

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**QUALIDADE DA ÁGUA DE MÚLTIPLOS USOS NA
MICRORREGIÃO DE ITAPECURU-MIRIM-MA**

Lúcia Maria Coêlho Alves
Médica Veterinária

**JABOTICABAL - SÃO PAULO - BRASIL
2010**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**QUALIDADE DA ÁGUA DE MÚLTIPLOS USOS NA
MICRORREGIÃO DE ITAPECURU-MIRIM-MA**

Lúcia Maria Coêlho Alves

Orientador: Prof . Dr. Luiz Augusto do Amaral

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Medicina Veterinária (Medicina Veterinária Preventiva).

**JABOTICABAL - SÃO PAULO - BRASIL
Junho - 2010**

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

LÚCIA MARIA COELHO ALVES- Nascida em Cantanhêde-MA, em 13 de outubro de 1954, graduou-se em Medicina Veterinária pela Federação das Escolas Superiores do Maranhão, atual UEMA, em 1979. É docente da referida IES, onde ministra a disciplina de Microbiologia e faz pesquisas nas áreas de microbiologia clínica, microbiologia de alimentos e saúde pública veterinária. Fez duas pós-graduações lato sensu e em 1999 concluiu o mestrado em Medicina Veterinária (Medicina Veterinária Preventiva) pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Campus de Jaboticabal-SP.

EPÍGRAFE

“Quando a água é pura, o coração do
povo é forte... Quando a água é
suficiente, o coração do povo é
tranquilo.”

“Filósofo Chinês – Século IV A.C.”

A água também morre... e quando seca
- e a sua morte entristece tudo :
choram-lhe, enfim na desolação,
todos os seres vivos que a rodeiam
porque ela é o seio maternal da vida
e de tal maneira ama seus filhos rudes
que, muitas vezes para os salvar se deixa
ficar sem o murmúrio de uma queixa
prisioneira de poços e açudes...

“Trecho do poema da água, de Raul Machado”

Água

A água é fonte de vida;
Sem ela ninguém viveria;
A água produz energia;
E sem a água;
A energia também não existiria;
A água está acabando nos rios;
E por isso os peixes estão indo embora;
Sem vitória;
A importância da água para o homem;
É fundamental;
Porque sem água; Todos viveriam mal.
“Lorenza Silva Santo”

“O progresso humano não é automático nem inevitável. Somos atualmente confrontados com o fato de o amanhã ser hoje, e colocados perante a urgência cruel do agora. Neste enigma da vida e da história é possível ser demasiadamente tarde... Podemos gritar desesperadamente para que o tempo pare, mas o tempo ensurdece a cada súplica e continua a passar rapidamente. Sobre as ossadas descoradas e a mistura de restos de numerosas civilizações está escrita uma expressão patética: Demasiadamente tarde”.

“Martin Luther King Jr.”

Faze o que possas, como possas, até quando possas.
A verdade é que, desejando, sempre poderás fazer mais, além do que supões poder fazer.
“Divaldo Franco”

DEDICATÓRIA

Dedico esta tese à minha querida e muito amada mãe, pelo seu amor incondicional, pelo seu exemplo de vida, seus ensinamentos e porque, mesmo nos seus últimos instantes de vida, sua preocupação maior era com o bem estar de seus filhos e particularmente com a conclusão desta tese. Tenho certeza que você minha santa mãe, em vida e agora, no plano superior muito contribuiu para que eu tivesse força para concluir este trabalho.

A você, Maria Arlete Coêlho Alves dedico, inteiramente, esta tese e todo o meu amor!

Mãe querida, a lágrima que teima em cair é expressão da minha saudade e da falta do seu carinho.

Também dedico ao meu querido pai Raimundo Pires Alves, e minha querida avó Severa Costa (in memorian) por todo legado que eles me deixaram.

Dedico ainda à família maravilhosa que Deus me deu. A você querida irmã Ana Alves obrigada por tê-la como amiga e confidente. Aos demais familiares: Maria Rosete (Dindinha), Carlos Roberto (meu filho querido), Alves Júnior, Aliete Alves, Anna Carolinne, Allysson Rodrigo, Julhianna Alves, Edinelson João, Lays Isabelly, Antonia Costa, Maria da Graça Franco, Karla Cristina, Lorena Karoliny, Antonio da Veiga, Sebastiana Pires, Joaquim Andrade e demais familiares obrigada pelo incentivo e confiança depositados em mim. Pela ausência e pelos momentos difíceis superados juntos.

AGRADECIMENTOS

A Deus fonte viva de toda água do saber, todo meu louvor, todo meu amor e toda minha gratidão.

A CAPES pelo apoio financeiro para o desenvolvimento desta pesquisa.

Às Coordenadoras do Programa DINTER/UEMA/UNESP de Jaboticabal, Profa. Dra. Francisca Neide Costa e Profa. Dra. Rosangela Machado Zacarias, o meu sincero obrigada pelo incentivo recebido, pela amizade e respeito e pela competente condução de suas tarefas no decorrer do curso.

Ao Prof. Dr. Luiz Augusto do Amaral, pela sua orientação, pelos ensinamentos repassados com seu jeito bonito, simples, honesto e humilde. Muito mais que um mestre você é uma bênção de Deus.

Aos Professores Dr. Oswaldo Durival Rossi Júnior, Dra. Maria da Gloria Buzinaro, Dr. Antonio Nader Filho e Dra. Angela Cleusa de Fatima Benzatto de Carvalho pelas valiosas sugestões e esclarecimentos após leitura desta tese.

À UEMA por oportunizar a todo o seu corpo docente constante aperfeiçoamento técnico.

Às amigas Enilde Barbosa, Dulce Aranha, Neide Costa, Sofia Sales, Alana Lislea, Adenilde Ribeiro, Viraneide Marques, Nancylene Chaves, Carmem Lúcia e Januária Ruthe por compartilharem comigo dos momentos alegres e tristes, pela amizade e companheirismo.

Aos colegas de turma do doutorado, pelo convívio salutar e aprendizagem compartilhada durante o período das disciplinas cursadas: Débora Martins S. Santos, Antonia S. Oliveira, Maria do S. Braga, Daniel P. Chaves, José Ribamar da S. Júnior,

Evaldo S. Monteiro, José G. Pereira, Maria Cristiane P. Miranda, Rejeana Lima, Washington F. Conceição e José R. Privado Filho.

Agradecimentos especiais às Médicas Veterinárias Jeane de Oliveira Ferreira, Priscila Maria Silva Menezes, Mayara Martins, Mônica Carneiro e Antonieta Vieira, ao Químico Industrial João Reis Salgado Costa Sobrinho, ao Agrônomo Jucivan Ribeiro Lopes, às acadêmicas do curso de Medicina Veterinária Valéria Bittencourt dos Reis e Karoline Gonçalves Moraes e ao biólogo Cristiano Ferreira Cruz. Também agradeço aos professores Dr. Silvio Gomes Monteiro, Dr. Fábio Henrique, Dra. Rita Nogueira, ao Médico Veterinário Lauro Queiroz Saraiva, ao técnico da Casa da Agricultura Familiar de Itapecuru-Mirim, Antonio Carlos e a Daniele Amorim pelas suas ajudas imprescindíveis para realização deste trabalho. Muito obrigada, de coração!

Agradecimento carinhoso à autora do poema “Água” a pequenina Lorenza, que com apenas seus nove aninhos já faz lindos poemas.

Agradeço ainda a toda equipe do Laboratório de Microbiologia de Água e Alimentos e do Núcleo de Estudo de Zoonoses da UEMA particularmente Aline, Viramy, Bethe, Valbenilde, Célia, D.Vicência, D.Lourdes, Evangelista e a todos os que diretamente e indiretamente colaboraram para concretização deste trabalho.

SUMÁRIO

Página

LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE QUADROS	xi
LISTA DE FIGURAS	xii
RESUMO.....	xv
ABSTRACT	xvii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
3. REVISÃO DE LITERATURA	4
3.1. Panorama Mundial e Nacional de Recursos Hídricos	4
3.1.1 Qualidade das Águas Superficiais no Brasil.....	9
3.1.2 Qualidade das Águas Subterrâneas no Brasil.....	11
3.1.3 Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental	14
3.1.3.1 Aquífero Itapecuru	17
3. 2. Contaminação Ambiental, Seguridade dos Recursos Hídricos e Saúde Pública	23
3.2.1 Contaminações microbiológicas da água	29
3.2.2 Contaminações físico-químicas da água	31
3.2.3 Testes de avaliações microbiológicas e físico-químicas da água	34
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	39
4.1. Caracterização hidrográfica da microrregião de Itapecuru- Mirim	39
4.2. Amostragem.....	41
4.2.1 Procedimento de colheita	44
4.3. Análises microbiológicas	48
4.3.1 <i>Determinação do Número Mais Provável (NMP) de Coliformes totais e Escherichia coli (APHA, 2005)</i>	48
4.3.2 Contagem de bactérias heterotróficas.....	49
4.4. Análises físico-químicas	49
4.4.1 Medição de pH	50

4.4.2 Medição de Turbidez	50
4.4.3 Medição de cloro residual.....	50
4.4.4 Detecção do teor de nitrato	51
4.4.5 Detecção do teor de fosfato	51
4.5 Análise Estatística	52
4.6 Referenciamento geográfico	52
4.7 Nível de conhecimento dos usuários sobre qualidade da água	52
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
6. CONCLUSÕES	81
CONSIDERAÇÕES FINAIS	82
REFERÊNCIAS	83
APÊNDICE(S)	97

LISTA DE TABELAS

Página

TABELA 1. Determinações dos NMP de Coliformes totais, <i>Escherichia coli</i> e bactérias heterotróficas em águas de consumo humano avaliadas no período de chuva e seca na microrregião de Itapecuru-Mirim-MA, 2008.....	58
TABELA 2. Determinações dos teores de turbidez, pH, nitrato e fosfato em águas de consumo humano avaliadas no período de chuva e seca na microrregião de Itapecuru-Mirim-MA, 2008.....	59
TABELA 3. Determinações dos NMP de Coliformes totais, <i>Escherichia coli</i> e bactérias heterotróficas em água de uso doméstico avaliadas no período de chuva e seca na microrregião de Itapecuru-Mirim-MA, 2008.....	63
TABELA 4. Determinações dos teores de turbidez, pH, nitrato e fosfato em águas de uso doméstico avaliadas no período de chuva e seca na microrregião de Itapecuru-Mirim-MA, 2008	63
TABELA 5. Determinações dos NMP de Coliformes totais, <i>Escherichia coli</i> e bactérias heterotróficas em águas de lavagem de tetos das vacas avaliadas no período de chuva e seca na microrregião de Itapecuru-Mirim-MA, 2008.....	65
TABELA 6. Determinações dos teores de turbidez, pH, nitrato e fosfato em água de lavagem do teto das vacas avaliadas no período de chuva e seca na microrregião de Itapecuru-Mirim-MA, 2008.....	65
TABELA 7. Determinações dos NMP de Coliformes totais, <i>Escherichia coli</i> e bactérias heterotróficas em águas de uso em laticínio avaliadas no período de chuva e seca na microrregião de Itapecuru-Mirim-MA, 2008.....	67
TABELA 8. Determinações dos teores de turbidez, pH, nitrato e fosfato em águas de uso em laticínio avaliadas no período de chuva e seca na microrregião de Itapecuru-Mirim-MA, 2008	67
TABELA 9. Determinações dos NMP de Coliformes totais, <i>Escherichia coli</i> e bactérias heterotróficas em água de uso em matadouro avaliadas no período de chuva e seca na microrregião de Itapecuru-Mirim-MA, 2008.....	69
TABELA 10. Determinações dos teores de turbidez, pH, nitrato e fosfato em águas de uso em matadouro avaliadas no período de chuva e seca na microrregião de Itapecuru-Mirim-MA, 2008.....	69
TABELA 11. Determinações dos NMP de Coliformes totais, <i>Escherichia coli</i> e bactérias heterotróficas em águas de uso em polpa de frutas avaliadas no período de chuva e seca na microrregião de Itapecuru-Mirim-MA, 2008	70

TABELA 12. Determinações dos teores de turbidez, pH, nitrato e fosfato em águas de uso em polpa de frutas avaliadas no período de chuva e seca na microrregião de Itapecuru-Mirim-MA, 2008.....	70
TABELA13. Determinações dos NMP de Coliformes totais, <i>Escherichia coli</i> e bactérias heterotróficas em águas de consumo animal avaliada no período de chuva e seca na microrregião de Itapecuru-Mirim-MA, 2008	72
TABELA 14. Determinações dos teores de turbidez, pH, nitrato e fosfato em águas de consumo animal avaliadas no período de chuva e seca na microrregião de Itapecuru-Mirim-MA, 2008.....	73
TABELA15. Determinações dos NMP de Coliformes totais, <i>Escherichia coli</i> e bactérias heterotróficas em águas de piscicultura avaliadas no período de chuva e seca na microrregião de Itapecuru-Mirim-MA, 2008.....	76
TABELA 16. Determinações dos teores de turbidez, pH, nitrato e fosfato em águas de piscicultura avaliadas no período de chuva e seca na microrregião de Itapecuru-Mirim-MA, 2008	76
TABELA 17. NMP de Coliformes totais, <i>Escherichia coli</i> e bactérias heterotróficas em águas de uso em hortaliças avaliadas no período de chuva e seca na microrregião de Itapecuru-Mirim-MA, 2008	78
TABELA 18. Determinações dos teores de turbidez, pH, nitrato e fosfato em águas de uso em hortaliças avaliadas no período de chuva e seca na microrregião de Itapecuru-Mirim MA, 2008.....	78

LISTA DE QUADROS

	Página
QUADRO 1. Padrão de potabilidade para soluções alternativas de abastecimento de água para consumo humano.....	53
QUADRO 2. Padrão de potabilidade para água doce classe 1 e 2.....	54

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1- Bacias Hidrográficas do País	14
Figura 2 - Qualidade das Águas da Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental	16
Figura 3 - Fontes de poluição da Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental	17
Figura 4 - Rio Itapecuru - Aspectos da vegetação de galeria	19
Figura 5 - Rio Itapecuru – Foz do Alpercatas	20
Figura 6 - Área de erosão e assoreamento do baixo curso do rio Itapecuru	21
Figura 7- Piscicultura no rio Itapecuru	22
Figura 8 - Rio Itapecuru-Mirim	40
Figura 9 - Pontos amostrados de água de usos múltiplos no município de Itapecuru-Mirim, MA.....	43
Figura10 - Água de consumo humano: fonte, poço raso, poço artesiano e filtro de cerâmica.....	44
Figura 11 - Água de uso doméstico: fonte, baldes, depósito plástico e açude	45
Figura12 - Água de lavagem dos tetos das vacas: torneira,tanque e açude	45
Figura 13 - Água de uso em laticínio: torneira.....	46
Figura 14 - Água de uso em matadouro	46
Figura 15 - Água de uso em polpa de frutas	46
Figura 16 - Água de consumo animal.....	47
Figura 17 - Água de piscicultura: tanque-rede e açude.....	47
Figura 18 - Água de uso em hortaliças	48
Figura19 - Porcentagem de amostras de águas de consumo humano avaliadas no período de chuva e seca na microrregião de Itapecuru-Mirim-MA, 2008, que	

- apresentaram NMP de Coliformes totais, *Escherichia coli* e bactérias heterotróficas conforme ou não com a legislação vigente..... 60
- Figura 20 - Porcentagem de amostras de águas de consumo humano avaliadas no período de chuva e seca na microrregião de Itapecuru-Mirim-MA, 2008, que apresentaram teores de turbidez, pH e nitrato conforme ou não com a legislação vigente 60
- Figura 21 - Porcentagem de amostras de águas de uso doméstico avaliadas no período de chuva e seca na microrregião de Itapecuru-Mirim-MA, 2008, que apresentaram NMP de Coliformes totais, *Escherichia coli* e bactérias heterotróficas conforme ou não com a legislação vigente..... 63
- Figura 22 - Porcentagem de amostras de águas de uso doméstico avaliadas no período de chuva e seca na microrregião de Itapecuru-Mirim-MA, 2008, que apresentaram de teores de turbidez, pH e nitrato conforme ou não com a legislação vigente 63
- Figura 23- Porcentagem de amostras de águas de lavagem de tetos de vacas avaliadas no período de chuva e seca na microrregião de Itapecuru-Mirim-MA, 2008, que apresentaram NMP de Coliformes totais, *Escherichia coli* e bactérias heterotróficas conforme ou não com a legislação vigente..... 66
- Figura 24- Porcentagem de amostras de águas de lavagem de tetos de vacas avaliadas no período de chuva e seca na microrregião de Itapecuru-Mirim-MA, 2008, que apresentaram teores de turbidez, pH e nitrato conforme ou não com a legislação vigente 66
- Figura 25- Porcentagem de amostras de águas de uso em laticínio avaliadas no período de chuva e seca na microrregião de Itapecuru-Mirim-MA, 2008, que apresentaram NMP Coliformes totais, *Escherichia coli* e bactérias heterotróficas conforme ou não com a legislação vigente..... 67
- Figura 26- Porcentagem de amostras de águas de uso em laticínio avaliadas no período de chuva e seca na microrregião de Itapecuru-Mirim-MA, 2008, que apresentaram teores de turbidez, pH e nitrato conforme ou não com a legislação vigente 68
- Figura 27- Porcentagem de amostras de águas de uso em matadouro avaliadas no período de chuva e seca na microrregião de Itapecuru-Mirim-MA, 2008, que apresentaram NMP de Coliformes totais, *Escherichia coli* e bactérias heterotróficas conforme ou não com a legislação vigente..... 69
- Figura 28- Porcentagem de amostras de águas de uso em matadouro avaliadas no período de chuva e seca na microrregião de Itapecuru-Mirim-MA, 2008, que

- apresentaram teores de turbidez, pH e nitrato conforme ou não com a legislação vigente 69
- Figura 29- Porcentagem de amostras de água de uso em polpa de frutas avaliadas no período de chuva e seca na microrregião de Itapecuru-Mirim-MA, 2008 que apresentaram NMP de Coliformes totais, *Escherichia coli* e bactérias heterotróficas conforme ou não com a legislação vigente 70
- Figura 30- Porcentagem de amostras de água de uso em polpa de frutas avaliadas no período de chuva e seca na microrregião de Itapecuru-Mirim-MA, 2008 que apresentaram teores turbidez, pH e nitrato conforme ou não com a legislação vigente. 71
- Figura 31- Porcentagem de amostras de águas de consumo animal avaliadas no período de chuva e seca na microrregião de Itapecuru-Mirim-MA, 2008, que apresentaram NMP de *Escherichia coli* conforme ou não com a legislação vigente 74
- Figura 32- Porcentagem de amostras de águas de consumo animal avaliadas no período de chuva e seca na microrregião de Itapecuru-Mirim-MA, 2008, que apresentaram teores de turbidez, pH, nitrato e fosfato conforme ou não com a legislação vigente 74
- Figura 33- Porcentagem de águas de piscicultura avaliadas no período de chuva e seca na microrregião de Itapecuru-Mirim-MA, 2008, que apresentaram NMP de *Escherichia coli* conforme ou não com a legislação vigente..... 76
- Figura 34- Porcentagem de águas de piscicultura avaliadas no período de chuva e seca na microrregião de Itapecuru-Mirim-MA, 2008, que apresentaram teores de turbidez, pH, nitrato e fosfato conforme ou não com a legislação vigente... ..77
- Figura 35- Porcentagem de águas de uso em hortaliça avaliadas no período de chuva e seca na microrregião de Itapecuru-Mirim-MA, 2008, que apresentaram NMP de *Escherichia coli* conforme ou não com a legislação vigente..... 78
- Figura 36- Porcentagem de águas de uso em hortaliça avaliadas no período de chuva e seca na microrregião de Itapecuru-Mirim-MA, 2008, que apresentaram teores de turbidez, pH, nitrato e fosfato conforme ou não com a legislação vigente 78

QUALIDADE DA ÁGUA DE MÚLTIPLOS USOS NA MICRORREGIÃO DE ITAPECURU-MIRIM-MA

RESUMO - A água é um recurso natural indispensável à vida, é essencial à promoção social, à produção de alimentos e ao desenvolvimento econômico. Com o objetivo de se avaliar a qualidade microbiológica e físico-química de águas subterrâneas e superficiais na microrregião de Itapecuru-Mirim-MA foram colhidas 172 amostras de água, sendo 86 no período chuvoso (março a maio) e 86 amostras no período de estiagem (agosto a outubro). Destas, 39 amostras eram águas consumidas em residências rurais procedentes de poços artesianos, poços rasos, fontes naturais e Rede Publica de Abastecimento, 05 eram de uso doméstico, 08 de lavagem dos tetos das vacas; 02 de uso em laticínios, 01 de uso em matadouro, 01 de fábrica de polpas de frutas, 18 de bebedouros dos animais, 09 águas de uso em piscicultura e 03 de irrigação de hortaliças. Foram analisados parâmetros microbiológicos e físico-químicos e aplicado um questionário fechado contendo perguntas objetivas para se avaliar o nível de conhecimento das pessoas quanto à qualidade da água usada ou consumida e mapeado geograficamente os pontos de colheitas. Os resultados das análises microbiológicas e físico-químicas identificaram 52 (66,66 %) amostras de água de consumo humano em desacordo com os padrões microbiológicos e 23 (29,48%) em desacordo com os parâmetros físico-químicos, nove (90%) amostras de água de uso doméstico não atenderam aos padrões microbiológicos, enquanto seis (60%) não o foram para os padrões físico-químicos, para água de lavagem dos tetos evidenciaram-se 13 (81,25%) e 10 (62,50%) amostras, respectivamente, fora dos padrões microbiológicos e físico-químicos vigentes. Não foi constatada contaminação microbiológica nem físico-química para água de uso em laticínio e em fábrica de polpa de frutas. Referente à água de uso em matadouro, uma (50%) amostra não atendeu aos padrões microbiológicos, mas todas atenderam aos parâmetros físico-químicos. Para água de consumo animal, seis (16,66%) e 11(61,11%) amostras, respectivamente não atenderam aos padrões microbiológicos e físico-químicos legais e para água de piscicultura, uma (5,55%) amostra apresentou-se não conforme para os padrões microbiológicos enquanto oito (88,89) apresentaram-se em desacordo com os

parâmetros físico-químicos, quanto à água de uso em hortaliças, estas atenderam aos padrões microbiológicos, mas duas (33,33%) não atenderam aos padrões físico-químicos. Concernente ao questionário constatou-se que o fornecimento de água predominante é de poço raso, a água não é clorada e as caixas d'água, quando existentes não são limpas periodicamente. Foram consideradas causas de contaminações das fontes hídricas avaliadas as condições deficientes de higiene e saneamento assim com atividades agropecuárias geradoras de poluições.

Palavras-chave: água, área rural, contaminação microbiológica e físico-química, higiene, qualidade, usos diversos

WATER QUALITY OF MULTIPLE USES IN MICROREGION A OF ITAPECURU-MIRIM-MA

ABSTRACT - Water is a natural resource essential for life, it is essential to social promotion, food production and economic development. In order to evaluate the microbiological and physical chemistry quality of groundwater and surface water in the municipality of Itapecuru-Mirim-MA were collected 172 water samples, including 86 in the rainy season (March-May) and 86 samples in the dry weather period (August-October). From these total, 39 samples were water consumed in rural residences coming from shallow water wells, artesian water wells, natural sources and public water supply, 05 were domestic water, 08 from teat washings of cows; 02 for use in dairy products, 01 from the slaughterhouse, 01 from a factory fruit pulps, 18 from animal drinking fountains, 09 water samples used for pisciculture and 03 from vegetables irrigation. They were all analyzed for the microbiological and physical-chemical parameters. A close questionnaire with objective questions was also applied to evaluate the awareness level of people about the water quality used or consumed and the crops points were geographically mapped. The microbiological and physical-chemical results identified 52 (66,66%) water samples for human consumption in discordance with the microbiological standards and 23 (29,48%) in discord to the physical-chemical parameters, nine (90%) water samples for domestic use did not attend to the microbiological standards, while six (60%) were not for the physical-chemical parameters. The teat washing water results showed that 13 (81,25%) and 10 (62,50%) samples, respectively, were out of the microbiological and physical-chemical actual patterns. It was not detected microbiological contamination of water used in the dairy and in the fruit pulp factory. Referring to the water used in the slaughterhouse, one (50%) sample did not attend to the microbiological patterns, but all samples attended to the physical-chemical patterns. About the animal drinking water, six (16,66%) and 11 (61,11%) samples, respectively, did not attend to the legal microbiological and physical-chemical parameters; for pisciculture water, one (5,55%) did not comply to the microbiological standards, while eight (88,89%) were in disacordance with the physical-chemical parameters; about the water used in gardens, all samples attended to the

microbiological potability pattern, but two (33,33%) did not attend to the physical-chemical standards. Concerning the questionnaire, it was found that the water supply is predominantly from shallow water wells, this water is not chlorinated and the water tanks, when they exist, are not periodically cleaned. The main contamination causes of the evaluated water sources were the poor hygiene conditions and sanitation even as agricultural activities that generate pollution.

Key - words: hygiene, microbiological and physico-chemical conditions, multiple uses, quantity, rural area, water

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso essencial à sobrevivência de todos os seres vivos. É o composto químico mais abundante e mais amplamente distribuído em nosso planeta, contudo, esse recurso de múltiplos usos, essencial à vida, é um bem limitado, portanto, finito e vulnerável.

Existem particularidades que fazem da água um componente verdadeiramente indispensável para a vida humana, justificando a prioridade em termos de sua preservação. A princípio podemos destacar que a água perfaz nove décimos do volume total do corpo humano e cerca de dois terços de seu peso médio. Sem ela, não seria possível compreender o surgimento da vida humana ou não-humana, e tampouco, das grandes civilizações do passado, cujas realizações estiveram intimamente envolvidas com a gestão dos recursos hídricos (WALDMAN, 2002). A água também é um recurso ambiental, uma vez que a alteração adversa desse recurso pode contribuir para a degradação do ecossistema, afetando a saúde, segurança e o bem-estar das populações (MOUSQUER, 2009)

Preservar os recursos hídricos, sobretudo as reservas de água para consumo, é uma preocupação universal, por isso a água vem se transformando na nova “commodity” do século, assim, todos os seus usos, consultivos ou não, devem ser compatibilizados com padrões razoáveis de preservação ambiental (AGROANALYSIS, 1998).

Apesar da quantidade total de água existente na Terra, na ordem de 1.386 milhões de km³, manter-se estável assim como as formas de sua distribuição, somente uma restrita fração da massa líquida do planeta é própria para consumo humano. A água doce em estado livre na natureza perfaz um total de apenas 0,0002% do volume total mundial, alguma coisa como 200.000 km³, ou seja, água potável plenamente acessível aos seres humanos constitui um estoque pequeno em comparação com os demais estados geofísicos dos recursos hídricos (UNESCO, 2009).

O acesso à água potável é um problema crucial para uma grande parte de países em desenvolvimento. O nexo entre pobreza e recursos hídricos é evidente, assim, o número de pessoas que vivem com menos de US\$ 1,25 por dia coincide,

aproximadamente com o número de pessoas que não têm acesso à água de qualidade. Desse modo, 80% das doenças nesses países estão associadas à água e provocam, anualmente, a morte prematura de 3 milhões de pessoas. Sem esquecer que, em cada período de 17 segundos, uma criança morre de diarreia no nosso planeta. Se houvesse melhoria no abastecimento, saneamento e na gestão dos recursos hídricos seria possível evitar, em escala internacional, um décimo das doenças (UNESCO, 2008).

A escolha da microrregião de Itapecuru - Mirim para a realização da pesquisa foi em função da importância do aquífero Itapecuru para o abastecimento público da maioria da população urbana e rural do Estado do Maranhão, pelos usos múltiplos de suas águas (transporte, recreação tanto de contato primário como secundário, irrigação, pesca, dessedentação animal, agricultura de vazante, indústria de alimentos, piscicultura, uso doméstico, dentre outros usos), por ter a zona rural indústrias agropecuárias, olarias e outras atividades impactantes para manutenção do ecossistema hídrico e principalmente pela carência de informação sobre a qualidade da água da referida microrregião. Tendo em vista essas considerações é que se idealizou o presente trabalho com a finalidade de atingir os objetivos apresentados a seguir.

2. OBJETIVOS

- Avaliar, nos períodos de chuva e seca, a qualidade das águas subterrâneas e superficiais na microrregião de Itapecuru-Mirim-MA;
- Determinar o Número Mais Provável (NMP) de Coliformes totais, *Escherichia coli* e bactérias heterotróficas aeróbias mesófilas das fontes hídricas;
- Determinar os teores de nitrato e fosfato;
- Mensurar turbidez e pH;
- Identificar as atividades e pontos potencialmente poluentes existentes na microrregião;
- Verificar, por meio de questionário aspectos sociais, ecológicos e formas de uso da água nas áreas estudadas.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Panorama Mundial e Nacional de Recursos Hídricos

A água é um recurso natural indispensável à vida, essencial à promoção social, à produção de alimentos e ao desenvolvimento econômico. Apresenta usos múltiplos, seja como integrante da cadeia alimentar e de processos biológicos, seja como condicionante do clima e dos diferentes habitats. Embora a superfície da Terra seja coberta de água, apenas 2,5% desse total é formado por água doce, aproveitável para o consumo e para a irrigação. A água doce disponível é ainda mais escassa se considerarmos que 80% desta estão contidas em geleiras (MILARÉ, 2007).

O consumo de água no planeta aproxima-se dos 10% da quantidade existente, taxa avaliada por especialistas como insuficiente para suprir a demanda crescente. Atualmente, 700 milhões de pessoas vivem em países submetidos à grande pressão sobre recursos hídricos. Em 2025, este número subirá para mais de três bilhões, enquanto que quatorze países passarão da situação de pressão para a de escassez efetiva, o que corrobora a opinião daqueles que apontam a escassez de água como um dos principais problemas ambientais para o mundo neste século (GEO BRASIL, 2007). Segundo a Secretaria de Recursos Hídricos (SRH), se a população mundial aumentar para 10 bilhões de habitantes nos próximos cinquenta anos, cerca de 70% dos habitantes do planeta enfrentarão deficiências no suprimento de água, refletindo em cerca de um bilhão e seiscentos milhões de pessoas que não terão água para a alimentação básica (SRH, 2005).

A água doce do planeta que é viável para aproveitamento pelo ser humano é de 14 mil Km³/ano. Caso se mantenha a taxa de crescimento da população mundial, em 1,6% ao ano, e o consumo per capita se mantiver, o planeta terá 50 anos garantidos e a partir daí a demanda será maior que a oferta (A ÁGUA DO PLANETA..., 2007).

Pelos cálculos da Organização das Nações Unidas (ONU), cada pessoa necessita de 5 litros diários de água para sobreviver em um clima moderado, e no mínimo 50 litros por dia para ingerir, cozinhar, banhar-se e usar em higiene. O consumo

doméstico representa 10% do volume da água usada pelo ser humano. A indústria utiliza o dobro disso e a agricultura, sete vezes mais (MMA, 2007).

Ainda que em termos globais a água seja abundante, ela não se encontra igualmente distribuída em todos os locais. Nessa situação global, o Brasil é um país privilegiado porque detém acima de 8% da água doce disponível a ser aproveitada no mundo. O clima, a vegetação e outras características ambientais favorecem a abundância de água no país, onde cerca de 90% do território possui índices pluviométricos que variam de 1.000 a 3.000 milímetros anuais (SRH, 2004a).

Como a alocação dos recursos hídricos é bastante desigual nos diferentes pontos do globo, países com grandes reservas de água já vislumbram um potencial ganho econômico presente e futuro, enquanto os países sem água se preparam para entrar no competitivo mercado da água. Dentro de uma análise geopolítica e geoeconômica do uso da água, é preciso ponderar, ainda, a interligação existente entre os cursos d'água, que atravessam continentes e nações e que, assim considerados, não devem ser apropriados dentro de uma lógica individualista. Um mesmo manancial pode servir a diversos povos e, sendo ele multinacional, a sua manutenção implica em medidas de conservação pensadas conjuntamente (MOUSQUER, 2009).

Assim, na distribuição dos recursos hídricos no planeta são identificados três tipos de mananciais: Águas nacionais, Águas internacionais e Águas supranacionais ou transnacionais. Águas nacionais são as que seus rios internos têm suas nascentes e seus deságuas dentro dos limites territoriais da nação. Para se considerar um rio como unicamente nacional, este rio não pode ter ligações e afluências com outros mananciais que tenham ligação com outros aportes hídricos de origem ou de destino estrangeiro. Águas internacionais são as águas transfronteiriças, compostas por rios e bacias hidrográficas que abrangem os territórios de duas ou mais nações. Podem ser rios contíguos (servem de linha divisória, fronteira) ou rios sucessivos (cortam mais de um Estado). Quanto às águas supranacionais ou transnacionais estas compreendem as contidas nos pólos que mesmo sob a forma de gelo representam quase 90% da água doce disponível na Terra (MMA, 2006).

O Brasil possui 74 cursos d'água classificados como fronteiriços e transfronteiriços, sendo 60% em território nacional. Além disso, existem vários aquíferos

transfronteiriços de grande importância, a respeito dos quais ainda não há muitos dados e cujos limites não estão ainda totalmente demarcados, dos quais o mais conhecido é o aquífero Guarani (PNRH, 2006). Estima-se que o volume dos recursos hídricos superficiais transfronteiriços seja de 42.800 km³, enquanto que o volume dos recursos subterrâneos seria de aproximadamente 23.400.000 km³, ou seja, um volume três vezes maior que o das águas superficiais (UNESCO, 2003). As águas subterrâneas são responsáveis pela garantia da sobrevivência de parte significativa da população mundial. Países como Arábia Saudita, Dinamarca e Malta utilizam exclusivamente dessas águas para todo o abastecimento humano. Enquanto na Áustria, Alemanha, Bélgica, França, Hungria, Itália, Holanda, Marrocos, Rússia e Suíça, mais de 70% da demanda por água é atendida por manancial hídrico subterrâneo (MMA, 2007). Na Europa e na América do Norte, a água é utilizada, preferencialmente, pelo setor industrial, enquanto que na Ásia e na África o principal consumidor é a agricultura.

Quanto à disponibilidade dos recursos hídricos podemos identificar dois grupos de nações: o de países de clima tropical, situados no Hemisfério Sul e que não devem apresentar *stress hídrico* antes de 2025. Este seria o caso do Brasil, Papua-Nova Guiné, Venezuela, Colômbia e Zaire. O outro bloco compreende os países de clima frio, situados no Hemisfério Norte, mas que dispõem de grandes reservas hídricas congeladas. É o caso da Groenlândia, da Islândia, da Rússia, do Canadá e dos Estados Unidos (Alasca). Já países densamente povoados, como a China e a Índia integrarão o clube mundial dos ameaçados por falta de água (PNUD, 2007/2008).

A desigualdade do consumo de água potável vincula-se também com a opressão das minorias étnicas e na repressão contra povos e grupos não representados. Isto transforma a questão dos recursos hídricos em problema explosivo em regiões como o Oriente Médio, aonde Israel detém um consumo per capita cinco vezes superior aos seus vizinhos. Já na República da África do Sul, fazendeiros brancos de origem *bôer*, em muitas áreas do país, apropriaram-se dos recursos hídricos comprometendo, deste modo, o abastecimento domiciliar de imensas massas rurais formadas por negros (ELLIOTT, 1998).

Atualmente, a falta d'água já não é particularidade de países pobres. Na Califórnia, o governo declarou em 2008 a primeira seca estadual em 17 anos. A notícia

não chega a surpreender muito porque parte do território californiano é desértico. Também no úmido sudeste dos Estados Unidos em 2007, houve estiagem, o que levou a prefeitura de Orme, no Tennessee, a liberar o consumo de água dos reservatórios municipais por apenas três horas diárias. Em maio de 2008 a prefeitura de Barcelona-Espanha, pressionada pela maior seca de sua história, importou água de outras cidades (incluindo da francesa Marselha) para abastecer seus 3,2 milhões de moradores (UNESCO, 2009).

A recomendação da ONU é de que se disponibilize um total de 1,5 mil m³ de água por habitante/ano. No Brasil há uma confortável oferta de 36,5 mil m³. Mas também aqui o problema é a desigualdade. Situada na bacia do Rio Amazonas, a maior bacia hídrica do mundo, Roraima dispõe de 1,74 milhões de m³ de água por habitante/ano, enquanto que o índice de Pernambuco é de 1,3 mil m³ por habitante/ano, abaixo do mínimo recomendado pela ONU (CAMDESSUS et al. 2005). A situação se complica ainda mais se analisada a disponibilidade em países do oriente médio. A Jordânia está entre os países mais atingidos, com a média de 160 m³ anuais de água doce por pessoa. O resultado disso é um severo racionamento. Os 2 milhões de habitantes da região metropolitana da capital do país, Amã e das áreas agrícolas próximas só dispõem de água um dia por semana. O Kuwait, por exemplo, tem à sua disposição apenas 10 m³ de água por habitante/ano (UNESCO, 2009).

A escassez de água poderá se tornar uma importante fonte de conflito no próximo século. A água já é citada como uma das questões bélicas do mundo moderno, principalmente no Oriente Médio, de modo que normas de direito internacional são apontadas como meio de reduzir as tensões entre países (CAMDESSUS et al. 2005). Por outro lado, há uma queda substancial dos estoques de água em importantes regiões agrícolas, como a planície norte da China, o Punjab, na Índia, e o sul das Grandes Planícies dos EUA. A redução da quantidade de água nesses reservatórios também repercute na natureza e segundo a ONU, o número de peixes de água doce caiu 50% entre 1970 e 2000 (UNESCO, 2009). Vale ressaltar que, a apropriação da água, na maioria das vezes, está associada à perspectiva de lucros.

Concernente à gestão dos recursos hídricos no país, a primeira lei que dispôs sobre águas no Brasil foi o Decreto Lei nº 22.643/34, chamado Código das Águas e que

se constitui marco no gerenciamento dos recursos hídricos, o qual cita que as águas podiam ser públicas ou privadas. Na Constituição Federal de 1988 as águas passaram a ser de domínio público, isto é, todos têm direito ao seu uso. Nesta nova visão foram estabelecidos dois domínios:- da União (corpos de água que atravessam mais de um Estado e/ou País) e - dos Estados. Esta norma legal estabelece, ainda que, as águas subterrâneas são de domínio estadual. A Lei nº 9433, de 08/01/1997 instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), tendo os seguintes fundamentos: a água é um bem de domínio público; um recurso natural e limitado, dotado de valor econômico; em situações de escassez, os usos prioritários são o consumo humano e dessedentação animal; o uso múltiplo das águas deve ser proporcionado e a gestão descentralizada é participativa (MMA, 2007).

Posteriormente, foi publicada a Resolução nº 274/00 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) que trata de águas destinadas à balneabilidade (recreação de contato primário). Essa Resolução considera águas como próprias (excelente, muito boa e satisfatória) e impróprias, com base em parâmetros microbiológicos (BRASIL, 2000a). No mesmo ano, a Lei nº 9.984/00 criou a Agência Nacional das Águas (ANA), vinculada ao Ministério de Meio Ambiente. A ANA surgiu como órgão federal de implementação da Política Nacional e Coordenação do Sistema Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 2000b). Em 2006 foi lançado o Plano Nacional de Recursos Hídricos, instrumento de gestão que estabelece programas até o ano de 2020, contemplando ações de melhorias da qualidade das águas nacionais, representando importante instrumento de governança (PNRH, 2006).

Em 2000 foi divulgada a Resolução nº 012 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) que estabelece procedimentos para o enquadramento dos corpos d'água em classes, segundo seus usos preponderantes (BRASIL, 2000c). Em 2005, foi divulgada a Resolução nº 357/05, do CONAMA, que classifica os corpos de água e dispõe sobre diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Essa norma também estabelece condições e padrões de lançamento de efluentes. Assim, a Resolução nº 357 visa assegurar às águas qualidade compatível aos usos mais exigentes a que

forem destinadas e diminuir os custos de combate à poluição, mediante ações preventivas e permanentes (BRASIL, 2005a).

Referente à legislação da água de consumo humano, esta é regulamentada pela Portaria n° 518 de 25/03/2004 (BRASIL, 2004) que traz em seu texto um plano de amostragem e frequência para colheita e análise de parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos de relevância para os usuários de águas numa bacia. Contudo, esses dados não são de livre acesso, nem integram uma base de dados comum sobre qualidade da água no país. Por outro lado, a imensa quantidade de cursos d'água no país também limita o monitoramento dos principais rios e reservatórios, sendo inexistentes as informações sobre a qualidade da água de pequenos reservatórios, córregos e rios de 1ª e 2ª ordem em todo o país (FIGUEIRÊDO et al. 2008).

Alguns estados possuem além das leis estaduais de recursos hídricos, regulamentações dos instrumentos de outorga de direito de uso e cobrança pelo uso da água, bem como, normas que tratam da proteção das águas subterrâneas e da sua gestão (MMA, 2007).

3.1.1 Qualidade das Águas Superficiais no Brasil

O acompanhamento da qualidade da água em um país de dimensões continentais como o Brasil é dificultada pela heterogeneidade de redes de monitoramento existentes no País, boa parte operada pelos Estados, que têm adotado diferentes abordagens (número de parâmetros, frequência de colheita, etc.) para implementação de um programa de monitoramento.

Atualmente, 17 das 27 Unidades da Federação possuem redes de monitoramento da qualidade da água totalizando 2.259 pontos, com um número variável de parâmetros analisados e frequências de colheita, mensurados através do Índice de Qualidade da Água (IQA). O IQA foi elaborado em 1970 pela National Sanitation Foundation (NSF), dos Estados Unidos, a partir de uma pesquisa de opinião junto a especialistas em qualidade de águas que indicaram parâmetros a serem avaliados, o peso relativo dos mesmos e as condições de cada parâmetro. Os parâmetros de qualidade que fazem parte do cálculo do IQA refletem, principalmente, a contaminação dos corpos hídricos ocasionada pelo lançamento de esgotos domésticos.

É importante salientar que este índice foi desenvolvido para avaliar a qualidade das águas tendo como determinante principal a sua utilização para o abastecimento público, considerando aspectos relativos ao tratamento dessas águas (ANA, 2009).

A Companhia de Tecnologia de Saneamento de Ambiental (CETESB) de São Paulo utiliza, desde 1975, uma versão do IQA adaptada da versão original na qual a principal mudança realizada foi a substituição do fosfato e nitrato, por fósforo total e nitrogênio total (MMA, 2008a).

O IQA é composto por nove parâmetros: Oxigênio dissolvido, Coliformes fecais, Potencial hidrogeniônico (pH), Demanda bioquímica de oxigênio ($DBO_{5,20}$), Temperatura, Nitrogênio total, Fósforo total, Turbidez, Resíduo total. A Agência Nacional de Águas (ANA) possui uma rede com 1.340 pontos monitorados (coincidentes com as estações fluviométricas) em que são determinados apenas quatro parâmetros (pH, Oxigênio dissolvido, Condutividade e Temperatura). Para a ANA não é possível, para todo o território nacional, obter um diagnóstico detalhado das condições dos corpos d'água do país, apenas a região Sudeste apresenta uma condição adequada de monitoramento da qualidade da água. As demais regiões apresentam condições bem inferiores, com destaque para as regiões Norte e Nordeste, o que dificulta o diagnóstico detalhado da qualidade dos corpos d'água do país (ANA, 2005a).

Nas bacias monitoradas pelo IQA (Atlântico Sul, Paraguai, Atlântico Sudeste, São Francisco, Paraná, Atlântico Leste e Amazônica) observa-se, em termos gerais, uma boa condição na maior parte dos trechos monitorados. As regiões mais críticas com relação ao IQA (categorias ruim e péssima) localizam-se nas proximidades das principais regiões metropolitanas e estão associadas, principalmente, ao lançamento de esgotos domésticos. Em âmbito nacional, este é o principal problema de qualidade das águas, pois apenas 47% dos municípios brasileiros possuem rede coletora de esgoto, e somente 18% dos esgotos recebem algum tratamento. A carga orgânica doméstica total do país é estimada em 6.389 t. $DBO_{5, 20}$ /dia. Em rios com baixa disponibilidade hídrica, principalmente os da região do semi-árido, o problema de assimilação de cargas orgânicas está associado, sobretudo, às baixas vazões dos corpos de água (PNRH, 2006).

Em termos gerais, as principais fontes que alteram a qualidade das águas do país são: esgotos domésticos, efluentes industriais englobando uma grande variedade de atividades, como indústrias siderúrgicas, metalúrgicas, de papel e celulose, indústrias alimentícias, químicas, petroquímicas, têxteis, matadouros, curtumes, fábricas de fertilizantes, usinas de açúcar e álcool, entre outras; efluentes da agricultura, representados principalmente por fertilizantes e agrotóxicos que são carregados para os corpos d'água através da água das chuvas. Desmatamento e manejo inadequado do solo cuja ocupação desordenada de áreas para a produção de grãos e pecuária tem gerado uma diminuição drástica da vegetação natural, causando a erosão dos solos e conseqüentemente, assoreamento dos rios. Mineração é um problema disseminado em boa parte do país, pois a poluição por mercúrio nos garimpos tem gerado elevadas cargas inorgânicas provenientes da extração e beneficiamento dos minérios (ANA, 2005a).

Outras fontes poluidoras incluem: os resíduos sólidos, a disposição inadequada de resíduos sólidos em lixões vem promovendo sérios problemas de poluição tanto das águas superficiais como subterrâneas, em todo o país. Também os efluentes de suinocultura, poluição difusa em áreas urbanas, representada principalmente pelos poluentes carregados para os corpos d'água através da água das chuvas, salinização, acidentes ambientais, notadamente por derrames de produtos tóxicos durante as operações de transporte e distribuição de cargas tóxicas têm sido incriminados como fontes poluidoras. A construção de barragens para fins de geração de energia elétrica ou abastecimento público também pode gerar impactos negativos. Assim como, o cultivo de peixes em tanques-rede e o de camarão em estuários, se praticados sem observação de critérios de sustentabilidade ambiental podem causar a poluição dos recursos hídricos (ANA, 2005a).

3.1.2 Qualidade das Águas Subterrâneas no Brasil

De toda a água doce disponível para consumo no planeta, 96% é proveniente de água subterrânea. A água subterrânea é o recurso natural mais utilizado no mundo, cerca de dois bilhões de pessoas a usam para sua sobrevivência e em muitos países ela é considerada propriedade pública. No Brasil, segundo dados do Instituto Brasileiro

de Geografia e Estatística (IBGE) de 2000, 55% dos distritos são abastecidos por águas subterrâneas. Cidades como Ribeirão Preto (SP), Maceió (AL), Mossoró (RN) e Manaus (AM) suprem todas as suas necessidades hídricas utilizando esse tipo de abastecimento (MMA, 2007).

De acordo com Zoby & Matos (2002), no início de 2000 existiam no país pelo menos 400.000 poços. A água de poços e fontes vem sendo utilizada para diversos fins, tais como o abastecimento humano, irrigação, indústria, lazer e outros usos. Também no Brasil 15,6% dos domicílios utilizam exclusivamente água subterrânea, 77,8% usam rede de abastecimento de água e 6,6% usam outras formas de abastecimento (IBGE, 2002a).

A agricultura é a maior consumidora de água no mundo (70%), seguida da indústria (20%) e dos lares (10%). Esforços consideráveis têm sido feitos para reduzir o consumo de água na indústria e nos lares. Também o uso não sustentável de água subterrânea para irrigação em zonas áridas e semi-áridas é de particular gravidade. A proporção de água utilizada nestes três setores varia de região para região, principalmente em função dos níveis de desenvolvimento econômico (MMA, 2007).

A disponibilidade hídrica subterrânea e a produtividade de poços são, geralmente, os principais fatores determinantes nas explorações dos aquíferos. Mas, em função do crescimento descontrolado da perfuração de poços tubulares e de atividades antrópicas que acabam contaminando os aquíferos, a questão da qualidade da água subterrânea vem se tornando cada vez mais importante para o gerenciamento dos recursos hídricos no país. Outras fontes de contaminações são proximidade de fossas, cemitérios, depósitos de lixo e falta de vedação dos poços (ANA, 2005b).

Devido às baixas velocidades de infiltração e aos processos biológicos, físicos e químicos que ocorrem no solo e na zona não saturada, os aquíferos são naturalmente mais protegidos da poluição. Porém, ao contrário das águas superficiais, uma vez ocorrida poluição, as baixas velocidades de fluxo tendem a promover uma recuperação muito lenta da qualidade. Dependendo do tipo de contaminante, essa recuperação pode levar anos, com custos muito elevados, não raro, proibitivos. O risco potencial de um determinado aquífero ser contaminado está relacionado ao tipo de contaminante e suas características, como: litologia (tipo de rocha), hidrogeologia, gradientes hidráulicos

(diferença de pressão entre dois pontos), entre outros. A maior ou menor susceptibilidade de um aquífero à contaminação e poluição é chamada de vulnerabilidade (MMA, 2007).

A poluição/contaminação da água subterrânea pode ser direta ou indireta. Ambas podem estar relacionadas com as atividades humanas e/ ou aos processos naturais e são semelhantes às das águas superficiais. Também o lançamento de esgotos diretamente sobre o solo ou na água, os vazamentos em coletores de esgotos e a utilização de fossas construídas de forma inadequada se constituem em causas de contaminações das águas subterrâneas. Cemitérios são fontes potenciais de contaminação da água, principalmente por microrganismos (VON SPERLING, 2005; INGÁ, 2008). Fertilizantes e agrotóxicos utilizados na agricultura também podem atingir os aquíferos carreando compostos orgânicos, nitratos, sais e metais pesados. Em relação aos agrotóxicos o Brasil está entre os maiores consumidores do mundo (IBGE, 2004). Entre os mais utilizados estão os herbicidas (58% do total), os inseticidas (13% do consumo) e fungicidas (11% do consumo). A exploração de alguns minérios, com ou sem utilização de substâncias químicas em sua extração, produz rejeitos líquidos e/ou sólidos que podem contaminar os aquíferos assim como vazamento de substâncias tóxicas, tais como combustíveis, oleodutos, gasodutos e lubrificantes (MMA, 2007).

Quanto à contaminação natural, esta é provocada pela transformação química e dissolução de minerais, podendo ser agravada pela ação antrópica. Outras formas de contaminação são a salinização, presença de ferro, manganês, carbonatos e outros minerais associados à formação rochosa. Poços construídos sem critérios técnicos, com revestimento corroído/rachado, sem manutenção e abandonados sem o fechamento adequado também se constituem em meios importantes de contaminação das águas subterrâneas (GEO BRASIL, 2007).

Referente à gestão da qualidade das águas subterrâneas esta é considerada na legislação federal que estabelece diretrizes para estados e municípios e estimula a proteção das áreas de recarga dos aquíferos bem como explicita medidas de prevenção, proteção, conservação e recuperação destes recursos hídricos (ANA, 2005b).

3.1.3 Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental

Apesar do Brasil deter 8% da água do planeta (1% H₂O para consumo), 80% destes recursos ficam na Amazônia, os 20% restantes encontram-se em outras regiões, concentrando-se no Nordeste somente 3%, muito embora esta seja uma região com vasta extensão territorial (PNRH, 2006).

O Brasil possui 12 regiões hidrográficas (Figura 1) estando o Maranhão inserido na Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental, onde detém 91% dos seus recursos hídricos e o Pará 9% (PNRH, 2006). São Bacias Hidrográficas de significativa importância para o desenvolvimento e manutenção dos ecossistemas da região compreendendo 214 Municípios do Estado do Maranhão e 49 do Pará. A bacia apresenta uma área de 268.897 km², o que corresponde 4,3% da área do Brasil, sendo que 244.696 km² estão no Maranhão e 24.200.73 km² no Pará. Os rios que integram esta região são: Itapecuru, Mearim, Munim, Gurupi, Pericumã e Turiaçu, além dos rios que deságuam no litoral Nordeste Brasileiro (ANA, 2005b).

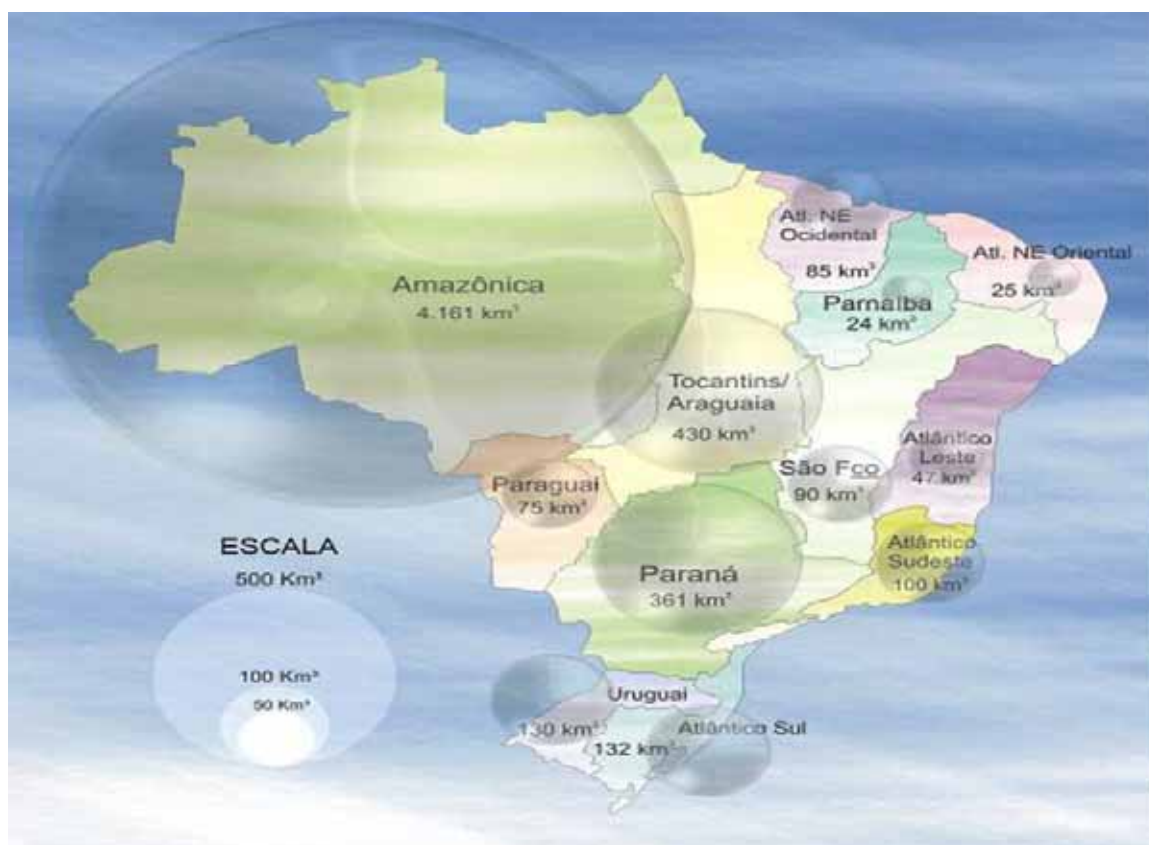


Figura 1 - Bacias Hidrográficas do País

Fonte: ANA, 2005b

Em face do pequeno e médio porte das localidades urbanas, exceto a região metropolitana de São Luís, com pouca expressividade do setor industrial na região, não se observam grandes problemas no que se refere à qualidade de águas dos rios. Desse modo, na região metropolitana de São Luís, e em alguns núcleos urbanos ribeirinhos, a contaminação das águas pelo lançamento de esgotos sem tratamento causa prejuízos e restringe a utilização da água para outras finalidades. No Pará, destaca-se a cidade de Bragança, na área costeira. A carga orgânica doméstica remanescente da região é de 168 toneladas DBO₅/20 dia, ainda considerada baixa em função da capacidade de diluição nas bacias caudalosas. A Figura 2 espacializa as informações sobre DBO e OD nas sub-bacias da Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental. Quanto à disponibilidade de água nesta Região Hidrográfica, esta é de 15.958 m³/hab/ano, considerada pelo PNRH, conforme critérios estabelecidos pela ONU (2003), como confortável (disponibilidade de 1.700 m³/hab/ano). Alerta-se, contudo, para áreas críticas de abastecimento na Bacia do Mearim, onde a população depende de mananciais superficiais. Quanto à vazão esta é de 2.683 m³/s, cerca de 1% da vazão média do País (PNRH, 2006).

Na maioria dos municípios que constituem essa Região Hidrográfica não existe rede coletora de esgotos, sendo identificados vários pontos poluentes (Figura 3). Os domicílios urbanos dispõem de fossas sépticas ou rudimentares (fossa negra). A coleta de lixo domiciliar, quando existente não constitui serviço permanente, e, quando acontece, não dispõe de local adequado para a disposição final dos resíduos sólidos, com exceção da Área Metropolitana de São Luís (ANA, 2005b).

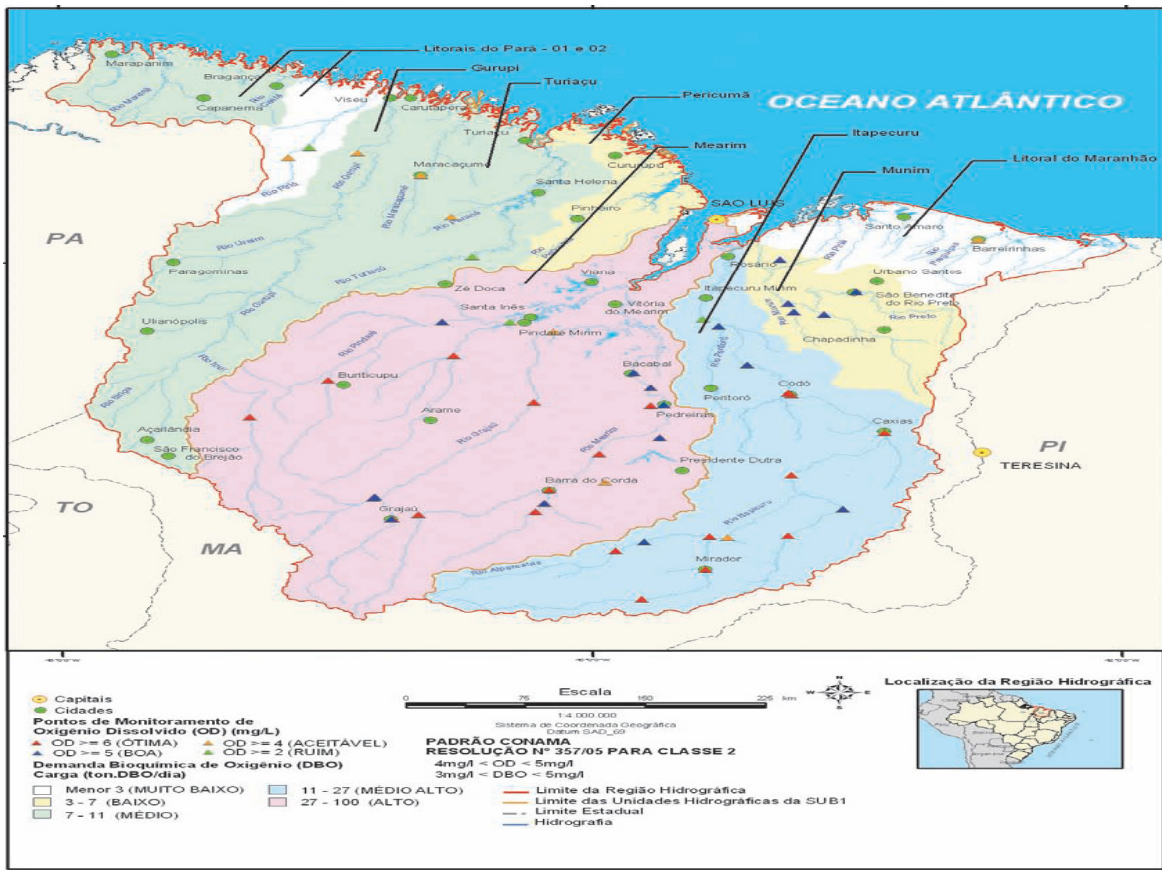


Figura 2 - Qualidade das Águas da Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental
 Fonte: Bases do PNRH (2005)

Referente à captação e distribuição de água no Estado do Maranhão, esta é de responsabilidade da Companhia de Águas e Esgotos do Maranhão (CAEMA), embora a população também disponha da rede de distribuição dos Serviços Autônomos de Água e Esgotos (SAEs), administrados pelas Prefeituras Municipais. Apesar destes sistemas de abastecimento, mais de 70% da população do Estado do Maranhão usa água subterrânea como fonte de abastecimento, principalmente nas regiões do interior, de clima semi-árido, em que muitos rios são intermitentes. Por outro lado, em muitas localidades rurais não há abastecimento de água encanada o que faz com que a população recorra a poços, riachos, cacimbões, entre outros recursos (MEDEIROS, 2001).



Figura 3 - Fontes de poluição da Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental. Fonte: ANA, 2005

3.1.3.1 Aquífero Itapecuru

O Itapecuru é um rio genuinamente maranhense, nasce no Parque Estadual do Mirador, precisamente nas serras das Cruzeiras, Itapecuru e Alpercatas, a cerca de 530m de altitude. A superfície total de sua Bacia Hidrográfica é de aproximadamente 52.970 km²(16% do território do Maranhão). Partindo de suas nascentes, corre inicialmente na direção oeste-leste até Várzea do Cerco, onde toma rumo norte até a barra do rio Alpercatas. Desse ponto em diante, muda de direção para o nordeste, rumo que persiste até encontrar o rio Corrente, quando subitamente inflete para o noroeste. Percorre uma extensão de 1.050 km até chegar à sua foz na baía do Arraial, ao sul da Ilha de São Luís, por meio de dois braços de rios denominados de Tucha e Mojó (MEDEIROS, 2001).

As características das águas do Itapecuru são influenciadas pelos trechos por onde passam. Dessa forma, águas claras e límpidas são encontradas no alto curso, precisamente entre as nascentes e Várzea do Cerco, porque corta sedimentos predominantemente arenosos e onde podem ser observados alguns pontos de matas preservadas (Figuras 4 e 5) que, de certo modo, tomam quase todo o leito do rio e, muitas vezes, interditam parte do canal com troncos arrancados de suas margens. A partir desse ponto, o rio atravessa sedimentos argilosos e siltosos conduzindo grande concentração de sedimentos em suspensão assim como, o desmatamento de suas margens contribui para o aceleração dos processos erosivos. No trecho entre Colinas e Itapecuru-Mirim as águas apresentam-se turvas e um pouco escuras, com presença de grandes quantidades de sedimentos. Também essa realidade começa a ser modificada, com áreas agrícolas e de pastagens, nas quais o processo erosivo já se faz presente com certa intensidade. Após o município de Rosário, nas proximidades da foz do Itapecuru, as águas são lamacentas e salobras (Figura 6), pela influência das águas oceânicas (PNRH, 2006).



Figura 4 - Rio Itapecuru - Aspectos da vegetação de galeria

Fonte: PNRH, 2006



Figura 5 - Rio Itapecuru – Foz do Alpercatas

Fonte: PNRH, 2006



Figura 6. Área de erosão e assoreamento do baixo curso do rio Itapecuru

O Aquífero Itapecuru, o mais importante na Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental, é litologicamente formado por arenitos finos a muito finos, predominantemente argilosos, esbranquiçados, avermelhados e cremes, com níveis sílticos e argilosos e grosseiros na base.

Etimologicamente, o nome Itapecuru é indígena e significa “água que caminha entre pedras”. Na língua nativa, “Ita” é pedra, “Pe” significa caminho e “Curu” é influência (BATISTA,1997). Os municípios de São Luís e São José de Ribamar captam águas subterrâneas do Itapecuru cujos poços apresentam profundidade variando de 30 a 100 metros, com vazão de 5 a 12 m³/hora. Quanto à demanda destas águas (Figura 7), a maior é para consumo humano (64%), para animal é de 18%, concentrando-se principalmente na região do Mearim; já para irrigação a demanda é de 20%. A demanda para uso em indústrias representa somente 4%, contudo este setor tem importância, principalmente pelo uso em segmentos agrupados em distritos industriais a exemplo das empresas Vale e Alumar, assim como fábricas de sucos, frigoríficos, dentre outras indústrias que usam águas subterrâneas (PNRH, 2006).



Figura 7 - Piscicultura no rio Itapecuru

Apesar do rio Itapecuru está poluído por descarga de matéria orgânica em pequenas proporções em suas águas, sua população ribeirinha está crescendo e principalmente, há aumento de aglomerados urbanos que não dispõe de sistema de tratamento dos esgotos, situação esta que vem se transformando em motivo de preocupação. Por outro lado, as cidades que se situam nas margens do rio contribuem com esgotos domésticos e poluentes residuários de pequenas indústrias, além de lixo produzido que, parte é despejada no rio. Também tem sido registrada, com frequência a extração de arenito para construção civil, argila para cerâmica, e calcário para fábrica de cimento, alterando a configuração do relevo da bacia. Outro fato preocupante é o tipo de efluente *in natura* lançado no rio Itapecuru (MEDEIROS, 2005). Segundo o autor, as fontes poluidoras particulares cadastradas somam 27 e as comunitárias 15, totalizando 42 pontos de poluição, nem sempre atingindo diretamente as águas correntes, mas potencialmente poluidores em períodos de chuvas.

Pesquisa realizada pela Companhia de Águas e Esgoto do Maranhão (CAEMA), sobre parâmetros físico-químicos da água na estação fluviométrica do município de Cantanhêde, no Rio Itapecuru, no período de 1999 a 2003, demonstrou variação de alguns parâmetros, principalmente no período de chuva, destacando-se alteração do teor de turbidez, a qual foi associada à ação de escoamento superficial em locais desprotegidos de cobertura vegetal, ao longo da bacia, aumentando assim, a produção de sedimento de forma significativa (OLIVEIRA, 2006).

Sabe-se que os indicadores sócio-econômicos de uma população estão intrinsecamente relacionados com as condições de saúde, refletindo na morbimortalidade de pessoas. Nesse contexto, a água, esse recurso de múltiplos usos, essencial à vida, está comprometida em muitas regiões do Maranhão onde os impactos ambientais já são visíveis. Também vale ressaltar que, a taxa de pobreza no Maranhão é a mais alta entre os Estados, a população residente nas sub-bacias vive em condições restritas de acesso aos serviços de saúde, saneamento e educação, além das desigualdades sócio-econômicas. Na maioria dos municípios não existe rede coletora de esgotos nem coleta de lixo, o que contribui sobremaneira para o aparecimento de surtos de doenças endêmicas como dengue, febre amarela, tuberculose, hanseníase, além das doenças parasitárias, destacando-se esquistossomose e diarreias decorrentes de condições sanitárias deficientes e de subnutrição (PNRH, 2006).

Apesar de suas riquezas o rio Itapecuru perdeu 73% de seu volume de água, projetando para o futuro expectativas nada animadoras. A única forma de reverter sua tendência à exaustão é a aplicação de medidas enérgicas no sentido de preservar as matas ciliares, evitar o assoreamento, acabar com o despejo de resíduos sólidos, proibir a pesca predatória e racionalizar o uso das terras localizadas às margens do rio.

3.2 Contaminação Ambiental, Seguridade dos Recursos Hídricos e Saúde Pública

A saúde sempre esteve relacionada às questões do uso da água como bem e como risco. Observando a ocorrência de grande número de infecções e mortes maternas associadas a partos, o médico austríaco Ignaz Semmelweis, nos primórdios

da medicina, no final do século XIX (1818-1865) já recomendava que médicos ou parteiras lavassem as mãos antes de cada atendimento, o que reduziu consideravelmente os índices de morbidade e mortalidade. Em Londres, no início do século XX, o anesthesiologista inglês John Snow estuda a ocorrência de casos de cólera associando-os com o consumo a água contaminada proveniente de poços e determina medidas de controle para a água fornecida para a população (MACIEL FILHO et al. 2000).

Quando da tentativa de abertura do Canal do Panamá, obra de engenharia ligando o Atlântico ao Pacífico em áreas insalubres e infestadas de mosquitos transmissores de doenças, as autoridades sanitárias tiveram que intervir diretamente, prioritariamente e predominantemente no controle das condições ambientais favoráveis às enfermidades. Sem uma ação conjunta do controle ambiental e da saúde das populações expostas aos riscos não teria sido possível realizar aquele grande empreendimento (MACIEL FILHO et al. 2000).

De acordo com a UNESCO (2009), a falta de água potável para ser ingerida e usada na higiene é a principal responsável, pela morte a cada ano, de 11 milhões de crianças com menos de 5 anos, por doenças e má nutrição, pela fome crônica de cerca de 1 bilhão de pessoas, pela falta de segurança alimentar que, segundo a FAO, acomete 2 bilhões de pessoas, além de manter mais de 60 milhões de crianças longe das escolas .

Diversos estudos indicam uma estreita relação entre saneamento e saúde pública, contudo há pouca informação sobre saneamento e incidência de doenças de veiculação hídrica nas comunidades rurais no Brasil (ROCHA et al. 2006).

Szwarcwald et al.(2002) ao estimarem a mortalidade infantil destacam que, quanto menor o nível de agregação geográfica, maior é o erro nas estimativas por mensurações indiretas fornecidas pelos municípios. Para os pesquisadores, esse é um dos aspectos que mais dificulta o conhecimento da realidade sanitária existente nas áreas rurais e que afetam a saúde dessas populações. Por outro lado, a qualidade sanitária na área rural também afeta a saúde de populações urbanas, principalmente no fornecimento de hortifrutigranjeiros consumidos *in natura* irrigados por água não potável.

A condição higiênico-sanitária de hortaliças e água utilizada em hortas da cidade de Jaboticabal-SP foi avaliada por Nogueira et al.(2005) que apontaram contaminação por *C. termotolerantes* nas águas analisadas, tanto no período chuvoso quanto seco. Estudo semelhante foi realizado por Marques et al. (2007) em Goiás que, ao avaliarem a água de irrigação de hortaliças constataram elevados índices de contaminação por *E. coli* e bactérias heterotróficas.

Apesar dos esforços das autoridades sanitárias nacionais e internacionais, para mitigação da poluição dos recursos hídricos e para preservação do meio ambiente, inúmeras pesquisas relatam condições insatisfatórias da água de diversos usos, tanto do ponto de vista qualitativo quanto quantitativo.

Souza & Côrtes (1992) citam que a água fornecida para dessedentação animal pode ser poluída por águas residuárias e excretas de origem animal ou humano podendo conter microrganismos patogênicos e com isto tornar-se importante veículo de transmissão de enfermidades. Portanto, a água usada para consumo animal deve ser de fonte segura.

Ribeiro et al.(2000) também ressaltam a importância da água potável utilizada na ordenha, na prevenção de mastites e na veiculação de patogênicos para o leite e derivados. Após análise de 45 amostras de água utilizadas na ordenha de 34 propriedades leiteiras do Estado de São Paulo e Minas Gerais foi constatado que 75,55% das amostras apresentavam-se fora dos padrões legais para água potável.

O nível de conhecimento do produtor rural foi investigado por Polegato & Amaral (2005), em um inquérito aplicado em 20 propriedades leiteiras de Marília-SP onde foi identificado que 90% das propriedades não tratam a água ingerida nem fazem análise de sua potabilidade, 10% tratam a água de forma inadequada e 40% não dispõem de água para os serviços de ordenha. Foi diagnosticado baixo nível de conhecimento sobre a importância da qualidade água de consumo humano, animal e de uso na produção de leite. A esse respeito, é oportuno lembrar a importância do controle e da vigilância da qualidade da água fornecida para a população e para os demais usos, principalmente nas plantas de processamentos de alimentos com vistas à proteção da saúde.

Já pesquisa realizada por Saraiva et al.(2008) em 52 amostras de águas utilizadas em abatedouros de bovinos e suínos inspecionados no município de São Luís-MA indicaram condições higiênico-sanitárias insatisfatórias decorrentes da elevada contaminação por C. totais (96,29%) e C. termotolerantes (57,40 %)

Fontes de água domésticas não tratadas em Nkonkobe e Gogogo, comunidades rurais da Província Oriental do Cabo, na África do Sul, foram avaliadas por Zamxaka et al.(2004), quanto aos aspectos microbiológicos e físico-químicos, constatando que os valores de turbidez e contagem de bactérias indicadoras estavam acima dos limites recomendados para aquele País. As condições de saneamento e higiene deficientes, associadas à falta de informações quanto às questões ambientais foram consideradas as principais causas das contaminações das fontes hídricas domésticas da área rural.

Jordão et al. (2002) com o propósito de detectar poluentes provenientes de esgotos e indústrias analisaram a água de rios no Estado de Minas Gerais, vegetação e peixes, quanto à presença de vários compostos físicos e químicos incluindo nitrato e fosfato. A concentração elevada dos metais analisados, segundo os autores, pode estar relacionada às descargas de efluentes dos rios. Referente aos teores de nitrato e fosfato, estes estavam abaixo do valor máximo estabelecido pelos padrões ambientais brasileiros.

Peixes em tanques alimentados por efluentes de esgotos domésticos não tratados são susceptíveis de contaminações por microrganismos patogênicos. Se essa microbiota for disseminada para as escamas, guelras, líquido intraperitoneal, vias digestivas ou músculos, e se os peixes forem consumidos crus ou mal cozidos podem causar uma toxi-infecção alimentar. Por outro lado, a alimentação do peixe para seu crescimento e engorda provém de fitoplânctons, zooplânctons, insetos aquáticos, larvas de insetos, caracóis, moluscos e helmintos, logo deve haver controle de qualidade da biomassa dos tanques assim como da água (FELIZATTO et al. 2000) .

Outra situação que é preocupante para o país é no manejo de resíduos sólidos, principalmente no que diz respeito à disposição final, uma vez que 63,6% dos municípios brasileiros utilizam lixões como forma de disposição dos resíduos sólidos urbanos, 18,4% utiliza aterros controlados e somente 13,8% dispõem os resíduos em aterros sanitários ((MESQUITA JR, 2007).

A pesquisa do IBGE intitulada Perfil dos Municípios Brasileiros–Meio Ambiente (2002) divulgou que o problema ambiental identificado pelo maior número de municípios brasileiros é o assoreamento dos corpos d'água (53% dos municípios), seguindo-se a poluição da água (38%), alteração da paisagem (35%), contaminação do solo (33%), poluição do ar (22%) e a degradação de áreas protegidas (20%) (IBGE, 2005).

Para Unver (2009), o desenvolvimento das economias e o crescimento do poder de compra repercutem sobre o consumo de água, pois o problema não está associado à água que se bebe, mas à que se "come". Essa é a verdadeira questão da água virtual ou da "pegada ecológica da água", ou seja, a quantidade de água necessária para produzir alimentos e outras mercadorias.

Existem poucos registros oficiais sobre a qualidade da água para consumo humano no Brasil. O primeiro relato para verificação da inocuidade e potabilidade surgiu na década de 20 com a criação do Departamento Nacional de Saúde Pública (DNSP) e restringia-se ao Distrito Federal. Vários dispositivos legais foram editados posteriormente, como a Lei n.º 8.080/1990 (Lei Orgânica da Saúde), que reforça a responsabilidade do setor Saúde à fiscalização das águas destinadas ao consumo humano. Com o re-ordenamento institucional ocorrido a partir do início da década de 1990, novos marcos legais que fornecem substratos jurídicos às ações de vigilância da qualidade da água de consumo humano foram estabelecidos (MS, 2005) assim, as ações de vigilância em saúde ambiental relacionadas à qualidade da água para consumo humano estão inseridas no Sistema Nacional de Vigilância em Saúde Ambiental (SINVSA).

A integração da gestão hídrica à gestão ambiental teve como principais fóruns mundiais de discussão a Conferência Internacional sobre Desenvolvimento das Águas e do Meio Ambiente (1992), a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Eco-1992) assim como a Conferência sobre Avaliação e Gerenciamento de Recursos Hídricos (1996). A Declaração de Dublin, de 1992, chama a atenção dos países para os riscos inerentes aos problemas de desperdício e poluição das reservas hídricas e para a necessidade de se contar com a participação da sociedade na adoção de ações que levem ao seu uso eficaz (FIGUEIRÊDO et al. 2008).

Libânio et al.(2005) asseveram que, em sua grande maioria, os países que apresentam Índice de Desenvolvimento Humano mais elevado (IDH > 0,7) e maior longevidade (esperança de vida ao nascer > 60 anos) apresentam maior cobertura dos serviços de saneamento (cobertura de água > 60% e cobertura de esgoto > 50%). Por sua vez, países com menor IDH (IDH < 0,7 e menor longevidade) se encontram em pior situação sanitária. No Brasil, as péssimas condições sanitárias verificadas em muitas das bacias hidrográficas densamente e desordenadamente ocupadas resultam na degradação generalizada dos elementos naturais e, obviamente, dos recursos hídricos. É comum o lançamento de esgotos sanitários não tratados, a disposição inadequada de resíduos sólidos nas mediações de cursos d'água ou em locais sem infra-estrutura adequada, loteamentos clandestinos e outras situações. Desse modo, as ações de saneamento são necessárias para o estabelecimento de condições salubres e o pleno desenvolvimento humano.

A expressão “qualidade” não se refere a um grau de pureza absoluto da água, mas a um padrão tão próximo quanto possível do “natural”. Dessa maneira, pode-se dizer que a qualidade da água reflete as condições naturais e do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica (VON SPERLING, 2007). Os requisitos de qualidade de uma água constituem função de seus usos previstos. Além da exigência de qualidade, que traduz de forma generalizada e conceitual seus atributos, há também necessidade de se estabelecer padrões embasados por um suporte legal.

A importância da qualidade da água está bem conceituada na Política Nacional de Recursos Hídricos que, no Art. 2º, da Lei nº. 9.433/97 explicita: “assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos”. A referida Lei definiu ainda cinco instrumentos para o gerenciamento das águas no país: os planos de recursos hídricos, o enquadramento dos corpos d'água, a outorga, a cobrança e o sistema nacional de informações sobre recursos hídricos, todos demandando informações relativas à qualidade das águas (BRASIL, 1997).

3.2.1 Contaminações microbiológicas da água

A cadeia de interações envolvidas no processo de patologias de transmissão e/ou origem hídrica é complexa, intervindo inúmeros fatores: hábitos higiênicos, acondicionamento inadequado da água, não conformidade com o padrão de potabilidade, entre outros. Lembrando que, o acesso à água potável é um direito garantido à população, aplicando-se os princípios da universalidade, da igualdade e da equidade (MS, 2005).

Inúmeras epidemias ocorrem através da ingestão da água microbiologicamente contaminada. Historicamente *Salmonella* e *Shigella* foram os primeiros agentes identificados nas epidemias de origem hídrica. Atualmente, outros microrganismos têm sido detectados, dentre eles: *Burkholderia pseudomalle*, *Campylobacter jejuni*, *C. coli*, *Escherichia coli* patogênica, *E. coli* enterohemorrágica, *Legionella* spp, *Mycobacterium* sp (não tuberculosa), *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella Typhi*, *Salmonella* spp, *Shigella* spp, *Vibrio cholerae*, *Yersinia enterocolitica*, Adenovírus, Enterovírus, Astrovírus, Vírus da Hepatite A e E, Norovírus, Sapovírus, Rotavírus, *Acanthamoeba* spp, *Cryptosporidium parvum*, *Entamoeba histolytica*, *Giardia intestinalis*, *Naegleria fowleri*, *Toxoplasma gondii*, *Dracunculus medinensis*, *Schistosoma* spp e outros (TORTORA et al. 2000; WHO, 2008).

Alguns microrganismos podem apresentar resistência à cloração ou mesmo tratamento com raios Ultra Violeta (WHO, 1996; GIOMBELLI et al.1998), de modo que o Codex Alimentarium recomenda que a água reutilizada em indústrias de alimentos seja de qualidade e analisada quanto à presença de coliformes, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes* e *Legionella* spp (CASANI & KNOCHEL, 2002).

Os organismos indicadores de poluição mais comumente encontrados nos corpos d'água são os coliformes, que são definidos com bastonetes Gram negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos e que podem crescer em presença de sais biliares e outros agentes tensoativos, fermentam a lactose a 35°C, com produção de ácidos (ácidos orgânicos e aldeídos) e gás em 24 horas. Nas fezes, os coliformes atingem concentrações da ordem de $10^8 - 10^{10}$ microrganismos por grama (APHA, 1998).

Tipicamente, os gêneros mais comuns de coliformes são *Escherichia*, *Enterobacter*, *Klebsiella* e *Citrobacter* (KONASCKI & JONHON, 2001). Contudo, os Coliformes totais não têm relação direta com a ocorrência de contaminação fecal. Já os Coliformes termotolerantes constituem um subgrupo dos C. totais e inclui aqueles que crescem em temperaturas mais elevadas (44,5°C), seja de origem fecal ou ambiental. O grupo está formado pela *E. coli* e *K. pneumoniae* sendo que, apenas *E. coli* é de origem exclusivamente fecal, das fezes humanas recentes e de animais homeotérmicos, com percentuais em torno de 96 a 99,5%. Em vista disto, as tendências atuais se direcionam para detecção específica de *E.coli*, cuja distinção de outro grupo de C. fecais é pela reação de urease negativa e presença de β -glucoronidase (BITTON, 1994).

Em uma escala global, a contaminação de água potável por agentes patogênicos representa risco importante para a saúde dos seres humanos, e tem havido um número incontável de surtos resultante da exposição à água não tratada ou inadequadamente tratada (COVERT, 1999; USEPA, 1999; OPS, 2000; SANCHEZ-PEREZ et al. 2002; RITTER et al. 2002; CRAUN et al. 2003; CASALI, 2008), sendo *Giardia*, *Campylobacter*, *Cryptosporidium*, *Salmonella*, *E. coli* e *Yersinia* os agentes zoonóticos mais comuns. Em águas de recreação a ocorrência maior foi de *Leptospira* e parasitas da família *Schistosomatidae*.

Outro grupo estudado em corpos d'água são as bactérias heterotróficas aeróbias mesófilas que compreende diversos gêneros, entre eles: *Pseudomonas*, *Aeromonas*, *Klebsiella*, *Flavobacterium*, *Enterobacter*, *Citrobacter*, *Serratia*, *Acinetobacter*, *Proteus*, *Alcaligenes*, *Enterobacter* e *Moraxella* e que indicam o número total de bactérias presentes e o nível de enriquecimento orgânico, podendo o grupo conter microrganismos de risco à saúde dos consumidores (ROITMAN et al.1988; BITTON,1994). São bactérias úteis para avaliar a eficiência do sistema de tratamento da água, especificamente a coagulação, a filtração e a desinfecção. Também podem servir para avaliar o grau de limpeza e integridade do sistema de distribuição e ainda, se a água é adequada para ser usada na elaboração de alimentos e bebidas (CETESB, 2008).

Segundo Sanchez (1999), embora a maioria das bactérias heterotróficas da microbiota natural da água não seja considerada patogênica, é importante que sua densidade seja mantida sob controle, pois densidade muito alta pode levar a deterioração da qualidade da água, ocasionando odores e sabores desagradáveis, além de impedir a detecção de coliformes.

3.2.2 Contaminações físico-químicas da água

Os constituintes químicos das águas, sob influência de vários fatores modificam as características qualitativas e quantitativas dos mananciais. Estes íons fluem em baixos teores em águas superficiais, mas pode atingir altas concentrações em águas profundas, a exemplo do composto nitrato (VON SPERLING, 2005).

Esteves (1998) destaca alguns parâmetros na análise da eutrofização para a percepção do grau de poluição no corpo hídrico: turbidez, nitratos, fosfato, pH, dentre outros. Segundo o autor, a eutrofização ou aumento da concentração de nutrientes ocorre no ecossistema aquático principalmente pelo aporte de nitrogênio e fósforo e é classificada como natural ou artificial. Quando a eutrofização surge a partir da ação humana, é chamada de artificial, antrópica ou cultural. Quando o processo acontece sem atuação humana, ele é lento, pois os principais agentes são as chuvas e as águas de escoamento superficial.

Nitrato na água potável pode ser um indicador de qualidade total da água assim como os níveis elevados deste composto sugerem a possível presença de outros contaminantes, tais como microrganismos ou pesticidas (FELDSINE et al. 2003). Casos severos desta doença, se deixado sem tratamento podem ser fatais (BOUCHARD et al. 1992).

Para Lundberg et al. (2004), o nitrato não só é um indicador de saúde ambiental como também, é uma preocupação para a saúde humana, sendo um contaminante muito comum em águas subterrâneas. Concentrações excessivas de nitrato estão ligadas a uma desordem do sangue em bebês conhecido como "síndrome do bebê azul" ou metahemoglobinemia. Há evidência de que o câncer pode estar relacionado à

exposição ao nitrato que pode aumentar a geração de N-nitrosaminas carcinogênicas, além de causar aborto espontâneo.

Elevadas concentrações de nitrato indicam poluição proveniente de atividades de uso da terra como a exploração leiteira, aplicação de efluentes para o solo, utilização de fertilizantes azotados, resíduos e esgotos domésticos. Altas concentrações de nitrato também limitam as exportações de produtos agropecuários, são tóxicos e indesejáveis na cadeia alimentar (UNESCO, 2009) .

A turbidez refere-se à suspensão de materiais de qualquer natureza na água. Ocorre devido à alteração da penetração da luz pelas partículas em suspensão que provocam a sua difusão e absorção. Essas partículas podem ser constituídas por plâncton, bactérias, argila, areia e outras partículas (MACÊDO, 2002).

Água com elevado teor de turbidez é indicativo de um alto conteúdo orgânico e inorgânico suspenso, que pode servir de abrigo para microrganismos e diminuir a eficiência do tratamento químico ou físico da água (WHO, 1996; VON SPERLING, 2005). Valores de turbidez abaixo de 5,0UT são os aceitáveis em água para consumo humano, mas é recomendável que a turbidez seja a mais baixa possível (BRASIL, 2004).

O pH (potencial hidrogeniônico) da água é a medida da atividade de íons H^+ e expressa a condição do meio, ácido ($pH < 7,0$) ou alcalino ($pH > 7,0$), sendo influenciado por uma série de fatores, de origem antrópica ou natural. A sua determinação é importante para águas destinadas ao consumo humano por ser um fator preponderante de reações e solubilização de várias substâncias. Valores fora das faixas recomendadas podem alterar o sabor da água, contribuir para corrosão dos sistemas de distribuição e diminuir a eficiência da desinfecção por cloração. O Ministério da Saúde prevê valores de pH aceitáveis para consumo humano situados entre 6,0 e 9,5 (BRASIL, 2004).

O fósforo pode se apresentar na água sob três formas diferentes: fosfato orgânico (detergente), ortofosfato, polifosfato ou fosfato condensado (polímeros de ortofosfatos), forma menos importante em estudos de controle de qualidade das águas, porque os polifosfatos sofrem hidrólise convertendo-se rapidamente em ortofosfatos nas águas naturais (CETESB, 2008).

O fósforo ocorre em águas naturais devido principalmente às descargas de esgotos sanitários. Os detergentes utilizados em larga escala constituem a principal fonte de fosfato, além da própria matéria fecal, que é rica em proteínas. Alguns efluentes industriais, como os de indústrias de fertilizantes, pesticidas, químicas em geral, conservas alimentícias, abatedouros, frigoríficos e laticínios, apresentam fósforo em quantidades excessivas. As águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas também podem conter a presença excessiva de fósforo (LIBÂNIO, 2005).

O composto fósforo não apresenta problemas de ordem sanitária nas águas de abastecimento, contudo é um elemento indispensável para a multiplicação de algas e de microrganismos responsáveis pela estabilização da matéria orgânica (VON SPERLING, 2005). Quando em altas concentrações, favorecem o processo de eutrofização .

De acordo com a Rede de Informação Automatizada de Água Potável do Estado de Washington, do Departamento Estadual de Saúde, o Programa Pessoas Saudáveis para 2010 incluirá dois objetivos diretamente relacionados à qualidade da água potável: aumentar em até 95% o número de pessoas servidas pelo sistema público de abastecimento e reduzir o número de surtos de doenças veiculadas pela água nos EUA, de seis para dois por ano. O programa também visa aumentar ou manter o número de territórios, tribos e estados que monitoram doenças ou condições causadas pela exposição aos perigos ambientais, incluindo metahemoglobinemia, doença de notificação obrigatória (DWAIN, 2002).

Para Ouyang et al. (2006), avaliação das mudanças sazonais na qualidade da água de superfície é um aspecto importante na avaliação das variações temporais relacionadas à poluição dos rios devido à quantidade de insumos naturais ou antrópicos provenientes de fontes pontuais e não pontuais. Contudo, um parâmetro que é importante na avaliação da qualidade da água em determinada estação do ano, pode não ser importante para outra estação.

3.2.3 Testes de avaliações microbiológicas e físico-químicas da água

A avaliação e monitoração da água através de pesquisas de agentes contaminantes, notadamente os de origem entérica, representa a possibilidade de redução de inúmeros surtos de doenças causadas por microrganismos patogênicos (ROITMAN et al.1988; BITTON,1994; WHO, 1996). Por isso, testes para determinar a segurança da água têm sido desenvolvidos. Entretanto, não é prático pesquisar somente patogênicos nos sistemas de distribuição da água, pois muitas das vezes quando este é detectado, já será tarde para prevenir o surto de uma doença. Além disso, muitos patogênicos só estão presentes em baixas contagens e provavelmente não estariam incluídos nas amostras testadas (TORTORA et al. 2000).

Os testes de qualidade da água visam detectar, particularmente, organismos indicadores, cujo critério mais importante é que o microrganismo esteja presente em números substanciais nas fezes humanas e de animais, de forma a indicar se excretas estão sendo introduzidos na água, sendo os coliformes os organismos indicadores de poluição mais comumente encontrados nos corpos d'água (APHA, 1998).

Várias metodologias têm sido adotadas para identificação de coliformes em águas e efluentes, dentre as quais se destaca o método enzimático cromogênico cuja fundamentação para detecção de coliformes se baseia na hidrólise do substrato orto-nitrofenil- β -D-galactopiranosídeo (ONPG) pela enzima β -galactosidase resultando em uma coloração amarela. Já a detecção de *E. coli* se fundamenta na hidrólise do substrato fluorogênico 4-metil-umbiliferil- β -D-glucoronídeo (MUG) pela enzima β -glucuronidase, enzima intracelular, produzida pela bactéria, sendo a fluorescência observada pela luz ultravioleta (RICE et al. 1991).

Hamilton et al.(2005) citam que muitos estados estão substituindo os padrões microbiológicos de qualidade da água baseados em *C. termotolerans* pelos novos padrões que empregam *E. coli*, já que há equivalência dos testes. Com o intuito de investigar esta hipótese volumes fracionados de uma mesma amostra de água colhida de rios urbanos nos Estados Unidos foram avaliados usando os meios enzimáticos específicos (Colilert®, m-coliBlue24® e ágar nutriente com MUG) e comparados com o

plaqueamento em meios convencionais. Embora os testes tenham apresentados elevada correlação, o meio enzimático quantificou maior número de *E. coli* que o meios convencionais (teste t pareado de Student, $\alpha > 99\%$). Foi concluído que, se os meios enzimáticos forem utilizados para testar a qualidade da água mais casos de poluição da água serão comprovados.

Para Pettit & Servais (2000), o método de enumeração rápida baseada na hidrólise enzimática dos substratos ONPG e MUG demonstram estreita correlação com os métodos convencionais para contagem de coliformes em água potáveis além da rápida detecção de *E. coli* viável, mas não com capacidade de ser cultivada.

Os métodos convencionais para quantificar bactérias heterotróficas requerem tempo na preparação dos meios e na contagem das colônias, por isso métodos rápidos foram desenvolvidos e aprovados. O teste Simplate para detecção do número mais provável (NMP) de bactérias heterotróficas contém substratos hidrolisados por enzimas bacterianas para liberar 4-metilumbiliferona que fluoresce sob luz UV de comprimento de onda de 365nm, de 6 Wats, após incubação por 48 horas a 35° C (AOAC, 2003).

De acordo com a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos, os Serviços de Distribuição de Águas são obrigados a manter uma desinfecção residual detectável nos sistemas de distribuição de água de, no mínimo, <0,2 mg/L de cloro ou avaliar o processo mediante a contagem em placa de bactérias heterotróficas (JACKSON et al. 2000). Comparando o método padrão de contagem de bactérias heterotróficas (HPC) com o método Simplate os autores afirmam forte correlação positiva entre os dois métodos, ou seja, o teste Simplate evidenciou resultados equivalentes ao HPC após avaliação de 320 amostras de água tratada (50,6%), de 222 águas brutas (35,1%) e 90 de águas compostas (14,2%), procedentes de seis sítios localizados em regiões diferentes dos Estados Unidos.

Para Pangloli et al.(2006) os métodos Simplate são comparáveis e confiáveis para enumeração de microrganismos aeróbios, coliformes e *E. coli*, quando correlacionados com os métodos convencionais. Ao submeterem amostras de água de uso animal e do ambiente da fazenda à contagem pelo método convencional e Simplate a correlação foi de $r = 0,90$.

Valindlu et al.(2004) comparando os métodos convencionais de contagem de bactérias heterotróficas, HPC a 22°C para água de fontes externas e a 37°C para estações de tratamento e qualidade geral da água, com o método Simplate multidoso constataram que o método Simplate apresentou leitura mais rápida e significativa .

Amaral et al.(2003) avaliando a água utilizada para consumo humano em 30 propriedades rurais localizadas na região nordeste do Estado de São Paulo encontraram nas 180 amostras colhidas de fontes, reservatórios e bebedouros, níveis de contaminações por C. totais, *E. coli* e bactérias heterotróficas acima de 80%, tanto no período de chuva quanto na estiagem. Estudo similar foi realizado por Rosa et al. (2004) que, ao avaliarem 63 poços rasos tipo cacimba, localizados em áreas urbana e rural de Campo dos Goytacazes (RJ) encontraram a presença de *E. coli* em 28,36%, C. totais em 70,15% e C. fecais em 44,78%. A contaminação da água foi atribuída à proximidade de fossas.

Antunes & Freo (2008) ao investigarem a condição microbiológica da água de poços rasos e profundos em Jaboticaba-RS constataram contaminação por C. totais e C. termotolerantes nas 12 amostras analisadas.

Desde 1992, a Universidade de Auburn, no Alabama, Estados Unidos, atua na consolidação de uma rede mundial de “Vigilantes da Qualidade da Água (GWW)”. A rede no Alabama contava, em 2006, com 240 grupos de monitoramento, colhendo e analisando dados em 1.800 diferentes locais do mundo em 700 corpos d’água. Grupos de monitoramento na Tailândia, Filipinas, Equador, México e Brasil integram essa rede. A metodologia adotada para o monitoramento da água e aprovado pela EPA consiste na avaliação dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos: oxigênio dissolvido, pH, alcalinidade, dureza, turbidez, temperatura, sólidos suspensos totais, *E. coli* e outros coliformes. Também foi estabelecido um protocolo para biomonitoramento em rios de 1ª e 2ª ordem, por meio da identificação, contagem e classificação de macroinvertebrados bentônicos. A rede dispõe ainda de um sistema de informação via Internet, que armazena os dados do monitoramento de corpos d’água em várias regiões do mundo, gera gráficos de tendência e inter-relaciona os parâmetros (AUBURN UNIVERSITY, 2009).

Pesquisa realizada por Babiker et al.(2004) utilizando Sistema de Informação Geográfica para investigar a contaminação pelo nitrato na água subterrânea advinda de fertilizantes agroquímicos nas montanhas Kakamigahara, no Japão revelou que 90% das amostras de água analisadas excederam o valor de 3mg/L NO_3^- , níveis que podem causar agravo à saúde pública, enquanto mais de 30% continham o valor máximo aceitável do regulamento japonês (44 mg/L NO_3^-). A análise espacial indicou que a poluição dos aquíferos sob campo de hortaliças foi significativamente maior que sob terras urbanas ou campos de arroz.

Arumi et al.(2006) relatam que, na região central do Chile, dos 94 poços estudados, 14% evidenciaram níveis de nitrato maiores do que os padrões chilenos permitidos para a água potável. A análise de risco para a população exposta (adultos e lactentes) mostrou ausência de risco para adultos, e média de quociente de risco (HQ) de 0,12 com valores máximos de 3,1, em alguns locais, para os bebês. Embora a média de 0,69 não indique perigo para este grupo, o estudo mostrou que a contaminação da água dos poços pelo nitrato está primariamente relacionada às práticas de construções e à proximidade com animais de criação, e que se os bebês fossem alimentados com fórmulas misturadas com esta água, estes sofreriam riscos.

Segundo Nikolaidis et al.(2008),fertilizantes agrícolas são extensivamente usados na agricultura moderna, a fim de aumentar a produção e produtividade. Entretanto, nutrientes lixiviados do solo agrícola penetram nas fontes subterrâneas gerando grande preocupação ambiental e de saúde pública. A fim de avaliar o impacto dos fertilizantes na qualidade da água potável da região de Evros, no norte da Grécia, foram colhidas amostras de água de torneira de 64 localizações diferentes e analisadas quanto à presença de nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), amônia (NH_4^+), sulfato (SO_4^{2-}) e fosfato (PO_4^{3-}). A pesquisa evidenciou níveis de nitrato, sulfato e fosfato acima dos valores aceitáveis, na ordem de 6,25%, 4,70% e 9,38%, respectivamente, em todos os pontos de amostragem. Os dados obtidos foram inseridos no programa de informação geográfica para mapeamento das áreas contaminadas. A poluição da água nestas áreas foi atribuída ao uso excessivo de fertilizantes.

O possível impacto da percolação do chorume na qualidade da água subterrânea assim como parâmetros microbiológicos e físico-químicos foram estudados por Mor et

al.(2006) em Gazipur, na Índia, onde ficou comprovado que concentrações moderadamente altas de vários parâmetros, incluindo nitrato e fosfato estão afetando a qualidade da água. A presença de C. totais e C. termotolerantes na água evidenciou condições inadequadas do aquífero para o abastecimento doméstico e outros usos.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4. 1. Caracterização hidrográfica da microrregião de Itapecuru- Mirim

O Estado do Maranhão compreende as mesorregiões : Norte, Sul, Leste, Oeste e Centro Maranhense, subdivididas em 21 microrregiões geográficas, dentre as quais se encontra a microrregião de Itapecuru-Mirim localizada entre os paralelos 3°12'00" e 4°02'24" de latitude sul, meridianos 43°00'36" e 44°38'24" de longitude oeste. Limita-se ao norte com a microrregião de Rosário, ao sul com as microrregiões de Codó e Médio Mearim, a leste com a microrregião de Chapadinha e a oeste com a microrregião da Baixada Maranhense. É constituída pelos municípios de Itapecuru-Mirim, Presidente Vargas, Nina Rodrigues, Miranda do Norte, Cantanhêde, Pirapemas e Vargem Grande (RIBEIRO, 2004).

A microrregião de Itapecuru-Mirim é banhada pelos rios Munim e Itapecuru. O rio Itapecuru apresenta largura média de 100m e é o mais extenso em superfície sendo explorado na cidade de São Luís e no interior do Estado do Maranhão, onde é responsável pelo abastecimento de água para 75% da população. No Estado do Maranhão, aproximadamente, 3 milhões de pessoas, em 52 cidades dependem do Itapecuru (ALCÂNTARA, 2004). Fisicamente o rio divide-se em três regiões distintas, designadas de Alto, Médio e Baixo Itapecuru (Figura 8).



Figura 8 - Rio Itapecuru-Mirim

Fonte: Águas Perenes

Os poços da microrregião apresentam profundidade média de 91 metros, vazão média de $12 \text{ m}^3/\text{hora}$ e capacidade específica de $1,86 \text{ m}^3/\text{h/m}$. O potencial de águas subterrâneas da bacia hidrográfica do Itapecuru foi estimado em 2,9 bilhões de metros cúbicos anuais, o que representa aproximadamente 30% do escoamento total do rio.

A maior parte desse potencial fica à margem esquerda (principalmente devido ao Rio Alpercatas), cujos tributários contribuem com cerca de 1 bilhão de m^3 . O uso da água subterrânea ainda é predominante e chega a ser maior que o dobro da superficial na bacia. Das 220 captações existentes na bacia, 139 são subterrâneas, ou seja, poços profundos que retiram do subsolo aproximadamente 3000 L/s de água. As 81 captações

superficiais retiram 1200 L/s e situam-se em barragens, açudes, afluentes e no próprio rio. Considerando estes dados, a vazão utilizada de águas superficiais é inferior a 3% da vazão média de rio medida na cidade de Itapecuru-Mirim ($40\text{m}^3/\text{s}$) (ALCÂNTARA, 2004).

Referente às condições climáticas da bacia do Itapecuru esta apresenta clima tropical úmido, com temperaturas elevadas, médias acima de 20°C , precipitações pluviométricas entre 1000 e 1500 mm/ano, com duas estações bem distintas, uma chuvosa e outra seca (LEMOS, 2002).

De acordo com o Posto Avançado de Sanidade Agropecuária (PASA) da Agência Estadual de Defesa Agropecuária do Estado do Maranhão (AGED), o município de Itapecuru-Mirim tem cadastrado 146 propriedades com exploração de bovinocultura de corte, 10 de bovinocultura leiteira, 02 laticínios, 02 matadouros de pequeno porte, sendo um municipal e um privado (desativado). As propriedades, tanto as de leite quanto as de corte utilizam água de açudes, barreiros, cacimbas, córregos, poços artesianos e rasos. Os laticínios utilizam água de poços artesianos e o matadouro municipal utiliza água da rede pública, ou seja, da CAEMA. A microrregião apresenta ainda, dois pólos de piscicultura, com dois sistemas de criação: um tanque-rede com quatro projetos e um tanque no chão, também com quatro projetos (AGED, 2008).

4.2. Amostragem

Como critério de seleção dos pontos de colheita, adotou-se o cadastro de propriedades rurais e dos estabelecimentos agroindustriais fornecido pela AGED e o dos Projetos de Assentamentos Rurais indicado pela Casa de Agricultura Familiar do município de Itapecuru-Mirim-MA. Foram visitadas 26 propriedades rurais e destas 08 eram bovinocultura leiteira, 18 eram de corte, 06 Comunidades Rurais que cultivam hortaliças, possuem criatórios de peixes e desenvolvem outras atividades agropastoris de auto-sustento. Os demais pontos de colheita cadastrados incluíram 02 laticínios, 01 matadouro público e 01 fábrica de polpa de frutas, totalizando 36 pontos (Figura 9). O período de colheita compreendeu os meses de abril a junho (período de chuva) e setembro a novembro (período de estiagem) de 2008, totalizando 172 amostras: 39

águas de consumo humano, 05 amostras de uso doméstico, 08 amostras de lavagem dos tetos das vacas; 02 de uso em laticínios, 01 de uso em matadouro, 01 de uso na fábrica de polpas de frutas, 18 de consumo animal, 09 de piscicultura e 03 de uso em hortaliças. Vale ressaltar que as mesmas amostras colhidas no período de chuva foram repetidas no período de estiagem assim como não houve sorteio de bovinocultura de corte porque na região só existiam as referidas propriedades, as demais citadas no cadastro da AGED, seus proprietários mudaram de atividade.

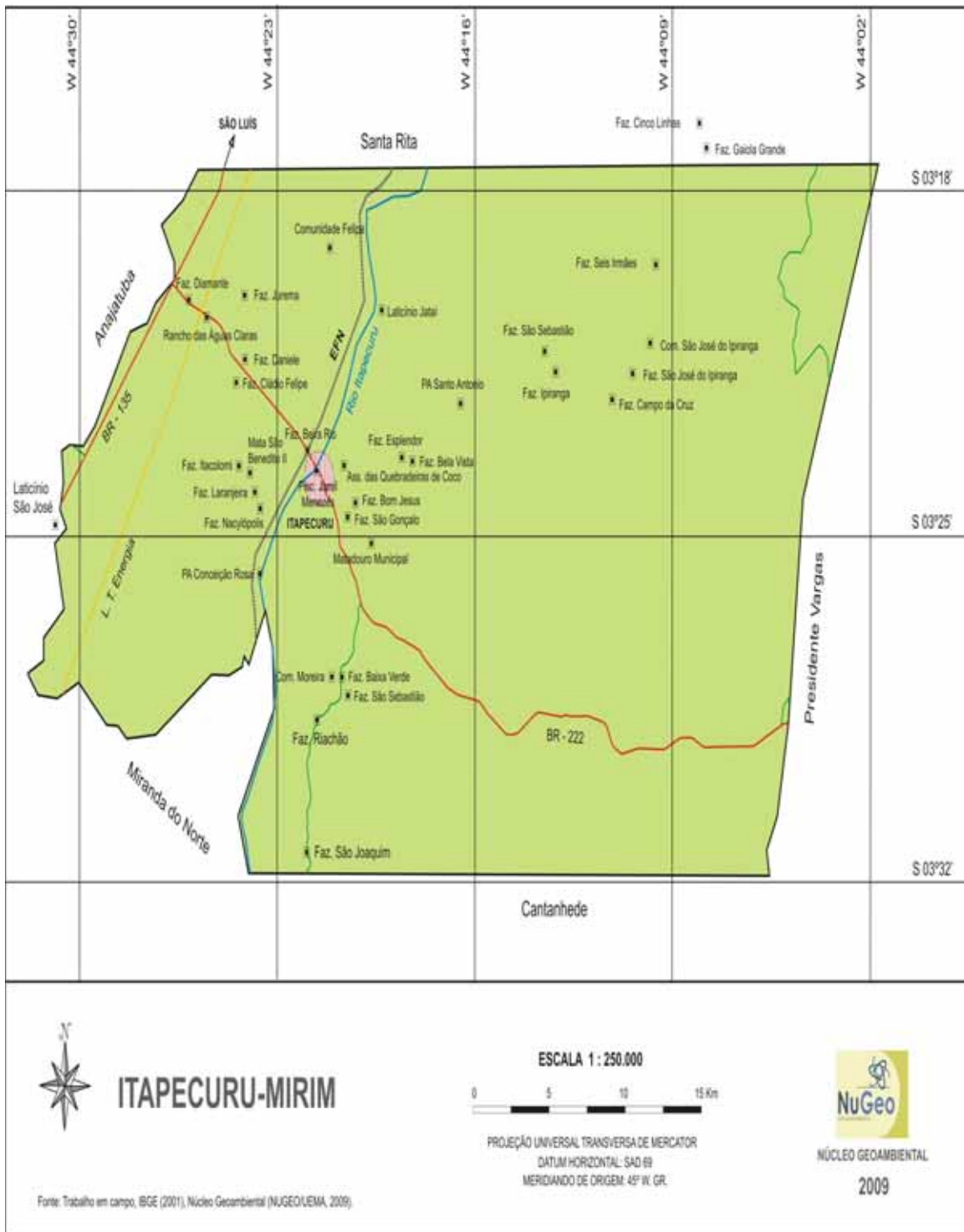


Figura 9 - Pontos amostrados de água de usos múltiplos no município de Itapecuru-Mirim, MA

4.2.1 Procedimento de colheita

- **Água de consumo humano:** água das residências rurais colhidas diretamente de potes de barro, filtros de cerâmica, garrafas pet, torneira ou depósitos plásticos eram procedentes da Rede Pública de Abastecimento, poços artesianos, poços rasos e/ou fontes naturais (Figura 10). Abria-se a torneira do filtro ou da pia da cozinha e deixava-se a água escoar, por aproximadamente 2 minutos, então frascos esterilizados, com capacidade de 500 mL eram preenchidos até 2/3 de sua capacidade. A seguir estes eram acondicionados em caixa de material isotérmico contendo cubos de gelo. Quando as amostras eram de poços raso ou fontes naturais, o frasco era submerso, o mais profundo possível e de forma asséptica colhia-se a amostra. Quando a água era armazenada em frascos ou depósitos despejava-se esta no frasco de colheita mantendo-o conservado sob refrigeração.



Figura10 - Água de consumo humano: fonte, poço raso, poço artesiano e filtro de cerâmica

- **Água de uso doméstico:** nas comunidades rurais visitadas a água utilizada para cozinhar, preparar alimentos, regar plantas, tomar banho e outros usos domésticos (Figura 11), nem sempre é a mesma água usada para consumo. Geralmente a água é procedente de açude, armazenada em tanques de cimento, caixas ou depósitos plásticos. De forma semelhante à colheita de água de poço raso ou fontes naturais colhia-se a água dos açudes assim como, nas situações em que a água era encanada o procedimento adotado era o mesmo para água de consumo humano.



Figura 11 - Água de uso doméstico: fonte, baldes, depósito plástico e açude

- **Água de lavagem dos tetos das vacas:** nas propriedades que a água era procedente de poço artesiano e encanada colhia-se a amostra da mangueira na sala de ordenha, após deixar a água escoar por cerca de 2 minutos. Preenchia-se o frasco e acondicionando o mesmo sob refrigeração. Em algumas fazendas a água utilizada para higiene dos tetos e lavagem de utensílios era armazenada em tanques de cimento construídos no próprio estábulo (Figura 12), nestes, colhia-se a água imergindo o frasco no tanque e posterior acondicionamento sob refrigeração.



Figura 12 - Água de lavagem dos tetos das vacas: torneira, tanque e açude

- **Água de uso em laticínio:** a amostra era colhida da sala de processamento do estabelecimento (Figura 13), diretamente da torneira após deixá-la aberta escoando por 2 minutos e posterior acondicionamento. No momento da colheita da água, simultaneamente media-se o teor de cloro residual, anotando-se o resultado na ficha de cadastro. A medição do cloro foi realizada somente nas amostras de água colhidas do laticínio.



Figura 13 - Água de uso em laticínio: torneira

- **Água de uso em matadouro:** de forma semelhante ao laticínio, colhia-se a mostra diretamente da torneira da sala de evisceração (Figura 14). Em seguida esta era mantida refrigerada.



Figura 14 - Água de uso em matadouro

- **Água de uso em fábrica de polpa de frutas:** colhia-se a amostra diretamente da torneira interna da sala de processamento (Figura 15), seguido dos devidos cuidados.



Figura 15 - Água de uso em fábrica de polpa de frutas

- **Água de consumo animal:** o frasco era submerso no açude (Figura 16) onde os animais bebiam e após desprezar o excesso de água, este era acondicionado sob

refrigeração. Somente em uma propriedade o bebedouro dos animais era no curral e água procedente de poço raso. Nesta, o frasco foi imerso no bebedouro procedendo-se com os demais cuidados.



Figura 16 - Água de consumo animal

- **Água de uso em piscicultura:** nos casos de tanque- rede, o frasco de colheita era submerso no tanque (Figura 17), o mais profundo possível e posteriormente acondicionado sob refrigeração. Nos criatórios do rio (Figura 17), o frasco era submerso em sentido contrário à correnteza e após desprezar o excesso de água este era mantido refrigerado.



Figura 17 - Água de piscicultura: tanque-rede e açude

- **Água de uso em hortaliças:** a água era colhida da mangueira de irrigação das plantas (Figura 18), após deixá-la aberta, escorrendo por 2 minutos. A seguir, preenchia-se o volume necessário e conservava-se frasco sob refrigeração.



Figura 18 - Água de uso em hortaliças

Após colhidas as amostras foram transportados para o Laboratório de Microbiologia de Alimentos e Água do Curso de Medicina Veterinária da Universidade Estadual do Maranhão-UEMA, onde foram analisados os parâmetros microbiológicos segundo a metodologia recomendada pela AOAC (2003); APHA (2005). Os parâmetros físico-químicos foram analisados no Laboratório de Solos, da UEMA, segundo Silva & Oliveira (2001).

4.3 Análises microbiológicas

4.3.1 Determinação do Número Mais Provável (NMP) de Coliformes totais e *Escherichia coli* (APHA, 2005)

A técnica do NMP adotada foi a do teste do substrato enzimático a qual quantifica simultaneamente C. totais e *E. coli*. De cada amostra de água colhida, 100 mL foram vertidos em frascos esterilizados contendo o meio de cultura à base de sais, fontes de carbono e nitrogênio e os nutrientes indicadores específicos: orto-nitrofenil β -D-galactopiranosídeo (ONPG) para diferenciação dos Coliformes totais e o 4-metil-umbeliferil- β -D-glucoronídeo (MUG), para diferenciação de *E.coli*. Os C. totais apresentam a enzima de fermentação da lactose, a β -D-galactosidase, que por sua vez cliva o substrato ONPG dando reação positiva para estes microrganismos. Já a *E.coli* produz a enzima β -glucoronidase a qual hidrolisa o substrato fluorogênico (MUG). Em seguida, a mistura foi distribuída em cartelas Quanti-Tray, sendo estas seladas e incubadas em estufa bacteriológica a 35°C (\pm 0,5°C), por 24 horas.

As amostras coliformes positivas foram detectadas visualmente pelo aparecimento de uma coloração amarela no meio de cultura, após contagem das células amarelas e interpretação baseada no número de células positivas. A seguir, utilizando-se a tabela específica foi determinado o NMP de coliformes/100 mL da amostra sob análise; enquanto a presença de *E. coli* foi observada pela fluorescência das células quando exposta à luz UV de 6 w, onda longa de 366 nm e o NMP determinado de forma semelhante ao realizado para Coliformes totais .

4.3.2 Contagem de bactérias heterotróficas (AOAC, 2003)

O substrato cromogênico utilizado foi o meio SimPlate que quantifica o NMP de bactérias heterotróficas. O substrato foi dissolvido em água destilada esterilizada na quantidade de 9 mL, a solução foi homogeneizada e com pipeta estéril foi adicionado 1mL da água sob análise, então o conteúdo foi vertido no centro da placa, distribuído uniformemente, desprezado o excesso e em seguida, as placas foram incubadas em estufa bacteriológica a 35°C ($\pm 0,5^\circ\text{C}$) por 48 horas. As amostras positivas foram detectadas pela formação de células com fluorescência quando expostas à luz UV de 6W, ondas longas de 366 nm. A interpretação do NMP de bactérias heterotróficas foi realizada pela tabela de conversão própria sendo determinando o NMP/mL da amostra sob análise.

Para as amostras cloradas, o cloro residual foi removido usando tiosulfato de sódio a 10%, na proporção de 0,1mL para 100 mL de água. Este procedimento é adotado para que não haja interferência nas contagens dos microrganismos pesquisados.

4.4 Análises físico-químicas (SILVA & OLIVEIRA, 2001)

Na avaliação do estado trófico da matriz água de múltiplos usos foram utilizados fosfato e nitrato. Como indicador de balanço iônico, analisou-se o pH. Quanto às características físicas, o parâmetro avaliado foi a turbidez.

4.4.1 Medição de pH

A determinação do pH nas amostras de água foi realizada em pH-metro Tec-3mp . O eletrodo de vidro foi retirado, lavado com água destilada e em seguida o aparelho foi calibrado colocando-se o eletrodo em solução tampão pH 6,86. Em seguida o eletrodo foi colocado em solução tampão pH 4,0 e novamente este foi calibrado. Sequencialmente, o eletrodo foi introduzido na amostra feita a leitura.

4.4.2 Medição de Turbidez

A turbidez foi medida em espectrofotômetro. O aparelho foi ajustado para um comprimento de onda de 420 nm, colocado a célula com água destilada, calibrado o equipamento e em seguida foi colocado a água na cubeta do espectrofotômetro, comparando-se o feixe de luz que passava pela amostra de água com o espalhamento de um feixe de igual intensidade que passava pela suspensão padrão, sendo expressado os resultados em Unidade de Turbidez (UT).

4.4.3 Medição de cloro residual

A medição foi *in locu*, usando kit comercial.

O método consistiu na comparação visual da cor do complexo formado pela reação de ortotolidina e cloro com padrão permanente. Em uma cubeta foram adicionados volumes de 10 mL da amostra sob análise e a seguir adicionado 1 mL da solução de ortotolidina. A amostra foi homogeneizada e feita a leitura da cor desenvolvida comparando-a com a cor padrão sendo o resultado expresso em mg/L de cloro.

4.4.4 Detecção do teor de nitratos

A detecção do teor de nitratos foi realizada pelo método colorimétrico com salicilato de sódio e leitura em espectrofotômetro modelo Cary 1E/UV. O método consistiu primeiramente na preparação dos padrões de nitrogênio nítrico na faixa de concentração para a qual se desejava preparar a curva de calibração. Foi preparada a prova em branco em 100 mL de água destilada e os padrões 1, 2, 3, 4 e 5mg N-NO₃⁻ /L, preparados respectivamente a partir de 1, 2, 3, 4 e 5 mL da solução estoque de nitrato diluído para 100mL em água destilada. Foram medidos 20 mL da amostra pré-tratada ou simplesmente filtrada, ou mesmo da amostra bruta que se apresentava muito clara, foi adicionado 1mL de solução de salicilato de sódio em elernmeyer e a solução foi incubada em estufa a 150°C durante 2 horas, até secar e depois esfriar. Em seguida foram adicionados 2mL de ácido sulfúrico concentrado o qual foi espalhado por rotação da cápsula, sobre o resíduo deixado pela amostra evaporada; decorrido 10 minutos foi adicionado lentamente 15mL de água destilada, e em seguida, 15mL da solução básica de tartarato de sódio e potássio, passados 10 minutos para o desenvolvimento pleno da cor foi realizada a leitura da absorbância a 420nm em espectrofotômetro.

4.4.5 Detecção do teor de fosfato

A detecção do teor de fosfato foi realizada pelo método colorimétrico por redução com ácido ascórbico e leitura em espectrofotômetro modelo Cary 1E/UV. Assim como o método de detecção de nitrato foi realizada primeiramente a preparação dos padrões. Foram pipetados 2mL da solução estoque de fosfato monopotássio (KH₂PO₄) em um balão volumétrico de 100mL e completado o volume com água destilada. Foi repetida a operação com 0,05; 0,10; 0,15; 0,20; 0,25mL da solução estoque de fosfato, correspondendo, respectivamente, aos padrões 1, 2, 3, 4, 5mg P-PO₄³⁻/L. Após, foram medidos volumes de 50 mL da amostra filtrada, adicionados 8 mL do reagente molibdato de amônio nas amostras e nos padrões e realizada a leitura da absorbância em espectrofotômetro a 880nm, entre 10 a 30 minutos .

4.5 Análise Estatística

Os dados foram analisados pelo programa estatístico SAS. Foram realizados testes de Qui-quadrado, Fisher e o teste de correlação de Pearson entre as variáveis microbiológicas e físico-químicas analisadas tanto geral, quanto separadas, por tipo de água (consumo humano, uso animal e outros usos). . Em todos os testes, o nível de significância (α) aplicado para se rejeitar a hipótese de nulidade foi de 5%, ou seja, foi considerada diferença significativa quando $p < 0,05$.

4.6 Referenciamento geográfico

A metodologia utilizada para o mapeamento consistiu no uso marcações dos pontos de colheita usando GPS marca Etrex-12 Chanel. As coordenadas geográficas determinadas em campo foram repassadas para o Núcleo Geoambiental da UEMA, para elaboração dos mapas. Essas informações geográficas foram utilizadas em Sistema de Informação Geográfica (SIG), adotando o software SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas), em banco de dados na projeção UTM e Datum SAD69, escala 1:250.000. A partir das informações processadas foi possível avaliar o nível de poluição ambiental dos corpos d'água superficial e subterrâneo.

4.7 Nível de conhecimento dos usuários sobre qualidade da água

Para avaliar o nível de conhecimento das pessoas quanto à qualidade da água usada ou consumida foi aplicado um questionário fechado, contendo perguntas objetivas (Apêndice A). As questões versavam sobre captação da água usada nas propriedades rurais, formas de uso deste recurso, potabilidade e outros quesitos que avaliavam a qualidade da água de múltiplos usos da região.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises microbiológicas e físico-químicas da matriz água de usos múltiplos encontram-se dispostos em tabelas e figuras e foram interpretados mediante a verificação do atendimento ou não aos padrões legais vigentes.

No presente estudo foram consideradas: água de consumo humano, uso doméstico, lavagem dos tetos das vacas, uso em laticínio, uso em matadouro e em fábrica de polpa de frutas como água potável, portanto devendo estas estar em conformidade com o padrão microbiológico vigente para soluções alternativas de abastecimento que são águas procedentes de fontes, poços comunitários, água distribuída por veículo transportador e água de instalação condominial horizontal e vertical. Ressalta-se, contudo que há distribuição de água na microrregião pela Rede Pública, mas como o fornecimento predominante é poço raso por isso adotou-se o padrão recomendado para soluções alternativas de abastecimento, cujos parâmetros microbiológicos e físico-químicos preconizados pela Portaria nº 518/2004 do MS encontram-se descritos no Quadro 1.

Quanto à água de consumo animal, água de piscicultura e água de uso em hortaliças, os padrões de qualidade destas foram interpretados pela Resolução nº 357/2005 do CONAMA conforme descrito no Quadro 2.

QUADRO 1. Padrão de potabilidade para soluções alternativas de abastecimento de água para consumo humano

Parâmetros	VMP ¹
C. totais <i>E. coli</i> ou <i>C. termotolerantes</i> Bactérias heterotróficas Turbidez pH Nitrato	Ausência em 100 mL ² Ausência em 100 mL 500 UFC/mL 5,0 UT 6,0 a 9,5 10 mg/L

1=Valor máximo permitido

2= Tolera-se a presença de C. totais na ausência de *E.coli*

QUADRO 2. Padrão de potabilidade para água doce classe 1 e 2.

Parâmetros	H ₂ O de consumo animal	H ₂ O de piscicultura	H ₂ O de uso em hortaliças
	VMP	VMP	VMP
<i>E. coli</i> ou <i>C. termotolerantes</i>	1000/100mL	1000/100mL	200/100mL
Turbidez	100 UT	100 UT	40 UT
pH	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0
Nitrato	10mg/L	10mg/L	10mg/L
Fosfato ¹	0,5mg/L	0,5mg/L	0,5mg/L

¹=Ambientes intermediários e tributários diretos de ambientes lênticos

- Água de consumo humano

A contaminação da água de consumo humano por *C. totalis* e *E. coli* foi elevada dois períodos avaliados, 25 amostras acusaram a presença destes indicadores no período chuvoso e 27 no período seco, respectivamente (Tabela 1; Figura 19). A maior contaminação no período seco pode ser atribuída às condições sanitárias inadequadas, maior saturação da água por compostos orgânicos carregados no período chuvoso, falta de limpeza da caixa d'água, proximidade de poços a fontes de contaminação, como fossas negras, dentre outras inúmeras contaminações de origem pontual (ANA, 2005a; MEDEIROS, 2005; GEO BRASIL, 2007).

É pertinente esclarecer que, muitas destas águas eram procedentes de fontes naturais, cacimbões, poços rasos ou mesmo carro pipa. Portanto, a detecção dos coliformes está associada à forma de abastecimento deficiente destas residências. Em algumas amostras, as contagens excederam >2.000NMP/100mL, independente do período analisado (Tabela 1).

Quanto ao atendimento à legislação vigente, do total de 78 amostras analisadas, nos dois períodos, 52(66,66%) amostras não atenderam à legislação. Considerando que a Portaria nº518 do MS (BRASIL, 2004) determina a ausência de *C. termotolerantes* ou *E. coli* em água de consumo humano, alerta-se para o risco de transmissão de doenças de veiculação hídrica que estas comunidades estão susceptíveis conforme relatam Roitman et al.(1988); Bitton(1994); WHO (1996); Amaral et al. (2003); Rosa et al. (2004); Antunes & Freo(2008) .

Referente à quantificação de bactérias heterotróficas, ressalta-se que foram efetuadas a quantificação esta microbiota em 80% da amostragem e não 20% conforme preconiza a legislação, sendo assim, das 62 amostras analisadas, 26 no período chuvoso e 28 no seco excederam o limite de 500NMP/mL, valor considerado aceitável (Tabela 1). A porcentagem de não conformidade foi de 54(87,09%) amostras (Figura 19).

A contagem de bactérias heterotróficas em água é importante indicador da qualidade higiênica (ROITMAN et al.1988; BITTON,1994; SANCHEZ,1999) e remete às possíveis causas de contaminações: fontes poluídas, caixas, reservatórios, filtros ou potes sujos ou mal vedados. Precárias condições de insalubridade bem como, sua presença pode acarretar biofilme (CETESB, 2008; WHO, 2008).

O acesso à água não potável e às condições inadequadas de saneamento básico tem papel preponderante na incidência de doenças. Nos lares em que se usava água canalizada, a taxa de incidência de diarréia diminuiu cerca de 70% em Gana, e mais de 40% no Vietnã (PNUD, 2007/2008). Da mesma forma, os sanitários com descarga reduziram o risco de contaminação em mais de 20%, em países como o Mali, a Nicarágua e o Egito (PNUD, 2006).

Quanto à turbidez, esta esteve acima de 5,0 UT em uma amostra no período chuvoso e em seis no período seco (Tabela 2). A turbidez detectada neste período pode estar associada ao fato de algumas das fontes avaliadas serem cobertas por palhas, outras cercadas por densa vegetação, não havendo proteção do manancial. Além disso, pessoas e animais transitavam livremente no local podendo as contaminações proceder destas situações. Vale lembrar que este parâmetro esteve mais elevado no período seco, período que também acusou maior contaminação por *E. coli* caracterizando assim uma contaminação pontual (WHO, 1996; VON SPERLING, 2005).

No que se refere ao pH, sete amostras no período chuvoso e seis no período seco, revelaram, respectivamente, pH<6,0 (Tabela 2). Houve maior número de amostras com pH ácido no período chuvoso, contudo, no período de estiagem a faixa de pH atingida foi a mais baixa de todas as amostras analisadas, sendo mensurados valores < 4,7. As características do solo, a presença de ácidos húmicos ou a atividade

fotossintética intensa pode contribuir para a elevação ou redução do pH, possível situação constatada. A alteração do pH pode ter origem também nos despejos de efluentes domésticos e industriais (INGÁ, 2008). O pH ácido demonstra que está ocorrendo processo de decomposição no ecossistema hídrico .

Referente ao nitrato (Tabela 2), três amostras, no período chuvoso, excederam 10 mg/L, valor limite estabelecido pela legislação vigente (BRASIL, 2004). O íon nitrato geralmente ocorre em baixos teores nas águas superficiais, mas pode atingir altas concentrações em águas profundas. O seu consumo por meio das águas de abastecimento está associado a dois efeitos adversos à saúde: a indução à metahemoglobinemia, especialmente em crianças e a formação potencial de nitrosaminas e nitrosamidas carcinogênicas (BOUCHARD et al.1992; FELDSINE et al.2003; LUNDBERG et al. 2004; ARUMI et al. 2006).

Não houve amostra contaminada por nitrato no período seco evento que pode ser explicado pela menor lixiviação de compostos químicos, notadamente os organofosforados. É que no período chuvoso há pragas nas lavouras e o homem do campo para combatê-la faz uso desses produtos. Também o uso de esterco não fermentado para adubar a lavoura pode percolar e contaminar os mananciais, assim como compostos químicos usados nas olarias e curtumes do município, além de chorume que nos períodos de chuva podem alcançar rapidamente corpos d'água.

Apesar da Portaria nº518 do MS não estabelecer padrão para fosfato em água de consumo humano, este foi mensurado por se tratar de uma área rural com características tróficas. Para este íon nove amostras, no período chuvoso, identificaram teor de fosfato >0,05 mg/L, valor máximo para ambientes intermediários e tributários diretos de corpos de águas lênticos, enquanto que cinco amostras, no período seco igualmente apresentaram-se alteradas para este composto, sendo que em três pontos de colheita estes valores permaneceram alterados nos dois períodos(Tabela 2). Fosfato é originado naturalmente da dissolução de compostos do solo e da decomposição da matéria orgânica. O aporte antrópico é oriundo de despejos domésticos e industriais, detergentes, excrementos de animais e fertilizantes (VON SPERLING, 2005; INGÁ, 2008). Por outro lado, sua presença nos corpos d'água desencadeia o desenvolvimento de algas ou de plantas aquáticas indesejáveis, principalmente em reservatórios ou

corpos d'água parada, podendo conduzir ao processo de eutrofização (ESTEVES, 1998; CETESB, 2008).

O número de amostras que não atendeu à legislação vigente, no que se refere aos parâmetros físico-químicos, quando avaliadas por período de chuva e seca encontra-se na Figura 20. Totalizam-se 23 (29,48%) amostras em não conformidade com os parâmetros físico-químicos. Caso fosse considerado o íon fosfato então estariam condenadas 33(42,30%) amostras.

Pelo teste do Qui-quadrado ($\chi^2 = 0,23$; $p=0,63$ e $\chi^2 = 0,06$; $p=0,803$) é aceita a hipótese H₀ (hipótese de nulidade), em nível de 5% de probabilidade de que a contaminação microbiológica e físico-química das águas de consumo humano, não recebe influência dos períodos chuvosos e secos.

TABELA 1. Determinações dos NMP de Coliformes totais, *Escherichia coli* e bactérias heterotróficas em águas de consumo humano avaliadas no período de chuva e seca na microrregião de Itapecuru - Mirim,MA, 2008.

Ponto de colheita	Origem	Coliformes totais		<i>Escherichia coli</i>		Bactérias heterotróficas	
		chuva	seca	chuva	seca	chuva	seca
1	poço artesiano	>2 419.6	290.9	1046.2	14.8	623	623
2	poço artesiano	>2419.6	>2419.6	913.9	1986.3	>738	>738
3	poço raso	66.3	<1	1.0	<1	555	>0.2
4	poço raso	219.0	263.3	15.6	28.5	507	150
5	riacho	691.1	>2419.6	9.6	>2419.6	738	>738
6	Rede Pública	<1	8.6	<1	<1	<0.2	372
7	Rede Pública	>2419.6	613.1	13.6	3.0	507	>738
8	Rede Pública	10.9	>2419.6	<1	19.3	1.9	414
9	poço raso	>2.419.6	886.4	84.7	7.5	>739	>738
10	poço artesiano	214.3	8.6	<1	<1	15	>738
11	poço artesiano	<1	517.2	<1	3.1	80	>738
12	poço raso	579.4	>2419.6	<1	6.1	189	>738
13	Rede Pública	1986.3	20.1	<1	<1	1	239
14	Rede Pública	2419.0	<1	<1	<1	>739	<0.2
15	Rede Pública	980.4	110.0	<1	<1	>739	440
16	Rede Pública	>2419.6	>2419.6	4.1	4.1	355	623
17	Rede Pública	>2419.6	36.9	9.3	<1	738	>738
18	Rede Pública	<1	33.6	<1	<1	48	>738
19	poço raso	547.5	23.1	<1	<1	>739	<0.2
20	poço artesiano	>2419.6	27.9	2.0	1.0	414	>738
21	poço artesiano	19.9	>2419.6	<1	1.0	>738	>738
22	cacimbão	290.9	77.6	1,0	1.0	355	>738
23	poço raso	36.8	34.1	<1	<1	>738	>738
24	poço raso	41.0	235.9	<1	19.5	>738	>738
25	poço raso	>2419.6	>2419.6	10.5	4.0	738	623
26	poço artesiano	980.4	403.4	9.7	3.0	>738	392
27	riacho	>2419.6	>2419.6	166.1	8.1	339	>738
28	nascente	>2419.6	2419.6	9.5	42.5	>738	339
29	nascente	48.0	>2419.6	<1	24.3	151	507
30	nascente	>2419.6	27.9	135.4	1.0	135	>738
31	poço raso	>2419.6	>2419.6	1968.3	4.6	>738	414
32	cacimbão	1553.0	1203.0	12.5	6.2	>738	738
33	Rede Pública	>2419.6	>2419.6	143.0	124.6	>738	738
34	poço raso	>2419.6	>2419.6	2.0	1.0	>738	738
35	poço art.	>2419.6	>2419.6	22.0	19.0	>738	738
36	poço artesiano	>2419.6	>2419.6	22.0	19.0	>738	738
37	poço artesiano	>2419.6	2419.6	1.0	<1	>738	>738
38	poço raso	>2419.6	>2419.6	648.8	579.4	623	555
39	poço raso	235.9	172.0	1.0	<1	>738	>738

TABELA 2. Determinações dos teores de turbidez, pH, nitrato e fosfato em águas de consumo humano avaliadas no período de chuva e seca na microrregião de Itapecuru-Mirim-MA, 2008.

Ponto de colheita	Origem	Turbidez		pH		Nitrato		Fosfato	
		chuva	seca	chuva	seca	chuva	seca	chuva	seca
1	poço artesiano	0,00	2,40	6,73	6,80	0,60	0,22	0,05	0,68
2	poço artesiano	7,30	24,50	6,16	6,18	0,17	0,17	0,14	0,14
3	poço raso	0,00	0,08	5,19	6,00	5,40	3,30	0,00	0,09
4	poço raso	0,90	3,00	5,97	6,20	0,00	0,24	0,03	0,02
5	riacho	3,50	3,00	7,25	5,87	0,00	0,25	0,06	0,01
6	Rede Pública	0,00	0,90	6,76	7,00	0,00	0,04	0,05	0,02
7	Rede Pública	0,00	2,20	6,59	6,80	1,90	0,02	0,01	0,01
8	Rede Pública	0,00	1,90	6,64	6,80	1,90	0,33	0,12	0,01
9	poço raso	0,00	0,80	6,75	6,80	15,40	8,71	0,01	0,03
10	poço artesiano	0,00	0,80	6,75	6,80	15,40	9,69	0,04	0,02
11	poço artesiano,	0,00	5,20	7,36	6,99	0,90	0,38	0,00	0,05
12	poço raso	0,20	1,20	7,05	6,88	0,33	0,03	0,02	0,01
13	Rede Pública	0,30	0,60	6,20	6,57	0,00	0,00	0,01	0,01
14	Rede Pública	0,00	0,90	6,70	4,55	0,17	0,14	0,03	0,02
15	Rede Pública	0,90	0,60	7,39	6,80	0,10	0,16	0,09	0,00
16	Rede Pública	0,50	1,30	7,22	7,25	0,10	0,08	0,03	0,02
17	Rede Pública	0,90	5,20	7,72	6,99	1,80	0,38	0,06	0,09
18	Rede Pública	1,50	0,00	6,53	6,72	5,40	1,65	0,03	0,02
19	poço raso	0,10	0,40	6,62	5,82	0,30	0,00	0,04	0,01
20	poço artesiano	0,80	0,70	6,28	7,15	0,90	1,57	0,03	0,02
21	poço artesiano	0,00	10,40	6,43	6,17	19,60	0,28	0,03	0,02
22	cacimbão	0,00	0,00	7,70	5,21	1,90	2,84	0,02	0,01
23	poço raso	0,80	0,20	6,01	6,46	2,84	2,58	0,80	0,20
24	poço raso	0,00	0,00	5,21	4,71	5,13	5,71	0,02	0,01
25	poço raso	0,00	0,00	5,05	4,27	4,70	5,13	0,03	0,01
26	poço artesiano	0,00	1,70	6,81	7,02	0,00	0,56	0,04	0,00
27	riacho	0,00	0,00	5,69	6,02	4,80	2,58	0,05	0,01
28	nascente	1,50	5,80	6,67	7,40	0,00	0,30	0,08	0,01
29	nascente	0,00	1,40	5,64	7,40	0,00	3,77	0,04	0,01
30	nascente	0,00	1,10	6,23	7,04	1,70	3,80	0,03	0,01
31	poço raso	0,00	0,70	6,94	7,15	1,70	1,57	0,03	0,02
32	cacimbão	0,00	9,20	5,99	6,00	0,00	0,19	0,05	0,01
33	Rede Pública	1,40	1,30	6,40	6,20	0,06	0,06	0,01	0,01
34	poço raso	1,70	1,90	6,60	6,20	0,00	0,00	0,01	0,01
35	poço artesiano	1,30	0,80	6,60	6,40	0,35	0,78	0,03	0,02
36	poço artesiano	1,90	1,50	6,80	6,60	1,89	1,88	0,02	0,01
37	poço artesiano	1,90	1,50	6,80	6,60	1,89	1,88	0,02	0,01
38	poço raso	0,20	1,80	6,00	6,40	0,04	0,00	0,08	0,01
39	poço raso	1,20	0,80	6,20	6,60	2,85	1,89	0,06	0,02

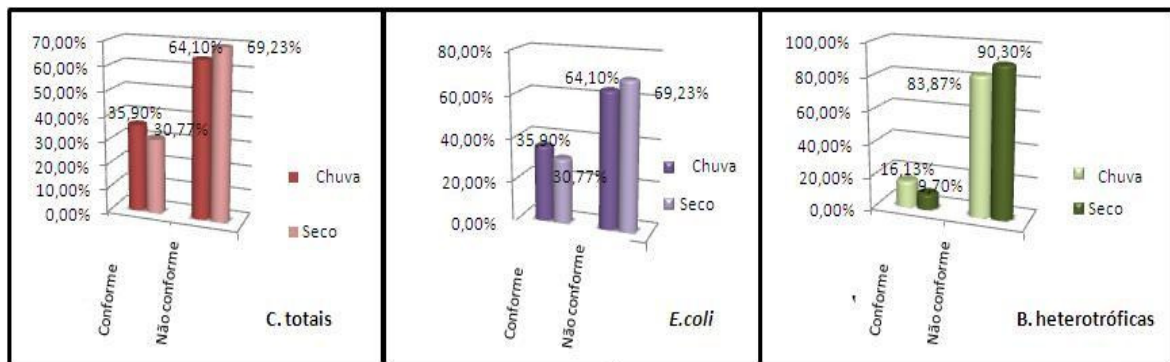


FIGURA 19. Porcentagem de amostras de águas de consumo humano avaliadas no período de chuva e seca, na microrregião de Itapecuru-Mirim-MA, 2008, que apresentaram NMP de Coliformes totais, *Escherichia coli* e bactérias heterotróficas conforme ou não com a legislação vigente.

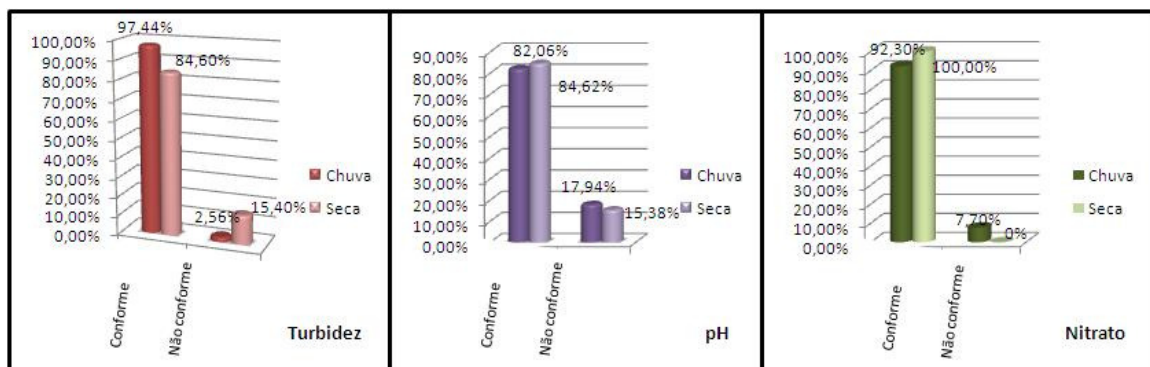


FIGURA 20. Porcentagem de amostras de águas de consumo humano avaliadas no período de chuva e seca na microrregião de Itapecuru-Mirim-MA, 2008, que apresentaram teores de turbidez, pH e nitrito conforme ou não com a legislação vigente.

-Água de uso doméstico

Das cinco amostras analisadas no período chuvoso, todas apresentaram valores de C. totais e *E. coli* acima dos estabelecidos pela Portaria nº 518 do MS (BRASIL, 2004), que estabelece ausência *E. coli*, portanto estavam em não conformidade com os padrões de potabilidade. No período seco ocorreram quatro não conformidades e somente uma amostra atendeu à legislação vigente (Tabela Computando o índice de amostras em desacordo com os padrões microbiológicos para os dois períodos avaliados este foi de 90%.

Na zona rural, as pessoas, por desconhecimento ou por negligência não têm cuidado com a água utilizada na lavagem de louças, alimentos, banho e outros usos domésticos. Geralmente esta água é proveniente de açude, cacimbão, chuva ou outra fonte. Por outro lado, a água é armazenada em depósitos plásticos, caixas de amianto,

tanques de cimento ou mesmo depósitos confeccionados com pneus, muito comum nas áreas rurais mais carentes. Não há o cuidado em lavar periodicamente o reservatório, clorar a água ou ao introduzir vasilhames no reservatório, permanecendo estes em más condições higiênicas. Então, a água nestas comunidades pode ser contaminada de inúmeras formas, com ênfase para os hábitos higiênico-sanitários inadequados das pessoas, principalmente após o uso de fossas negras. Tais práticas podem veicular doenças conforme asseguram Zamxaka et al. (2004); Rocha (2006); UNESCO (2009).

Os coliformes apresentam-se em grande quantidade nas fezes humanas, sendo que cada indivíduo pode eliminar, em média, 10^{10} a 10^{11} células por dia (VON SPERLING, 2005). Esse valor deve ser considerado em áreas rurais, onde propriedades e comunidades apresentam inúmeros problemas sanitários oriundos da erosão do solo, da falta de planejamento e estrutura adequada das instalações zootécnicas, de precárias ou inexistentes instalações sanitárias, da falta de saneamento básico, ou ainda da falta de proteção e tratamento das fontes. Os dejetos humanos e animais são lançados quase na totalidade a céu aberto, sendo que em muitas instalações as excreções são despejadas diretamente na água dos riachos. Estimativas globais mostram que a cada ano 1,8 milhões de pessoas morrem em consequência de doenças diarréicas, o que, na maioria dos casos, pode ser atribuído à água ou alimentos contaminados (WHO, 2009).

Segundo o MS (2005) o sistema de vigilância epidemiológica centrada em doenças de notificação compulsória relacionadas diretamente com a transmissão hídrica resume-se na cólera, hepatite, diarreia, gastrinterite de origem infecciosa presumível, febre tifóide e paratifóide ou outras doenças diarréicas e infecciosas intestinais, não sendo suficientemente sensível ou eficiente para detectar a ocorrência de doenças relacionadas à qualidade da água consumida pela população. Desse modo, como combater as doenças de veiculação hídrica, principalmente, as que têm como elo da cadeia o ambiente? Não há como combater essas enfermidades deixando de lado as populações rurais, nas quais a adequada captação e uso da água são sabidamente mais negligenciados do que nos grandes centros urbanos.

Dados do PNRH (2006) relatam que no Brasil cerca de 65% das internações hospitalares de crianças têm como causa principal a ausência ou a ineficiência de saneamento .

Referentes às contagens de bactérias heterotróficas, três amostras no período chuvoso e três no período seco apresentaram NMP acima de 500UFC/mL, valor determinado como máximo pela legislação, sugerindo assim, deficientes condições higiênicas das fontes hídricas, possivelmente por ações antrópicas. Foram consideradas em não conformidade com a microbiota heterotrófica três (75%) amostras do total de 80% analisado (Figura 21).

Quanto aos parâmetros físico-químicos (Tabela 4) os valores de turbidez apresentaram-se $>5,0$ UT em três amostras no período chuvoso e adicionalmente, no período seco duas amostras também acusaram valores acima do máximo estabelecido pela legislação. Referente ao pH, este tendeu a todas as amostras nos dois períodos analisados; o nitrato esteve alterado (>10 mg/L) somente em uma amostra, no período chuvoso. Não houve alteração deste íon no período seco. A percentagem de amostras em desacordo com os parâmetros físico-químicos legais, para os períodos avaliados, encontra-se na Figura 22. O teor de fosfato apresentou-se elevado em duas amostras no período chuvoso e em uma no período seco. Alteração que pode estar associada com a contaminação ambiental da área por fontes difusas, corroborando com os achados de Ouyang et al. (2006). Foram identificadas seis (60%) amostras em desacordo com a legislação vigente, para os parâmetros físico-químicos. Os resultados foram semelhantes aos de Mor et al.(2006) em Gazipur, na Índia.

Pelo teste de Fisher ($p=1$) é aceita a hipótese H_0 , em nível de 5% de probabilidade, de que a contaminação microbiológica da água de uso doméstico, não recebe influência dos períodos chuvosos e secos, assim como suas alterações físico-químicas ($p=0,98$).

TABELA 3. Determinações dos NMP de Coliformes totais, *Escherichia coli* e bactérias heterotróficas em águas de uso doméstico avaliadas no período de chuva e seca na microrregião de Itapecuru - Mirim, MA, 2008.

Ponto de colheita	Origem	C. totais		<i>E. coli</i>		B. heterotróficas	
		chuva	seca	chuva	seca	chuva	seca
1	Rede Pública	>2419.6	>2419.6	167.4	139.1	>738	738
2	açude	>2419.6	>2419.6	263.1	<1	>738	>738
3	poço artesiano	>2419.6	2419,6	1299.7	727	414	440
4	poço raso	2419.6	>2419.6	770.1	8.2	555	738
5	poço artesiano	>2419.6	>2419.6	2.0	1.0	440	335

TABELA 4. Determinações dos teores de turbidez, pH, nitrato e fosfato em águas de consumo humano avaliadas no período de chuva e seca na microrregião de Itapecuru-Mirim,MA, 2008.

Ponto de colheita	Origem	Turbidez		pH		Nitrato		Fosfato	
		chuva	seca	chuva	seca	chuva	seca	chuva	seca
1	Rede Pública	5,70	2,10	6,98	7,10	0,00	0,24	0,01	0,00
2	açude	1,50	1,10	7,08	6,87	19,60	8,11	0,68	0,59
3	poço artesiano	21,40	0,50	6,95	7,26	0,10	3,33	0,14	0,02
4	poço raso	4,50	5,90	6,80	6,20	1,22	1,08	0,01	0,01
5	poço artesiano	15,50	25,20	7,74	6,72	0,29	0,19	0,09	0,04

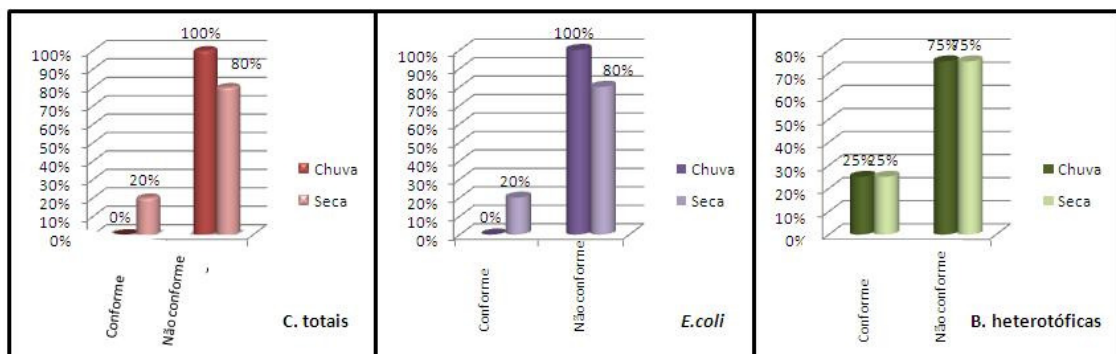


FIGURA 21. Porcentagem de amostras de águas de uso doméstico avaliadas no período de chuva e seca, na microrregião de Itapecuru-Mirim-MA, 2008, que apresentaram NMP de Coliformes totais, *Escherichia coli* e bactérias heterotróficas conforme ou não com a legislação vigente.

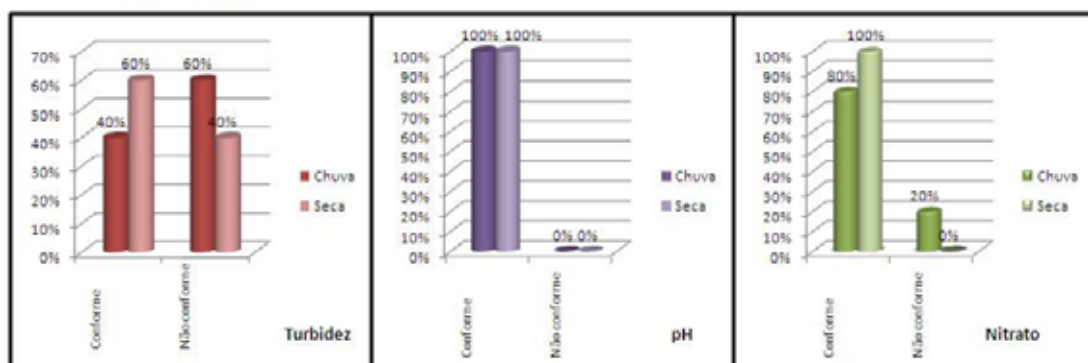


FIGURA 22. Porcentagem de amostras de águas de uso doméstico avaliadas no período de chuva e seca, na microrregião de Itapecuru-Mirim-MA, 2008, que apresentaram teores de turbidez, pH e nitrato conforme ou não com a legislação vigente.

- Água de lavagem dos tetos das vacas

O Ministério da Agricultura recomenda que a lavagem dos tetos dos animais lactantes seja efetuada com água potável, mas não estabelece limites microbiológicos nem embasamento legal. Assim, foi considerado na presente pesquisa o mesmo padrão estabelecido para água de consumo humano. Das oito amostras analisadas no período chuvoso, seis evidenciaram *C. totais* e *E. coli* em valores variáveis enquanto no período seco só uma amostra não estava contaminada por estes indicadores (Tabela 5; Figura 23), trata-se da amostra que evidenciou menor contagem na última avaliação. Identificaram-se 13 (81,25%) amostras em não conformidade com os padrões microbiológicos legais no decorrer da pesquisa. Ressalta-se que a lavagem dos tetos dos animais com água contaminada por *E. coli* pode comprometer a qualidade do leite (LAGGER et al. 2000), pode causar mastite de origem ambiental e interferir no processo tecnológico de derivados lácteos, além de sugerir a possível presença de microrganismos patogênicos (RIBEIRO et al. 2000) e repercutir de forma negativa na fazenda, pois *E.coli* é um indicador de fezes recentes e sua presença está associada a falhas sanitárias (FORSYTHE, 2002; WHO, 2009).

Quanto à contagem de bactérias heterotróficas, quatro amostras excederam 500NMP/mL no período chuvoso e seis no período seco (Figura 23). Vale destacar que, só as amostras não contaminadas por *E.coli*, também não o foram por estas bactérias. Essas amostras foram obtidas de fazendas com ordenha mecânica que realizam o beneficiamento do leite no próprio estabelecimento, além disso, cloram a água, o que pode ter contribuído para as condições higiênico-sanitárias satisfatórias identificadas nas amostras.

No que concerne aos parâmetros físico-químicos constatou-se que duas amostras evidenciaram valores de turbidez >5,0 UT no período chuvoso e três no período seco, respectivamente. Foi detectado pH alterado (<6.0) em duas amostras na primeira avaliação (período de chuva) e em três na segunda avaliação (período de seca). Destaca-se também que, quando do retorno à propriedade uma amostra que estivera dentro dos limites passou a ter água ácida, possivelmente por influência antrópica. Para nitrato, uma amostra revelou concentração >10 mg/L no período de chuva,

repetindo o mesmo valor na estiagem (Tabela 6). Já os teores de fosfato foram elevados em quatro amostras no período chuvoso e em uma na estiagem (Tabela 6). Dessa forma, observou-se que 10 (62,50 %) amostras estavam em desacordo com a legislação vigente. A presença de nitrato e fosfato em água está diretamente relacionada com interferência antrópica, possível situação identificada, corroborando com os achados de Feldsine et al.(2003); Mor et al. (2006) ; Nikolaidis et al. (2008).

Mediante execução do teste de Fisher ($p=0,5$ e $p=0,30$) é possível afirmar (hipótese H_0 , em nível de 5% de probabilidade) que a contaminação microbiológica e físico-química, respectivamente, da água de lavagem do teto não recebe influência dos períodos chuvosos e secos.

TABELA 5. Determinações dos NMP de Coliformes totais, *Escherichia coli* e bactérias heterotróficas em águas de uso em lavagem dos tetos avaliadas no período de chuva e seca na microrregião de Itapecuru – Mirim, MA, 2008.

Ponto de colheita	Origem	C. totais		<i>E. coli</i>		B. heterotróficas	
		chuva	seca	chuva	seca	chuva	seca
1	poço artesiano	97.1	2419,6	59.9	17.1	623	623,0
2	poço artesiano	5.2	<1	<1	<1	<0.2	<0.2
3	açude	145.9	>2419.6	3.1	12.2	>738	>738
4	poço artesiano	2419,6	>2419.6	1413.6	20.4	623	>738
5	açude	>2419,6	12.1	81.3	1.0	555	>738
6	açude	488.4	190.3	13.2	85.0	440	555
7	cacimbão	45.6	387.3	<1	27.5	311	>738
8	açude	435.2	387.3	32.8	27.5	414	372

TABELA 6. Determinações dos teores de turbidez, pH, nitrato e fosfato em águas de uso em lavagem dos tetos avaliadas no período de chuva e seca na microrregião de Itapecuru-Mirim-MA, 2008.

Ponto de colheita	Origem	Turbidez		pH		Nitrato		Fosfato	
		chuva	seca	chuva	seca	chuva	seca	chuva	seca
1	poço artesiano	0,00	5,00	6,38	6,21	0,60	1,21	0,56	0,03
2	poço artesiano	0,00	0,07	6,10	6,30	2,00	3,33	0,01	0,03
3	açude	0,00	15,50*	6,64	6,20	1,90	0,23	0,12	0,03
4	poço artesiano	0,00	0,90	5,39	5,68	15,40	10,79	0,14	0,02
5	açude	27,00*	44,80	6,70	6,63	0,21	0,21	0,05	0,05
6	açude	10,20	8,60	7,23	6,26	1,80	1,60	0,06	0,06
7	cacimbão	1,80	3,70	6,37	5,43	0,80	1,23	0,03	0,01
8	açude	3,00	3,70	5,78	5,43	1,22	1,23	0,03	0,01

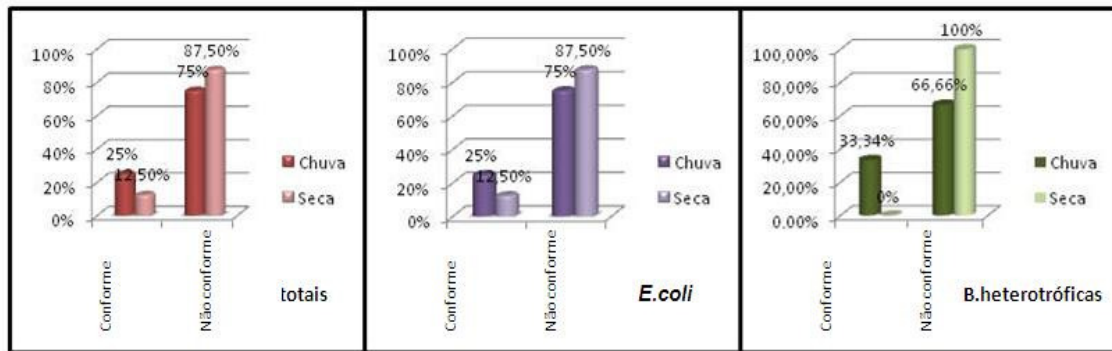


FIGURA 23. Porcentagem de amostras de águas de uso em lavagem dos tetos avaliadas no período de chuva e seca, na microrregião de Itapecuru-Mirim-MA, 2008, que apresentaram NMP de Coliformes totais, *Escherichia coli* e bactérias heterotróficas conforme com a legislação vigente.

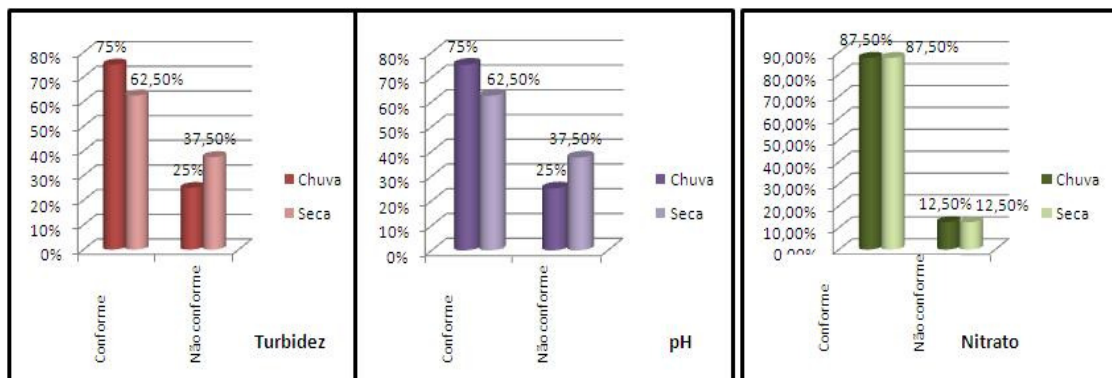


FIGURA 24. Porcentagem de amostras de águas de uso em lavagem dos tetos avaliadas no período de chuva e seca, na microrregião de Itapecuru-Mirim-MA, 2008, que apresentaram teores de turbidez, pH e nitrito conforme ou não com a legislação vigente.

- Água de uso em laticínio

Do ponto de vista microbiológico (Tabela 7; Figura 25), as amostras de água dos dois laticínios estavam satisfatórias, ou seja, dentro dos limites estabelecidos para água de consumo humano, padrão adotado na pesquisa já que era a mesma fonte fornecida para os funcionários. Quanto aos parâmetros físico-químicos (Tabela 8; Figura 26) a turbidez, pH e teor de nitrato também atenderam à legislação vigente, nos dois períodos avaliados. Contudo, o teor de cloro esteve elevado ($> 5,5$) em um laticínio, valor considerado alto, pois o teor de cloro residual deveria ser na faixa de 0,2 a 2,0 mg/L. O cloro disponível na água apresenta-se na forma de HClO ou ClO⁻, dependendo dos valores do pH. Com o tempo, há uma transformação destas duas formas em ácido

clorídrico e conseqüentemente, perda do cloro disponível. Chama-se cloro residual o cloro que ainda não se transformou em ácido clorídrico. Portanto, devido à instabilidade do cloro em solução, as amostras para determinação de cloro residual devem ser analisadas imediatamente após a colheita (SILVA & OLIVEIRA, 2001). Cloro em excesso pode causar corrosão e interferir no processo tecnológico assim como pode ser prejudicial à saúde (LEITE et al. 2003; CETESB, 2008). A ausência de contaminantes biológicos pode ser explicada pela presença de cloro residual na água. Quanto ao teor de fosfato, este esteve alterado em uma amostra no período seco (Tabela 8).

Lagger et al. (2000) citam que, para explorar leite na União Européia, entre outros requisitos se exige duas análises da qualidade da água por ano. Após avaliação da água de produção leiteira de La Pampa, Argentina, os pesquisadores relacionaram uma série de recomendações com ênfase para o manejo seguro de efluentes, principalmente pela contaminação bacteriana e por resíduos orgânicos.

TABELA 7. Determinações dos NMP de Coliformes totais, *Escherichia coli* e bactérias heterotróficas em águas de uso em laticínio avaliadas no período de chuva e seca na microrregião de Itapecuru – Mirim, MA, 2008.

Ponto de coheita	Origem	C. totais		<i>E. coli</i>		B. heterotróficas	
		chuva	seca	chuva	seca	chuva	seca
1	poço artesiano	<1	<1	<1	<1	<0.2	<0.2
2	poço artesiano	<1	<1	<1	<1	<0.2	<0.2

TABELA 8. Determinações dos teores de turbidez, pH, nitrato e fosfato em águas de uso em laticínio avaliadas no período de chuva e seca na microrregião de Itapecuru-Mirim-MA 2008.

Ponto de coheita	Origem	Turbidez		pH		Nitrato		Fosfato	
		chuva	seca	chuva	seca	chuva	seca	chuva	seca
1	poço artesiano	0,00	0,01	7,26	7,60	1,20	1,80	0,01	0,02
2	poço artesiano	0,00	3,80	7,33	8,01	0,50	0,28	0,04	0,09

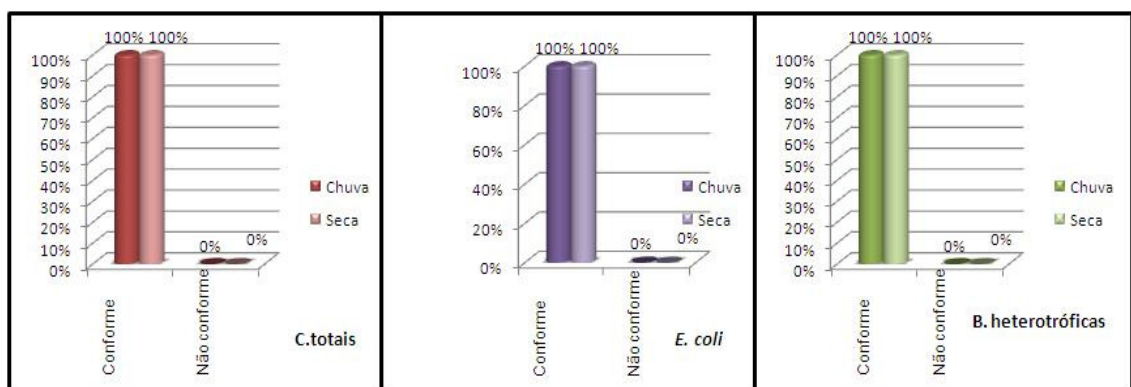


FIGURA 25. Percentagem de amostras de águas de uso em laticínio avaliadas no período de chuva e seca, na microrregião de Itapecuru-Mirim-MA, 2008, que apresentaram NMP de Coliformes totais, *Escherichia coli* e bactérias heterotróficas conforme ou não conforme a legislação vigente.

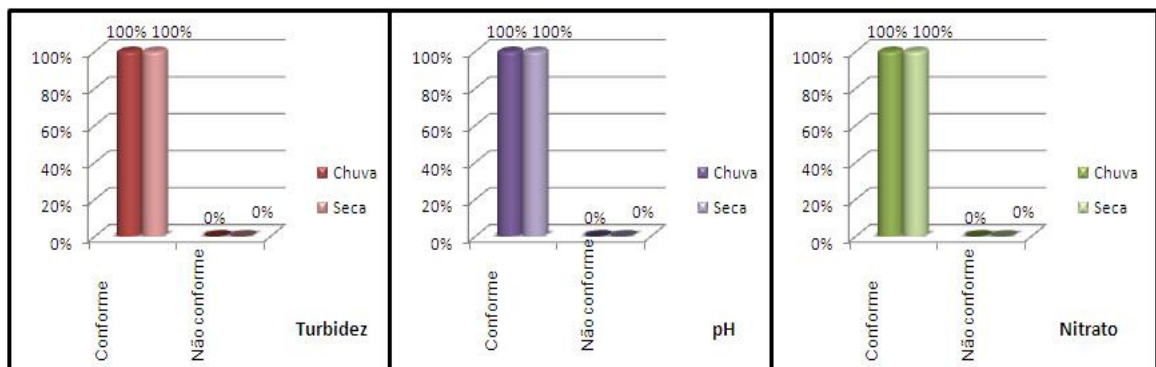


FIGURA 26. Porcentagem de amostras de águas de uso em laticínio avaliadas no período de chuva e seca, na microrregião de Itapecuru-Mirim-MA, 2008, que apresentaram teores de turbidez, pH e nitrato conforme ou não com a legislação vigente.

- Água de uso em matadouro

A água colhida no período de chuva acusou contaminação para *C. totais*, *E.coli* e bactérias heterotróficas não estando, portanto, recomendada para uso em alimentos (Tabela 9). Este resultado já era esperado, pois a água fornecida ao estabelecimento, embora procedente da rede de abastecimento público, era transportada em carro pipa e armazenada em caixa d'água, passível de ser contaminada. Outro fato que pode ter contribuído para as contaminações pode estar associada às inadequadas condições higiênico-sanitárias observadas nas instalações do matadouro. De forma geral, a presença de coliformes nas águas subterrâneas está associada a poços mal construídos, sem laje de proteção e tubulação, sem perímetro de proteção e sob influência de rios poluídos, perfurados inadequadamente ou mal protegidos (CETESB, 2004).

Os resultados identificados foram superiores ao encontrados por Saraiva et al.(2008) em São Luís-MA, cujos índices de *C. termotolerantes* foram 57,40 %. Já no período seco não foi identificada contaminação microbiológica (Tabela 9; Figura 27) assim como, os parâmetros físico-químicos turbidez, pH e nitrato (Tabela 10; Figura 28) apresentaram-se de acordo com a legislação . Somente o fosfato excedeu, no período chuvoso. É pertinente esclarecer que, na ultima colheita de água o matadouro tinha passado por melhorias em suas instalações, a água era encanada e clorada, o que pode ter inferido nos resultados.

Pelo teste de Fisher ($p=0,5$) é aceita a hipótese H_0 , em nível de 5% de probabilidade, de que a contaminação da água do matadouro não recebe influência dos períodos chuvosos e secos.

TABELA 9. Determinações dos NMP de Coliformes totais, *Escherichia coli* e bactérias heterotróficas em águas de uso em matadouro avaliadas no período de chuva e seca na microrregião de Itapecuru - Mirim, MA, 2008.

Ponto de colheita	Origem	C. totais		<i>E. coli</i>		B. heterotróficas	
		chuva	seca	chuva	seca	chuva	seca
1	Rede Pública	960.6	<1	11	<1	>738	<0.2

TABELA 10. Determinações dos teores de turbidez, pH, nitrato e fosfato em águas de uso em laticínio avaliadas no período de chuva e seca na microrregião de Itapecuru-Mirim-MA, 2008.

Ponto de colheita	Origem	Turbidez		pH		Nitrato		Fosfato	
		chuva	seca	chuva	seca	chuva	seca	chuva	seca
1	Rede Pública	0,90	1,40	6,48	6,70	0,00	0,03	0,06	0,01

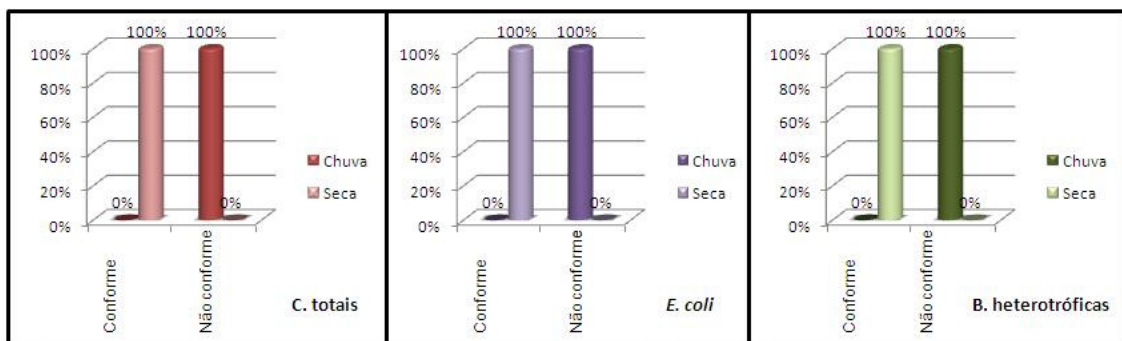


FIGURA 27. Porcentagem de amostras de águas de uso em matadouro avaliadas no período de chuva e seca, na microrregião de Itapecuru-Mirim-MA, 2008, que apresentaram NMP de Coliformes totais, *Escherichia coli* e bactérias heterotróficas conforme ou não com a legislação vigente.

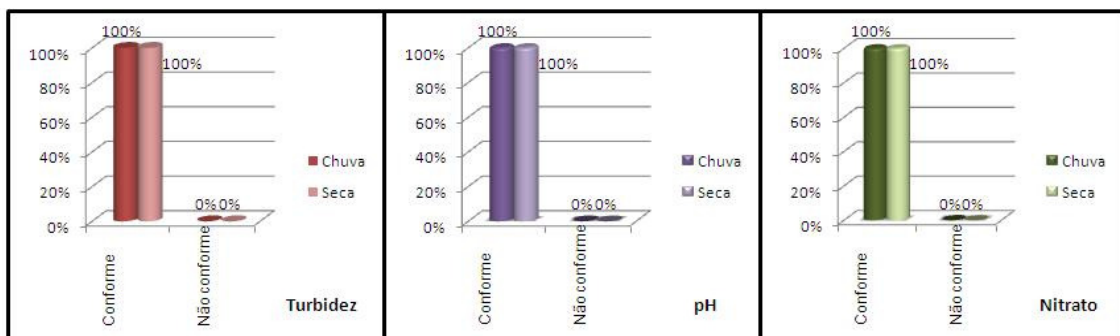


FIGURA 28. Porcentagem de amostras de águas de uso em matadouro avaliadas no período de chuva e seca, na microrregião de Itapecuru-Mirim-MA, 2008, que apresentaram teores de turbidez, pH e nitrato conforme ou não com a legislação vigente.

- Água de uso em polpa de frutas

Embora a água deste estabelecimento seja procedente de poço raso, não foi identificada contaminação microbiológica nos dois períodos avaliados (Tabela 11; Figura 29). A água apresentou condição microbiológica satisfatória estando, portanto adequada para uso alimentar, atendendo assim as recomendações do Codex Alimentarium (CASANI & KNOCH, 2002). Concernente aos parâmetros físico-químicos (Tabela 12; Figura 30), estes também atenderam à legislação vigente, só o teor de fosfato esteve alterado nos dois períodos avaliados, mas como este parâmetro não é exigido na legislação, assim sendo, a análise da água pode ser considerada satisfatória.

TABELA 11. Determinações dos NMP de Coliformes totais, *Escherichia coli* e bactérias heterotróficas em águas de polpa de frutas avaliadas no período de chuva e seca na microrregião de Itapecuru - Mirim,-MA, 2008.

Ponto de colheita	Origem	C. totais		<i>E. coli</i>		B. heterotróficas	
		chuva	seca	chuva	seca	chuva	seca
1	poço raso	3,0	<1	<1	<1	239	231

TABELA 12. Determinações dos teores de turbidez, pH, nitrato e fosfato em águas de uso em polpa de frutas avaliadas no período de chuva e seca na microrregião de Itapecuru-Mirim-MA, 2008.

Ponto de colheita	Origem	Turbidez		pH		Nitrato		Fosfato	
		chuva	seca	chuva	seca	chuva	seca	chuva	seca
1	poço raso	0,00	0,04	6,85	7,20	5,50	5,70	0,55	0,59

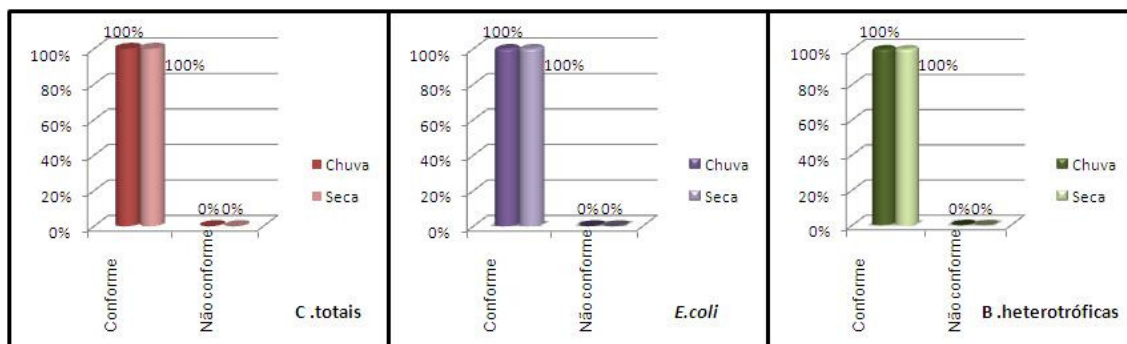


FIGURA 29. Porcentagem de amostras de águas de uso em fábrica de polpa de frutas avaliadas no período de chuva e seca, na microrregião de Itapecuru-Mirim-MA, 2008, que apresentaram NMP de Coliformes totais, *Escherichia coli* e bactérias heterotróficas conforme ou não com a legislação vigente.

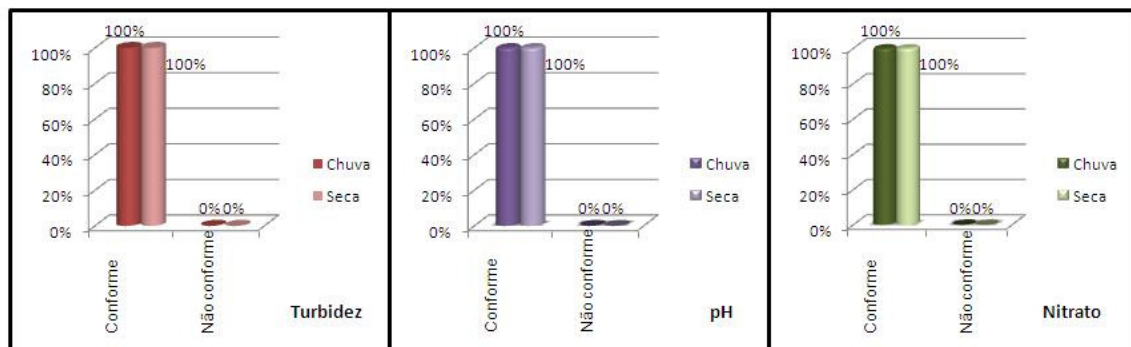


FIGURA 30. Porcentagem de amostras de águas de uso em fábrica de polpa de frutas avaliadas no período de chuva e seca, na microrregião de Itapecuru-Mirim-MA, 2008, que apresentaram teores de turbidez, pH e nitrato conforme ou não com a legislação vigente.

- Água de consumo animal

Das 18 amostras analisadas no período chuvoso, três acusaram NMP de *E.coli* >1000/100mL, valor máximo aceitável pela Resolução nº 357, do CONAMA (BRASIL, 2005). No período de estiagem houve igual número de contaminação (Tabela 13; Figura 31). Analisando a sazonalidade, verifica-se que não houve influência desta, a correlação foi igual para ambos os períodos.

Quanto à contagem de bactérias heterotróficas, a legislação não exige a quantificação desta microbiota, mas como ela é importante indicadora da deterioração da água (SANCHEZ, 1999), além de suprir a detecção de coliformes, por isso sua contagem foi efetuada nas amostras verificando-se 14 amostras com valores >500 NMP/mL, no período chuvoso e 16 no período seco (Tabela 13).

No que se refere aos parâmetros físico-químicos (Tabela 14; Figura 32) seis amostras acusaram turbidez >100 UT, limite padrão estabelecido pela legislação vigente, sendo esta observada no período seco. Somente a variável turbidez apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) entre as médias dos períodos avaliados. Pelo teste de Fisher ($p=0,67$) as demais variáveis avaliadas não recebem influência dos períodos chuvosos e secos.

Referente ao pH, sete amostras apresentaram alteração deste íon, sendo três no período chuvoso e quatro no seco. Vale ressaltar que, destas, duas eram águas da

mesma propriedade o que leva a deduzir que o pH do manancial é baixo, sua alteração não é por influência antrópica. Para os valores de nitrato, só uma amostra revelou concentração acima do limite preconizado pela legislação (10 mg/L). A detecção de nitrato foi no período chuvoso. Referente ao fosfato, os valores estiveram alterados em uma amostra no período chuvoso e em cinco no período seco. Foram totalizadas 11(6,11%) amostras em não conformidade com os parâmetros físico-químicos (Tabela 14).

TABELA 13. Determinações dos NMP de Coliformes totais, *Escherichia coli* e bactérias heterotróficas em águas de consumo animal avaliadas no período de chuva e seca na microrregião de Itapecuru – Mirim-MA, 2008.

Ponto de colheita	Origem	C. totais		<i>E. coli</i>		B. heterotróficas	
		chuva	seca	chuva	seca	chuva	seca
1	açude	>2419.6	>2419.6	81.3	82.8	>738	>738
2	açude	>2419.6	>2419.6	263.1	<1	>738	>738
3	açude	2419.6	>2419.6	72.9	70.0	>738	>738
4	açude	>2419.6	>2419.6	>2419.6	>2419.6	>738	>738
5	açude	>2419.6	>2419.6	39.1	547.5	355	555
6	açude	>2419.6	>2419.6	93.4	38.8	623	>738
7	açude	1986.3	2419.6	<1	2419.6	>738	>738
8	poço raso	235.9	2419.6	2.0	8.6	738	>738
9	açude	2419.6	960.6	9.7	8.5	>738	>738
10	açude	>2419.6	>2419.6	11.3	10.5	555	>738
11	açude	>2419.6	>2419.6	10.9	38.8	372	>738
12	açude	2419.6	2419.6	19.5	15.6	470	>738
13	açude	2420.0	2419.6	32.2	27.5	470	355
14	açude	2420.0	>2419.6	10.4	4.1	739	738
15	açude	2420.0	>2419.6	5.0	4.0	623	507
16	açude	2420.0	>2419.6	9.2	5.1	623	470
17	açude	2420.0	>2419.6	1413.6	1203.3	738	>738
18	açude	2420.0	>2419.6	1986.3	461.1	>738	>738

TABELA 14. Determinações dos teores de turbidez, pH, nitrato e fosfato em águas de consumo animal avaliadas no período de chuva e seca na microrregião de Itapecuru-Mirim-MA, 2008.

Ponto de colheita	Origem	Turbidez		pH		Nitrato		Fosfato	
		chuva	seca	chuva	seca	chuva	seca	chuva	seca
1	açude	2,20	1,10	6,20	6,80	0,02	0,06	0,01	0,01
2	açude	5,70	2,10	6,98	7,10	0,00	0,25	0,01	0,01
3	açude	0,50	0,50	6,60	7,26	2,05	3,34	0,02	0,03
4	açude	28,90	28,30	5,39	5,68	0,35	0,25	0,05	0,03
5	açude	5,50	111,20*	6,09	5,23	0,00	0,06	0,05	0,02
6	açude	12,90	363,40	6,68	6,73	0,20	0,28	0,03	0,05
7	açude	0,00	16,20	7,23	6,03	3,90	0,08	0,03	0,02
8	poço raso	0,40	7,30	5,97	9,30	19,60	0,04	0,02	0,10
9	açude	0,00	41,90	6,93	7,06	0,00	0,03	0,04	0,04
10	açude	0,00	0,00	6,81	7,02	0,00	0,00	0,04	0,04
11	açude	0,00	448,00	6,09	7,20	0,00	0,40	0,03	0,03
12	açude	0,00	363,40	6,84	6,73	2,30	0,28	0,03	0,05
13	açude	0,00	42,00	6,23	6,62	0,00	0,00	0,04	0,05
14	açude	41,90	247,60	6,00	5,80	0,18	0,16	0,01	0,02
15	açude	41,90	32,90	6,40	6,80	0,06	0,00	0,01	0,09
16	açude	41,90	52,90	7,00	6,80	0,06	0,04	0,04	0,06
17	açude	41,90	71,80	6,00	5,80	0,03	0,07	0,04	0,08
18	açude	52,90	422,00	5,80	6,00	0,07	0,04	0,08	0,07

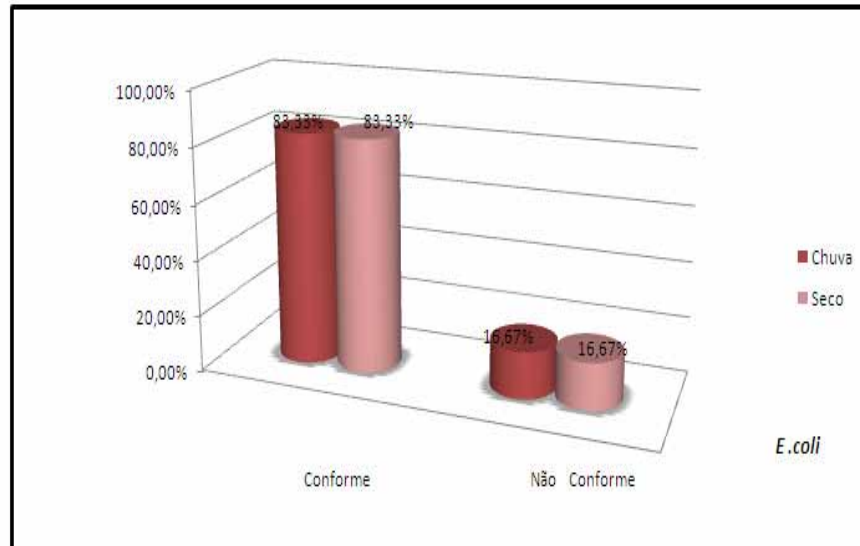


FIGURA 31. Porcentagem de amostras de águas de consumo animal avaliadas no período de chuva e seca, na microrregião de Itapecuru-Mirim-MA, 2008, que apresentaram *Escherichia coli* conforme ou não com a legislação vigente.

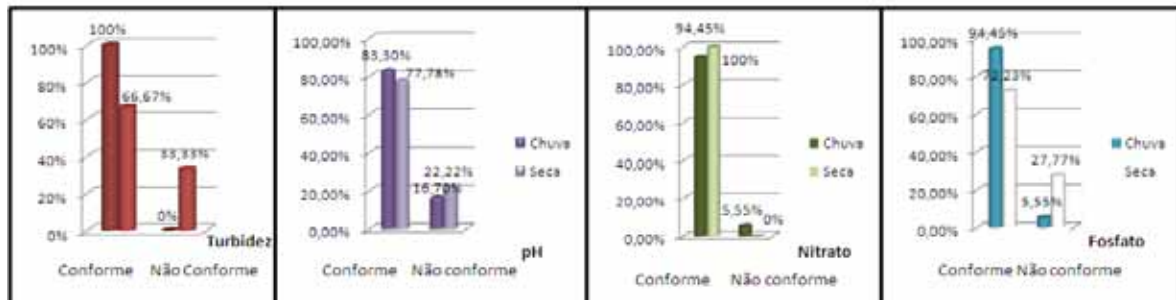


FIGURA 32. Porcentagem de amostras de águas de consumo animal avaliadas no período de chuva e seca, na microrregião de Itapecuru-Mirim-MA, 2008, que apresentaram teores de turbidez, pH, nitrito e fósforo conforme ou não com a legislação vigente.

-Água de uso em piscicultura

Do total de amostras analisadas somente uma evidenciou contagem de *E.coli* acima do limite máximo aceitável estabelecido pela Resolução nº 357, do CONAMA

(BRASIL, 2005), que é de 1000 NMP de *C. termotolerantes* ou *E.coli* /100 mL de água, ou seja, não atendeu aos parâmetros microbiológicos (Tabela 15; Figura 33). Apesar das demais amostras atenderem à legislação em vigor e esta também não estabelecer padrão para *C. totais* e bactérias heterotróficas, as contagens destes microrganismos foram elevadas caracterizando assim água com elevada carga orgânica o que poderá ser prejudicial para a exploração de peixes. Peixes não são animais homeotérmicos, portanto a presença de coliformes na água do criatório não caracteriza microbiota autóctone e sim contaminação por fontes pontuais.

Referente ao perfil físico-químico (Tabela 16; Figura 34) duas amostras apresentaram turbidez > 100 UT, sendo estas observadas no período seco. Também houve alteração de pH em quatro amostras, das quais uma foi no período chuvoso e três na estiagem. O teor de fosfato esteve > 0,05 mg/L em cinco amostras no período de chuva e em três na estiagem. Não houve alteração de nitrato nas amostras avaliadas. A presença de fosfato associada à maior contaminação por *E.coli* na água da piscicultura pode ser explicada pela descarga de efluentes, especialmente domésticos, assim como possível lixiviação do solo por dejetos animais. Embora o fósforo seja um elemento fundamental para o metabolismo dos seres vivos, tais como, armazenamento de energia (ATP) e para a estruturação da membrana plasmática, concentrações elevadas tornam-se tóxicas (NIETO, 2005). No âmbito geral, oito (88,89 %) amostras apresentaram-se em desacordo com os padrões físico-químicos legais.

Pelo teste de Fisher ($p=0,5$) é aceita a hipótese H_0 , em nível de 5% de probabilidade, de que a contaminação microbiológica da água de piscicultura não recebe influência dos períodos chuvosos e secos assim como seus parâmetros físico-químicos ($p=0,5$).

TABELA 15. Determinações dos NMP de Coliformes totais, *Escherichia coli* e bactérias heterotróficas em águas de uso em piscicultura avaliadas no período de chuva e seca na microrregião de Itapecuru – Mirim-MA, 2008.

Ponto de colheita	Origem	C. totais		<i>E. coli</i>		B. heterotrófica	
		chuva	seca	chuva	seca	chuva	seca
1	rio	173.3	>2419.6	111.8	290.9	>738	355
2	rio	>2419.6	>2419.6	396.1	387.3	623	>738
3	tanq./rede	24.8	>2419.6	2.0	182.9	507	>738
4	tanq./rede	2419.6	>2419.6	18.7	9.6	>738	>738
5	tanq./rede	2419.6	>2419.6	29.8	20.3	440	324
6	tanq./rede	>2419.6	>2419.6	25.4	>2419.6	339	507
7	nascente	>2419.6	>2419.6	235.9	98.5	555	355
8	tanq./rede	2419.6	2419.6	2.0	8.4	440	>738
9	tanq./rede	>2419.6	2419.6	10.3	7.2	440	339

TABELA 16. Determinações dos teores de turbidez, pH, nitrato e fosfato em águas de uso em piscicultura avaliadas no período de chuva e seca na microrregião de Itapecuru-Mirim-MA, 2008.

Ponto de colheita	Origem	Turbidez		pH		Nitrato		Fosfato	
		chuva	seca	chuva	seca	chuva	seca	chuva	seca
1	rio	23,50	7,80	6,75	6,54	0,00	0,01	0,13	0,01
2	rio	22,60	8,60	6,15	7,40	0,00	0,03	0,19	0,00
3	tanq./rede	7,80	38,10	7,12	6,80	0,00	0,35	0,01	0,11
4	tanq./rede	11,20	8,50	5,20	5,78	0,17	0,13	0,07	0,01
5	tanq./rede	7,00	4,50	7,37	7,50	0,10	0,15	0,03	0,01
6	tanq./rede	58,30	472,70*	6,81	6,82	0,20	2,04	0,26	0,08
7	nascente	45,60	160,00	6,56	5,48	0,10	0,09	0,13	0,01
8	tanq./rede	0,00	24,20	7,23	6,01	3,90	0,09	0,03	0,07
9	tanq./rede	15,50	13,20	6,00	5,80	0,02	0,00	0,02	0,01

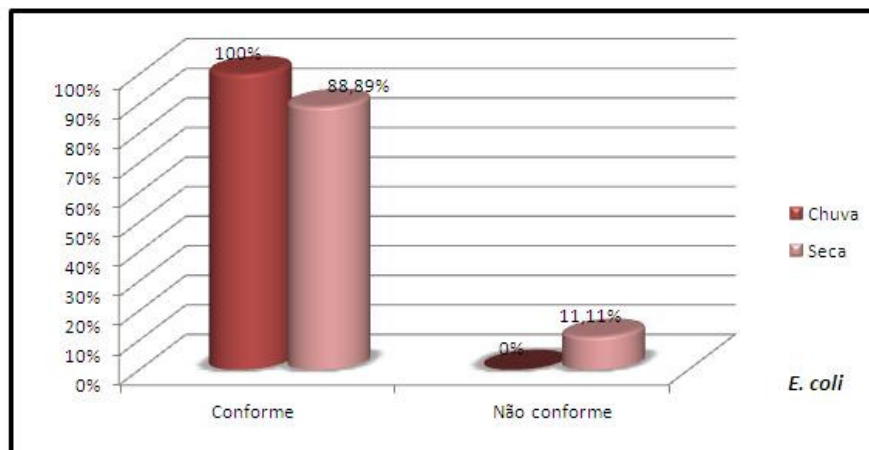


FIGURA 33. Porcentagem de amostras de águas de piscicultura avaliadas no período de chuva e seca, na microrregião de Itapecuru-Mirim-MA, 2008, que apresentaram *Escherichia coli* conforme ou não com a legislação vigente.

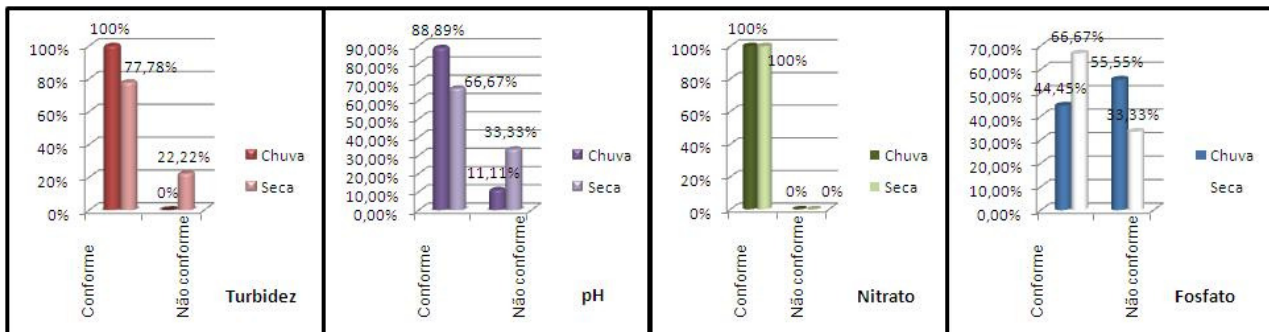


FIGURA 34. Porcentagem de amostras de águas de piscicultura avaliadas no período de chuva e seca, na microrregião de Itapecuru-Mirim-MA, 2008, que apresentaram teores de turbidez, pH, nitrate e fosfato conforme ou não com a legislação vigente.

- Água de uso em hortaliças

Do ponto de vista microbiológico, todas as amostras analisadas (Tabela 17; Figura 35) atenderam ao padrão de potabilidade, que estabelece até 200 C. termotolerantes ou *E.coli*/100mL, portanto, a água utilizada nas hortaliças apresentou condição higiênico-sanitária satisfatória, diferentemente dos resultados de Nogueira et al.(2005); Marques (2007), cujos achados acusaram elevados índices de contaminações microbiológicas. Quanto aos parâmetros físico-químicos, duas (33,33%) amostras revelaram pH alterado, sendo uma no período chuvoso e uma no seco ou seja, não atenderam à legislação (BRASIL, 2005). Referente à turbidez, nitrate e fosfato, estes estavam dentro dos parâmetros nos períodos avaliados (Tabela 18; Figura 36). Nas três hortas visitadas foi constatada preocupação, por parte da comunidade, em manter as hortaliças em condições satisfatórias de manejo. Todas usam água de torneira e receberam treinamento sobre boas práticas de cultivo, logo os esforços para mitigação da contaminação têm sido empreendidos com sucesso.

Pelo teste de Fisher ($p=0,8$) é aceita a hipótese H_0 , em nível de 5% de probabilidade, de que as alterações nos parâmetros físico-químicos das águas de uso em hortaliças, não recebem influências dos períodos chuvosos e secos.

Segundo coeficiente de correlação de Pearson há correlação positiva entre a turbidez e NMP de *C. totais* e *E. coli*, respectivamente ($\rho=0,22$; $p<0,05$ / $\rho=0,19$; $p<0,05$). Entre as variáveis físico-químicas há correlação negativa entre pH e fosfato, ou seja, à medida que o fosfato aumenta o pH tende a diminuir ($\rho=-0,55$; $p<0,05$).

TABELA 17. Determinações dos NMP de Coliformes totais, *Escherichia coli* e bactérias heterotróficas em águas de uso em hortaliças avaliadas no período de chuva e seca na microrregião de Itapecuru – Mirim-MA, 2008.

Ponto de colheita	Origem	C. totais		<i>E. coli</i>		B. heterotróficas	
		chuva	seca	chuva	seca	chuva	seca
1	poço artesiano	<1	<1	<1	<1	275	299
2	poço artesiano	579.4	<1	3.1	<1	555	<0.2
3	poço raso	<1	172.0	<1	<1	414	>738

TABELA 18. Determinações dos teores de turbidez, pH, nitrato e fosfato em águas de uso em hortaliças avaliadas no período de chuva e seca na microrregião de Itapecuru-Mirim-MA, 2008.

Ponto de colheita	Origem	Turbidez		pH		Nitrato		Fosfato	
		chuva	seca	chuva	seca	chuva	seca	chuva	seca
1	poço artesiano	2,40	1,30	6,02	6,68	1,57	1,89	0,01	0,01
2	poço artesiano	1,00	4,30	6,50	6,81	0,21	0,17	0,02	0,01
3	poço raso	0,00	0,00	5,83*	4,39	0,00	4,08	0,03	0,01

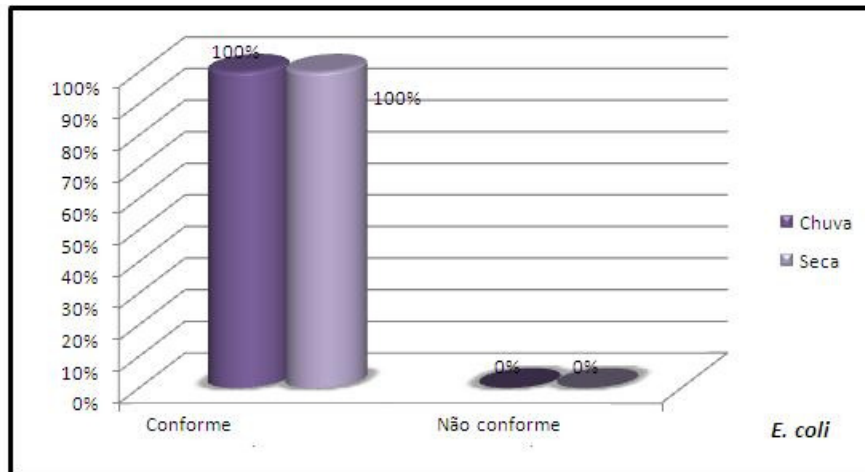


FIGURA 35. Porcentagem de amostras de águas de uso em hortaliças avaliadas no período de chuva e seca, na microrregião de Itapecuru-Mirim-MA, 2008, que apresentaram *Escherichia coli* conforme ou não com a legislação vigente.

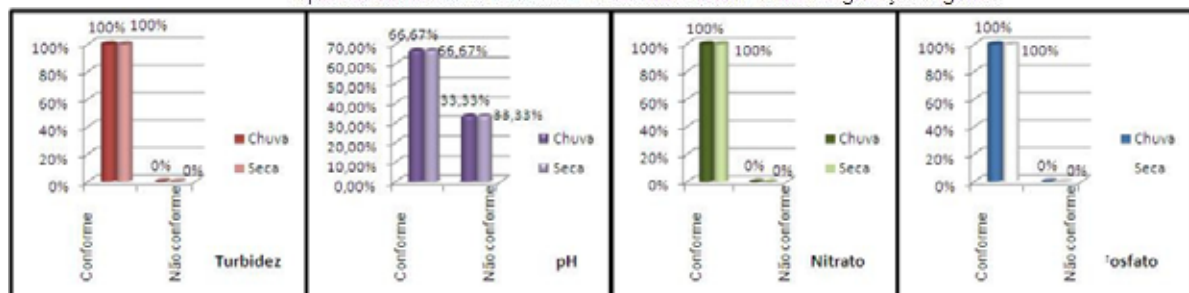


FIGURA 36. Porcentagem de amostras de águas de uso em hortaliças avaliadas no período de chuva e seca, na microrregião de Itapecuru-Mirim-MA, 2008, que apresentaram teores de turbidez, pH, nitrato e fosfato conforme ou não com a legislação vigente.

Quanto à interpretação do questionário ficou evidenciado que a maioria das comunidades rurais visitadas na microrregião de Itapecuru-Mirim usa água para várias finalidades, inclusive consumo humano, procedente: 15 (41,66%) de poço raso, 10 (27,77%) de poço artesiano, 11 (30,55%) da Rede Pública de Abastecimento, cinco (13,88%) de fonte natural e cinco (13,88%) de açude. Quando perguntados se usavam água clorada e filtrada seis (16,66%) entrevistados responderam que sim, quatro (11,11%) responderam que só filtram e 26 (72,22%) usam água bruta. Referente à localização de fossa próximo ao poço foi observado proximidade desta em cinco (13,88%) comunidades assim como poço coberto em sete (19,44%).

Somente um (7,77%) proprietário adotava lavagem e desinfecção da caixa d'água periodicamente, os demais não têm caixa ou não fazem a limpeza.

Sobre análise de água das 36 unidades rurais cadastradas, só os laticínios avaliam a potabilidade da água, nos demais não há relato de análise assim como a comunidade desconhece o risco à saúde que representa o consumo de água poluída/contaminada, sendo relatado caso de diarreia em três (8,33%) residências.

Das 8 propriedades de exploração leiteira visitadas, somente três (37,50%) usavam água para higiene dos tetos procedente de poço artesiano, as demais usavam água de açude ou poço raso. Situação semelhante foi constatada em 18 propriedades que exploram gado de corte, onde somente uma (5,55%) fornecia água para os animais beberem procedente de poço raso, as demais usavam água de açude.

Quanto ao uso da água para piscicultura, dois (22,22%) criatórios usavam água do Rio Itapecuru, seis (66,66%) usavam água de tanques-rede instalados em açudes e um (11,11%) usava água procedente de nascente. Referente ao uso de água nas hortaliças, todas as três (100%) hortas visitadas usavam mangueiras canalizadas aos poços artesanais para aspersão.

A aplicação do questionário também evidenciou que há erosão do solo, o rio tem sofrido sérios problemas de assoreamento, há perda de mata ciliar e o despejo de resíduos sólidos tem afetado o ecossistema hídrico. Também foi constatado que não há coleta de lixo nas propriedades.

Foram consideradas como principais causas de contaminações das fontes hídricas avaliadas as condições deficientes de higiene e saneamento assim com atividades agropecuárias geradoras de poluições.

6. CONCLUSÕES

Os dados obtidos nos permitem concluir que:

- De forma geral, as águas de múltiplos usos avaliadas, procedentes tanto de fontes hídricas superficiais quanto subterrâneas, oferecem risco à saúde da população estudada.
- A contaminação por *E. coli* pode estar primariamente ligada à proximidade de animais de criação com os corpos hídricos avaliados e adverte para a depreciação da qualidade da água, sendo seus usos não recomendado sem o adequado tratamento;
- Fontes pontuais de poluição como escoamento de esgoto doméstico sugere aporte de nitrato de origem antrópica lixiviou para as fontes hídricas pesquisadas;
- Fontes difusas de poluição como escoamento pluvial de defensivos agrícolas, substâncias químicas usadas nas olarias e curtumes do município e efluentes dos laticínios podem estar associadas com a presença de fosfato e nitrato nos corpos hídricos pesquisados;
- Os impactos ambientais como erosão do solo, poluição, diminuição de mata ciliar e assoreamento do rio são visíveis nas áreas pesquisadas. Essa realidade pode ter contribuído para que a qualidade microbiológica e físico-química dos corpos d'água avaliados estivesse em desacordo com as legislações vigentes e é de particular importância para a saúde pública, saúde animal e meio ambiente.
- O questionário aplicado identificou que as condições deficientes de higiene e saneamento assim com atividades agropecuárias geradoras de poluições são as principais causas da perda qualitativa e quantitativa das fontes hídricas avaliadas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- No meio rural, onde as principais fontes de fornecimento de águas são poços rasos, nascentes, cacimbões e açude, fontes bastante susceptíveis às contaminações, principalmente, durante o período de chuva, devido ao escoamento e infiltração de dejetos animais ou humanos para dentro das fontes, devido à proteção inadequada dos reservatórios ou por contaminação por fontes pontuais ou difusas, nessas áreas, o monitoramento periódico da qualidade microbiológica da água e a observação das medidas de proteção das fontes é muito importante para a prevenção de doenças de veiculação hídrica.

- Ressalta-se ainda dá necessidade de promover o desenvolvimento sustentável dessas comunidades rurais mediante a implantação de projetos sociais e de educação ambiental, da importância da seguridade hídrica, do uso racional e da preservação desses mananciais.

- Como forma de contribuição das ações de preservações das fontes de abastecimento e de saneamento ambiental foram elaborados folhetos (Apêndice C) para serem distribuídos na microrregião de Itapecuru -Mirim, além de palestras educativas.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil**. Estudo técnico. Cadernos de Recursos Hídricos. Brasília, 2005a. 172 p.

_____. **Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil**. Estudo técnico. Cadernos de Recursos Hídricos. Brasília, 2005b, 74p.

_____. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil**. Qualidade das águas Superficiais. Brasília, 2009.

AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS - CPRH. Disponível em: <http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/R_Anexos.pdf. > Acesso em 18 de março de 2008.

AGÊNCIA ESTADUAL DE DEFESA AGROPECUÁRIA DO ESTADO DO MARANHÃO-AGED. Posto Avançado de Sanidade Agropecuário (PASA) de Itapecuru-Mirim- MA, 2008.

A ÁGUA DO PLANETA E SEU USO NA AGROECOLOGIA. Disponível em< http://www.planetaorganico.com.br/meioagua_1.htm_ > Acesso em 19/02/07.

AGROANALYSIS. Lei nº 9.433 : Novo conceito das águas brasileira. **Agroanalysis**, março, p-14-65, 1998.

ALCÂNTARA, E. H. Caracterização da Bacia Hidrográfica do Rio Itapecuru, Maranhão – Brasil. **Caminhos de Geografia**, v.7, n.11, p.97-113, fev/2004.

AMARAL, L. A.; NADER FILHO, A.; ROSSI JUNIOR, O. D. et al. Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais. **Revista Saúde Pública**, v.37, n.4, São Paulo, 2003.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION-APHA; AWWA; WEF. **Microbiological examination of water. In: Standard methods for the examination of water and wastewater.** 20 th ed. Washington, D.C: APHA, 1998.

_____. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.** 21 th ed. Washington D.C : APHA, 2005,194 p.

ANTUNES, S. C.; FREO, J. D. Qualidade microbiológica de água de poços rasos e profundos localizados no município de Jaboticaba, RG. **Higiene Alimentar**,v.22, n°159, p.36-41,2008.

ARUMI, J. L.; SALGADO, L.; CLARET, M. Risk analysis of nitrate contamination in wells supplying drinking water in a rural area of Chile. **Pan American Journal of Public Health**, v. 20, n. 6, p. 385-392, 2006.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS-AOAC. **Official Methods of Analysis.** 17 th ed.. Washington, D.C, 2003.

AUBURN UNIVERSITY. **Global Water Watch.** Disponível em: <<http://www.globalwaterwatch.org>.>Acesso em : 24 de setembro de 2009..

BABIKER, I.S.; MOHAMED, M. A. A.; TERAQ, H. et al. Assessment of groundwater contamination by nitrate leaching from intensive vegetable cultivation using geographical information system. **Environmental International**, v. 29, n. 8, p.1009-10017, 2004.

BATISTA, L. M. R. **O sistema ITALUIS na participação do abastecimento de água da capital do Maranhão.** Degeo, UFMA. 1997.

BITTON, G. **Wastewater Microbiology**. New York:Wiley Liss, p.77-111,1994.

BOUCHARD, D. C.; WILLIAMS, M. D. ; SURAMPALLI, R. Y. Nitrate contamination of ground water sources and potential health effects . **Journal of the American Water Works Association**, n.84, p.85-90. Brasília, DF. Ministério da Saúde, 1992.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília.1997.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução nº 274, de 29 de novembro de 2000**. Brasília. Diário Oficial da União- 08/ 01/2001 (2000a).

_____.**Lei nº 9.984 de 17 de julho de 2000** .Brasília (2000b).

_____. **Resolução CNRH nº 012 / 2000**. Brasília (2000c).

_____.Ministério da Saúde. **Portaria n.º 518, de 25 de março de 2004**. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 26 mar. 2004. Seção 1.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005**. Brasília. Diário Oficial da União de 18 de março de 2005.

_____.Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução CONAMA nº 397, de 03 de abril de 2008**. Brasília. Diário Oficial da União de 03 de abril de 2008 (2008).

CAMDESSUS, M.; BADRÉ, B.; CHÉRET, I. et al. **Água: oito milhões de mortos por ano: um escândalo mundial** ; Rio de Janeiro: Bertrand, Brasil,.2005, 271p.

CASALI, C. A. **Qualidade da água para consumo humano ofertada em escolas e comunidades rurais da região central do Rio Grande do Sul.** 173 p. Dissertação, 2008 (Mestrado)Univ. Santa Maria-RG.

CASANI, S.; KNOCHEL, S. Application of HACCP to water reuse in the food industry. **Food Control**, n.13, p.315-327, 2002.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL-CETESB. **Qualidade das águas subterrâneas no Estado de São Paulo.** São Paulo –2001 – 2003. CETESB, 2004. 106 p.

_____.**Variáveis de Qualidade das Águas.** 2008. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.asp#serie> Acesso em 18 de março de 2009.

COVERT, T. C. *Salmonella* . In: **Waterborne Pathogens.** AWWA. Manual M 48, American Water Works Association, Denver, CO.1999.

CRAUN, G.; FROST, F.; SOBSEY, M. et al.**Virulence Factor Activity Relationships for Assessing the Potential Pathogenicity and Public Health Risk of Waterborne Microorganisms.** Unpublished report submitted to the Office of Water, US Environmental Protection Agency, Washington, DC. 2003.

ELLIOTT, L. **The Global Politics of the Environment.** Macmillan Press Ltd, Reino Unido, Impresso na Malaysia,1998.

ESTEVEES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. Rio de Janeiro. Interciência/Finep, 1998. 602 p.

FELIZATTO, M. R; STARLING, F. L .R. M.; SOUZA, M. A. A. de . **Reuso de água em piscicultura: análise da possibilidade de aplicação de efluente de lagoas de estabilização em série** In: XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. Porto Alegre, 2000.

FELDSINE, P.T; LEUNG,S.C.; LIENEAU, A.H et al. Enumeration of total aerobic microorganisms in foods by SimPlate total plate count-color indicator methods and conventional culture methods: collaborative study. **Journal AOAC International**,v. 86, n.2, p.257-274, 2003.

FIGUEIRÊDO, M. C. de B.; ROSA, M. de P. P. B.; MOTA, S. et al. Monitoramento comunitário da qualidade da água: uma ferramenta para a gestão participativa dos recursos hídricos no semi-árido. **REGA**, v. 5, n. 1, p. 51-60, jan./jun. 2008.

FORSYTHE, S. J. **Microbiologia da Segurança Alimentar** . São Paulo: Artmed Editora S.A.2002, 424p.

GEO BRASIL. **Recursos hídricos: componente da série de relatórios sobre o estado e perspectivas do meio ambiente no Brasil**. Ministério do Meio Ambiente; Agência Nacional das Águas; Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Brasília: MMA; ANA, 2007.

GIOMBELLI, A; RECH, H.; TORRES, V.S. Qualidade microbiológica da água proveniente de poços e fontes de dois municípios da região do Alto Uruguai Catarinense. **Higiene Alimentar**, v.12.n.56, p. 49-51,1998 .

HAMILTON, W. P.; KIM, M; THACKSTON, E. L. Comparison of commercially available *Escherichia coli* enumeration tests: implications for attaining water quality standards. **Water Research** , v. 39, n.20, p. 4869-4878, 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE-**Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - 2000**. Rio de Janeiro: IBGE, 2002a. CDROM.

_____. **Uma análise dos indígenas com base nos resultados da amostra do censo demográficos – 1991-2000**. Rio de Janeiro: IBGE, 2005.

_____. **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável - Brasil 2004**. Disponível em:<[http:// www2.ibge.gov.br/pub/](http://www2.ibge.gov.br/pub/)> Acesso em: 20 março 2009.

INSTITUTO DE GESTÃO DAS ÁGUAS E CLIMA-INGÁ.**Relatório de Monitoramento da Qualidade das Águas – Primeira Campanha Trimestral**. Salvador:INGA,2008.Disponivelem<http://www.inga.ba.gov.br/modules/pico/index.phpcontent_id=137> Acessado em: 10 de novembro de 2008.

JACKSON, R. W. ; OSBORNE, K.; BARNES, G. al. Multiregional Evaluation of SimPlate Heterotrophic Plate Count Method Compared to Standard Plate Count Agar Pour Plate Method in Water. **Applied and Environmental Microbiology**, v.66, n.1, p.453-455, 2000.

JORDÃO, C. P.; PEREIRA, M. G.; BELLATO, C. R. et al. Assessment of water systems for contaminants from domestic and industrial sewages. **Environmental Monitoring and Assessment** , v. 79, n 1, p.75-100, 2002.

KORNACKI, J. L.; JOHNSON, J. L. **Enterobacteriaceae, Coliforms and Escherichia coli as Quality and Safety indicators**. Compendium of methods for the microbiological examination of foods.4^a ed. Washington: American Public Health Association, Chapter 8, p. 69-80,2001.

LAGGER, J.R.; MATA, H.T.; PECHIN, G. H. et al. La importancia de la calidad del agua en producción lechera. **Veterinaria Argentina**, v.17, n.165, p.346-354, 2000.

LE MOS, D. C. **Levantamento da problemática ambiental nas nascentes do rio Itapecuru. Parque Estadual do Mirador-MA**. Degeo, UFMA, 2002.

LEITE, M. de O.; ANDRADE, N.J.; SOUSA, M.R. et al. Controle da qualidade da água em indústrias de alimentos. **Leite & Derivados**, n.69, 2003.

LIBÂNIO, M. **Fundamento de Qualidade e Tratamento de Água**. Campinas, SP: Editora Atomo, 2005.

LUNDBERG, J. O.; WEITZBERG, E. ; COLE, J. A. et al. Nitrate, bacteria and human health . **Nature Reviews Microbiology**, v. 2, p. 593-602, July 2004.

MACÊDO, J. A. B. **Introdução à Química Ambiental**. Juiz de Fora, MG: Jorge Macêdo, 2002, 487p.

MACIEL FILHO, A. A.; GOES JÚNIOR, C. D. ; CÂNCIO, J. A. et al. **Interfaces da Gestão de Recursos Hídricos e Saúde Pública**, p.396-420, 2000 .

MARQUES, R. G.; SANTOS, P. P.; VASCONCELOS, S. M. S. de et al. Avaliação das condições higiênico-sanitárias de águas de irrigação de hortaliças nos municípios de Goiânia-GO. **Higiene Alimentar**, v.21, n.148, p.110 -114, 2007.

MEDEIROS, R. **Rio Itapecuru: águas que correm entre pedras**. São Luís: Ed. ABES, 2001.120p.

MEDEIROS, R. **O Rio Itapecuru e a Navegação**. O Jornal, Ed. 100. 2005.

MESQUITA JR, J. M. **Gestão integrada de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2007. 40 p.

MILARÉ, E. **Direito do ambiente**: doutrina, jurisprudência, glossário/ Edis Milare. Prefácio à 5. ed. Ada Pellegrini Grinover. 5. ed. Ref., e ampl. – São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2007.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. Programa Nacional de Vigilância em Saúde Ambiental Relacionada à Qualidade da Água para Consumo Humano. **Série C. Projetos, Programas e Relatórios**. Brasília – DF 2005, 106 p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE-MMA. Plano Nacional de Recursos Hídricos. **Panorama e estado dos recursos hídricos do Brasil**: Volume 1 / Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos.– Brasília: MMA, 2006. 4 v.

_____. Plano Nacional de Recursos Hídricos. **Síntese Executiva** - português / Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos. - Brasília: MMA, 2006. 135p.

_____. Secretaria de Recursos Hídricos. **Glossário de termos referentes à gestão de recursos hídricos fronteiriços e transfronteiriços**. Edições MMA, Brasília: ANA, 2006. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br>>. Acesso em 19/09/09.

_____. **Águas subterrâneas um recurso a ser conhecido e protegido**. Brasília – MMA, 2007.

_____. Plano Nacional de Recursos Hídricos: **Programas de Desenvolvimento da Gestão Integrada de Recursos Hídricos do Brasil**, volume 1 / MMA, Secretaria de Recursos Hídricos. – Brasília: MMA, 2008 a.

_____.Plano Nacional de Recursos Hídricos: **Programas de articulação intersetorial, interinstitucional e intra-institucional da gestão integrada de recursos hídricos no Brasil**: volume 2 / MMA, Secretaria de Recursos Hídricos. – Brasília: MMA, 2008b. 88 p.

MOR, S.; RAVINDRA, K.; DAHIYA, R. P. et al. Leachate characterization and assessment of groundwater pollution near municipal solid waste landfill site. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 118, n. 1-3, p. 435-456, 2006.

MOUSQUER, A. R. Águas transfronteiriças e transnacionais: as nações e o uso interdependente da água. **Revista de Doutrina da 4ª Região**, Porto Alegre, n. 29, abril.2009.Disponívelem:<http://www.revistadoutrina.trf4.jus.br/artigos/edicao029/ana_mousquer.html>Acesso em: 17 jun. 2009.

NIETO, R. **Tratamento de Efluentes Líquidos Industriais e Domésticos**. São Paulo: CETESB, 57 p. 2005.

NIKOLAIDIS,C; MANDALOS,P; VANTARAKIS,A. Impact of intensive agricultural practices on drinking water quality in the Evros Region (NE Greece) by GIS analysis. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 143, n. 1-3, p.43-50, 2008.

NOGUEIRA, M.; SCHOCKEN-ITURRINO, R. P.; AMARAL, L. A. et al.Avaliação da qualidade higiênico-sanitárias de hortaliças e da água utilizada em hortas da cidade de Jaboticabal-SP.**Higiene Alimentar**,v.19, n.137, p.108-113, 2005.

NUGEO/UEMA. **Núcleo Geoambiental da Universidade Estadual do Maranhão**. 2004.

OLIVEIRA, C. de M. M. **Estudo Hidrológico no trecho do Baixo Itapecuru**. São Luís, 2006.78p.

OUYANG, Y.; NKEDI-KIZZA, P.; WU, Q.T. et al. Assessment of seasonal variations in surface water quality. **Water Research**, v. 40, n. 20, p. 3800-3810, 2006.

PANGLORI, P.; JACKSON, F.; RICHARDS, H. A. et al. Comparison of conventional planting and SimPlate methods for enumeration of aerobic microorganisms, Coliform and *Escherichia coli* in farm environmental samples. **Journal of Rapid Methods and Automation in Microbiology**, v.14, n.3, p.258-265, 2006.

PETTIT, G. M.; SERVAIS, P. Use of enzymatic methods for rapid enumeration of coliforms in freshwater. **Journal of Applied Microbiology**, v. 88, p.404-413, 2000.

PLANO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS-PNRH. **Caderno da Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental** / Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos. – Brasília: MMA, 2006.128 p.

POLEGATO, E. P. dos S.; AMARAL, L. A. A qualidade da água na cadeia produtiva do leite: nível de conhecimento do produtor rural. **Higiene Alimentar**, v.19, n.129.p.15- 23, 2005.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO- PNUD. **Relatório de Desenvolvimento Humano, 2006**. Ed. Green Ink : New York, USA, 74 p. _____.. **Relatório de Desenvolvimento Humano, 2007/2008**. Ed. Green Ink : New York, USA, 402 p.

REBOUÇAS, A. **Água Doce no Mundo e no Brasil**. In: Aldo Rebouças et al. Águas Doces no Brasil, Capital Ecológico, Uso e Conservação, Instituto de Estudos Avançados da USP, São Paulo, SP,1999

RIBEIRO, A. R.; SILVA, J. A. B.; GARINO, JR. F. et al. Análise microbiológica da qualidade da água utilizada na ordenha em propriedades leiteiras do Estado de São Paulo e Minas Gerais. **Napgama**, ano III, n.3, p.3-6, 2000.

RIBEIRO, F.V.; BRITO, L. C.; FEITOSA, A. C. Potencialidades da área da microrregião de Itapecuru-Mirim-MA . I Congresso Internacional de Geociências. Fortaleza-CE, 2004

RICE, E. W.; ALLEN, M. J.; BRENNER, D.J. et al. Assay for B-glucuronidase in species of the genus *Escherichia* and application for drinking water analysis. **Applied and Environmental Microbiology** v.57, n 592, 1991.

RITTER, L. SALOMÃO, K.; SIBLEY, P. et al. Sources, pathways, and relative risks of contaminants in surface water and groundwater: a perspective prepared for the Walkerton inquiry. **Journal Toxicology Environmental Health**, v.11; n.65 (1) p.1-142, 2002.

ROCHA, C. M. B. M.; RODRIGUES, L. dos S.; COSTA, C.C. et al. Avaliação da qualidade da água e percepção higiênico-sanitária na área rural de Lavras, Minas Gerais, Brasil, 1999-2000. **Caderno Saúde Pública**, v.22, n.9, 2006.

ROITMAN, I.; TRAVASSOS, L. R.; AZEVEDO, G. L. **Tratado de Microbiologia**. Ed. Manole: São Paulo, 1988. p.12-13.

ROSA, C.C.B.; ALMEIDA, F.T.; SANTOS JÚNIOR, E. L. et al. **Qualidade microbiológica de água de poços provenientes de áreas urbanas e rurais de Campos do Goytacazes (RJ). 2004.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 13. Cuiabá, 2004. Cuiabá: ABAS, 2004. CD-ROM.

SANCHEZ, S. P. **Atualização em técnicas para controle microbiológico de águas minerais**. São Paulo: Universidade Mckenzie, 1999. (Apostila)

SÁNCHEZ-PÉREZ, H. J. ; VARGAS MORALES, M. G.; MÉNDEZ SÁNCHEZ, J. D. Calidad bacteriológica del agua para consumo humano en zonas de alta marginación de Chiapas. **Salud Publica Mexico**, n.42, p.397–406, 2000

SARAIVA, L. de Q.; ALVES, L.M.C.; COSTA, F.N. Avaliação da qualidade higiénico-sanitária da água utilizada em abatedouros de bovinos e suínos. **Higiene Alimentar**, v.22.n.162, p.106-109.2008

SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS-SRH. Organização dos Estados Americanos **Acompanhamento e avaliação do processo de implementação do SINGREH**. Relatório técnico. Brasília, 2004a.

_____. **Plano Estadual de Recursos Hídricos da Bahia**. CD1. Salvador. Secretaria de Recursos Hídricos – SRH, 2004b.

_____. Banco Interamericano de Desenvolvimento. **Minuta do caderno setorial de recursos hídricos: setor agropecuário e recursos hídricos**. Relatório Técnico. Brasília 2005.

SILVA, S. A.; OLIVEIRA, R. **Manual de análises físico-químicas de águas de abastecimento e residuárias**. Campina Grande, Paraíba: O Autor, 2001.266p.

SOUZA, L. C.; CÔRTEZ, V. de A. Condições sanitárias da água de bebida fornecida aos animais do Campo de Botucatu. **Veterinária e Zootecnia São Paulo**, n.4, p.17-24, 1992.

SZWARCWALD, C. L.; LEAL, M.C. ; ANDRADE, C.L.T. et al. Estimação da mortalidade infantil no Brasil: o que dizem as informações sobre óbitos e nascimentos do Ministério da Saúde? **Caderno Saúde Pública** , n.18, p.1725-36, 2002.

TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. **Microbiologia**. Artmed : Porto Alegre, 2000. p.726.

WALDMAN, M. Recursos Hídricos e a Rede Urbana Mundial : Dimensões Globais da Escassez. **Cadernos de Resumos do XIIIº Encontro Nacional de Geógrafos**, João Pessoa, 2002.

WORLD HEALTH ORGANIZATION-WHO. **Guidelines for drinking water quality**. 2 ed. v.2. Health criteria and other supporting information. Geneva: WHO, 1996, p.215-218.

_____. **Heterotrophic plate counts and drinking-water safety: the significance of HPCs for water quality and human health**. WHO Emerging Issues in Water and Infectious Disease Series. London, IWA Publishing.2003.

_____.**Waterborne Zoonoses: Identification, Causes and Control**. IWA Publishing: London. 2004.

_____.**Guidelines for drinking-water quality**: incorporating 1st and 2nd addendum, v.1, Recommendations. – 3rd ed.[electronic resource] 2008.Disponível em: URL:http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq0506.pdf.

_____.**How to integrate water, sanitation and hygiene** into hiv programsusaid/hip – who joint document - july 23, 2009.48p.

WASHINGTON STATE DRINKING WATER AUTOMATED INFORMATION NETWORK-DWAIN. **Drinking Water Quality**. 2002.

UNESCO-WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME. 2003. **Water for people, water for life**. Paris:UNESCO.(The United Nations World Water Development Report, 1). Disponível em: <<http://www.unesco.org/publishing>>. Acesso em: 20 dez. 2008]

_____. **International Year of Planet Earth**. UNESCO Publishing, Paris <<http://www.yearofplanetearth.org>> Acesso em: 30 set. 2009.

UNVER, O **Water in a changing word**. In: The UNESCO Courier, n.3, 2009.

US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY–USEPA. **Drinking Water Criteria Document for Viruses: An Addendum**. EPA/822/R/98/042, Office of Science and Technology, Washington, DC.1999

VULINDLU, M.; CHARLETT, A.; SURMAN, S. et al. Comparison of agar-based methods for the isolation and enumeration of heterotrophic bacteria with the new Multidose IDEXX (TM) SimPlate method. **Water Science & Technology**, v. 50, n. 1, pp. 277-280, 2004.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3º ed. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental: Universidade Federal de Minas Gerais(DESA) .UFMG, Belo Horizonte, 2005. 452p.

VON SPERLING, M. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental: Universidade Federal de Minas Gerais. 2007. 588 p.

ZAMXAKA, M.; PIRONCHEVA, G.; MUYIMA, N. Y. O. Microbiological and physico-chemical assessment of the quality of domestic water sources in selected rural communities of the Eastern Cape Province. **Water Sa**, v. 30, n. 3, p.333-340, 2004.

ZOBY, J. L. G.; MATOS, B. **Águas subterrâneas no Brasil e sua inserção na política nacional de recursos hídricos**.In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. Florianópolis: Abas, v. 12, 2002.

APÊNDICES

APÊNDICE A Questionário fechado aplicado à comunidade rural da microrregião de Itapecuru-Mirim – MA, com o objetivo de conhecer a realidade sócio-econômico-cultural dos usuários das fontes hídricas pesquisadas.

1) Relativo à propriedade:

Nome do proprietário:

Nome da propriedade:

Localização:

-Grau de instrução do proprietário:

Sem instrução

2º grau completo

1º grau completo

2º grau incompleto

1º grau incompleto

Superior

-Tipo de exploração pecuária:

criação de bovino de corte

criação de bovino leiteiro

criação de caprinos

criação de aves

peixe

outras espécies

-Tipo de exploração agrícola:

hortaliça

arroz

milho

somente forrageiras

feijão

frutas

não cultiva

-Destino da produção:

consumo próprio

venda para terceiros

entrega em entreposto

entrega direta para o consumidor

-Mão-de-obra da propriedade:

permanente

temporário

familiar

2) Relativo à água utilizada na propriedade:

-A origem da fonte é de:

poço artesiano

poço raso

riacho

rio

rede pública / CAEMA

-A água é utilizada para:

consumo humano

hortas

outras lavouras

uso animal

piscicultura

uso doméstico

outros

limpeza de instalações zootécnicas e equipamentos

-A água de consumo humano é a mesma de outras finalidades?

sim não

-A água utilizada é tratada?

sim não só a de uso humano

-A água é armazenada em quê?

caixa cisterna balde tanque

filtro de barro

-A fonte de água é protegida ?

fica localizada num ponto mais alto do terreno

tem cerca em volta

tem calçada

fica perto da casa

-Já foi observada alguma alteração da água?

turvação mudança de cor mudança de sabor

-O poço fica próximo de fossa séptica, curral, lagoa, esterqueira, cemitério ou lixão?

sim não

-A água já causou algum tipo de problema gastrintérico em pessoas da comunidade (diarréia, vômito, febre, dor de cabeça)?

sim não

-A água consumida pela comunidade já foi analisada alguma vez?

sim não

-Há aproveitamento de água de chuva?

sim não

-Após o uso de pulverizador de defensivo agrícola este é lavado onde?

no rio na roça não usa defensivo

no curral
distante da casa no próprio local onde foi usado

-A embalagem do agrotóxico é descartada?

sim não

Onde descarta?

rio na pastagem

3-Relativo à água do laticínio e matadouro

-A água usada no laticínio e matadouro é procedente do:

rio abastecimento público
poço artesiano poço raso

-A água usada no laticínio é a mesma que as pessoas consomem?

sim não

É tratada?

sim não

-A água do pasteurizador é aquecida como?

energia caldeira

4-Relativo à água das hortas

-Qual a origem da água utilizada para irrigar as hortaliças':

rio riacho
poço artesiano poço raso açude

-O sistema de cultivo é hidropônico?

sim não

-A horta usa fezes de animais para adubação?

sim não

-A água recebe algum tratamento?

sim não

5-Relativo ao sistema de criação de peixes e água de uso animal

-A água do criatório de peixe e de uso animal é procedente de onde?

rio riacho
poço artesiano poço raso açude

-A água apresenta turvação,algas,limo ou partículas em suspensão?

sim não nunca observei

-Já houve mortandade de peixes ?

sim não

-Os animais têm bebedouros ?

sim não

-Os bebedouros são do tipo:

cimento plástico

reservatório

não têm

5-Relativo às condições ambientais

-No período chuvoso há erosões de solo?

sim não

-Os dejetos humanos e animais sofrem algum tipo de tratamento?

sim não

-Os frascos de vacinas e agrotóxicos são recolhidos do meio ambiente?

sim não

-Há despejos de resíduos industriais ou urbanos nos corpos d'água?

sim não

- Há coleta de lixo na propriedade?

sim não

- O rio sofre danos por causa do assoreamento?

sim não

- O rio recebe despejos?

sim não

- O rio serve como fonte de renda de moradores ribeirinhas?

sim não

- Qual a fonte de renda?

pesca retirada de lixo

retirada de areia

turismo

hortaliças de vazantes

-Quando há enchentes os corpos d'água da propriedade ficam poluídos?

sim não

-Existe mata ciliar em volta do rio?

sim não





-Qual o destino dos resíduos sólidos e orgânicos ?

despejo no solo

despejo no rio

tratamento

APÊNDICE B. Folheto

 <p>Dicas para melhorar a qualidade da água</p> <ul style="list-style-type: none"> • Beba somente água filtrada, tratada (clorada) ou fervida; • Limpe o filtro e troque as velas periodicamente; • Lave frutas, verduras e demais alimentos com água potável; • Utilize sempre água potável para a irrigação de hortas e fornecimento aos animais; • Evite a água turva nos criatórios de peixes; • Lave a caixa d'água regularmente (6/ 6 meses), mantendo-a sempre tampada; • Não construa poços próximo a fossas; • Não confie em água límpida e transparente, ela pode estar contaminada! 	 <p>UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO</p> <p>Prof^o José Ribamar Gusmão Araújo <i>Diretor do CCA</i></p> <p>Prof^a Dr^a Francisca Neide Costa <i>Diretora do curso de Medicina Veterinária</i></p> <p><u>Equipe Técnica:</u></p> <p>Prof^o Dr^o Luiz Augusto do Amaral; Prof^a Lúcia Maria Coelho Alves; Prof^o João Reis Salgado Costa Sobrinho;</p> <p>Prof^a Débora Martins Silva Santos; <i>Médica Veterinária Jeane de Oliveira Ferreira;</i> Karoline Gonçalves Moraes (<i>PIBIC-UEMA</i>); Valéria Bittencourt dos Reis (<i>PIBIC-FAPEMA</i>); Cristiano Ferreira Cruz (<i>PIBIC-FAPEMA</i>).</p>	 <p>Universidade Estadual do Maranhão-UEMA</p> <p>Qualidade da água de diversos usos</p>  <p>São Luís-MA 2009</p>
--	--	--

A importância da água.

A água é o recurso mais importante para os seres vivos, é vital para o consumo humano e animal, para a irrigação das plantas, para a fabricação de alimentos, uso doméstico etc.



Toda água é potável?

A água, apesar de renovável, depende da ação do homem para continuar sendo potável a longo prazo.

O homem não tem utilizado este recurso da melhor forma, poluindo assim, rios e nascentes pelo uso errôneo de herbicidas e pesticidas, podendo causar intoxicações por esses produtos, assim como doenças relacionadas à poluição da água pela deposição de esgotos domésticos e excretas humanas e animais.



A água pode carrear microrganismos e compostos químicos que podem ser prejudiciais à saúde de quem consome causando verminoses, infecções intestinais e diversas intoxicações.



O que podemos fazer?

Evitar a poluição química, física e orgânica da água.

A contaminação química mais grave é oriunda de indústrias que descarregam resíduos tóxicos nos rios, como substâncias de limpeza dos matadouros, dos laticínios, de fábricas de cerâmicas e também pela utilização doméstica de produtos não-biodegradáveis (detergentes);

A poluição física é o despejo de resíduos sólidos, de embalagens e objetos que demoram a ser destruídos como plásticos, frascos, latas, pneus, etc;

A poluição orgânica ocorre pelo excesso de excrementos, restos animais e vegetais que causam alterações na água, podendo levar a morte dos seres aquáticos e torná-la imprópria para a utilização do homem.

Deve haver rigor na aplicação das leis ambientais existentes, para punir crimes quanto a poluição dos recursos hídricos; realizar campanhas constantes de conscientização e educação ambiental.

Então, não jogue lixo nos rios, evite o despejo de esgotos, evite o desperdício de água e lembre-se que a sua saúde depende de todas essas medidas de cuidados com a água.

