necessários mais trabalhos para se chegar a um consenso. Na definição da metodologia de avaliação de viabilidade, deve-se levar em consideração a facilidade e rapidez de execução e um resultado que possa representar melhor a realidade, bus-

cando equilibrar as vantagens e desvantagens de cada método. Levando em conta estas variáveis, neste trabalho foi escolhido o método de desencistamento.

Figura 6 – Desencistamento in vitro de *Cryptosporidium* em microscopia de contraste de fase (400x). (a) e (b) oocistos intactos; (c), (d) e (e) oocistos parcialmente desencistados; (f) e (g) oocistos desencistados (apenas a membrana do oocisto); (h) oocistos intactos, com destruição das estruturas internas por exposição ao ozônio.



#### 4.2.2 Desinfecção por ácido hipocloroso

A viabilidade dos cistos de *Giardia* pela exposição ao ácido hipocloroso, em solução tamponada preparada com água ultra pura, apresentou redução de 98,06% na concentração de 1,5 ppm no tempo de contato de 30 minutos apresentando, portanto CT de 43,5. Na concentração de 2 ppm a redução foi de 99,45% em 30 minutos com um CT de 55,2. Os parâmetros temperatura, turbidez, cor aparente e pH, avaliados nestes experimentos, foram similares (tabelas 2 e 3).

Tabela 2 – Parâmetros analisados durante a etapa de desinfecção de água (pH 7) por de cloro (1,5 ppm), usando *Giardia* como organismo indicador.

Tempo (minutos)	Temperatura (°C)	Turbidez (uT)	Cloro (ppm)	Cor aparente**	pH	CT	Redução Viabilidade (%)
0	15,5	0,30	1,50	B	7,05	-	0
5	15,5	0,30	1,52	B	7,07	-	-
10	15,7	0,30	1,47	B	7,10	-	-
15	16,1	0,30	1,47	B	7,10	-	-
30	16,1	0,30	1,45	B	7,10	43,5	98,06
45	16,5	0,30	1,46	B	7,10	65,7	97,63
60	16,5	0,30	1,52	B	7,10	91,2	97,71
90	16,5	0,30	1,50	B	7,10	-	-

\* Concentração de cloro restituída a 1,5 ppm com adição de ácido hipocloroso após cada aferição nos tempos determinados.

\*\* Cor aparente: Boa (B).

Tabela 3 – Parâmetros analisados durante a etapa de desinfecção de água (pH 7) por cloro (2,0 ppm) usando *Giardia* como organismo indicador.

Tempo (minutos)	Temperatura (°C)	Turbidez (uT)	Cloro (ppm)	Cor aparente**	pH	CT	Redução Viabilidade (%)
0	16	0,31	2,00	B	7,02	-	0
5	16	0,30	1,92	B	7,00	-	-
10	16	0,30	1,88	B	7,00	-	-
15	16	0,30	1,86	B	7,00	-	-
30	16,5	0,29	1,84	B	7,00	55,2	99,45
45	16,5	0,30	1,80	B	7,00	81,0	99,52
60	16,5	0,27	1,76	B	7,00	117,6	99,63
90	16,5	0,27	1,76	B	7,00	176,4	100

\* Concentração de cloro restituída a 2 ppm com adição de ácido hipocloroso após cada aferição nos tempos determinados.

\*\* Cor aparente: Boa (B) .

Considerando que o valor de redução da viabilidade dos cistos de *Giardia* foi maior na concentração de 2 ppm, foi repetido o experimento com água *in natura* proveniente da ETA do Rio Irai, e que passou por processo de tratamento, em escala laboratorial, até a etapa de decantação. A inativação dos cistos foi similar à obtida em solução tamponada no tempo de 30 minutos e chegou a 100% após 45 e 60 minutos. Quanto aos parâmetros da água de ETA, apenas a turbidez apresentou valor mais elevado (0,55 + 0,03 uT) que da solução tamponada (0,29 + 0,01 uT) (tabela 4), devido ao maior grau de pureza desta última.



Tabela 4 – Parâmetros analisados durante a etapa de desinfecção da água filtrada (ETA Iraí) por cloro (2,0 ppm), usando *Giardia* como organismo indicador.

Tempo	Temperatura (°C)	Turbidez (uT)	Cloro (ppm)	Cor Aparente**	pH	CT	Redução Viabilidade (%)
0	18	0,5	2,0	B	6,96	-	0
5	18	0,55	1,97	B	6,97	-	-
10	18	0,55	1,92	B	6,97	-	-
15	18	0,55	1,88	B	6,97	-	-
30	18	0,55	1,86	B	6,97	55,8	99,15
45	17,8	0,50	1,92	B	6,90	86,4	100
60	17,8	0,50	1,90	B	6,87	114	100
90	17,8	0,50	1,90	B	6,87	171	100

\* Concentração de cloro restituída a 2 ppm com adição de ácido hipocloroso após cada aferição nos tempos determinados.

\*\* Cor aparente: Boa (B).

Quanto a *Cryptosporidium*, observou-se baixa eficiência do cloro na inativação dos oocistos. Aos 15 minutos de contato houve redução de apenas 6,71% da viabilidade em relação ao experimento controle. Nos tempos de 30 a 60 minutos a redução foi de 36,72% e aos 120 minutos, de 49,04% com CT de 219,6. Os parâmetros temperatura, turbidez e pH, bem como a redução da viabilidade, estão apresentados na tabela 5.

Tabela 5 – Parâmetros analisados durante a etapa de desinfecção de água (pH 7) por ácido hipocloroso (2,0 ppm), usando como organismo indicador *Cryptosporidium*.

Tempo	Temperatura (°C)	Turbidez (uT)	Cloro (ppm)	Cor Aparente**	pH	CT	Redução Viabilidade (%)
0	20,6	0,11	2,08	B	7,57	-	0
15	20,1	0,11	2,06	B	7,55	-	6,71
30	20,0	0,11	2,03	B	7,55	-	38,81
45	19,9	0,11	1,96	B	7,54	-	36,72
60	19,9	0,11	1,83	B	7,54	-	37,92
120	19,9	0,11	1,83	B	7,54	219,6	49,04

\* Concentração de cloro restituída a 2 ppm com adição de ácido hipocloroso após cada aferição nos tempos determinados.

\*\* Cor aparente: Boa (B).



Para cistos de *Giardia*, Di Bernardo e Dantas (2005), após pesquisa bibliográfica, relatam valores de CT de 47 a 150 para inativação de 3 Log (99,9%) quando cistos do protozoário foram submetidos a desinfecção por cloro. Em nossos experimentos, trabalhando com temperatura entre 16 e 18 °C e pH 7, obtivemos CT de 55 a 117 para inviabilizar 99% dos cistos e acima de 170 para inativação de 100%. Fatores experimentais tais como a origem dos cistos (obtidos de humanos de diferentes localidades, de cultivo ou de animais) e a metodologia de avaliação da viabilidade podem interferir nos valores de CT. O pH e a temperatura também podem interferir na suscetibilidade dos cistos ao cloro (JARROL et al., 1981), por isto é necessário adequar a dosagem de cloro conforme a temperatura predominante na região, na estação do ano ou mesmo durante o dia.

Sabe-se que *Cryptosporidium* é mais resistente ao cloro do que *Giardia* (KORICH et al., 1990; FAYER et al., 1994). Em experimento para avaliação de derivados de cloro, Korich et al. (1990) relataram que foram necessárias concentrações de 80 ppm de cloro livre por 90 minutos para promover a inativação de oocistos de *Cryptosporidium*, a 25 °C em pH 7, com valores CT de 7200. Nos trabalhos de Fayer et al. (1994), oocistos submetidos à solução de hipoclorito de sódio a 5,25% por um período de duas horas, foram ainda capazes de infectar animais de laboratório, o que confirma a resistência deste parasito ao cloro. Em estações de tratamento de água, a utilização de concentrações mais elevadas de hipoclorito de sódio é inviável e não recomendada pela possibilidade de formação de subprodutos tóxicos como trihalometanos (BELLAR et al., 1974; ROOK, 1974). Além disso, o tempo de retenção da água numa estação convencional é de 60 a 120 minutos (Sanepar, informação pessoal). A ineficiência deste produto na inativação de *Cryptosporidium* demanda, portanto, o uso de outras substâncias que possam auxiliar ou agir sinergicamente na desinfecção da água.

#### 4.2.3 Desinfecção por dióxido de cloro

O dióxido de cloro foi eficiente para inativar 100% dos cistos de *Giardia* nas concentrações de 0,2 ppm a partir de 15 minutos de exposição apresentando um CT de 3. Nas concentrações de 0,5, 1 e 2 ppm a eficiência foi de 100% a partir de cinco minutos de exposição (tabela 6).

Tabela 6 – Eficiência do dióxido de cloro na inativação de cistos de *Giardia* (103/mL) em água (pH 7, 19 °C)

Tempo*	Cloro (ppm)				Redução de viabilidade (%)				CT
	0,2	0,5	1	2	0,2	0,5	1	2	
0	0,18	0,47	0,94	2,03	0	0	0	0	
5	0,14	0,32	0,75	1,92	97,96	100	100	100	
15	0,13	0,35	0,71	1,75	100	100	100	100	3**
30	0,10	0,37	0,73	1,91	nr	nr	nr	nr	
45	0,07	0,33	0,70	1,90	nr	nr	nr	nr	

nr: não realizado; \* não mostrados dados de 60 a 120 minutos, pois o cloro residual e a inativação permaneceram constantes; \*\* indicado CT para maior índice de inativação com menor concentração de cloro.

Estudos de Jarrol et al. (1981), com dióxido de cloro, demonstraram que cistos de *Giardia* purificados de fezes de humanos foram inativados, na sua totalidade, quando submetidos ao produto na concentração de 1,5 ppm, por 10 minutos, a 25 °C, em faixas de pH de 6 a 8. Sob temperatura de 22 °C e pH 7, Kong et al. (1988) descreveram ser necessárias concentrações de 5 ppm por 10 minutos para completa inativação, sendo que a concentração de 2 ppm neste tempo inativou 91% dos cistos apresentando um CT de 20. Os índices de inativação de *Giardia* obtidos neste trabalho com dióxido de cloro estão dentro da faixa descrita por Di Bernardo e Dantas (2005). Estes autores afirmam que é necessário tempo de contato de 3,7 a 28 min para atingir um CT de 3,7 a 6,7 visando reduzir 99% de cistos de *Giardia muris*, a temperaturas de 25 °C, pH 7,0 e concentração de 0,22 a 1,13 mg/L.

Para *Cryptosporidium*, nas concentrações de 0,2 ppm e 0,5 ppm, o dióxido de cloro inativou apenas 30% dos oocistos, por isto foram realizados novos experimentos usando concentrações de 1, 2 e 5 ppm. A maior eficiência (90,56%) foi obtida com 5 ppm apresentando um CT de 450 (tabela 7).

Tabela 7 – Eficiência do dióxido de cloro na inativação de oocistos de *Cryptosporidium* (104/mL) em água ultra-pura (pH 7, 19 °C).

Tempo	Cloro (ppm)			Redução de viabilidade (%)			CT
	1	2	5	1	2	5	
0	1,10	2,01	5,02	0	0	0	
5	1,05	1,96	4,95	25,97	39,13	67,76	
15	0,99	1,90	4,78	37,42	31,12	65,63	
30	0,96	1,85	4,62	39,83	37,60	72,83	
45	0,93	1,93	4,76	28,04	49,40	74,09	
60	0,90	1,78	4,68	52,55	61,76	83,3	
90	0,87	1,74	4,52	49,32	82,15	90,56	
120	0,85	1,66	4,46	73,97	82,32	89,78	450*

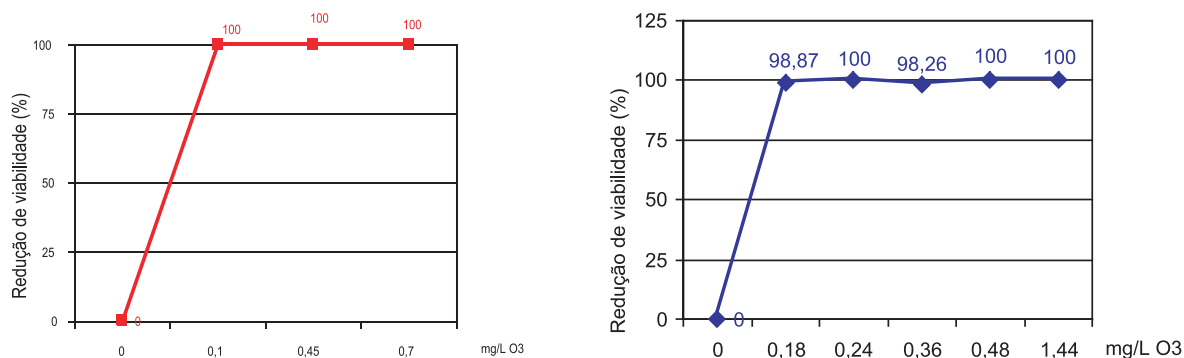
\* Indicado o CT para o maior índice de inativação (90,56%)

O trabalho de Korich et al. (1990) mostrou um valor CT de 78 (1,3 ppm por 60 minutos) para inativação de *Cryptosporidium* com dióxido de cloro. É reconhecido que as diferenças nos valores de CT dependem de muitos aspectos, incluindo a linhagem do microorganismo (CHAURET et al., 2001), pH, temperatura (LIYANAGE, 1998), além das características da água que podem alterar a demanda do desinfetante. No caso do Brasil, país de dimensão continental, a variação da qualidade da água pode ocorrer de um estado a outro e mesmo dentro de um mesmo estado. Por este motivo, é importante a avaliação da água nestas diferentes áreas, para melhor controlar as variáveis acima referidas nas estações de tratamento existentes no país.

#### 4.2.4 Desinfecção por ozônio

O ozônio foi eficiente para inativar 100% dos cistos de *Giardia* nas concentrações de 0,1; 0,45 e 0,7 mg/L, o que representa um CT de 0,1 (figura 7-A). A inativação total de *Cryptosporidium* foi obtida a partir da dose de 0,48 mg/L (Figura 7-B).

Figura 7 – Redução da viabilidade de cistos de *Giardia* (A) e *Cryptosporidium* (B) submetidos a ozônio em água ultrapura.



As taxas de CT para inativação de cistos de *Giardia* citadas na literatura variam de 0,006 a 2,0 (DI BERNARDO E DANTAS, 2005) dependendo da temperatura, do pH da água e da matéria orgânica presente na água. Para *Cryptosporidium*, estas taxas também variam de um trabalho a outro. Assim como para outros desinfetantes, as variáveis como temperatura, pH e concentração de matéria orgânica encontrada na água *in natura* do manancial onde ela é captada e as linhagens do parasito são fatores determinantes na eficiência da desinfecção (RENNECKER et al., 1999).

Como *Cryptosporidium* tem sido encontrado em diferentes regiões do Brasil, pode-se questionar o seguinte: 1) Existe variabilidade genética intra-específica para *Cryptosporidium* nas diferentes regiões do Brasil? 2) As diferentes linhagens apresentam o mesmo comportamento frente aos desinfetantes?

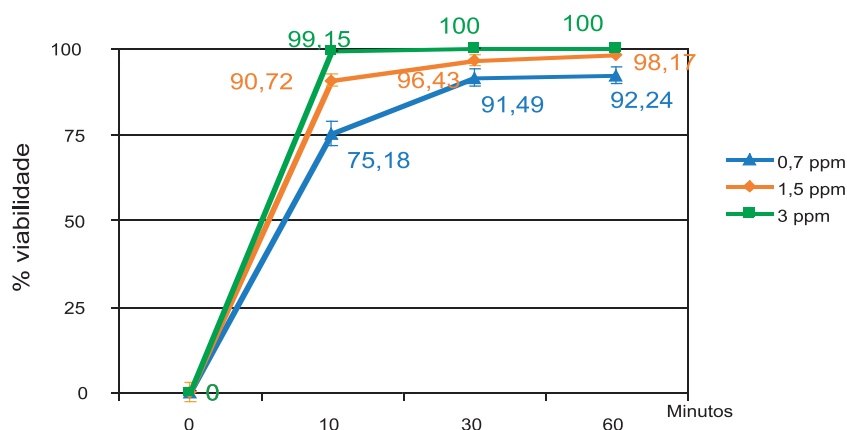
Na última década, *Cryptosporidium* passou a representar um importante problema de saúde pública por ter causado grandes epidemias de veiculação hídrica, com grande número de casos notificados principalmente em países desenvolvidos (BETANCOURT & ROSE, 2004, SAVIOLI et al., 2006; SMITH et al., 2006).

Mesmo estabelecidos os processos de tratamento de água adequados e uma correta operacionalização sabe-se que há passagem de oocistos de *Cryptosporidium* em água de beber (SMITH et al., 2006). Assim sendo, são necessárias barreiras eficientes para oocistos de protozoários resistentes ao cloro. Apesar de ser considerado mais dispendioso que o cloro, o ozônio vem sendo usado como desinfetante em muitas estações de tratamento de água em diferentes partes do Mundo. Ele mostrou-se uma excelente alternativa como desinfetante no pré ou pós-tratamento de água por ser altamente eficiente e por agir em doses baixas (MEUNIER et al., 2006). Pesquisas recentes têm mostrado que a aplicação seqüencial de diferentes desinfetantes é mais eficiente que o efeito de cada um individualmente, pois efeitos sinérgicos aumentam a eficiência da desinfecção da água (RENNECKER et al., 1999, DI BERNARDO e DANTAS, 2005, MEUNIER et al., 2006).

#### 4.2.5 Inativação de cistos de *Giardia* em pequenos volumes de água por iodo, soluções de vinagre e pelo calor

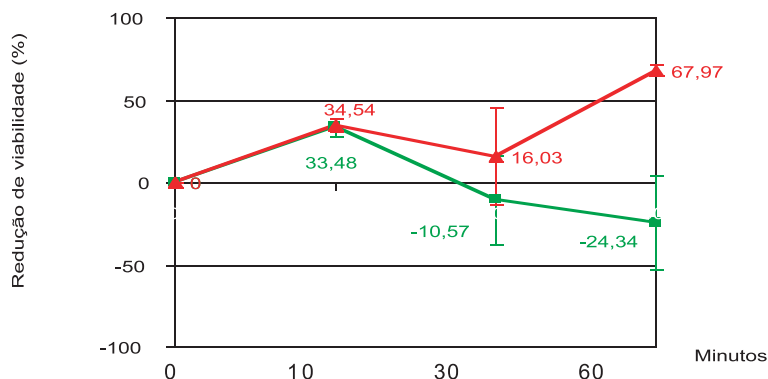
Iodo: A redução da viabilidade dos cistos de *Giardia* em água pela exposição a 0,7, 1,5 e 3 ppm de iodo, a partir de tintura de iodo 2%, está representada na figura 8. Houve uma acentuada redução de viabilidade dos cistos após 10 minutos (99,15%) apenas na concentração de 3 ppm, que foi eficiente para inativar completamente os cistos a partir de 30 minutos. A temperatura durante os experimentos foi de 24,9 ± 0,6 °C e o pH variou de 7,17 a 7,25. Estes dados são similares aos descritos por Jarrol et al. (1980) que observaram inativação maior que 99,8% de cistos de *Giardia* em água, após 30 minutos de contato com solução a 3,0 ppm, a 20 °C. Importante considerar que, neste mesmo experimento, os autores testaram uma concentração de iodo residual de 6,87 ppm à temperatura de 3 °C, detectando inativação de 93,3% após 30 minutos. Portanto, em temperaturas mais baixas a eficiência do desinfetante diminui.

Figura 8 – Redução da viabilidade de cistos de *Giardia duodenalis* submetidos a soluções de iodo em diferentes períodos de tempo



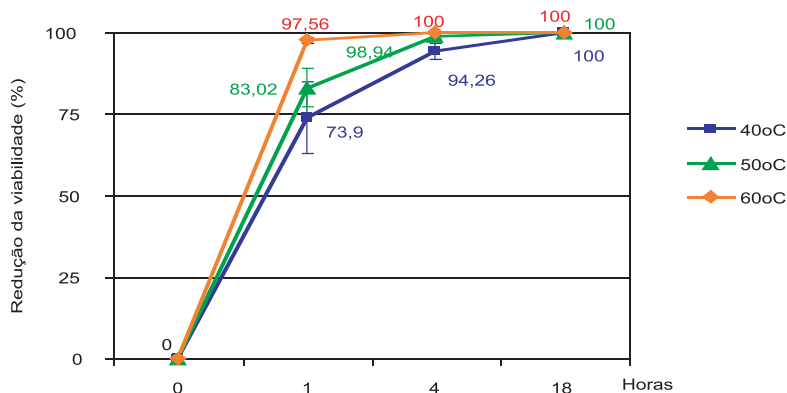
Vinagre: As soluções de vinagre foram ineficientes para inativar totalmente os cistos nos períodos de tempo testados, conforme ilustrado na figura 9. A redução de viabilidade máxima observada foi de 67,97% aos 60 minutos. Além disso, a concentração de vinagre de 16 mL induziu um aumento da viabilidade nos cistos testados. Considerando que soluções ácidas têm um efeito indutor de desencistamento (BINGHAM e MEYER, 1979), este aumento pode ter ocorrido em virtude da reativação de cistos que estariam metabolicamente menos ativos antes do contato com o vinagre. O vinagre é empregado habitualmente na desinfecção de hortaliças, entretanto, não há estudos científicos sobre sua eficácia na inativação de protozoários. Portanto, neste trabalho, fica comprovado que o uso do vinagre nestas concentrações não é eficiente na inativação de cistos de *Giardia*.

Figura 9 – Redução da viabilidade de cistos de *Giardia duodenalis* submetidos a soluções de vinagre em diferentes períodos de tempo



Temperatura: A redução da viabilidade dos cistos de *Giardia* em água pela exposição às temperaturas de 40 °C, 50 °C e 60 °C foi significativa após uma hora nas diferentes temperaturas avaliadas (figura 10). Para atingir 100% de redução da viabilidade dos cistos do protozoário foram necessárias 18 horas nas temperaturas de 40 °C e 50 °C e 4 horas a 60 °C. A fervura, por 10 e 30 segundos, inativou completamente os cistos, o que corrobora observações de Bingham et al. (1979) que demonstraram que a ebulição da água mata instantaneamente cistos de *G. muris*. As altas ou baixas temperaturas podem completar o efeito dos desinfetantes ou mesmo substituí-los quando possível. Segundo a literatura consultada, *Cryptosporidium parvum* é inativado se a temperatura da água atingir 72,4 °C por 1 minuto (FAYER, 1994).

Figura 10 – Viabilidade de cistos de *Giardia duodenalis* submetidos a temperaturas de 40 °C, 50 °C e 60 °C por diferentes períodos de tempo.



## 5 Conclusões

A técnica molecular (PCR) para detecção de *Giardia* em água mostrou-se sensível para detectar pequenas quantidades do parasito (10 cistos em 1.000 mL, recuperados de membrana após filtração). Para *Cryptosporidium*, a técnica apresentou sensibilidade para detectar 100 oocistos.

O tratamento convencional de água por coagulação/floculação/decantação mostrou redução significativa do número de cistos e oocistos, porém não os elimina completamente, sendo necessária a etapa de desinfecção.

Dentre as substâncias que podem ser usadas para desinfecção de água de abastecimento público, dióxido de cloro e ozônio mostraram-se mais eficientes para inativar *Giardia* (índices de 100% de inativação, quando usados 0,2 ppm por 15 minutos do primeiro e doses de 0,1 mg/L do segundo). Porém, apenas o ozônio foi capaz de inativar 100% de oocistos de *Cryptosporidium*, na dose de 0,48 mg/L.

Soluções de iodo a 3 ppm foram eficientes para inativar cistos de *Giardia* a partir de 30 minutos, podendo ser recomendadas para desinfecção de hortaliças e frutas.

O emprego do vinagre, nas concentrações de 16 mL e 64 mL, não teve efeito significativo na redução da viabilidade de cistos de *Giardia*.

A inativação dos cistos de *Giardia* por efeito térmico requer tempo de 18 horas em temperatura de 40 °C e 50 °C. Na temperatura de 60 °C a inativação ocorreu a partir de quatro horas. A fervura (100 °C) inativou cistos de protozoário em menos de um minuto. Processos que atinjam tais temperaturas nestes períodos de tempo podem ser eficientes para inativar cistos de protozoários.

## 6 Recomendações para utilização dos resultados pela Funasa e indicativo de custos

As metodologias moleculares, como a PCR, devem ser consideradas como alternativas para avaliação da qualidade da água tratada e de mananciais, no que diz respeito ao monitoramento de protozoários parasitos. A utilização cada vez mais frequente desta técnica tende a diminuir o custo de execução. Atualmente, para detecção de *Giardia* por PCR, o custo é estimado em R\$ 110,00 por amostra examinada. Para detecção de *Cryptosporidium* por PCR e *nested* PCR, o custo é estimado em R\$ 340,00 por amostra examinada.

No tratamento de água, deve-se recomendar a associação de duas ou mais barreiras, e utilização de outras substâncias desinfetantes mais efetivas ou que promovam um efeito sinérgico na inativação de protozoários.

As companhias de abastecimento devem:

- 1) Assegurar que os processos de tratamento sejam eficientes.
- 2) Avaliar periodicamente a água tratada quanto à presença de *Giardia* e *Cryptosporidium*.
- 3) Desenvolver programas de proteção das bacias hidrográficas para garantir menor contaminação de águas superficiais usadas para abastecimento público. Deve ser exigido destas companhias que o lodo com tratamento primário e secundário não seja despejado nas coleções de água para evitar sua contaminação com agentes patogênicos.

Devem ser implementadas ações de esclarecimento, para os técnicos de companhias de tratamento de água, sobre os parâmetros de desinfecção mais eficientes para remoção e inativação de protozoários parasitos.

As medidas de prevenção para *giardiose* e *criptosporidiose* devem ser difundidas para a população brasileira por meio de implementação de ações educativas.

## 7 Referências bibliográficas

ALVES, M.; XIAO, L.; SULAIMAN, I.; LAL, A. A.; MATOS, O.; ANTUNES, F. Subgenotype analysis of *Cryptosporidium* isolates from humans, cattle, and zoo ruminants in Portugal. **Journal of Clinical Microbiology**, v. 41, p. 2744-2747, 2003.

AMARAL, L. A.; NADER-FILHO, A.; ROSSI JUNIOR, O. D. Influência da precipitação pluviométrica nas características físicas, química e higiênico-sanitária da água de três mananciais de abastecimento público. **Revista Latino-Americana de Microbiologia**, v. 36, p. 33-38, 1994.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20<sup>th</sup> ed. Washington DC: APHA; AWWA; WEF, 1998.

BELLAR, T. A.; LICHTENBERG, J. J.; KRONER, R. C. The occurrence of organohalides in chlorinated drinking water. **Journal of American Water Works Association**, v. 66, p. 703-706, 1974.

BETANCOURT, W. Q.; ROSE, J. B. Drinking water treatment process for removal of *Cryptosporidium* and *Giardia*. **Veterinary Parasitology**, v. 126, p. 219-234, 2004.



BINGHAM, A. K.; JARROL, E. L.; MEYER, E. A. *Giardia* sp.: physical factors of excystation in vitro and excystation vs exclusion as determinants of viability. **Experimental Parasitology**, v. 47, p. 284-291, 1979.

BINGHAM, A. K.; MEYER, E. *Giardia* excystation can be induced *in vitro* in acidic solutions. **Nature**, v. 277, p. 301-302, 1979.

BLEARS, M. J.; POKORNY, J.; CARRENO, R. A.; CHEN, S.; DE GRANDIS, A. S.; LEE H.; TREVORS, J. T. DNA fingerprint of *Cryptosporidium parvum* isolates using amplified fragment length polymorphism (AFLP). **Journal of Parasitology**, v. 86, n. 4, p. 838-841, 2000.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n. 518, de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 25 mar. 2004. Seção 1, p. 266.

CHAURET, C. P.; RADZIMINSKI, C. Z.; LEPUIL, M.; CREASON, R.; ANDREWS, R. C. Chlorine dioxide inactivation of *Cryptosporidium parvum* oocysts and bacterial spore indicators. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 67, p. 2993-3001, 2001.

CHIOU, C. F. MARIÑAS, B. J.; ADAMS, J. Q. Modified indigo method for gaseous and aqueous ozone analyses. **Ozone Science Engineering**, v. 17, p. 329-344, 1995.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. **Métodos e técnicas de tratamento da água**. 2ª ed. São Carlos: Rima Editora, 2005.

ENEMARK, H. L.; AHRENS, P.; JUEL, C. D.; PETERSEN, E.; PETERSEN, R. F.; ANDERSEN, J. S.; LIND, P.; THAMSBORG, S. M. Molecular characterization of Danish *Cryptosporidium parvum* isolates. **Parasitology**, v. 125, n. 4, p. 331-341, 2002.

FAYER, R. Effect of high temperature on infectivity of *Cryptosporidium parvum* oocysts in water. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 60, n. 8, p. 2732-2735, 1994.

FEELY, D. E.; GARDNER, M. D.; HARDIN, E. L. Excystation of *Giardia muris* induced by a phosphate-bicarbonate medium: localization of acid phosphatase. **Journal of Parasitology**, v. 77, n. 3, p. 441-448, 1991.

GOBET, P.; BUISSON, I. C.; VAGNER, O.; NACIRI, M.; GRAPPIN, M.; COMPAROT, S.; HARLI, G.; AUBERT, D.; VARGA, I. Detection of *Cryptosporidium parvum* DNA in formed human feces by a sensitive PCR-based assay including uracil-N-glycosylase inactivation. **Journal of Clinical Microbiology**, v. 35, n. 1, p. 254-256, 1997.

HANNINEN, M. L.; HORMAN, A.; RIMHANEN-FINNE, R.; VAHTERA, H.; MALMBERG, S.; HERVE S.; LAHTI, K. Monitoring of *Cryptosporidium* and *Giardia* in the Vantaa river basin, southern Finland. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**, v. 208, n. 3, p. 163-171, 2005.

HARRIS, J. R.; PETRY, F. *Cryptosporidium parvum*: structural components of the oocyst wall. **Journal of Parasitology**, v. 85, n. 5, p. 839-849, 1999.

HELLER, L.; BASTOS, R. K. X.; VIEIRA, M. B. C. M. Os cistos de *Cryptosporidium* e cistos de *Giardia*: circulação no ambiente e riscos à saúde humana. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, Brasília, v. 13, n. 2, p. 79-92, 2004.

HIGGINS, J. A.; JENKINS, M. C.; SHELTON, D.; FAYER, R.; KARNS, J. S. Rapid extraction of DNA from *Escherichia coli* and *Cryptosporidium parvum* for use in PCR. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 67, n. 11, p. 5321-5324, 2001.

HOU, L.; LI, X.; DUNBAR, L.; MOELLER, R.; PALERMO, B.; ATWILL, E. R. Neonatal-mouse infectivity of intact *Cryptosporidium parvum* oocysts isolated after optimized *in vitro* excystation. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 70, n. 1, p. 642-646, 2004.

JARROLL, E. L.; BINGHAM, A. K.; MEYER, E. *Giardia* cyst destruction: effectiveness of six small-quantity water disinfection methods. **American Journal of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 29, n. 1, p. 8-11, 1980.

JARROLL, E. L.; BINGHAM, A. K.; MEYER, E. Effect of chlorine on *Giardia lamblia* cyst viability. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 41, n. 2, p. 483-487, 1981.

JELLISON, K.L; DISTEL, D.L; HEMOND, H.F; SCHAUER, D. B. Phylogenetic analysis of the hypervariable region of the 16S rRNA gene of *Cryptosporidium* oocysts in feces of Canada geese (*Branta canadensis*): evidence for five novel genotypes. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 70, n. 1, p. 452-458, 2004.

JIANG, J.; XIAO, L. An evaluation of molecular diagnostic tools for the detection and differentiation of human-pathogenic *Cryptosporidium* spp. **Journal of Eukaryotic Microbiology**, v. 50, p. 542-547, 2003.

JIANG, J.; ALDERISIO, A. A.; SINGH, A.; XIAO, L. Development o procedures for direct extraction of *Cryptosporidium* DNA from water concentrates and for relief of PCR inhibitors. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 71, n. 3, p. 1135-1141, 2005.

KONG, L. I.; SWANGO, L. J.; BLAGBURN, B. L.; HENDRIX, C. M.; WILLIAMS, D. E.; WORLEY, S. D. Inactivation of *Giardia lamblia* and *Giardia canis* cysts by combined and free chlorine. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 54, n. 10, p. 2580-2582, 1988.

KORICH, D. G.; MEAD, J. R.; MADORE, M. S.; SINCLAIR, N. A.; STERLING, C. R. Effects of ozone, chlorine dioxide, chlorine, and monochloramine on *Cryptosporidium parvum* Oocyst Viability. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 56, n. 5, p. 1453-1458, 1990.

KUHN, R. C.; ROCK, C.M; OSHIMA K.H. Occurrence of *Cryptosporidium* and *Giardia* in wild ducks along the Rio Grande River valley in southern New Mexico. **Applied and Environmental**, v. 68, n. 1, p. 161-165, 2002.

**LIYANAGE, L. R. J. Chlorine dioxide inactivation of *Cryptosporidium parvum* oocysts in water.** Edmonton, Alberta, 1998. 190 f. Thesis (Doctorate In Environmental Engineering) - University of Alberta, Canadá, 1998.

McLAUHLIN, J.; PEDRAZA-DIAZ, S.; AMAR-HOETZENEDER, C.; NICHOLS, G. L. Genetic characterization of *Cryptosporidium* strains from 218 patients with diarrhea

diagnosed as having sporadic cryptosporidiosis. **Journal of Clinical Microbiology**, v. 37, n. 10, p. 3153-3158, 1999.

MEUNIER, L.; CANONICA, S.; VON GUNTEN, U. Implications of sequential use of UV and ozone for drinking water quality. **Water Research**, v. 40, p. 1864-1876, 2006.

MORGAN, U. M.; PALLANT, L.; DWYER, B. W.; FORBES, D. A.; RICH, G.; THOMPSON, R. C. Comparison of PCR and microscopy for detection of *Cryptosporidium parvum* in human fecal specimens: clinical trial. **Journal of Clinical Microbiological**, v. 36, n. 4, p. 995-998, 1998.

NIME, F. A.; BUREK, J. D.; PAGE, D. L.; HOLSCHER, M. A.; YERDLEY, J. H. Acute enterocolites in an human being infected with the protozoan *Cryptosporidium*. **Gastroenterology**, v. 70, p. 592-598, 1976.

ORLANDI, P. A.; LAMPEL, K. A. Extraction free-filter based template preparation for rapid and sensitive PCR detection of pathogenic parasite protozoa. **Journal of Clinical Microbiology**, v. 38, p. 2271-2277, 2000.

ORTEGA-MORA, L. M.; TRONCOSO, J. M.; ROJO-VAZQUEZ, F. A., GOMEZ-BAUTISTA, M. Cross-reactivity of polyclonal serum antibodies generated against *Cryptosporidium parvum* oocysts. **Infection and Immunity**, v. 60, n. 8, p. 3442-3445, 1992.

OWENS, J. H.; MILTNER, R. J.; SCHAEFER III, F. W.; RICE, E. W. Pilot-scale ozone inactivation of *Cryptosporidium*. **Journal of Eukaryotic Microbiology**, v. 41, n. 5, p. S56-S57, 1994.

PHIPPS & BIRD. **G-Curves velocity gradient vs. agitator speed for a 2-liter square beaker (B-KER<sup>2</sup>)**. Disponível em: [http:// www. phippsbird.com/gcurve.html](http://www.phippsbird.com/gcurve.html). Acesso em 30 nov. 2006.

QUINTERO-BETANCOURT, W.; PEELE, E. R.; ROSE, J. B. *Cryptosporidium parvum* and *Ciclospora cayetanensis*: a review of laboratory methods for detection of these water-borne parasites. **Journal of Microbiology Methods**, v. 49, p. 209-224, 2002.

RENNECKER J. L.; MARINAS B. J.; OWENS J. H.; RICE E. W. Inactivation of *Cryptosporidium parvum* oocysts with ozone. **Water Research**, v. 33, n. 11, p. 2481-2488, 1999.

ROBERTS-THOMPSON, I. C.; STEVENS, D. P.; MAHMOUD, A. A.; WARREN, K. S. Giardiasis in the mouse: an animal model. **Gastroenterology**, v. 71, p. 57-61, 1976.

ROCHELLE, P. A.; DE LEON, R.; STEWART, M. H.; WOLFE, R. L. Comparison of primers and optimization of PCR conditions for detection of *Cryptosporidium parvum* e *Giardia lamblia* in water. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 63, n. 1, p.106-114, 1997.

ROOK, J. J. Formation of haloforms during chlorination of natural water. **Water Treatment Examination**, v. 23, p. 234-243, 1974.

SANCHEZ, P.; NETO, R. C. **Aspectos microbiológicos de água**. Campinas, 31 de agosto de 1999. Apostila.

SANEPAR. **Manual ensaio de floculação**: aplicação da melhor dosagem na ETA. Curitiba, agosto de 2006. Apostila.

SAVIOLI, L.; SMITH, H.; THOMPSON, A. *Giardia* and *Cryptosporidium* join the “Neglected Diseases Initiative”. **Trends in Parasitology**, v. 22, n. 5, p. 203-208, 2006.

SCORZA, A. V.; BREWER, M. M.; LAPPIN, M. R. Polymerase chain reaction for the detection of *Cryptosporidium* spp. in cat feces. **Journal of Parasitology**, v. 89, n. 2, p. 423-426, 2003.

SILVA, M. B. O. **Infecção natural e experimental de *Cryptosporidium parvum* em caprinos: avaliação clínica, parasitológica e da resposta humoral**. 2000. 131 f. Tese (Doutorado em Parasitologia) - Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2000.

SMITH, A. L.; SMITH, H. V. A comparison of fluorescein diacetate and propidium iodide staining and in vitro excystation for determining *Giardia intestinalis* cyst viability. **Parasitology**, v. 99, n. 3, p. 329-331, 1989.

SMITH, H. V.; CACCIO, S. M.; TAIT, A.; McLAUCHLIN, J.; THOMPSON, R. C. A. Tools for investigating the environmental transmission of *Cryptosporidium* and *Giardia* infections in humans. **Trends in Parasitology**, v. 22, n. 4, p. 160-167, 2006.

SPANO, F.; PUTIGNANI, L.; CRISANTI, A.; SALLICANDRO, P.; MORGAN, U. M.; LE BLANCQ, S. M.; TCHACK, L.; TZIPORI, S.; WIDMER, G. Multilocus genotypic analysis of *Cryptosporidium parvum* isolates from different hosts and geographical origins. **Journal of Clinical Microbiology**, v. 36, n. 11, p. 3255-3259, 1998.

TANRIVERDI, S.; TANYELI, A.; BASLAMISLI, F.; KOKSAL, F.; KILINC, Y.; FENG, X.; BATZER, G.; TZIPORI, S.; WIDMER, G. Detection and genotyping of oocysts of *Cryptosporidium parvum* by real-time PCR and melting curve analysis. **Journal of Clinical Microbiology**, v. 40, n. 9, p. 3237-3244, 2002.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Method 1623: ***Cryptosporidium* and *Giardia* in water by filtration/IMS/FA**. EPA. 821-R-99-006. April, 1999.

WARD, L. A.; WANG, Y. Rapid methods to isolate *Cryptosporidium* DNA from frozen feces for PCR. **Diagnostic Microbiology Infections Disease**, v. 41, p. 37-42, 2001.

WARD, L. A.; DESPLAZES, P.; REGLI, W.; RINDER, H.; MATHIS, A. Detection on eight *Cryptosporidium* genotypes in surface and waste waters in Europe. **Parasitology**, v. 124, p. 359-368, 2002.

WU, Z.; NAGANO, I.; MATSUO, A.; UGA, S.; KIMATA, I.; ISEKI, M.; TAKAHASHI, Y. Specific PCR primers for *Cryptosporidium parvum* with extra high sensitivity. **Molecular Cellular Probes**, v. 14, p. 33-39, 2000.

XIAI, L.; HERD, R.P.; RINGS, D.M. Diagnosis of *Cryptosporidium* on a sheep farm with neonatal diarrhea by immunofluorescence assays. **Veterinary Parasitology**, v. 47, n. 1-2, p. 17-23, 1993.

ZHOU, L.; SINGH, A.; JIANG, J.; XIAO, L. Molecular surveillance of *Cryptosporidium* spp. in raw water in Milwaukee: implications for understanding outbreak occurrence and transmission dynamics. **Journal of Clinical Microbiology**, v. 41, n. 11, p. 5254-5257, 2003.

## Anexo I

# Relação das Pesquisas conveniadas pela Funasa Programa de Pesquisa em Saúde e Saneamento

### Edital 001/2000

1. Indicadores biológicos da qualidade de água (Coliformes Fecais, *Escherichia coli* e *Cryptosporidium*) e o impacto das doenças de veiculação hídrica: Estudo de caso – Parque Cuiabá - Cuiabá/MT, coordenadora Edna Lopes Hardoim, Universidade Federal de Mato Grosso.
2. Tecnologias não convencionais para o tratamento de água para pequenas comunidades, incluindo desinfecção, coordenadora Cristina Célia Silveira Brandão, Universidade de Brasília.
3. Potenciais fatores de risco à saúde decorrentes da presença de subprodutos de cloração na água utilizada para consumo humano, coordenador Valter Lúcio de Pádua, Universidade Federal do Ceará.
4. Cemitérios como fonte potencial de contaminação das águas subterrâneas. Região de Cuiabá e Várzea Grande (MT), coordenador Renato Blat Migliorini, Universidade Federal de Mato Grosso.
5. Estudo de processos aplicados ao tratamento de efluentes de serviços de saúde com ênfase a etapa de remoção de organismos patogênicos, coordenador Luiz Olinto Monteggia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
6. Aplicação controlada de água residuária e lodo de esgoto, no solo para melhorar e incrementar a agricultura do semi-árido nordestino, coordenadora Annemarie König, Universidade Federal de Campina Grande.
7. Exclusão sanitária em Belo Horizonte (MG): caracterização e associação com indicadores de saúde, coordenador Léo Heller, Universidade Federal de Minas Gerais.
8. Avaliação de impacto das melhorias sanitárias domiciliares implantadas no Município de Vitória, coordenadora Cleunice Inácio Rodrigues, Prefeitura Municipal de Vitória.
9. Taipa para o Brasil, coordenador Marcondes Araújo Lima, Universidade Federal do Ceará.
10. Tecnologia de construção e adaptação de Unidades de Saúde para povos indígenas, coordenador Maria Fátima Roberto Machado, Universidade Federal de Mato Grosso.

11. Impactos na saúde e no Sistema Único de Saúde decorrentes de agravos relacionados a um saneamento ambiental inadequado, coordenador André Monteiro Costa, Fundação Oswaldo Cruz.

## **Edital 001/2001**

1. Detecção simplificada de coliformes totais e *Escherichia coli* em amostras de água utilizando substrato cromogênico em microplacas e metodologia NMP, coordenador Sérgio Túlio Alves Cassini, Universidade Federal do Espírito Santo.
2. Dessalinizador para obtenção de água potável em pequenas comunidades com utilização de resinas de troca iônica de energias alternativas, coordenadora: Andréa Lessa da Fonseca, Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte.
3. Produção de água potável através de destilação solar natural (Pirâmide), coordenador Maurício Luiz Sens, Universidade Federal de Santa Catarina.
4. Efeitos de fatores físicos e químicos no crescimento de cianobactéria e proposição de técnicas de tratamento de água para remoção de cianobactérias e cianotoxinas, coordenadora Sandra Maria Feliciano de Oliveira Azevedo, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
5. Potencial de florações de cianobactérias em um reservatório de abastecimento doméstico no Estado do Espírito Santo (Reservatório Duas Bocas), coordenadora Valéria de Oliveira Fernandes, Universidade Federal do Espírito Santo.
6. Desempenho de uma ETA convencional na remoção de protozoários em águas de abastecimento, coordenador Ricardo Franci Gonçalves, Universidade Federal do Espírito Santo.
7. Disposição no solo como uma alternativa de tratamento e pós-tratamento de esgoto para pequenas comunidades, coordenadora Sandra Tédde Santaella, Universidade Federal do Ceará.
8. Desenvolvimento de sistema compacto para tratamento de esgotos domésticos oriundos de populações dispersas ou de pequenas comunidades em áreas rurais (Siscote), coordenador Carlos Augusto de Lemos Chernicharo, Universidade Federal de Minas Gerais.
9. Simulação matemática de impacto da disposição final de efluentes sanitários em corpo receptor, caso estudo: sub-bacia de Arroio Demétrio, bacia hidrográfica do Rio Gravataí (RS), coordenador Sérgio João de Luca, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
10. Avaliação de sustentabilidade tecnológica e ambiental de aterros sanitários como método de tratamento e de disposição final de resíduos de serviços de saúde, coordenadora Liséte Celina Lange, Universidade Federal de Minas Gerais.



11. Avaliação de métodos de desinfecção de resíduo hospitalar e seu percolado, coordenador Sebastião Roberto Soares, Universidade Federal de Santa Catarina.
12. Tecnologia simplificada para remediação de área degradada por lixão Estudo de caso: Município de Araguari, coordenadora Maria de Fátima Abreu, Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais.
13. Barramento com pneus usados para contenção de solo e água (BAPUCOSA) terraceamento com tiras de pneus, coordenador José Geraldo Vasconcelos Baracuh, Universidade Federal de Campina Grande.
14. Avaliação de relevância da supervisão da Fundação Nacional de Saúde no desempenho de Estações de Tratamento de Águas operadas por Autarquias Municipais no Estado de Minas Gerais, coordenador Marcelo Libânio, Universidade Federal de Minas Gerais.
15. Uso de Indicadores Quali-quantitativos na avaliação dos serviços de saneamento na cidade de Salvador, Bahia, coordenadora Patrícia Campos Borja, Universidade Federal da Bahia.
16. Efetividade das ações de saneamento do Rio Grande do Norte, coordenadora Maria do Socorro Quirino Escoda, Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
17. Filtros domésticos: avaliação de sua eficácia e eficiência na redução de agentes patogênicos, coordenador Paulo Tadeu Ribeiro de Gusmão, Universidade Federal de Pernambuco.
18. Tecnologia de construção e adaptação de unidades de saúde para os povos indígenas, coordenadora Maria Fátima Roberto Machado, Universidade Federal de Mato Grosso.

### **Edital 001/2003**

1. Avaliação do rendimento, qualidade da água produzida e custos de dessalinizadores instalados no Município de Poço Redondo (SE), coordenador Mario Takayuki Kato, Universidade Federal de Pernambuco.
2. Metodologia para localização de obras superficiais e subsuperficiais de captação de água através de mapeamento de zonas de qualidade de água (Maquasu), coordenador José Dantas Neto, Universidade Federal de Campina Grande.
3. Avaliação da eficiência do protocolo de tratamento de água na ETA Vila C no controle de larvas de *Limnoperna fortunei*, coordenador Cleverson Vitório Andreoli, Companhia de Saneamento do Paraná.
4. Avaliação de métodos de remoção e inativação de formas de resistência de protozoários parasitos da água, coordenadora Vanete Thomaz Soccol, Universidade Federal do Paraná.

5. Avaliação da aplicação do dióxido de cloro no tratamento de água para consumo humano, coordenador Rafael Kopschitz X. Bastos, Universidade Federal de Viçosa.
6. Avaliação da filtração em múltiplas etapas para remoção de turbidez de águas superficiais (Fimertas), coordenadora Luiza Cintra Campos, Universidade Federal de Goiás.
7. Proteção sanitária das cisternas utilizadas na reservação de águas pluviais para uso domiciliar: aspectos técnicos e educacionais, coordenador Valter Lúcio de Pádua, Universidade Federal de Minas Gerais.
8. Adsorção de cianotoxinas em diferentes matrizes, coordenadora Marta Maria Menezes Bezerra Duarte, Instituto de Tecnologia de Pernambuco.
9. Utilização de processos oxidativos avançados para remediação de águas contaminadas com toxinas produzidas por cianobactérias, coordenador Patrício Peralta Zamora, Universidade Federal do Paraná.
10. Desfluoretação de águas subterrâneas, coordenador Eduardo Lobo Alcayaga, Universidade de Santa Cruz do Sul.
11. Contribuições ao Desenvolvimento de Concepções alternativas de tanques sépticos, coordenador Daniel Costa dos Santos, Universidade Federal do Paraná.
12. Arranjos tecnológicos para tratamento de esgotos sanitários de forma descentralizada, coordenador Luiz Sérgio Philippi, Universidade Federal de Santa Catarina.
13. Promoção de saneamento ambiental em pequenas comunidades e regiões carentes, coordenador Harrysson Luiz da Silva, Universidade Federal de Santa Catarina.
14. Saneamento ambiental em comunidades rurais do entorno do Parque Estadual do Rio Preto, Vale do Jequitinhonha, coordenadora Rosana Passos Beininger Cambraia, Faculdades Federais Integradas de Diamantina.
15. Tecnologia de sistemas condominiais de esgotos: uma avaliação de sua aplicação em cidades de diferentes portes, coordenador Augusto Fernandes Carvalho Sá de Oliveira, Universidade Federal da Bahia.
16. Avaliação das condições sanitárias de microáreas, de ligações intradomiciliares da rede de esgotamento sanitário do Programa Bahia Azul, coordenadora Rita de Cássia Franco Rêgo, Universidade Federal da Bahia.
17. Programas municipais de coleta seletiva de lixo como fator de sustentabilidade dos sistemas públicos de saneamento ambiental na região metropolitana de São Paulo (Coselix), coordenadora Helena Ribeiro, Universidade de São Paulo.
18. Representações e práticas sociais ligadas a Gestão Água, coordenadora Ariane Kuhnen, Universidade Federal de Santa Catarina.
19. Percepções e usos da água em pequenas comunidades: uma perspectiva antropológica, coordenadora Carla Costa Teixeira, Universidade de Brasília.



20. Gestão de odores em uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) utilizando o processo de biofiltração, coordenador Paulo Belli Filho, Universidade Federal de Santa Catarina.
21. Impacto das ações de saneamento na saúde das populações das terras indígenas de Ivaí e Faxinal no Estado do Paraná, coordenador Max Jean de Ornelas Toledo, Universidade Estadual de Maringá.
22. Pesquisa-ação no Distrito de Iauaretê do Município de São Gabriel da Cachoeira (AM), coordenadora Maria Cecília Focesi Pelicioni, Universidade de São Paulo.
23. Proposta de melhorias no sistema de manejo e disposição dos resíduos sólidos para pequenas comunidades/PRORESOL, coordenadora Viviana Maria Zanta, Universidade Federal da Bahia.
24. Implantação de um sistema de gestão integrada de resíduos sólidos no Arraial de São Francisco do Mombaça (BA), coordenadora Sandra Maria Furiam Dias, Universidade Estadual de Feira de Santana.
25. Tecnologia para otimização do uso da água no domicílio, coordenadora Lúcia Helena de Oliveira, Universidade Federal de Goiás.

### **Edital 001/2007**

1. “Sistema simplificado de tratamento de água para remoção de cor a ser utilizada nas pequenas comunidades rurais na Amazônia utilizando plantas como coagulante natural”, coordenador Ézio Sargentini Júnior, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Ministério da Ciência e Tecnologia.
2. “Estudo da minimização das perdas físicas em sistema de distribuição de água utilizando o modelo EPANET”, coordenador Gilson Alberto Rosa Lima, Universidade Federal do Mato Grosso.
3. “Aplicação da eletrodialise para remoção de compostos nitrogenados em águas para abastecimento público”, coordenador Andréa Moura Bernardes, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
4. “Aprimoramento de tecnologia de potabilização para remoção de microalgas, cianobactérias e cianotoxinas presentes em mananciais de captação superficial eutrofizados por filtração direta com filtro autolimpante”, coordenador Maurício Luiz Sens, Universidade Federal de Santa Catarina.
5. “Uso associado de técnicas computacionais e de experimentação voltado ao gerenciamento de perdas em sistemas de abastecimento de água”, coordenador Peter Batista Cheung, Universidade Federal de Santa Catarina.

6. “Pós-tratamento de esgotos usando filtro raiz em áreas alagáveis”, coordenador Alex Fabiano Ribeiro de Magalhães, Fundação Centro de Análise, Pesquisa e Inovação Tecnológica.
7. “Avaliação e análise comparativa de três diferentes sistemas de Wetlands - Fluxo Superficial, Vertical e Sub-superficial - utilizados para o tratamento de efluentes pluviais contaminados por poluição de origem difusa para o tratamento de esgotos brutos e para o pós-tratamento de efluentes de reatores UASB”, coordenador Marcos Von Sperling, Universidade Federal de Minas Gerais.
8. “Tecnologia de tratamento de lodo de tanque séptico unifamiliar conjuntamente com resíduos sólidos orgânicos para municípios de pequeno porte do semi-árido paraibano - TECTRALORO”, coordenador José Tavares de Sousa, Universidade Estadual da Paraíba.
9. “Avaliação operacional e da eficiência de lagoas de estabilização no Estado do RN – ALERN”, coordenador André Luis Calado Araújo, Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte.
10. “Alternativas de gerenciamento seguro de lodos de esgotos sob a ótica do saneamento descentralizado”, coordenador Luiz Sérgio Philippi, Universidade Federal de Santa Catarina.
11. “Adaptação de parâmetros de projeto para lagoas de estabilização aplicáveis às condições climáticas da bacia hidrográfica do rio do Peixe, Região Meio-Oeste do Estado de Santa Catarina - LAGPEIXE”, coordenador Pablo Heleno Sezerino, Universidade do Oeste de Santa Catarina.
12. “Modelos de gestão dos serviços de saneamento no Brasil: limites e possibilidades”, coordenador Luiz Roberto Santos Moraes, Universidade Federal da Bahia.
13. “Participação e mobilização social: Metodologia em ações educativas para o saneamento ambiental para pequenos municípios”, coordenador Sandra Maria Furiam Dias, Universidade Estadual de Feira de Santana.
14. “Avaliação comparativa de gestão de serviços de saneamento em diferentes modelos institucionais. Estudo em três municípios do Espírito Santo - GESANTO”, coordenador Léo Heller, Universidade Federal de Minas Gerais.
15. “Saneamento ambiental, sustentabilidade e permacultura em assentamentos rurais - Samspar”, coordenador Bernardo Arantes do Nascimento Teixeira, Universidade Federal de São Carlos.

## **Programa de Pesquisa em Saúde e Saneamento**

### **Comitê Científico**

#### **Ruy Gomide Barreira**

Coordenador Geral do Comitê  
Diretor do Densp/**Funasa**/MS

#### **Patrícia Valeria Vaz Areal (suplente)**

Coordenadora Geral  
Cgcot/Densp/**Funasa**/MS

#### **Filomena Kotaka**

Secretaria Executiva  
Codet/Cgcot/Densp/**Funasa**

#### **Selma Irene Antonio (suplente)**

Codet/Cgcot/Densp/**Funasa**/MS

#### **Mara Lúcia Carneiro Oliveira**

Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS)

#### **Carlos Florêncio Corvalan (suplente)**

Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS)

#### **Odir Clécio da Cruz Roque**

Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz)/MS

#### **Simone Cynamon Cohen (suplente)**

Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz)/MS

#### **Anna Virgínia Muniz Machado**

Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES)

#### **Marco Antônio de Souza (suplente)**

Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES)

#### **Paulo Sérgio Scalize**

Associação dos Serviços Municipais de Saneamento (Assemae)

**Clóvis do Nascimento Filho (suplente)**

Associação dos Serviços Municipais de Saneamento (Assemae)

**Ana Maria Barbosa Silva**

Financiadora de Estudos e Projetos – Finep/MCT

**Célia Maria Poppe de Figueiredo (suplente)**

Financiadora de Estudos e Projetos - Finep/MCT

**Cícero Onofre de Andrade Neto**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)

**Paula Dias Bevilacqua**

Universidade Federal de Viçosa (UFV)

**Luiz Antônio Daniel**

Escola de Engenharia de São Carlos/USP

**Alexandre Araújo Godeiro Carlos (suplente)**

Ministério das Cidades

**Álvaro Bittencourt Henrique Silva**

Cgesa/Densp/Funasa/MS

**José Antônio da Motta Ribeiro (suplente)**

Suest-SP/Funasa/MS

**Vilma Ramos Feitosa**

Desam/Funasa/MS

**Everaldo Resende Silva (suplente)**

Cgesa/Densp/Funasa/MS

**Francisco de Assis Quintieri**

Suest-RJ/Funasa/MS

**Rainier Pedraça Azevedo (suplente)**

Suest-AM/Funasa/MS

**Marcelo Libânio Coutinho**

Suest-MG/Funasa/MS

## **Colaboradores (ex-membros do Comitê Científico e instituições que representavam)**

**Aldo Pacheco Ferreira** - Fundação Oswaldo Cruz – Fiocruz/MS  
**Ana Maria Nogueira** - Financiadora de Estudos e Projetos – Finep/MCT  
**Andréa Gonçalves Fujichima** - Decit/Ministério da Saúde  
**Angélica Rogério de Miranda Pontes** - Decit/ Ministério da Saúde  
**Antônio da Costa Miranda** - Associação dos Serviços Municipais de Saneamento - Assemae  
**Cristiana Maria Toscano** - Decit/ Ministério da Saúde  
**Cristina Célia Silveira Brandão** - Universidade de Brasília - UnB  
**Daniela Buosi** - Decit/ Ministério da Saúde  
**Elizabeth Pinto Guedes** - Financiadora de Estudos e Projetos – Finep/MCT  
**Iván Estribí Fonseca** - Organização Pan-Americana da Saúde – OPAS  
**Jacira Azevedo Câncio** - Organização Pan-Americana da Saúde - OPAS  
**Jazielli de Carvalho Sá** - Associação dos Serviços Municipais de Saneamento – Assemae  
**José Raimundo Machado** - Diretor do Densp/**Funasa**/MS  
**Kátia Regina Ern** - Diretora do Densp/**Funasa**/MS  
**Luiz Roberto Santos Moraes** - Universidade Federal da Bahia (UFBA)  
**Maria Lúcia Prest Martelli** - Codet/Cgcot/Densp/**Funasa**  
**Norma Lúcia de Carvalho** - Ministério das Cidades  
**Ana Paula Neiva (suplente)** - Ministério das Cidades  
**Regina Célia Borges de Lucena** - Decit/ Ministério da Saúde  
**Rosane Radunz Coimbra** - Associação dos Serviços Municipais de Saneamento - Assemae  
**Sadi Coutinho Filho** - Diretor do Densp/**Funasa**/MS  
**Sérgio Antônio Gonçalves** - Associação dos Serviços Municipais de Saneamento - Assemae  
**Teófilo Carlos Nascimento Monteiro** - Fundação Oswaldo Cruz - Fiocruz/MS  
**Vanessa Guimarães Machado** - Decit/ Ministério da Saúde

## **Coordenação do Programa de Pesquisa em Saúde e Saneamento**

**Patrícia Valéria Vaz Areal** - Coordenadora Geral – Cgcot/Densp/**Funasa**/MS  
**Filomena Kotaka** - Coordenadora - Codet/Cgcot/Densp/**Funasa**/MS  
**Selma Irene Antonio** - Codet/Cgcot/Densp/**Funasa**/MS  
**Rosa Maria Vahia Terzella** - Codet/Cgcot/Densp/**Funasa**/MS  
**Ana Lúcia Magalhães Mariani** - Codet/Cgcot/Densp/**Funasa**/MS  
**Alexandra Lima da Costa** - Codet/Cgcot/Densp/**Funasa**/MS  
**Maria das Graças Dias** - Codet/Cgcot/Densp/**Funasa**/MS

## **Colaboradores**

**Pedro Ivo de Almeida Santos**  
Eng Consultoria e Projetos S/S Ltda.

## **Romeu Francisco Gadotti**

Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão

## **Elaboração**

**Rosa Maria Vahia Terzella** - Codet/Cgcot/Densp/Funasa/MS

**Cristina Yuriko Iamamoto** - Ministério da Ciência e Tecnologia

**Filomena Kotaka** - Coordenadora - Codet/Cgcot/Densp/Funasa/MS

## **Supervisores**

**Cícero José de Souza** - Suest – MT/**Funasa**/MS

**Marise Gomes Carneiro Fernandes** - Suest – MT/**Funasa**/MS

**Irineu Felipe de Souza Sobrinho** - Suest – PR/**Funasa**/MS

**Marcos Batista de Resende** - Suest – ES/**Funasa**/MS

**Osman de Oliveira Lira** - Suest – PE/**Funasa**/MS

**Pedro Ivo de Almeida Santos** - Suest – SP/**Funasa**/MS

**Rainier Pedraça de Azevedo** - Suest – AM/**Funasa**/MS

**Sadi Coutinho Filho** - Suest – PR/**Funasa**/MS

## **Autores**

**Cleunice Inácio Rodrigues** – Coordenadora

Companhia de Desenvolvimento de Vitória - Prefeitura Municipal de Vitória

**Edna Lopes Hardoim** – Coordenadora

Professora do Instituto de Biociências da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT)

**Maria Cecília Focesi Pelicioni** – Coordenadora

Professora associada do Departamento de Prática de Saúde Pública da Faculdade de Saúde Pública - Universidade de São Paulo (USP)

**Mario Takayuki Kato** - Coordenador

Professor associado do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

**Paulo Tadeu Ribeiro de Gusmão** – Coordenador

Professor do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

**Sérvio Túlio Alves Cassini** – Coordenador

Professor associado do Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)

**Vanete Thomaz Soccol** – Coordenadora

Professora associada do Departamento de Patologia Básica da Universidade Federal do Paraná - UFPR.

