



**UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS – UEA
ESCOLA SUPERIOR DE CIÊNCIAS DA SAÚDE – ESA
MESTRADO EM BIOTECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS – MBT**

**ANÁLISE MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA PROCEDENTE
DOS BOMBEAMENTOS QUE ABASTECEM O MUNICÍPIO DE
PARINTINS – AMAZONAS**

VANESSA COSTA ALVES GALÚCIO

**MANAUS
2012**

VANESSA COSTA ALVES GALÚCIO

**ANÁLISE MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA PROCEDENTE
DOS BOMBEAMENTOS QUE ABASTECEM O MUNICÍPIO DE
PARINTINS – AMAZONAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação da Universidade do Estado do Amazonas, para obtenção do grau de Mestre em Biotecnologia e Recursos Naturais.

Orientador (a): Prof^a Dr^a MAYRA KASSAWARA MARTINS

**MANAUS
2012**

PARECER

Os membros da Banca Examinadora, designada pela Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia e Recursos Naturais da Universidade do Estado do Amazonas, reuniram-se para realizar a arguição da dissertação de MESTRADO apresentada pela candidata Vanessa Costa Alves Galúcio sob o título “Análise Microbiológica da Água Procedente dos Bombeamentos que Abastecem o Município de Parintins - Amazonas”, para a obtenção do título de Mestre em Biotecnologia e Recursos Naturais.

Manaus, 29 de março de 2012.

A Comissão Examinadora, abaixo, aprovou a Dissertação de Mestrado:

Dr. Jeferson da Cruz

Universidade Federal do Amazonas (UFAM) – Membro Titular

Dra. Arelis Abalos Rodriguez

Universidade Estadual do Amazonas (UEA) – Membro Titular

Dra. Mayra Kassawara Martins

Centro de Biotecnologia da Amazônia (CBA) – Presidente da Banca e Orientadora

DEDICAÇÃO

A Deus o meu Senhor e Salvador;
E a minha família que com amor e incentivo foram
fundamentais na conquista deste grande
desafio.

AGRADECIMENTOS

A Professora Dra. Mayra Kassawara Martins, exemplo de pesquisadora e pessoa, minha orientadora, sempre presente mesmo com a distância e com quem eu aprendi a fazer o melhor e a superar grandes desafios.

Aos professores Dr. José Carlos Verle, Dra. Sandra Zanotto e Dr. Tetsuyo Yamane pela possibilidade de fazer parte do INCT-CEAB e por todo o suporte necessário para o desenvolvimento desta pesquisa, sem o qual a mesma não seria possível.

Ao Professor Dr. Wilson Castro e Silva que pacientemente me apoiou e orientou quanto às análises estatísticas.

Ao Professor Dr. Ademir Castro e Silva pela visão empreendedora de interiorizar o programa de mestrado.

Aos professores da pós-graduação, em especial ao Professor Dr. Aldo Procópio e Dra. Helena Camarão, pelo apoio, disponibilidade e orientações.

À Priscila, secretária do Mestrado Parintins, e à Joyce, técnica “dos laboratórios de química e biologia” da UEA, pelo apoio e ajuda em todos os momentos.

Ao Professor Msc. Samarone pelo apoio, orientação e por possibilitar o contato com o SAAE.

Ao SAAE nas pessoas de seu diretor, Professor Lourenço Castro e ao responsável pelo laboratório, Luiz Antônio por sempre estarem dispostos a cooperar com o bom andamento da pesquisa, inclusive cedendo as dependências do laboratório do SAAE, para a realização das análises.

Aos companheiros de mestrado Aaron, que pacientemente me ajudou com as análises estatísticas, a Adriana, pela amizade e por estarmos juntas em muitos

momentos, a Paula, Elaine e Ádrya pelos desafios vencidos mesmo sendo mães, e a Izabel pelo companheirismo, amizade e inúmeras conversas que tivemos.

A Msc. Jucileuza e Msc. Dolores por toda a ajuda dada em Manaus.

A Samara e Isaque, bolsistas do CBA – Centro de Biotecnologia da Amazônia, por mostrarem na prática muitas das técnicas desenvolvidas neste trabalho.

A minha mãe que sempre esteve presente, viajando de longe para me ajudar, passando madrugadas acordada para que eu conseguisse estudar, sempre empenhada em ver os meus sonhos se tornarem realidade.

A minha família Davi, Jonathas, Karina e Dinair pelo amor, incentivo e compreensão em todos os momentos. À Patrícia e Elieze pela acolhida, ajuda e logística em Manaus. Aos amigos Rose e Antenor pelo incentivo aos estudos e disposição em ajudar sempre.

As alunas de PAIC, Valda, Franciane, Vera e Adketlen pelo companheirismo, pela disposição de estarem no laboratório e o desenvolvimento de vários projetos e ao Luiz e Katak sempre prontos a contribuir com o que fosse preciso.

A Universidade do Estado do Amazonas pela possibilidade de cursar o mestrado.

Ao INCT-CEAB pelos recursos financeiros disponibilizados para a execução do trabalho e a instituição de fomento CAPES pela concessão da bolsa de estudo.

À todos que contribuíram direta e indiretamente com a pesquisa e elaboração deste trabalho, meu muito obrigada.

RESUMO

A água é um elemento essencial à vida, mas que pode trazer riscos à saúde humana se houver comprometimento de sua qualidade. Nos países em desenvolvimento, onde ainda podem-se encontrar áreas urbanas densamente povoadas com precárias condições de saneamento básico, a água é responsável por um grande número de doenças de veiculação hídrica. Parintins – AM é uma ilha banhada pelo Rio Amazonas, distante cerca de 400 km da capital Manaus e é considerada a segunda maior cidade do interior do estado do Amazonas. O município vem apresentando crescimento em diversos setores como economia, educação e destacando como o principal pólo turístico do interior do Estado, o que indica a necessidade de melhorias nos serviços básicos oferecidos à população, principalmente o abastecimento de água. Entretanto seus habitantes consomem água captada de mananciais subterrâneos e o município não conta com uma estação de tratamento de água. Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo analisar a qualidade microbiológica da água procedente dos Bombeamentos que abastecem o município de Parintins – AM. Para cumprir esses objetivos foram realizadas coletas semanais durante o período de Janeiro a Setembro de 2011, avaliando, por meio da técnica da membrana filtrante, a presença de bactérias do grupo Coliformes, formas evolutivas de protozoários e helmintos, bem como a influência da sazonalidade dos rios na qualidade da água, sendo os resultados comparados com os valores indicados pela Portaria 518/04 do Ministério da Saúde. Os resultados das análises realizadas diferem dos exigidos pela legislação vigente, pois revelam a presença de bactérias do grupo dos Coliformes nos Bombeamentos de Parintins, dentre eles os Coliformes Fecais. Não foi detectada a presença de protozoários e helmintos e a sazonalidade dos rios apresentou baixa influência na qualidade da água distribuída no município. A realização deste trabalho torna-se evidente a necessidade de medidas corretivas para garantia da qualidade da água para consumo humano no município de Parintins – AM, como a construção de uma estação de tratamento de água e esgoto, apresentando também um plano de conscientização para a população com a participação do poder público.

Palavras chaves: Qualidade da Água, Água subterrânea, Análise Microbiológica, Parintins, Sazonalidade.

ABSTRACT

Water is essential for life, but may present risks to the human health if engaged to low quality. In emerging countries, where can be found densely populated urban areas with inadequate sanitation system, water is responsible for a great number of waterborne diseases. Parintins – AM, is an island surrounded by Amazon River and about 400 km distant from Manaus. Parintins is the second Amazonian countryside city and presents substantial development on different sectors as economy, education and is specially known as the principal countryside tourist hub, indicating the need for more improvement on basic services for the population, mainly the service of water treatment. However, the population consumes underground water and the city does not have a station for water treatment. Therefore, this work aimed to analyze the microbiological quality of the water supplied from the water pumps to the population of Parintins. To achieve these objectives, water samples were collected weekly during January to September of 2011, and evaluated through the technique of filter membrane to detect the presence of coliforms bacteria and evolved forms of protozoa and helminthes, as well as the influence of river seasonality to the sanitary water quality. The results were compared with the values indicated by the 518/04 Ordinance of the Ministry of Health. The analyses results differs from those required by law, since shows the presence of coliform bacteria, like the faecal type, on water from the pumps. Protozoa and helminths were not detected and the river seasonality showed low influence to the quality of water distributed to Parintins. This work showed the need for corrective measures to ensure the quality of drinking water in Parintins – AM, as the construction of a treatment station for water and waste also present a plan for public awareness, with the government action.

Keywords: Water Quality, Groundwater, Microbiological Analysis, Parintins, Seasonality.

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Padrões físico-químicos de potabilidade da água exigidos pela portaria 518/04 MS.	14
Tabela 02: Padrões microbiológicos de potabilidade da água exigidos pela portaria 518/04 MS.	14
Tabela 03: Doenças de veiculação hídrica causadas por microrganismos.	23
Tabela 04: Morfologia das colônias de Coliformes Totais e Fecais em meios de cultura Ágar Endo les e Ágar m-FC.	32
Tabela 05: Diferentes grupos de bactérias encontradas na água dos Bombeamentos de Parintins – AM.	34
Tabela 06: Valores de média e desvio padrão de temperatura para os Bombeamentos I e II.	36
Tabela 07: Valores de média e desvio padrão de temperatura para os poços do Bombeamento III.	37
Tabela 08: Valores de média e desvio padrão de pH para os Bombeamentos I e II.	38
Tabela 09: Valores de média e desvio padrão de pH para os poços do Bombeamento III.	38
Tabela 10: Resultados da análise físico-química realizada pelo SAAE no mês de maio/2011 nos Bombeamentos I e II.	39

Tabela 11: Resultados da análise físico-química realizada pelo SAAE no mês de maio de 2011 nos Poços Tubulares do Bombeamento III.	39
Tabela 12: Porcentagem de amostras positivas para Coliformes Totais em meio Ágar Endo Les nos Bombeamentos I e II.	43
Tabela 13: Porcentagem de Coliformes Fecais nos Bombeamentos I e II em comparação com os valores máximos permitidos pela portaria 518/04 MS e análise estatística entre eles.	44
Tabela 14: Porcentagem de presença de Coliformes Totais nos quatro poços do Bombeamento III em comparação com os valores máximos permitidos (VMP) pela legislação.	47
Tabela 15: Porcentagem da presença de Coliformes Fecais e análise estatística nos quatro poços do Bombeamento III em comparação com os valores máximos permitidos (VMP) pela legislação.	47
Tabela 16: Porcentagem de crescimento de colônias típicas de Coliformes Totais em meio Ágar Endo Les nos Bombeamentos I e II, com análises estatísticas.	50
Tabela 17: Porcentagem de crescimento de Coliformes Fecais nos Bombeamentos I e II em período de cheia e seca dos rios de acordo com análises estatísticas.	51
Tabela 18: Relação das porcentagens de presença de colônias de Coliformes Totais nos poços do Bombeamento III em períodos sazonais, com análise estatística.	51
Tabela 19: Relação das porcentagens de presença de colônias de Coliformes Fecais nos poços do Bombeamento III em períodos sazonais, destacando a presença de diferença estatística significativa entre eles.	53

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: As Regiões Hidrográficas do Brasil, com destaque a Bacia Hidrográfica do Rio Amazonas (em verde).	06
Figura 02: Mapa demonstrando a localização da cidade de Parintins – AM.	07
Figura 03: Vista aérea parcial de Parintins (AM).	07
Figura 04: Imagens de áreas dos três principais Bombeamentos da cidade de Parintins – AM. A – Bombeamento Paraíba (área do reservatório); B – Bombeamento Paraíba (área do laboratório); C – Bombeamento Sham; D – Bombeamento Itaúna.	08
Figura 05: Mapa do Brasil demonstrando os principais Aquíferos, com destaque para o Aquífero Alter do Chão localizado na região Amazônica.	09
Figura 06: Direção de fluxo das águas subterrâneas da porção superior do Aquífero Alter do Chão na ilha de Parintins – Amazonas.	10
Figura 07: Terreno alagado da lixeira municipal de Parintins-AM, localizada na área urbana da cidade.	11
Figura 08: Representação esquemática do Grupo de Coliformes.	19
Figura 09: Imagem das torneiras dos Bombeamentos I e II. A – Torneira do Bombeamento I - Paraíba; B – Torneira do Bombeamento II – Sham.	26
Figura 10: Torneiras dos poços tubulares do Bombeamento III, onde foram realizadas as coletas. A – Poço PT 01; B – Poço PT 02; C – Poço PT 03; D – Poço PT 04.	26

Figura 11: Imagem de satélite da Ilha de Parintins com a localização dos poços cadastrados na cidade e Bombeamentos do SAAE. Ponto 1: Bombeamento I (Paraíba); Ponto 2: Bombeamento II (Sham) e Ponto 3: Bombeamento III (Itaúna).	27
Figura 12: Procedimento de desinfecção da torneira para coleta de água no Bombeamento Sham.	28
Figura 13: Aferição da temperatura da água com auxílio de um termômetro de mercúrio.	28
Figura 14: Obtenção de valores de pH com auxílio de pHmetro portátil Quimis.	29
Figura 15: Conjunto de filtração acoplado a uma bomba à vácuo.	30
Figura 16: Transferência da membrana após filtração para placa contendo meio de cultura.	31
Figura 17: Representação esquemática de filtração em duplicata para os diferentes meios de cultura.	32
Figura 18: Procedimento de plaqueamento nos diferentes meios de cultura. A – Meio Ágar Endo Les específico para Coliformes Totais; B – Meio Ágar m-FC específico para Coliformes Fecais; C – Meio EMB específico para <i>E. coli</i>	33
Figura 19: Etapas da análise parasitológica. A – Membrana retirada do suporte de filtração e colocada em tubo falcon; B – Centrifugação à 2500 rpm; C – Adição de lugol; D – Observação em microscópio óptico.	35
Figura 20: Presença de bactérias do grupo Coliformes Totais nos Bombeamentos em meio Agar Endo Les; A – Bombeamento I e B – Bombeamento II.	42

Figura 21: Presença de bactérias do grupo Coliformes Fecais nos Bombeamentos em meio Agar m-FC; A – Bombeamento I e B – Bombeamento II.	43
Figura 22: Presença de bactérias do grupo Coliformes Totais nos Poços do Bombeamento III em meio Agar Endo Les. A – PT 01; B – PT 02; C – PT 03; D – PT 04.	45
Figura 23: Presença de bactérias do grupo Coliformes Fecais nos Poços do Bombeamento III em meio Agar m-FC. A – PT 01; B – PT 02; C – PT 03; D – PT 04.	46
Figura 24: Morfologia de colônias atípicas. Bactérias encontradas no meio Ágar m-FC. A e D – Bombeamento I; B e C – Bombeamento II; E – Bombeamento III (PT 01); F – Bombeamento III (PT 01); G – Bombeamento III (PT 02); H – Bombeamento III (PT 03); I – Bombeamento III (PT 04).	49
Figura 25: Áreas vizinhas ao Bombeamento I. A – Vala de esgoto a céu-aberto correndo ao lado do muro do terreno ao lado dos Poços Tubulares do Bombeamento; B – À direita, terreno onde se situam os poços do Bombeamento. À esquerda, palafitas e esgoto a céu-aberto. ...	51
Figura 26: Área próxima do Bombeamento III – PT 03. A – Presença de lixo e urubus; B – Acúmulo de entulhos.	54
Figura 27: Imagens do Reservatório do Bombeamento II – Sham. A – Reservatório de Ferro com vazamentos e pontos com ferrugem (seta). B – Posteriormente Reservatório com reparos dos vazamentos e nova pintura externa. C – Construção em andamento do novo reservatório com maior capacidade e de concreto. D – Construção da sala de máquinas do novo reservatório do Bombeamento II.	57

Figura 28: Imagens da área dos três Bombeamentos com melhorias. **A** – Casa que abriga o poço e área externa limpa – Bombeamento II; **B** – Pintura e manutenção do laboratório de análises do SAAE – Bombeamento I; **C** – Poço do Bombeamento III em boas condições sanitárias; **D** – Limpeza e aterro de área com acúmulo de lixo no Bombeamento III. 58

Figura 29: Substituição da tubulação do SAAE. **A** – Início das obras; **B** – Observação do estado da tubulação; **C** e **D** – Substituição da tubulação antiga de ferro por tubos de PVC de maior diâmetro; **E** e **F** - Tubos de ferro deteriorados. 59

LISTA DE ABREVEATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
AM	Amazonas
APHA	American Public Health Association (Associação Americana de Saúde)
ATCC	American Type Culture Collection (Coleção de Culturas Padrão Americana)
AWWA	American Water Works Association (Associação Americana de Trabalhos sobre Água)
CEAB	Centro de Energia, Ambiente e Biotecnologia
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DNA	Ácido Desoxirribonucleico
<i>E. coli</i>	<i>Escherichia coli</i>
EMB	Eosin Methylene Blue (Eosina Azul de Metileno)
ETA	Estação de Tratamento de Água
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INCT	Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
MBT	Mestrado de Biotecnologia
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MS	Ministério da Saúde
NMP	Número Mais Provável
OMS	Organização Mundial de Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
P/A	Presença/Ausência
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
pH	Potencial Hidrogeniônico
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
PT	Poço Tubular
PVC	Policloreto de Vinila

RPM	Rotações por minuto
SAAE	Sistema de Abastecimento de Água e Esgoto
TSB	Triptic Soy Brouth (Caldo de Triptona de Soja)
UEA	Universidade do Estado do Amazonas
UNESCO	United Nations Educational Scientificand Cultural Organization (Organização das Nações Unidas, Educacional, Científico e Cultural)
UNIÁGUA	Universidade da Água
UT	Unidade de Turbidez
UV	Ultra Violeta
VMP	Valores Máximos Permitidos

LISTA DE SÍMBOLOS

Al^{+3}	Alumínio
O_2	Oxigênio
OH^-	Hidróxidos
$^\circ \text{C}$	Graus Celsius
CO_2	Gás Carbônico
CO_3^{-2}	Carbonatos
H_2	Hidrogênio
HCO_3^-	Bicarbonatos
H_2S	Sulfeto de Hidrogênio
N_2	Nitrogênio
NH_3	Amônia
NH_4^+	Amônio
NO_2^-	Nitrito
NO_3^-	Nitrato
L	Litro
m^3	Metros cúbicos
mm	Milímetros
mg	Miligramas
mL	Mililitros
Mn	Manganês
μL	Microlitros
μm	Micrometros

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE ABREVEATURAS E SIGLAS	xv
LISTA DE SÍMBOLOS	xvii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Importância da Água	3
2.2 Parintins – Amazonas	6
2.3 Águas Subterrâneas e Sistema de Abastecimento	12
2.4 Portaria 518 de 2004 – Ministério da Saúde	13
2.5 Parâmetros Químicos da Água	14
2.5.1 Temperatura	16
2.5.2 pH	17
2.6 Parâmetros Microbiológicos da Água	18
2.6.1 Bactérias do Grupo Coliformes	19
2.6.2 <i>Escherichia coli</i>	20
2.6.3 Técnica da Membrana Filtrante	21
2.7 Parâmetros Parasitológicos da Água	22
3 OBJETIVOS	24
3.1 Objetivo Geral	24
3.2 Objetivos Específicos	24
4 MATERIAL E MÉTODOS	25
4.1 Áreas de Estudo no Sistema de Abastecimento	25

4.2	Procedimentos de Coletas nos Bombeamentos	27
4.3	Análise de Temperatura	28
4.4	Análise de pH	29
4.5	Análise Microbiológica	29
4.5.1	Preparo dos Meios de Cultura	29
4.5.2	Controle Positivo para as Análises	29
4.5.3	Técnica da Membrana Filtrante e Plaqueamento	30
4.5.4	Contagem das Colônias Obtidas	33
4.7	Análise Sazonal	34
4.8	Análise Parasitológica	34
4.9	Análise dos Dados	35
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
5.1	Dados Sobre os Locais Analisados	36
5.2	Análise de Temperatura	36
5.3	Análise de pH	37
5.4	Análise Microbiológica	40
5.4.1	Bombeamentos I e II	41
5.4.1.1	Presença de Coliformes Totais e Fecais	41
5.4.2	Bombeamento III	44
5.4.2.1	Presença de Coliformes Totais e Fecais	44
5.4.3	Diversidade Microbiana nas Águas Subterrâneas de Parintins	48
5.4.4	Análise Sazonal	50
5.4.4.1	Bombeamento I e II	50
5.4.4.2	Bombeamento III	52
5.5	Análise Parasitológica	55
6	MELHORIAS OCORRIDAS NO SISTEMA ABASTECIMENTO NO DECORRER DA PESQUISA	56
7	CONCLUSÃO	60
8	SUGESTÕES PARA AÇÕES FUTURAS	61
9	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62

1 INTRODUÇÃO

A água é um solvente universal que desempenha diversas funções, sendo algumas delas essenciais para a manutenção da vida. Devido a isso, desde o início dos tempos, o homem buscou formar povoadamentos e cidades às margens de rios.

Embora a água seja um elemento imprescindível à existência do ser humano e estar presente em todos os segmentos da vida (CARVALHO e RECCO-PIMENTEL, 2007), também pode trazer riscos à saúde se for de má qualidade, servindo de veículo para vários agentes físicos, químicos e biológicos. Por isso, o homem deve atentar aos fatores que podem interferir negativamente na qualidade da água utilizada para consumo e no seu destino final (ROCHA *et al.*, 2006).

Dentre esses fatores, têm-se os microrganismos, que podem estar contidos na água, alguns naturais do ecossistema aquático e outros transitórios, provenientes do solo e de dejetos humanos ou animais, industriais e domésticos (SOARES *et al.*, 2002). O controle dessa população microbiana é de fundamental importância, visto que densidades elevadas de microrganismos na água podem levar a deterioração de sua qualidade, com desenvolvimento de odores e sabores desagradáveis, além de possibilitar a transmissão de doenças (CASTANIA, 2009).

Dados da Organização Mundial de Saúde (OMS) revelam que 80% das doenças nos países em desenvolvimento são causadas pela água contaminada (COELHO *et al.*, 2007). Aproximadamente 15 milhões de crianças menores de cinco anos morrem por ano por deficiência ou falta de um sistema adequado de abastecimento de água e esgoto (FERNANDEZ e SANTOS, 2007).

Além da poluição direta das fontes de água, os sistemas de distribuição e reservatórios também podem ser responsáveis pela transmissão de agentes patogênicos, caso estejam em condições inadequadas de higiene e conservação (MICHELINA *et al.*, 2006).

Dessa forma, para uma água ser considerada potável deve atender a um conjunto de parâmetros microbiológicos, físicos e químicos estabelecidos pela legislação (GUEDES *et al.*, 2004).

O município de Parintins é uma ilha banhada pelas águas do Rio Amazonas e de lagos como o Parananema e Macurany. Já é considerada a segunda cidade do interior do estado do Amazonas (IBGE, 2010), apresentando crescimento em diversos setores como economia, educação e turismo, indicando a necessidade de melhorias nos serviços básicos oferecidos à população, como o abastecimento de água.

As residências do município recebem água subterrânea captada por meio de Poços Tubulares (PT) localizados em áreas chamadas de Bombeamentos, sendo de responsabilidade do SAAE – Sistema de Abastecimento de Água e Esgoto, órgão gerenciado pelo município. A cidade não apresenta estações de tratamento de água (ETA) ou de esgoto (ETE). A água captada pelos poços é armazenada em reservatórios nos Bombeamentos (Paraíba e Sham) onde é realizada a desinfecção simples por adição de cloro para então ser distribuída aos consumidores por uma rede de adutoras que se interligam.

No bairro do Itaúna, existe o Bombeamento III, entretanto o reservatório encontra-se desativado, por apresentar vazamentos, além de não suportar a demanda. Diante deste problema a distribuição tem sido feita diretamente dos poços, sem qualquer tratamento.

O crescimento populacional, o desperdício, o destino inadequado do esgoto, a provável contaminação por despejos domésticos e pelo chorume, a forma de abastecimento, o risco em potencial de doenças e a possível influência da sazonalidade das águas do Rio Amazonas e Lago Macurany, são fatos que mostram a necessidade de se monitorar a qualidade da água consumida no município de Parintins – Amazonas (AM), levando em consideração os parâmetros microbiológicos de acordo com os padrões exigidos pela Organização Mundial de Saúde (OMS).

Diante disso, este trabalho teve como objetivo realizar análises microbiológicas, a fim de avaliar a qualidade da água consumida pela população do município de Parintins, dando sugestões de melhorias no sistema de abastecimento e, principalmente da proteção ao meio ambiente, por meio de ações que visem também o esclarecimento e a qualidade de vida da população.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 IMPORTÂNCIA DA ÁGUA

A água ocupa aproximadamente 75% da superfície da Terra e é o constituinte inorgânico mais abundante na matéria viva, integrando cerca de dois terços do corpo humano e atingindo até 98% em certos animais aquáticos, legumes, frutas e verduras (LIBÂNIO, 2008).

Os recursos hídricos têm recebido especial ênfase da ciência, pois ao longo do tempo deu-se nítida evolução do conhecimento científico relativo à natureza química da água, suas propriedades físicas, ocorrência, distribuição, avaliação e mais recentemente seu uso e preservação (CASTANIA, 2009).

Neste contexto, os recursos hídricos assumem um papel de destaque, por constituírem a base para o desenvolvimento de aglomerados urbanos, sustentação da maioria das atividades antrópicas e ainda por estarem relacionados aos meios de descarte de dejetos destas atividades. Sua importância, enquanto recurso essencial à manutenção da vida no planeta, ganha então maior evidência, exigindo que os programas desenvolvimentistas evitem a degradação das reservas hídricas e incentivem a evolução tecnológica e científica para a gestão integrada dos recursos hídricos e condições de conservação e preservação destes para futuras gerações (UNIÁGUA, 2011).

A água abrange quase quatro quintos da superfície terrestre, sendo que esse total, 97% refere-se à água salina presente nos mares e 3% à água doce. Entre as águas doces; 2,7% são formadas por geleiras, vapor de água e lençóis existentes em grandes profundidades, não sendo viável à utilização para o consumo humano. Apenas 0,3% do volume total da água do planeta pode ser aproveitado para o consumo, sendo 0,01% encontradas em fontes de superfície (rios e lagos) e o restante, o equivalente a 0,29%, em fontes subterrâneas (poços e nascentes) (REIS *et al.*, 2005; FUNASA, 2009).

Sendo um recurso natural essencial à vida e ao desenvolvimento dos seres vivos é vista por muitos como uma reserva mineral barata e de certo modo inesgotável, independente do estágio de desenvolvimento ou condição socioeconômica dos diferentes grupos humanos, é considerada um bem comum (CARDOSO *et al.*, 2010). No entanto, não basta que as populações apenas disponham de água, é necessário também que essa água tenha um mínimo de qualidade (MATTOS e SILVA, 2002).

E, a busca pela qualidade da água não é recente, pois desde as civilizações mais remotas é observada a existência desta preocupação aliada à disseminação de doenças. O conhecimento científico sobre a qualidade da água e sua relação com a ocorrência de doenças infecciosas e parasitárias teve início a partir de 1849, com a investigação epidemiológica realizada em um bairro de Londres, onde foi verificado a influência da água do poço da Broad Street na disseminação da doença da cólera (NORMANDE, 1992).

A demanda de água potável vem aumentando exponencialmente com o crescimento populacional. De 1950 a 2001, a população mundial passou de 2,3 bilhões para 5,3 bilhões de habitantes, com o consumo de água do planeta aumentando de 1.000 km³ para 40.000 km³ anuais. O crescimento demográfico e econômico acelerado do Brasil nos últimos anos fez com que os recursos hídricos fossem demandados, em algumas regiões, acima das disponibilidades. Além da escassez das reservas hídricas, verifica-se o crescimento da contaminação dos recursos d'água potável existentes, afetando assim gravemente a saúde humana (MMA, 2002).

A UNESCO tem registrado um crescimento acelerado na utilização das águas subterrâneas e, conseqüentemente, de problemas decorrentes da má utilização dos aquíferos em várias partes do planeta. Estes problemas tendem a se expandir, caso não sejam implantadas políticas consistentes de uso e conservação da água (SILVA, 2000; INPE, 2004).

Água subterrânea é uma solução diluída de inúmeros elementos e compostos sólidos, líquidos ou gasosos em proporções diversas, provenientes do ar, dos solos, das rochas e do contato com as atividades humanas. A poluição pode ser definida como uma alteração da qualidade físico-química e microbiológica da água, suficiente para superar os limites ou padrões pré-estabelecidos para determinado fim. Água contaminada é uma água que pode conter organismos patogênicos, substâncias

tóxicas ou radioativas em teores prejudiciais à saúde do homem (MARMOS e AGUIAR, 2005).

A ingestão de água potável é um dos mais importantes fatores para a garantia da saúde. Conforme a Organização Mundial de Saúde (OMS, 2007), órgão da Organização das Nações Unidas – ONU (2011), 80% das internações hospitalares no mundo são devidas às doenças transmitidas pela água e estima-se que no Brasil, 65% das internações hospitalares, principalmente de crianças e idosos, sejam provocadas por doenças como disenteria, hepatite, meningite, ascaridíase, tracoma, esquistossomose e outras, ou seja, muitos brasileiros estão ingerindo água de má qualidade, uma vez que, água limpa nem sempre é sinônimo de água potável.

Conforme já relatado, a potabilidade da água é definida por meio de um conjunto de parâmetros e padrões estabelecidos por normas e legislações sanitárias. É necessário também ser esteticamente aceitável como: incolor, sem cheiro ou sabor. Estabelecer um padrão de potabilidade é definir, para cada parâmetro, um valor ou concentração, a partir do qual seu consumo pode induzir a saúde (LESSA *et al.*, 2007).

A portaria 518/04 do Ministério da Saúde – MS (BRASIL, 2004) define água potável como “água para consumo humano cujos parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos atendam ao padrão de potabilidade e que não ofereça riscos à saúde”.

Um dos parâmetros cobrados pela portaria 518/04 MS é a avaliação microbiológica da água que é baseada na pesquisa de bactérias indicadoras de contaminação fecal. A água pode ser clara e não apresentar nenhuma característica indesejável que possa ser detectada por meio do olfato ou do paladar e, no entanto, estar contaminada. Por esta razão é necessário aplicar técnicas especiais a fim de determinar a sua qualidade sanitária (ANDRIOLI *et al.*, 2003).

Apesar da Amazônia ser conhecida mundialmente por sua disponibilidade hídrica (Figura 01) e pela quantidade de ecossistemas, como matas de terra firme, florestas inundadas (várzeas, igapós), campos abertos e cerrados (ANA, 2009), um dos grandes problemas que essa região apresenta são os baixos índices de saneamento básico nas áreas urbanas de suas diversas cidades (MAIA NETO, 1997). Isso provoca a disseminação de fossas sanitárias para a destinação dos esgotos domésticos e a perfuração de Poços Tubulares e cacimbas para abastecimento d'água.



Figura 01: As Regiões Hidrográficas do Brasil, com destaque a Bacia Hidrográfica do Rio Amazonas (em verde).

Esta ocupação antropogênica torna-se uma fonte de contaminação das águas subterrâneas, que em geral está diretamente associada a despejos domésticos, industriais e ao chorume oriundo de aterros de lixo que contaminam os lençóis freáticos com microrganismos patogênicos (FREITAS e ALMEIDA, 1998; CORTES, 2002; MENDES e OLIVEIRA, 2004). Além de promoverem a mobilização de metais naturalmente contidos no solo, como alumínio, ferro e manganês (NORDBERG *et al.*, 1985; LIMA, 2008), também são potenciais fontes de nitrato e substâncias orgânicas extremamente tóxicas ao homem e ao meio ambiente.

2.2 PARINTINS – AMAZONAS

Parintins (Figuras 02 e 03), é um município amazonense localizado em uma ilha cercada pelas águas do Rio Amazonas e do Lago Parananema. Situado na porção leste do Estado do Amazonas, fronteira com o Pará, abrange uma superfície de 45 km² e conta com uma população estimada em 102.945 pessoas (IBGE, 2010). Localizada a aproximadamente 350 km de Manaus e se destaca como o principal pólo turístico do interior do Estado.

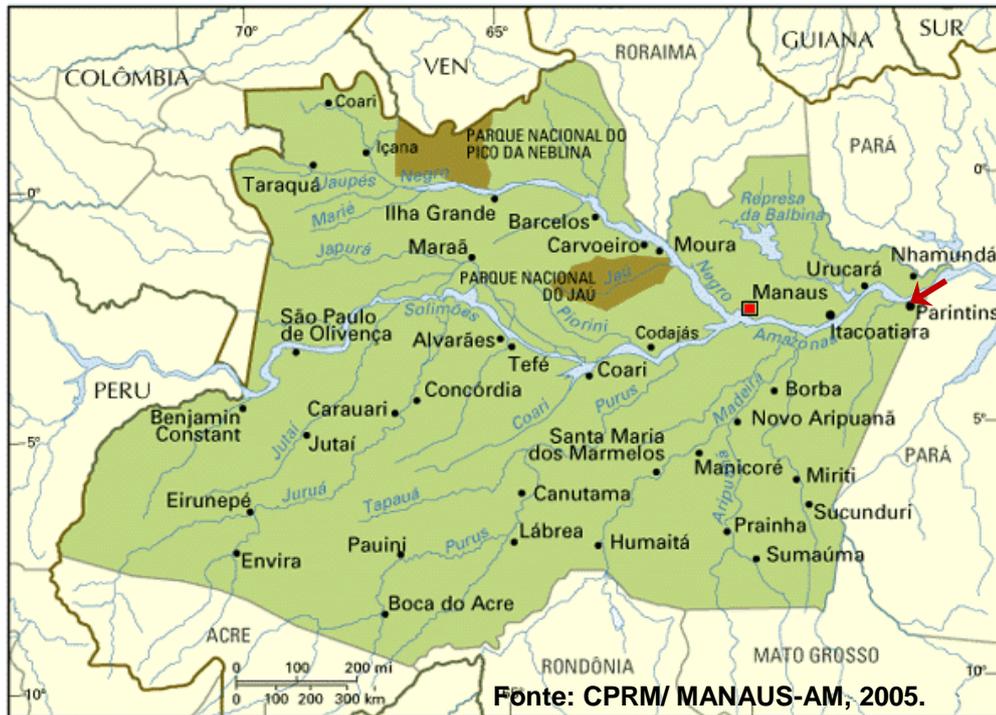


Figura 02: Mapa demonstrando a localização da cidade de Parintins – AM.



Figura 03: Vista aérea parcial de Parintins (AM).

O fornecimento de água para o consumo humano em Parintins é feito, em sua totalidade, pela captação subterrânea, por meio de Poços Tubulares, distribuídos em três estações de abastecimento chamadas de Bombeamentos Paraíba, Sham e Itaúna (Figura 04), que ficam sob a responsabilidade do Sistema Autônomo de Água e Esgoto (SAAE).



Figura 04: Imagens de áreas dos três principais Bombeamentos da cidade de Parintins – AM. **A** – Bombeamento Paraíba (área do reservatório); **B** – Bombeamento Paraíba (área do laboratório); **C** – Bombeamento Sham; **D** – Bombeamento Itaúna.

A água subterrânea, na cidade de Parintins, em poços mais profundos, é oriunda do aquífero Alter do Chão. Esta formação, conforme dados gerados pela Petrobrás (COSTA, 2003), ocorre na ilha com uma espessura aproximada de 450 metros, recobrendo discordantemente os calcários e folhelhos da Formação Nova Olinda, unidade de características hidrogeológicas pouco significativas, devido a encerrar águas duras e apresentar baixa permeabilidade (MARMOS e AGUIAR, 2005).

Estudos demonstram que o sistema Aquífero Alter do Chão (Figura 05), com 2,6% de sua recarga na região hidrográfica, é explorado principalmente nas cidades de Manaus, Belém, Santarém e na Ilha de Marajó. A qualidade da água é boa, apresentando pH de 4,8 e sólidos totais dissolvidos inferiores a 100 mg/L. Porém, as concentrações de ferro alcançam algumas vezes 15 mg/L (MMA, 2001).



Figura 05: Mapa do Brasil demonstrando os principais Aquíferos, com destaque para o Aquífero Alter do Chão localizado na região Amazônica.

Em Parintins, em relação às direções de fluxo natural, as águas subterrâneas do Aqüífero Alter do Chão (porção superior) seguem direções diversas, principalmente para nordeste, acompanhando o sentido das águas do Rio Amazonas, a partir do centro da ilha, onde se observa o alto potenciométrico (MARMOS e AGUIAR, 2005), ou seja, as águas com maior elevação, responsáveis pela hidrodinâmica atual (Figura 06).

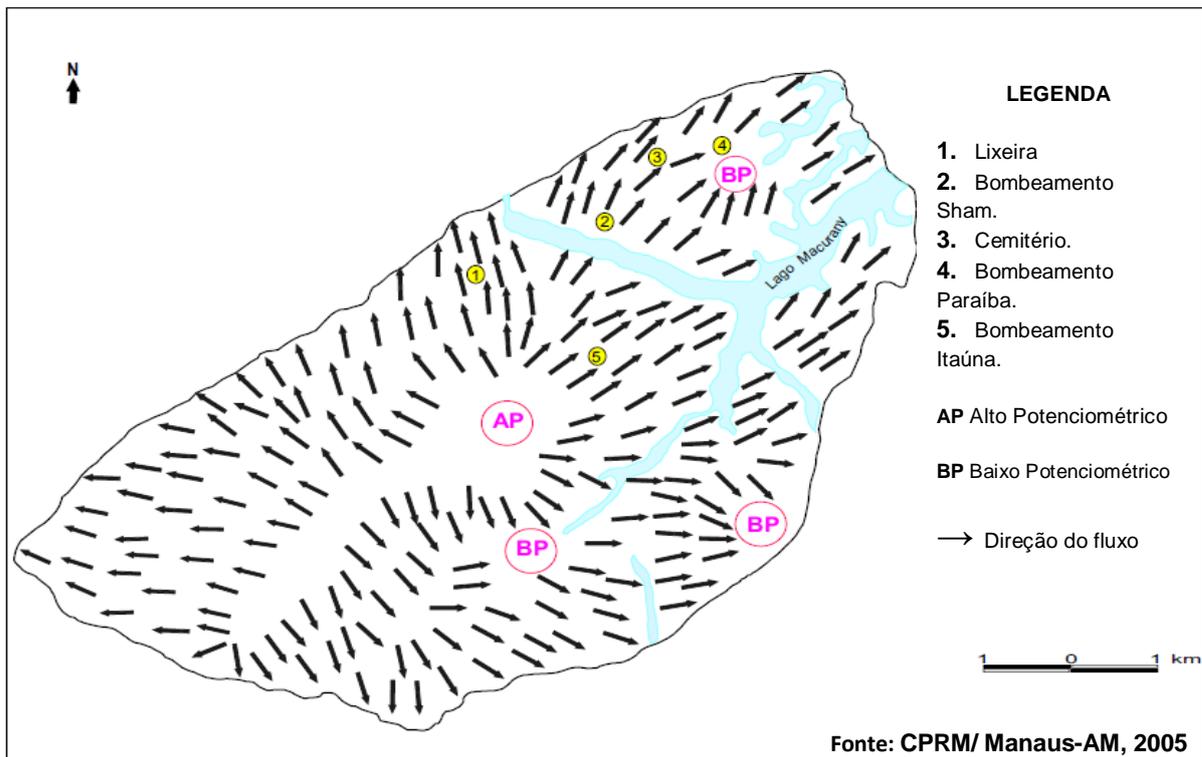


Figura 06: Direção de fluxo das águas subterrâneas da porção superior do Aquífero Alter do Chão na ilha de Parintins – Amazonas.

O saneamento básico, ou seja, o conjunto de medidas que visam assegurar as condições sanitárias necessárias à qualidade de vida de uma população, sobretudo por meio da canalização e do tratamento dos esgotos urbanos e industriais, é primordial para a qualidade da água (BORGES, 2000).

No município de Parintins esta ação é ineficaz e motivo de alerta, pois o esgoto é liberado diretamente no meio ambiente em valas abertas e fossas sem qualquer tratamento, e a rede de tubos existente recebe e escoas as águas pluviais para o Rio Amazonas.

A localização da lixeira pública (Figura 07) nas proximidades da área urbana de Parintins também é preocupante, pois há uma grande produção de chorume, um líquido de cor escura, contendo matéria sólida dissolvida e em suspensão, além de substâncias químicas tóxicas e produtos de resíduos microbianos, liberada no meio ambiente. Desse modo constitui-se em uma ameaça significativa para as águas subterrâneas, uma vez que além de contaminar o solo, pode levar ao comprometimento da qualidade da água retirada por Poços Tubulares para o consumo dos moradores do município ou ainda causar contaminação das águas

superficiais de rios e lagos da região alcança o lençol freático, propagando-se por efeito de advecção e difusão (LIMA, 2003).



Figura 07: Terreno alagado da lixeira municipal de Parintins-AM, localizada na área urbana da cidade.

Outro fator que requer investigação é a influência da movimentação das águas do Rio Amazonas sobre a qualidade da água subterrânea, uma vez que durante os primeiros seis meses do ano está com seus níveis elevados, ou seja, quando as águas do canal principal do rio invadem todas as zonas rebaixadas e se misturam com as águas dos lagos, furos e paranás da ilha e seu entorno. Esse processo pode diluir eventuais contaminações ou poluir áreas antes consideradas “limpas”, misturando os resíduos domésticos ou esgotos. Já nos meses seguintes do ano, esses níveis diminuem gradativamente chegando a níveis críticos podendo até mesmo afetar os lençóis de águas dos poços subterrâneos (MARMOS e AGUIAR, 2005).

O período sazonal para a região norte é distribuído entre os meses que chovem mais (dezembro, janeiro fevereiro e março) e aqueles que chovem menos (junho, julho, agosto e setembro), respectivamente determinados localmente como período de inverno (muito chuvoso) e verão (quase sem chuvas), ou mais comumente conhecidos como cheia e seca (NASCIMENTO e SARAIVA, 2007).

A utilização da água subterrânea é uma alternativa extremamente viável economicamente porque geralmente possui alta qualidade, não necessitando de

sofisticados tratamentos. Porém, o extenso emprego de poços rasos, a ocupação desordenada e contaminação antrópica favorecem a perspectiva do consumo de águas subterrâneas como potenciais vias de transmissão de doenças de veiculação hídrica (DANIEL, 2001).

2.3 ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E SISTEMA DE ABASTECIMENTO

A água para consumo humano pode ser obtida de diferentes fontes. Uma dessas fontes, o manancial subterrâneo, é um recurso utilizado por uma ampla parcela da população brasileira. A água subterrânea pode ser captada no aquífero confinado ou artesiano, que se encontra entre duas camadas relativamente impermeáveis, o que dificulta a sua contaminação, ou ser captada no aquífero não confinado ou livre, que fica próximo à superfície, e estar, portanto, mais suscetível à contaminação (BRASIL, 2006).

Geralmente os depósitos de água subterrânea são bem mais resistentes aos processos poluidores dos que os de água superficial, pois as camadas de solo sobrejacente atuam como filtro físico e químico. A facilidade de um poluente atingir a água subterrânea dependerá de inúmeros fatores como: tipo de aquífero, profundidade do nível estático (espessura da zona de aeração), permeabilidade da zona de aeração do aquífero, teor de matéria orgânica existente sobre o solo, ou tipo dos óxidos e minerais de argila existentes no solo (ANA, 2005).

Infelizmente, em função do baixo custo e facilidade de perfuração, a captação de água do aquífero livre (níveis superficiais - freático), embora mais vulnerável à contaminação, é mais frequentemente utilizada no Brasil (FOSTER, 1993; ASSIS DA SILVA, 1999).

Além disso, nos sistemas de distribuição, a qualidade da água potável pode sofrer uma série de mudanças, fazendo com que a água na torneira do usuário se diferencie daquela que deixa o Bombeamento. Tais mudanças podem ser causadas por variações químicas e biológicas ou por uma perda de integridade do sistema (DEININGER *et al.*, 1992). Outros fatores que também influenciam, são: (1) eficácia do processo de tratamento, reservatório (armazenagem) e sistema de distribuição; (2) idade, tipo, projeto e manutenção da rede; e (3) qualidade da água após o tratamento (CLARK e COYLE, 1989).

Normalmente, a demanda do abastecimento requer a perfuração de diversos Poços Tubulares, sendo as águas captadas concentradas em um reservatório, porém o efeito desta mistura pode influenciar muito a qualidade da água na rede. A irregularidade do abastecimento de uma determinada área urbana, tais como interrupções durante o período da noite ou mesmo eventualmente, pode também modificá-la com a introdução de agentes patogênicos na tubulação de distribuição, principalmente se esta apresentar avarias (BARCELOS *et al.*, 1998; FREITAS *et al.*, 2001).

Além da poluição direta das fontes de água, os sistemas de distribuição e reservatórios também podem ser responsáveis pela transmissão de agentes patogênicos, caso estejam em condições inadequadas de higiene e conservação (MICHELINA *et al.*, 2006).

A garantia do consumo humano de água potável, livre de microrganismos patogênicos, de substâncias e elementos químicos prejudiciais à saúde, constitui-se então em ação eficaz de prevenção das doenças causadas pela água (SILVA e ARAÚJO, 2003).

Para tanto o Ministério da Saúde por meio da Portaria nº 518 de 25 de março de 2004 (BRASIL, 2004) estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

2.4 PORTARIA 518 DE 2004 – MINISTÉRIO DA SAÚDE

Segundo esta Portaria nº 518/04 MS “toda água destinada ao consumo humano deve obedecer ao padrão de potabilidade e está sujeita à vigilância da qualidade da água”. Sendo o controle da qualidade exercida de forma contínua pelo(s) responsável(is) pela operação de sistema de abastecimento, verificando se a água fornecida à população é potável, assegurando a manutenção desta condição.

Os parâmetros analisados devem ser comparados com os valores máximos permitidos pela portaria 518/04 MS para a avaliação da qualidade da água indicando se está apropriada ou não para o consumo humano.

Na tabela 01 estão listados os valores de referências físico-químicos e na tabela 02 os valores de referências microbiológicas exigidos pela legislação vigente

(BRASIL, 2004) para as análises realizadas neste trabalho, sendo a legislação mais abrangente.

Tabela 01: Padrões físico-químicos de potabilidade da água exigidos pela portaria 518/04 MS.

Parâmetro	Unidade	VMP
Nitrato	mg/L	10
Nitrito	mg/L	1
Alumínio	mg/L	0,2
Amônia (NH ₃)	mg/L	0,3
Cloreto	mg/L	250
Ferro	mg/L	0,3
Manganês	mg/L	0,1
Turbidez	UT ⁽¹⁾	5
Cloro residual livre	mg/L	2
pH	-	6,0 a 9,5

NOTA: (1) Unidade de turbidez.

Tabela 02: Padrões microbiológicos de potabilidade da água exigidos pela portaria 518/04 MS.

Parâmetro	VMP
Água para consumo humano ⁽¹⁾	
<i>Escherichia coli</i> ou Coliformes Termotolerantes ⁽²⁾	Ausência em 100 mL
Água na saída do tratamento	
Coliformes Totais	Ausência em 100 mL
Água tratada no sistema de distribuição (reservatório e rede)	
<i>Escherichia coli</i> ou Coliformes Termotolerantes ⁽²⁾	Ausência em 100 mL
Coliformes Totais	Sistemas que analisam 40 ou mais amostras por mês: Ausência em 100 mL em 95% das amostras examinadas no mês. Sistemas que analisam menos de 40 amostras por mês: apenas uma amostra poderá apresentar mensalmente resultado positivo em 100 mL.

NOTAS: (1) água para consumo humano em toda e qualquer situação, incluindo fontes individuais como poços, minas, nascentes, dentre outras.

(2) a detecção de *Escherichia coli* deve ser preferencialmente adotada.

2.5 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA ÁGUA

Diversos parâmetros são utilizados para caracterizar a qualidade da água, por representar suas características físicas, químicas e biológicas. Estes parâmetros indicam a qualidade da água ou problemas quando alcançam valores superiores aos

estabelecidos para um uso específico (BILICH e LACERDA, 2005). A portaria 518/04 do Ministério da Saúde, destaca os indicadores que representam prejuízos a saúde humana como, turbidez, nitrito, nitrato, metais pesados, dentre outros.

A turbidez representada pelos sólidos em suspensão e expressa em unidade de turbidez (UT), pode ser de origem natural como, argila, partículas de rocha, areia e silte, óxidos metálicos do solo, além de algas e outros minerais, não representando riscos ou ação antropogênica, como despejos domésticos, industriais, microrganismos e erosão, associada à compostos tóxicos e a microrganismos patogênicos (SILVA, 2001).

Entre as impurezas encontradas nas águas, existem aquelas que são capazes de reagir com ácidos, podendo neutralizar certa quantidade desses reagentes. Essas impurezas conferem às águas a característica de *alcalinidade*.

Em contraposição à alcalinidade, a acidez é a característica química de neutralizar bases e também evitar alterações bruscas no pH, devido, principalmente, à concentração de CO₂ nas águas. Pode ter origem natural, pela absorção da atmosfera e decomposição da matéria orgânica, ou antrópica, pelo lançamento de despejos industriais e lixiviação do solo de áreas de mineração. Similarmente, em relação à alcalinidade, a distribuição das formas de acidez efetua-se em função do pH. Para águas com pH inferior a 4,5 a acidez decorre de ácidos minerais fortes, geralmente resultante de despejos industriais, pH 4,5 a 8,2, acidez devido ao CO₂ e para pH maior de 8,2, CO₂ livre ausente (BRASIL, 2006).

Quanto ao nitrogênio, gás mais abundante na atmosfera terrestre (78%) pode ser encontrado nos corpos d'água em função do seu estado de oxidação sob as formas: Amônia (NH₄⁺), Nitrito (NO₂⁻) e Nitrato (NO₃⁻). A oxidação do nitrito a nitrato em presença do oxigênio e da atividade bacteriana é relativamente rápida (CARVALHO, 1995).

Teores de nitrato nas águas subterrâneas acima de 5 mg/L são, segundo Santos (1997), indicativos de contaminação por atividade humana (esgotos, fossas, lixões, etc.), porém estudos realizados por Alaburda e Nishihara (1998), demonstraram que concentrações superiores a 3 mg/L em amostras de água são indicativos de contaminação por atividades antropogênica. O valor de referência para nitrato segundo a portaria 518/04 do Ministério da Saúde é de 10 mg/L.

Todas as águas naturais, em maior ou menor escala, contêm íons resultantes da dissolução de minerais. Os cloretos, por exemplo, são oriundos da dissolução de

sais (cloreto de sódio) e podem provocar corrosão em estruturas hidráulicas de esgotos sanitários, que por isso têm sido construídos com polietileno de alta densidade (PEAD). Por muito tempo foram utilizados como indicadores de contaminação, podendo estar associados ao lançamento de esgotos sanitários, hoje, porém, o teste de Coliformes Fecais é mais preciso para esta função (LIBÂNIO, 2008).

Estudos realizados a partir da análise da natureza geoquímica do solo, demonstraram que a presença de metais pesados é um importante fator causal de poluição. Pois, quando no sistema de distribuição de água pode estar relacionada com duas fontes de origem: a primeira diz respeito ao próprio sistema de distribuição que fornece o metal, principalmente por meio de corrosão química ou microbiológica e a segunda fonte diz respeito à origem da água (FREITAS *et al*, 2001).

O alumínio é produzido e consumido em grandes quantidades em muitas nações, sendo o Brasil um grande produtor, em torno de 762.000 toneladas/ano. É o principal constituinte de um grande número de componentes atmosféricos, particularmente de poeira derivada de solos e partículas originadas da combustão de carvão (LIBÂNIO, 2008).

Na água, o alumínio é complexado e influenciado pelo pH, temperatura e a presença de fluoretos, sulfatos, matéria orgânica e outros ligantes. A solubilidade do alumínio é baixa em pH entre 5,5 e 6,0, normalmente estando em maiores concentrações em águas profundas, onde o pH é menor e pode ocorrer anaerobiose (LIBÂNIO, 2008). O aumento da concentração de alumínio está associado com o período de chuvas e, portanto, com a alta turbidez (CETESB, 2007).

2.5.1 Temperatura

É medição da intensidade de calor, sendo originada de forma natural pela transferência de calor entre o solo e o ar (convecção e condução) ou pela radiação solar diretamente. Águas subterrâneas captadas a grandes profundidades frequentemente apresentam temperaturas em torno de 25°C (ANA, 2011).

A temperatura exerce influência marcante na velocidade das reações químicas, nas atividades metabólicas dos organismos e na solubilidade de substâncias. A alteração da temperatura pode ser causada por fontes naturais (principalmente energia solar) ou antropogênicas (despejos industriais). Em relação

às águas para consumo humano, temperaturas elevadas aumentam as perspectivas de rejeição ao uso (BRASIL, 2006).

Este parâmetro é de fundamental importância para os sistemas aquáticos terrestres, já que os organismos possuem diferentes reações às mudanças deste fator. Altas temperaturas, tanto na água como no ar, provocam reações adversas nos indivíduos, tais como a desnaturação das proteínas. Além disso, ela afeta a taxa das reações químicas e biológicas assim como a solubilidade dos gases (O_2 e H_2S) (LIBÂNIO, 2008).

2.5.2 pH

O potencial hidrogeniônico (pH) representa a intensidade das condições ácidas (pH de 0 a 6,9), neutras (pH 7,0) ou alcalinas (pH de 7,1 a 14) do meio líquido por meio da medição da presença de íons hidrogênio (H^+). As fontes de variações deste parâmetro são os sólidos e gases dissolvidos (BRASIL, 2006).

A origem natural é da dissolução de rochas, adsorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica e a fotossíntese. Como origem antropogênica, temos os despejos domésticos (oxidação de matéria orgânica) e industriais (lavagem ácida de tanques). O pH influi no grau de solubilidade de diversas substâncias, na distribuição das formas livre e ionizada de diversos compostos químicos, definindo inclusive o potencial de toxicidade de vários elementos (LIBÂNIO, 2008).

Para a adequada manutenção da vida aquática, o pH deve situar-se geralmente na faixa de 6,0 a 9,0 (VON SPERLING, 1996). Existem, no entanto, várias exceções a essa recomendação, provocadas por influências naturais, como é o caso de rios de cores intensas, em decorrência da presença de ácidos húmicos provenientes da decomposição de vegetação. Nessa situação, o pH das águas é sempre ácido (valores de 4,0 a 6,0), como pode ser observado em alguns cursos d'água na planície amazônica. A acidificação das águas pode ser também um fenômeno derivado da poluição atmosférica, mediante complexação de gases poluentes com o vapor d'água, provocando o predomínio de precipitações ácidas. Podem também existir ambientes aquáticos naturalmente alcalinos em função da composição química de suas águas, como é o exemplo de alguns lagos africanos nos quais o pH chega a ultrapassar o valor de 10,0 (BRASIL, 2006).

O padrão de potabilidade, de acordo com a portaria 518/04 MS, estabelece ampla faixa de pH da água tratada (6,0 a 9,5), objetivando minimizar as perspectivas de corrosão ou incrustação nas tubulações da rede de distribuição e também por poderem afetar a vida aquática e o tratamento biológico do esgoto (BARBOSA *et al.*, 2009).

2.6 PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS DA ÁGUA

A avaliação microbiológica da água tem o objetivo de certificar se a mesma está isenta de microrganismos patogênicos. A detecção desses microrganismos constitui-se na prova mais direta de uma contaminação, entretanto, quando eles estão presentes podem se encontrar em escasso número e num estado viável, mas não cultivável em meios laboratoriais conhecidos (CETESB, 2008).

Assim, como indicação de poluição potencialmente perigosa, recorre-se à detecção individual de certos microrganismos comensais de origem intestinal, quer humana quer animal, designados como microrganismos indicadores. É o caso de bactérias pertencentes aos grupos dos Coliformes Totais e Fecais (termotolerantes). Estas bactérias indicadoras não são, em si próprias, perigosas, mas podem indicar a existência de uma contaminação fecal da água e, conseqüentemente, a possibilidade de estarem presentes bactérias patogênicas. Essas bactérias servem como parâmetro microbiológico para avaliar a qualidade da água (SILVA *et al.*, 2005).

Barbosa *et al.* (2009) diz que as condições de higiene da água estão diretamente relacionadas a análise quantitativas de bactérias totais presentes na água e não apenas à análise qualitativa para pesquisa de determinado tipo bacteriano. Portanto, uma quantidade elevada de bactérias heterotróficas na água já considera a mesma não higiênica, mesmo que essa amostra de água não possua bactérias indicadoras de contaminação fecal.

Além disso, também é importante conhecer a densidade de bactérias, tendo em vista que um aumento considerável da população bacteriana pode comprometer a detecção de organismos Coliformes. Embora a maioria dessas bactérias não seja patogênica, podem deteriorar a qualidade da água, provocando odores e sabores desagradáveis (FUNASA, 2009).

2.6.1 BACTÉRIAS DO GRUPO COLIFORMES

A Portaria 518/04 MS define grupo coliforme como bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, em forma de bastonetes, oxidase-negativos, capazes de fermentar a lactose com produção de ácido, gás e aldeído a $35,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ em 24 - 48 horas, e que podem apresentar atividade da enzima β -galactosidase. A maioria das bactérias do grupo Coliformes pertence aos gêneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter*, entre outras.

Cerca de 20 espécies fazem parte deste grupo, dentre as quais encontram-se tanto bactérias originárias do trato gastrointestinal de humanos como também diversos gêneros e espécies de bactérias não entéricas, como *Serratia* e *Aeromonas*, por exemplo. Por essa razão, sua enumeração em água é menos representativa, como indicação de contaminação fecal, do que a enumeração de Coliformes Fecais ou *Escherichia coli* (SILVA *et al.*, 2005)

Dentro do grupo dos Coliformes Totais, encontram-se os Coliformes Fecais, onde a definição é a mesma de Coliformes Totais, restringindo-se aos membros capazes de fermentar a lactose com produção de gás, em 24 horas, porém a $44,5 - 45,5^{\circ}\text{C}$, sendo por isso também chamados de Termotolerantes (Figura 08). Esse grupo inclui três gêneros, *Escherichia*, *Enterobacter* e *Klebsiella*, porém as cepas de *Enterobacter* e *Klebsiella* são de origem não fecal. Por isso para a enumeração de Coliformes Fecais (indicação fecal) em água é normalmente realizada a enumeração direta de *Escherichia coli*, dada a alta incidência desse microrganismo dentro do grupo fecal pelo fato do seu habitat ser o trato gastrointestinal (SILVA *et al.*, 1997).

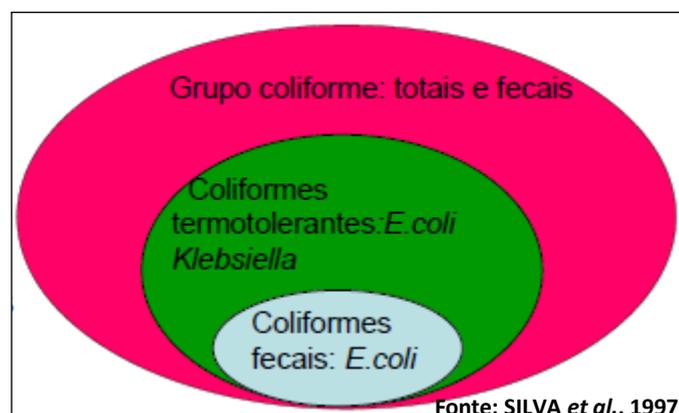


Figura 08: Representação esquemática do Grupo de Coliformes.

A razão da escolha desse grupo de bactérias como indicador de contaminação da água deve-se aos seguintes fatores (FUNASA, 2009):

- Estão presentes nas fezes de animais de sangue quente, inclusive os seres humanos;
- Sua presença na água possui uma relação direta com o grau de contaminação fecal;
- São facilmente detectáveis e quantificáveis por técnicas simples e economicamente viáveis, em qualquer tipo de água;
- Possuem maior tempo de vida na água que as bactérias patogênicas intestinais, por serem menos exigentes em termos nutricionais e incapazes de se multiplicarem no ambiente aquático;
- São mais resistentes à ação dos agentes desinfetantes do que os germes patogênicos.

2.6.2 *Escherichia coli*

A *Escherichia coli* (*E. coli*) é uma bactéria do grupo dos Coliformes que fermenta a lactose e manitol, com produção de ácido e gás a $44,5 \pm 0,2^\circ\text{C}$ em 24 horas, e como relatado anteriormente, aproximadamente 90% das cepas de *E. coli* são habitantes exclusivas do trato gastrointestinal de animais de sangue quente, não tendo como habitat locais de água doce. Dessa forma para a avaliação das condições de potabilidade de uma água utilizam-se essas bactérias, que atuam como indicadores de poluição fecal, com o risco potencial da presença de outros microrganismos patogênicos (Portaria 518/04 do Ministério da Saúde).

Em decorrência disto, as tendências atuais se direcionam para a detecção específica de *E. coli*, que é o único componente do grupo dos coliformes de origem exclusivamente fecal.

O processo de rotina inclui técnicas como a da membrana filtrante que envolve a contagem de colônias em placa de Petri para determinar o número de bactérias presentes na amostra, revelando a presença de bactérias indicadoras de poluição fecal, ou a técnica do Número Mais Provável (NMP) que permite determinar o número mais provável dos microrganismos alvo na amostra, por meio de alíquotas de uma série de tubos. Dentre estes organismos, a análise da bactéria *E. coli* é a mais aceita pelos órgãos fiscalizadores (CETESB, 2008).

Nos últimos anos foram desenvolvidos novos métodos para a observação da presença/ausência (P/A) de microrganismos, utilizando reativos cromogênicos, como o teste *Colilert*®, metodologias estas sensíveis já recomendadas pelo Standard of Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1998).

Porém a técnica da membrana filtrante foi escolhida para o desenvolvimento deste trabalho, pois, apesar da legislação recomendar e permitir outras metodologias a serem utilizadas no monitoramento das águas, a técnica da membrana filtrante permite uma avaliação mais detalhada da qualidade da água (CETESB, 2008).

2.6.3 TÉCNICA DA MEMBRANA FILTRANTE

A técnica da membrana filtrante baseia-se na filtração de volumes pré-determinados de água, por meio de membrana com porosidade adequada, que retém as bactérias encontradas na amostra analisada. Posteriormente esta membrana é colocada em meio seletivo para determinados microrganismos ou grupos de microrganismos e após tempo de incubação e temperatura específica, é realizada a leitura para verificar a morfologia e contagem das colônias encontradas na amostra (CETESB, 2008).

A importância desta análise se deve ao fato de ser possível verificar quantidades elevadas de bactérias em amostras de água, monitorando a sua qualidade e o seu nível de contaminação, pois cargas elevadas de microrganismos podem significar risco à saúde dos consumidores, causando danos em indivíduos debilitados imunologicamente.

Como mencionado anteriormente, esta técnica é bem flexível, além de poder ser utilizada para verificar a diversidade microbiológica encontrada em uma determinada amostra, onde neste caso a membrana filtrada é depositada em placas de Petri contendo meios ricos, ou seja, não seletivos, ou então, quando o objetivo é verificar a presença de um determinado microrganismo ou grupo de microrganismos, como no caso dos Coliformes, utiliza-se um meio seletivo.

2.7 PARÂMETROS PARASITOLÓGICOS DA ÁGUA

Os parasitas intestinais estão entre os patógenos mais frequentemente encontrados em seres humanos. Diversos fatores estão relacionados neste sentido e que se constituem nos mais importantes, como por exemplo: saneamento ambiental ausente ou deficiente, práticas de higiene inadequadas e condições precárias nas quais vivem milhões de pessoas (TEIXEIRA e HELLER, 2004). Isso justifica a necessidade e importância do porque de legislações cada vez mais ativas na determinação de uma água com qualidade e sem riscos para a população e para o meio ambiente.

Os protozoários, notadamente os cistos de *Giardia* e os oocistos de *Cryptosporidium*, apresentam elevada resistência à cloração e, portanto, sua remoção em processo de tratamento é essencialmente ligada à filtração. Dessa forma, os Coliformes praticamente perdem seu papel de indicador, devendo ser substituídos por um indicador de remoção de partículas em suspensão por meio da filtração, como, por exemplo, a turbidez (BRASIL, 2006).

A Organização Mundial da Saúde (OMS, 1994) ressalta a grande importância no monitoramento e no controle da qualidade da água e sugere que sejam realizados exames e análises para determinar o conteúdo de cistos de protozoários e ovos de helmintos, além dos Coliformes Fecais, vírus e substâncias químicas inorgânicas e orgânicas. A qualidade da água deve ser verificada sistematicamente, para que se possam ser detectadas e controladas as fontes de poluição, preservando assim, a saúde da população.

No município de Parintins são diagnosticados altos índices de doenças disentéricas causadas por protozoários como *Entamoeba histolytica* e *Giardia lamblia*, principalmente em período de seca dos rios, tornando-se um fator de importância para a realização dessas análises, levando em consideração a sazonalidade dos rios.

Além, das doenças causadas por protozoários, outras enfermidades transmitidas por microrganismos podem ser disseminadas através da ingestão de água e alimentos contaminados, denominadas portanto doenças de veiculação hídrica. A maior parte das enfermidades transmitidas para o ser humano é causada por microrganismos, particularmente *vírus*, *bactérias*, *protozoários* e *helmintos* (*vermes intestinais*) (Tabela 03). A ocorrência desse tipo de doença pode ser

minimizada ou até mesmo evitada mediante a adoção de práticas adequadas de saneamento, como, por exemplo, coleta e tratamento de esgotos domésticos e tratamento de águas de abastecimento (AMARAL *et al.*, 2003).

Tabela 03: Doenças de veiculação hídrica causadas por microrganismos.

	Organismos	Doenças
Bactérias	<i>Salmonella typhi</i>	Febre tifoide
	<i>Salmonella sp.</i>	Salmoneloses
	<i>Shigella</i>	Shigeloses (disenteria bacilar)
	<i>Escherichia coli</i>	Gastroenterites
	<i>Vibrio cholerae</i>	Cólera
	<i>Legionella pneumophila</i>	Doença dos legionários
Vírus	<i>Leptospira</i>	Leptospirose (contato)
	Enterovírus	Poliomielite, gastroenterites
	Rotavírus	Gastroenterites
	Vírus da hepatite A	Hepatite A
	Adenovírus	Doenças respiratórias, conjuntivite.
Protozoários	<i>Entamoeba histolytica</i>	Amebíase
	<i>Giardia lamblia</i>	Giardíase
	<i>Cryptosporidium</i>	Criptosporidiose
Helmintos	<i>Ascaris lumbricoides</i>	Verminoses
	<i>Enterobius vermicularis</i>	
	<i>Strongyloides stercoralis</i>	
	<i>Trichuris trichiura</i>	
	<i>Schistosoma mansoni</i>	Esquistossomose

Fonte: OMS, 1995.

Diante do exposto, esta investigação trata de um tema de grande relevância de interesse público, que tem como finalidade contribuir para a promoção da saúde da população do município de Parintins, considerando o risco que a ingestão de água com qualidade comprometida oferece à saúde humana, especialmente a população mais vulneráveis, como as crianças e idosos.

Desta forma este trabalho teve com objetivos:

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a qualidade microbiológica da água distribuída à população do município de Parintins – Amazonas.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Observar a presença de Coliformes Totais e Fecais na água, por meio da técnica da membrana filtrante;
- 2) Diagnosticar a presença de parasitas intestinais causadores de doenças de veiculação hídrica;
- 3) Avaliar os resultados obtidos quanto à influência da sazonalidade dos rios;

4 MATERIAL E MÉTODOS

As metodologias analíticas para a determinação de parâmetros microbiológicos da água realizadas neste trabalho foram baseadas nas especificações descritas no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1998) e os resultados obtidos foram comparados aos impostos pela Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde.

As análises realizadas foram feitas em parceria com o Sistema Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) do município de Parintins - AM, juntamente com a Universidade do Estado do Amazonas (UEA) e Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia – Centro de Energia, Ambiente e Biotecnologia (INCT-CEAB).

4.1 ÁREAS DE ESTUDO NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO

As coletas foram realizadas nos três principais Bombeamentos da cidade, sendo eles I (Paraíba), II (Sham) e III (Itaúna). Nos dois primeiros as amostras foram retiradas das torneiras existentes nos Bombeamentos I e II (Figura 09), sendo que o do Bombeamento I é o maior com capacidade de 500 m³/L e sua estrutura é de concreto. Já o reservatório do Bombeamento II tem capacidade de 90 m³/L com estrutura constituída de ferro.



Fonte: MUNIZ, V.A, 2011

Figura 09: Coleta de água das torneiras dos Bombeamentos I e II. **A** – Torneira do Bombeamento I - Paraíba; **B** – Torneira do Bombeamento II - Sham.

No Bombeamento III, as coletas foram realizadas diretamente das torneiras dos quatro poços tubulares existentes no Bombeamento (Figura 10). Os poços chamados de Poços Tubulares (PTs) encontram-se abrigados em pequenas casas com exceção do PT 04. O reservatório que deveria armazenar a água coletada destes poços encontra-se desativado, sua estrutura é feita de concreto e com capacidade de 200m³/L.



Fonte: GALÚCIO, V.C.A, 2011

Figura 10: Torneiras dos Poços Tubulares do Bombeamento III, onde foram realizadas as coletas. **A** – PT 01; **B** – PT 02; **C** – PT 03; **D** – PT 04.

A localização dos Bombeamentos I (Paraíba), II (Sham) e III (Itaúna) está indicada no mapa abaixo pelos números 1, 2 e 3, respectivamente, como pode ser observado na Figura 11. O Bombeamento I é o mais antigo, e se localiza próximo às residências.

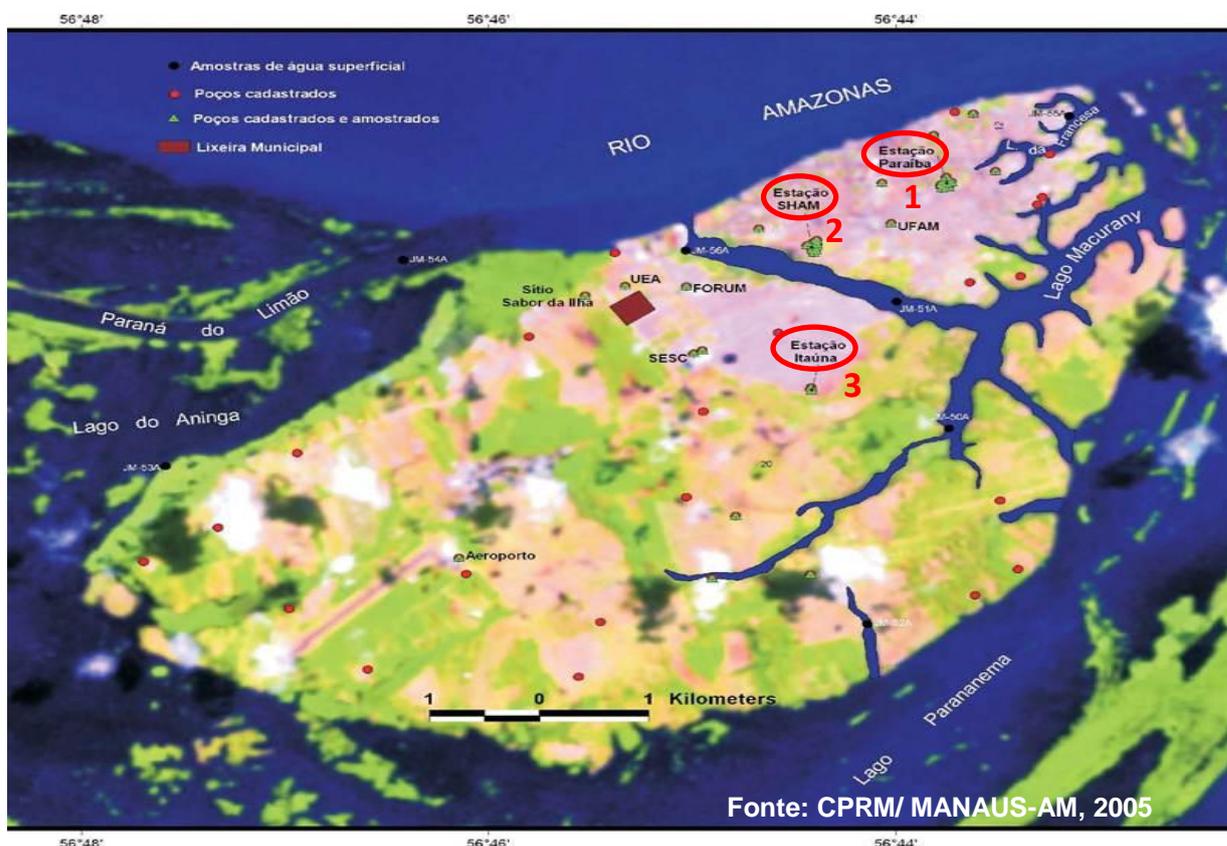


Figura 11: Imagem de satélite da Ilha de Parintins com a localização dos poços cadastrados na cidade e Bombeamentos do SAAE. Ponto 1: Bombeamento I (Paraíba); Ponto 2: Bombeamento II (Sham) e Ponto 3: Bombeamento III (Itaúna).

4.2 PROCEDIMENTOS DE COLETAS NOS BOMBEAMENTOS

Durante a execução deste projeto, foram realizadas 4 coletas semanais para cada Bombeamento, no período de Janeiro a Setembro de 2011, destinadas às análises microbiológicas, pH e temperatura. As análises sazonais corresponderam aos meses de Janeiro à Março/ 2011 para a cheia e de Julho à Setembro para a seca dos rios.

Para as análises parasitológicas, foram realizadas coletas mensais e em duplicata, durante o mesmo período, nos três Bombeamentos, totalizando 9 coletas com 108 amostras.

Para a realização das coletas, foi realizada a desinfecção da torneira (Figura 12) com álcool 70%, e abertura da mesma para que a água escorresse por 3 minutos. Então, a água foi coletada em frasco de vidro (1000 mL), previamente esterilizado em autoclave à 121°C por 15 minutos, acondicionada em isopor e conduzida ao laboratório do SAAE para a realização imediata das análises microbiológicas e medidas de pH, já que as medidas de temperatura eram realizadas no próprio local de coleta.



Figura 12: Procedimento de desinfecção da torneira para coleta de água no Bombeamento Sham.

4.3 ANÁLISE DE TEMPERATURA

A medida da temperatura foi realizada em todas as amostras, no próprio local de coleta com auxílio de termômetro de mercúrio de 30 cm (Figura 13), onde a água foi colocada em um béquer e a leitura dada em graus centígrados (°C).



Figura 13: Aferição da temperatura da água com auxílio de um termômetro de mercúrio.

4.4 ANÁLISE DE pH

O pH foi aferido em todas as amostras, utilizando-se um pHmetro modelo da Quimis (Figura 14), calibrado com soluções tamponadas (pH 4,0 e 7,0).



Figura 14: Obtenção de valores de pH com auxílio de pHmetro.

4.5 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

4.5.1 PREPARO DOS MEIOS DE CULTURAS

Os meios de cultura foram preparados semanalmente e armazenados em geladeira já vertidos em placas de Petri e protegidas com papel alumínio, para a realização das análises. Foram utilizados os meios Ágar m-FC (para detecção de Coliformes Fecais) e Ágar Endo Les (para Coliformes Totais), sendo o meio EMB utilizado para confirmar morfologia com a da cepa padrão (*E. coli*) no caso de dúvidas em relação à identidade da bactéria.

Estes meios de cultura são comercializados desidratados e o preparo dos mesmos é realizado de acordo com o sugerido pelo fabricante, especificado em cada rótulo.

4.5.2 CONTROLE POSITIVO PARA AS ANÁLISES

Para monitorar a eficácia do método, foi utilizado como controle positivo, uma cepa de bactéria padrão linhagem American Type Culture Collection ATCC 25922 de

Escherichia coli, gentilmente cedida pelo laboratório do Mestrado de Biotecnologia (MBT) da UEA – Manaus

4.5.3 TÉCNICA DA MEMBRANA FILTRANTE E PLAQUEAMENTO

Esta técnica baseia-se na filtração de um volume conhecido da amostra (ou diluições da mesma), no caso 100 mL, através de uma membrana filtrante esterilizada com porosidade adequada (0,45 μm porosidade e 47 mm de diâmetro). A filtração é realizada com um aparelho que consta de um funil de filtração, suporte de membrana, frasco receptor e bomba à vácuo.

As bactérias a serem detectadas, apresentando dimensões maiores, ficarão retidas na superfície da membrana, a qual é então transferida para uma placa de Petri, contendo o meio de cultura seletivo e diferencial. Por capilaridades, o meio difunde-se para a membrana, que em contato com as bactérias, desenvolvem-se colônias com características típicas, que poderão ser observadas e contadas (BASTOS *et al.*, 2010).

O procedimento foi realizado em bancada previamente esterilizada com álcool a 70% e auxílio de Bico de Bunsen. Conforme descrito a seguir.

1. Realizou-se a montagem do conjunto de filtração (Kit Millipore) previamente esterilizado, acoplado a um kitassato e a Bomba à Vácuo (Figura 15), mantendo o bico de bursen acesso para preservar o ambiente asséptico.



Figura 15: Conjunto de filtração acoplado a uma Bomba à Vácuo.

2. A amostra foi homogeneizada, no mínimo 10 vezes e o volume de 100 mL vertido no copo do conjunto de filtração já contendo a membrana *Milipore* 0,45 μm ;
3. A filtração foi realizada com auxílio da bomba de vácuo;
4. O copo de filtração foi retirado e com uma pinça esterilizada e flambada, a membrana foi transferida para uma placa de Petri contendo meio de cultura seletivo Ágar Endo Les para pesquisa de Coliformes Totais (Figura 16).



Figura 16: Transferência da membrana após filtração para placa de Petri contendo meio de cultura.

5. Para a pesquisa de Coliformes Fecais ou Termotolerantes repetiu-se os passos 2, 3 e 4 sendo que neste último a membrana foi transferida para o meio Ágar m-FC e as placas incubadas à 44,5 °C por 24-48 h.
6. Como controle negativo, realizou-se a filtragem de 100 mL de água destilada autoclavada para cada meio de cultura utilizado e no intervalo de cada amostra analisada a fim de verificar a ocorrência de possível contaminação cruzada.
7. Como controle positivo, para verificar a eficácia dos meios de cultura, utilizou-se 100 mL de água destilada autoclavada acrescida de 10 μL de solução de *E. coli* ATCC 25922, crescida anteriormente em tubo de ensaio contendo meio líquido TSB também fornecido comercialmente desidratado, e diluído em água destilada (aproximadamente 10^{-7} de acordo com o crescimento da bactéria);

As amostras a serem analisadas bem como os controles positivo e negativo foram filtrados em duplicadas para cada meio de cultura de acordo com o esquema demonstrado a seguir (Figura 17).

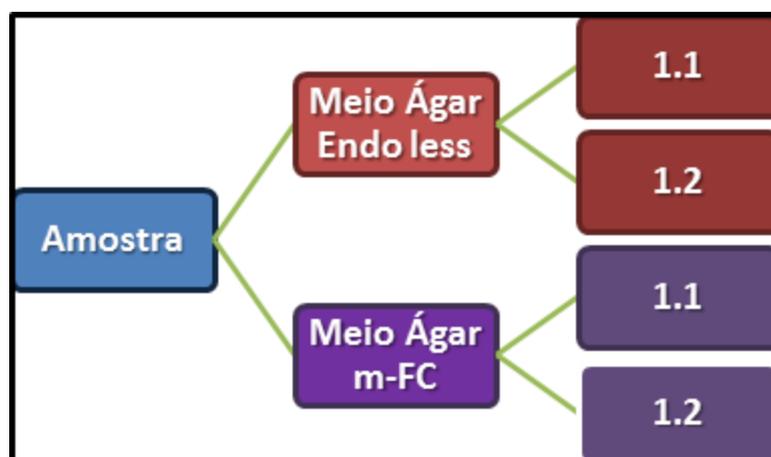


Figura 17: Representação esquemática de filtração em duplicata para os diferentes meios de cultura.

No período de 24-48h, procedeu-se a contagem dos microrganismos com auxílio de uma lupa. O resultado foi obtido em número de Unidades Formadoras de Colônias (UFC). As colônias encontradas foram agrupadas de acordo com sua morfologia e coloração conforme demonstrado na tabela 04 e Figura 18.

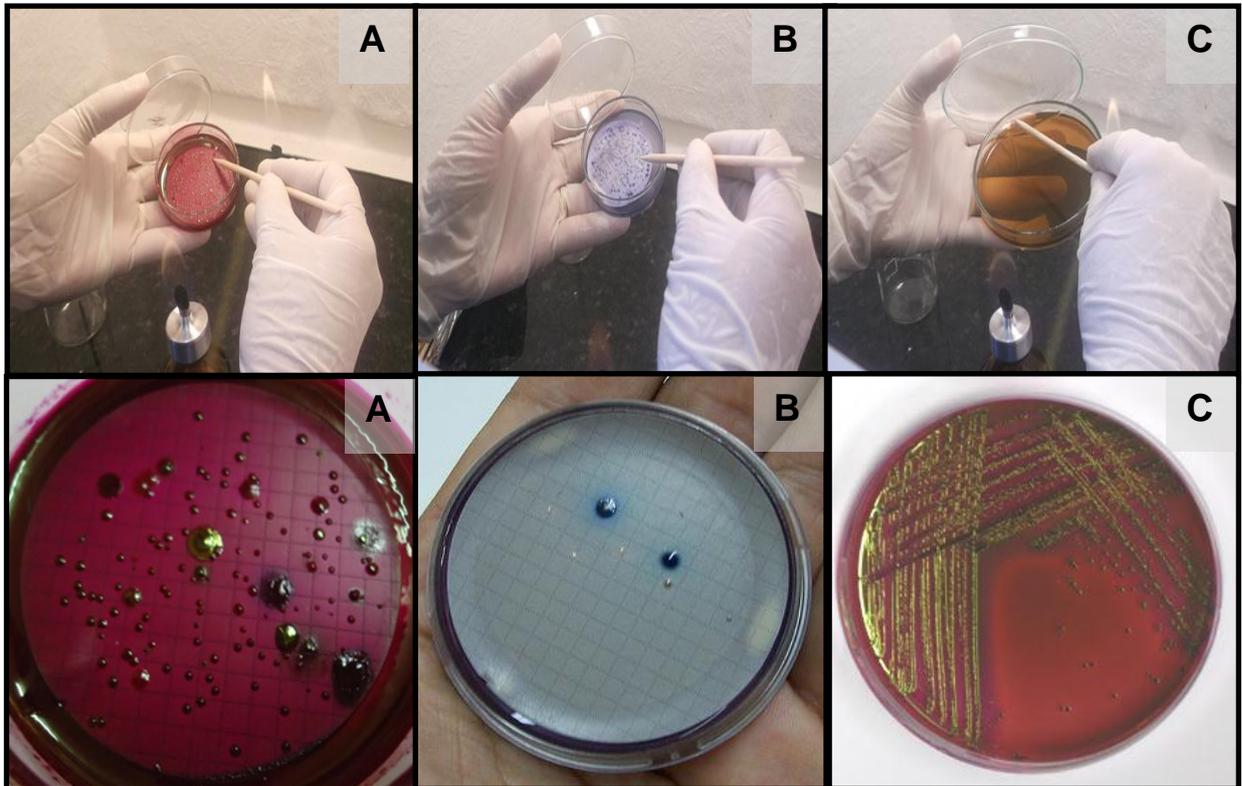
Tabela 04: Morfologia das colônias de Coliformes Totais e Fecais em meios de cultura Ágar Endo Les e Ágar m-FC.

Meio de Cultura	Grupo	Características Morfológicas das colônias
Agar EndoLes	Coliformes Totais	Colônias róseas e vermelhas escuras com brilho
	Coliformes Fecais	Colônias verde brilhante
Agar m-FC	Coliformes Fecais	Colônias azuis

(CETESB, 2008).

No caso de dúvidas de colônias em relação ao padrão (*E. coli*), as mesmas foram plaqueadas em meio EMB (Figura 18) para confirmação da presença de

coliformes fecais, onde as colônias típicas de *E. coli* ATCC 25922 apresentam coloração verde metálico com pigmentos violeta (FORSYTHE, 2002).



Fonte: MUNIZ,V.A, 2011

Figura 18: Procedimento de plaqueamento nos diferentes meios de cultura. **A** – Meio Ágar Endo Les - Coliformes Totais; **B** – Meio Ágar m-FC - Coliformes Fecais; **C** – Meio EMB confirmação de para *E. coli*.

4.5.4 CONTAGEM DAS COLÔNIAS OBTIDAS

Após a incubação das placas contendo as membranas, foi realizada a contagem de Coliformes Totais e Fecais e o resultado foi dado em Unidade formadora de Colônia para cada 100 mL analisados (UFC/100 mL). As colônias de bactérias que crescerem foram agrupadas de acordo com as características apresentadas em cada meio específico utilizado, conforme a Tabela 04. Em relação as colônias que não apresentaram características do grupo dos Coliformes foram denominadas de colônias atípicas e agrupadas de acordo com sua coloração como demonstrado na Tabela 05.

Tabela 05: Diferentes grupos de bactérias encontradas na água dos Bombeamentos de Parintins-AM.

GRUPO	DESCRIÇÃO
ATÍPICAS	Colônias com Outras Morfologias:
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Colônias amarelas em meios EMB, Ágar Endo Les em Ágar m-FC. 2. Colônias laranjas em meios Ágar Endo Les e Ágar m-FC. 3. Colônias verdes sem brilho metálico em meios Ágar m-FC. 4. Colônias com tons variados de marrom em meio Ágar m-FC. 5. Colônias brancas em meio Ágar m-FC. 6. Colônias cinzas em meio Ágar m-FC. 7. Colônias incolores ou transparentes em meios Ágar m-FC, Ágar Endo Les e EMB.

4.7 ANÁLISE SAZONAL

Na região Amazônica ocorre uma intensa movimentação das águas dos rios ao longo do ano, onde por seis meses ocorre o período de cheia e por seis meses o período de seca, sendo os períodos de análises selecionados segundo NASCIMENTO e SARAIVA (2007).

Neste trabalho, realizou-se análises sazonais, com o objetivo de verificar a existência de diferenças entre o número de bactérias do Grupo Coliformes bem como o aumento ou diminuição da diversidade da microbiota.

4.8 ANÁLISE PARASITOLÓGICA

As amostras foram analisadas quanto ao caráter parasitológico objetivando a caracterização da presença de quaisquer formas evolutivas de parasitos, principalmente cistos e ovos de protozoários e helmintos, respectivamente.

Para esta análise, seguiu-se a metodologia sugerida por FERREIRA *et al.* (2005), onde foram filtrados 100 mL de cada amostra por meio da técnica da membrana filtrante. Em seguida o material retido na membrana, foi ressuspenso em tubo Falcon com 10 mL de água destilada esterilizada.

O tubo Falcon foi centrifugado por 3 minutos a 2500 rpm e posteriormente o sobrenadante foi desprezado e o sedimento corado com a adição de 2 gotas de

Lugol na concentração de 50%, afim de pesquisar a presença de formas evolutivas características de protozoários e helmintos em microscópio óptico (40 X), como observado na figura 19. As amostras foram feitas em duplicata.

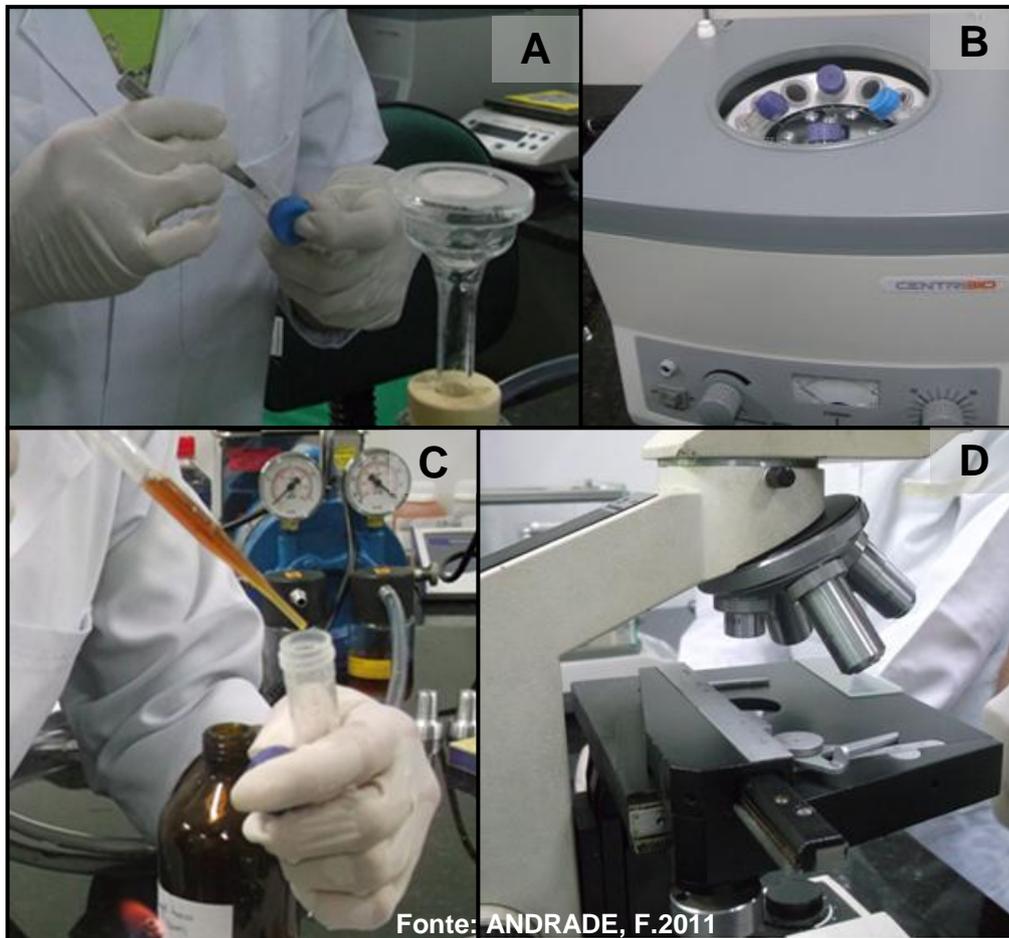


Figura 19: Etapas da análise parasitológica. **A** – Membrana retirada do suporte de filtração e colocada em tubo Falcon; **B** – Centrifugação à 2500 rpm; **C** – Adição de lugol; **D** – Observação em microscópio óptico.

4.9 ANÁLISE DOS DADOS

Os resultados obtidos foram avaliados por meio de testes estatísticos como Qui-quadrado, U de Mann – Whitney, Kruskal – Wallis e Teste Dunn, com o auxílio do programa Statistical Package for the Social Sciences (SPSS for Windows 17.0).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 DADOS SOBRE OS LOCAIS ANALISADOS

Este trabalho envolveu análises de parâmetros microbiológicos para avaliar a qualidade da água distribuída a população do município de Parintins durante os meses de Janeiro a Setembro de 2011, representando as duas estações do ano: cheia (cujos picos correspondem aos meses de Janeiro a Março) e seca (correspondendo os meses de Julho a Setembro).

Foram coletadas amostras de água dos três pontos de distribuição, conhecidos como Bombeamentos (Paraíba, Sham e Itaúna).

Durante a coleta das amostras de água para as análises microbiológicas também foram aferidos o pH e a temperatura das mesmas.

5.2 ANÁLISE DE TEMPERATURA

No local da coleta, foram realizadas análises de temperatura para todas as amostras, nos três Bombeamentos sendo que os resultados das médias encontram-se dispostos nas tabelas 06 para os Bombeamentos I e II, e na tabela 07 para os PTs do Bombeamento III.

Tabela 06: Valores de média e desvio padrão da temperatura dos Bombeamentos I e II.

Bombeamento I Média de Temperatura (°C)	Bombeamento II Média de Temperatura (°C)
27,73 ± 0,99 a	27,84 ± 0,68 a

Letras iguais não diferem estatisticamente ($\alpha=0,05$)

Tabela 07: Valores de média e desvio padrão de temperatura para os PTs do Bombeamento III.

PT 01 Temperatura (°C)	PT 02 Temperatura (°C)	PT 03 Temperatura (°C)	PT 04 Temperatura (°C)
27,22 ± 0,67 a	27,24 ± 0,64 a	27,27 ± 0,60 a	27,16 ± 0,68 a

Letras iguais não diferem estatisticamente ($\alpha=0,05$)

Comparando os valores encontrados nos Bombeamentos I e II e entre os PTs do Bombeamento III foi verificado que não houve diferença estatística significativa entre eles ($p < 0,05$).

Os valores de temperaturas encontrados nos Bombeamentos de Parintins são similares aos encontrados em outras cidades da região (AZEVEDO, 2004; MARMOS e AGUIAR, 2005). Em relação a temperatura encontrada para águas subterrâneas, segundo a Agência Nacional de Águas (2009), pode variar entre 20°C e 28°C, podendo chegar a 35°C em águas subterrâneas mais profundas (MMA, 2002).

O padrão de potabilidade brasileiro não estabelece temperatura máxima para água de consumo humano, diferente de alguns países como EUA e Canadá que limitam em média de 15°C (ANA, 2011). Na região Sul do Brasil, a temperatura da água, em períodos de inverno, pode baixar a valores entre 5 e 15°C, em alguns casos podendo chegar até o ponto de congelamento. Entretanto a média das águas naturais nas demais regiões do país ficam entre 20 a 25°C (LIBÂNIO, 2008).

Segundo Gomes *et al.* (2005), a temperatura elevada da água pode exercer papel importante no crescimento microbiano, o que seria um fator preocupante, favorecendo o crescimento de microrganismos e dentre eles, os considerados patogênicos. Seguindo esse raciocínio, águas com temperatura baixa leva a uma maior segurança quanto à presença desses microrganismos.

5.3 ANÁLISE DE pH

Da mesma forma que o ocorrido com a temperatura, também foi avaliado o pH em todas as coletas nos três Bombeamentos de Parintins. O cálculo da média e desvio padrão a partir de valores de pH obtidos mostram que não existe diferença estatística ($p < 0,05$) entre os Bombeamentos I e II e entre os poços do Bombeamento III, como pode ser observado nas tabelas 08 e 09, respectivamente.

Tabela 08: Valores de média e desvio padrão de pH para os Bombeamentos I e II.

Bombeamento I pH	Bombeamento II pH
4,05 ± 0,35 a	4,08 ± 0,18 a

Letras iguais não diferem estatisticamente ($\alpha=0,05$)

Tabela 09: Valores de média e desvio padrão de pH para os PTs do Bombeamento III.

PT 01 pH	PT 02 pH	PT 03 pH	PT 04 pH
4,04 ± 0,19 a	4,00 ± 0,15 a	4,05 ± 0,17 a	3,99 ± 0,14 a

Letras iguais não diferem estatisticamente ($\alpha=0,05$)

A água nos três Bombeamentos é considerada ácida, com valores abaixo do permitido pela portaria 518/04 MS que considera como aceitável de 6,5 – 9,0 de pH para água tratada e apropriada para o consumo humano.

O fato de não haver diferença significativa entre os Bombeamentos e os PTs é bastante preocupante, já que nesses últimos, a água que é bombeada é fornecida diretamente a população sem desinfecção. Isso significa a ausência de um sistema eficiente de tratamento sanitário, já que nos Bombeamentos deveria ter uma correção de pH, em concordância com a legislação vigente.

Pelo que já foi exposto, fica evidente que as águas subterrâneas fornecidas à população em Parintins possuem *naturalmente* uma pronunciada acidez (pH 4.0) o que, por si só, já é um dado relevante em termos de saúde pública. Este é um problema enfrentado pela região Amazônica, pois trabalhos realizados em outras cidades (SILVA, 2002; AGUIAR *et al.*, 2002; SOUZA e VERMA, 2006) demonstraram a mesma situação, com pH abaixo do registrado pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2005) que varia em uma faixa de 5,5 a 8,5 para água subterrânea.

O consumo de água ácida pode afetar a saúde pela possibilidade de causar doenças gástricas (FREITAS *et al.*, 2001). Além disso, este fator pode contribuir para a corrosão e incrustação nas tubulações da rede de distribuição (LIBÂNIO, 2008), podendo tornar-se um risco de contaminação a partir do solo ou por microrganismos, e assim um agravante no abastecimento, pois a contaminação ausente no poço pode ser adquirida ao longo da rede de distribuição.

Diante dos resultados encontrados, foi realizado um levantamento investigativo junto ao SAAE quanto aos registros das análises físico-químicas das águas realizadas por eles.

Nas tabelas 10 e 11 encontram-se os valores de uma das análises físico-químicas realizadas pelo SAAE (mês de maio de 2011).

Tabela 10: Resultados da análise físico-química realizada pelo SAAE no mês de maio/2011 nos Bombeamentos I e II.

ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA 2011			
BOMBEAMENTOS			
Parâmetro	I	II	Portaria 518/04 MS (VMP*)
Al³⁺	0,61	0,69	0,2 mg/L
NH₃	0,34	0,33	1,5 mg/L
Turbidez	0	0	5 UT
Ferro Total	0,08	0,05	0,3 mg/L
Mn	0,012	0,05	0,1 mg/L
pH	4,3	4,1	6,0 – 9,0

Tabela gentilmente cedida pelo SAAE – Sistema Autônomo de Água e Esgoto.

*VMP: Valores Máximos Permitidos

Tabela 11: Resultados da análise físico-química realizada pelo SAAE no mês de maio de 2011 nos PTs do Bombeamento III.

ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA 2011					
BOMBEAMENTO III					
Parâmetro	PT 01	PT 02	PT 03	PT 04	Portaria 518/04 MS (VMP*)
Al³⁺	0,13	0,13	0,14	0,10	0,2 mg/L
NH₃	0,14	0,16	0,21	0,16	1,5 mg/L
Turbidez	0	0	0	0	5 UT
Ferro Total	0,06	0,04	0,01	0,02	0,3 mg/L
Mn	0,109	0,120	0,106	0,090	0,1 mg/L
pH	4,0	4,2	4,1	4,0	6,0 – 9,0

Tabela gentilmente cedida pelo SAAE – Sistema Autônomo de Água e Esgoto.

*VMP: Valores Máximos Permitidos

Conforme pôde ser observado, os valores de pH encontrados neste trabalho estão aproximados dos verificados nos registros do SAAE.

Já em relação a acidez encontrada nas amostras de água de Parintins, os valores altos de alumínio encontrados nos Bombeamentos I e II poderiam levar a conclusão de que a acidez encontrada estaria relacionada com a alta concentração do mesmo, não estando em conformidade com a concentração exigida pela Portaria 518/04 MS. Entretanto os valores encontrados nos PTs do Bombeamento III

apresentam valores que estão em conformidade com a concentração exigida pela Portaria 518/04 MS.

Vale ressaltar que, em relação aos Bombeamentos I e II, devido a algumas medidas tomadas pelo SAAE anteriormente como o fechamento de alguns poços mais rasos, por exemplo, os valores de alumínio encontrados nestas análises são menores do que valores encontrados em análises de anos anteriores (MARMOS e AGUIAR, 2005).

Em relação aos PTs do Bombeamento III são perfurações novas, com aproximadamente sete anos e com profundidade média de 120 metros, fatores que corroboram para a ausência ou baixos índices de contaminação. O poço, se bem construído, e o manancial subterrâneo protegido, reduzem consideravelmente a possibilidade de contaminação do Aquífero (LIMA, 2008).

Assim, outras hipóteses foram levantadas como a forma de armazenamento (estrutura dos Bombeamentos) ou ainda locais e profundidade dos poços. Desta forma nova investigações deverão ser realizadas para solucionar a questão de acidez das águas de Parintins.

A elevada concentração de alumínio é bastante preocupante, uma vez que este metal é um elemento pouco móvel na faixa de pH de 6.0 a 8.0, no entanto pode apresentar-se solúvel em águas com pH extremamente baixo (3.0 a 4.0) (CARVALHO, 1995). E de acordo com relatos na literatura, o alumínio é um composto neurotóxico que, à longo prazo, pode causar encefalopatia grave em pacientes que sofrem diálise renal, podendo levar à distúrbios neurológicos, como o mal de Alzheimer (FREITAS *et al.*, 2001).

5.4 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

Conforme relatado anteriormente, foram realizadas quatro coletas semanais com tamanho amostral de 296 para os Bombeamentos I e II, e 592 para o Bombeamento III, durante os meses de janeiro a setembro de 2011. Sendo que para as análises sazonais foram selecionadas as coletas realizadas nos meses de janeiro a março, representando o pico do período de cheia e nos meses de julho a setembro, representando o pico do período de seca.

As análises para a detecção de Coliformes Totais e Fecais/Termotolerantes foram realizadas com a utilização de meios seletivos Ágar Endo Les e Ágar m-FC,

respectivamente, a partir da observação do crescimento de UFC com morfologia característica para cada grupo bacteriano. Como medidas de segurança e para monitorar a eficácia do método também foram realizados controles positivos (onde foi utilizado para as filtrações água autoclavada juntamente com a bactéria *E. coli*) e negativos (onde foi utilizado somente água autoclavada).

Os resultados das análises microbiológicas obtidos nos Bombeamentos I e II foram comparados estatisticamente entre si, por estarem seus reservatórios ativos e que de, acordo com o SAAE, recebem a adição de cloro para a desinfecção.

Já o Bombeamento III teve as análises comparadas entre os PTs que o compõe, pois como já relatado anteriormente, o reservatório encontra-se desativado e toda a água captada é liberada diretamente na rede de distribuição sem adição de cloro.

Abaixo segue os resultados encontrados para cada Bombeamento.

5.4.1 BOMBEAMENTOS I e II.

5.4.1.1 PRESENÇA DE COLIFORMES TOTAIS E FECALIS

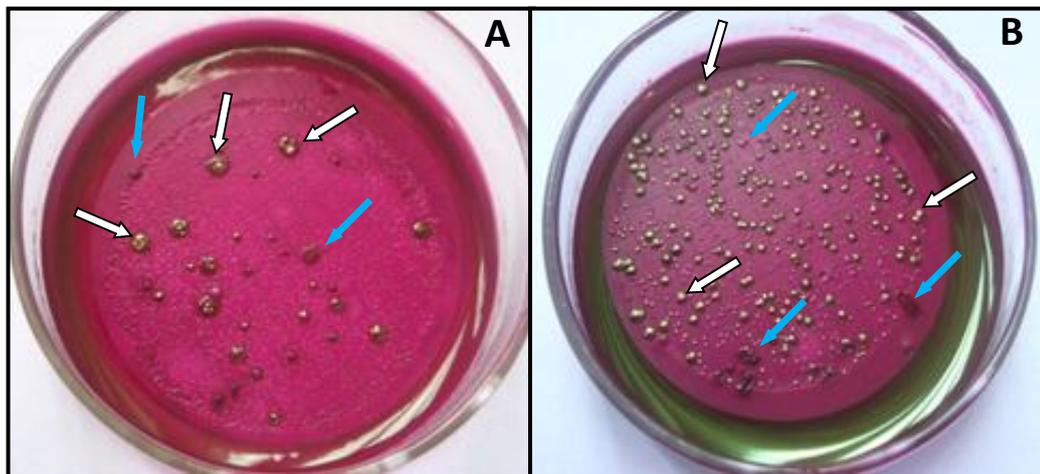
Nas análises realizadas nos Bombeamentos I e II houve crescimento de colônias com morfologia do grupo dos Coliformes Totais e Fecais.

Na Figura 20 encontra-se ilustrado as placas de Petri das análises de água dos Bombeamentos I e II no meio Ágar Endo Les, para a detecção de bactérias do grupo dos Coliformes Totais. Entretanto nesse meio de cultura foi possível detectar a presença de Coliformes Totais (colônias rosas e vermelho escuro) e Fecais – *E. coli* (colônias rosas e com brilho verde metálico) nos dois Bombeamentos.

A *E. coli* apesar de ser um representante do grupo dos Coliformes Fecais, tendo como habitat natural o trato gastrointestinal, apresenta a versatilidade de crescer em meios de cultura e temperaturas variadas e dessa forma ser facilmente detectada em análises. Esta característica faz com que testes envolvendo esta bactéria sejam requeridos pela legislação vigente em análises que buscam a detecção de material fecal em amostras. Sendo assim, a mesma foi detectada no meio Endo Les, na temperatura de 35 °C nas análises dos Bombeamentos I e II.

No caso da detecção dos Coliformes Totais na água pode indicar falha no tratamento ou contaminação no sistema de distribuição (NASCIMENTO *et al.*, 2007).

Porém, a utilização de Coliformes Totais como microrganismos indicadores para avaliar a contaminação fecal é limitada pela existência de bactérias não fecais dentro desse grupo, podendo gerar resultados falso-positivos, já que dentro do grupo dos Coliformes Totais existem gêneros que podem ser encontrados em diferentes habitats, como o sistema gastrointestinal, a água doce, solos e plantas (BOMFIM *et al.*, 2007). Mas mesmo assim a Portaria nº. 518/04 do Ministério da Saúde utiliza os Coliformes Totais como padrão microbiológico de potabilidade da água para consumo humano e regulamenta a ausência dos mesmos juntamente com os Coliformes Fecais em 100 mL de água (BRASIL, 2004).



Fonte: GALÚCIO,V.C.A, 2011

Figura 20: Presença de bactérias do grupo Coliformes Totais (seta azul) e Coliformes Fecais (seta branca) nos Bombeamentos em meio Agar Endo Les; **A** - Bombeamento I e **B** - Bombeamento II.

De acordo com os resultados observados nas análises microbiológicas realizadas Bombeamentos I e II, onde foi detectada a presença de bactérias do grupo dos Coliformes Totais e Fecais, os Bombeamentos analisados não estão em conformidade com a legislação vigente.

Na Figura 21 tem-se ilustrado os dos resultados de análises dos Bombeamentos I e II no meio Ágar m-FC, que é específico para a detecção de Coliformes Fecais. Como pode ser observado, também foi detectada a presença de Coliformes Fecais - *E. coli* (colônias azuis, seta amarela) nos dois Bombeamentos.

A presença de bactérias do grupo dos Coliformes Fecais como a *E. coli* é um indicativo de contaminação de material fecal na água, já que o habitat desta bactéria é o sistema gastrointestinal de animais de sangue quente e não tem como habitat

águas doces. Esses resultados são bastante preocupantes, uma vez que detectado material fecal na água, outras bactérias patogênicas também podem estar presentes, podendo causar danos a saúde da população.

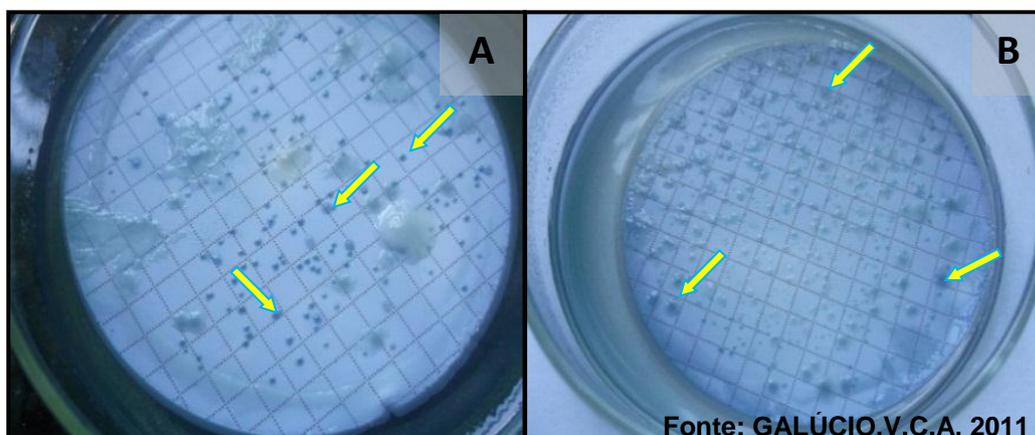


Figura 21: Presença de bactérias do grupo Coliformes Fecais (colônias azuis, seta amarela) nos Bombeamentos em meio Agar m-FC; **A** - Bombeamento I e **B** - Bombeamento II.

Para verificar a conformidade da água dos Bombeamentos I e II testes estatísticos também foram realizados para as análises de Coliformes Totais e Fecais.

No caso de Coliformes Totais, a Portaria 518/04 do MS, regulamenta que a potabilidade da água para consumo humano é a ausência de microrganismos desse grupo em 100 mL em 5% das análises realizadas. Os resultados mostraram que 40,5% e 59,5% das amostras analisadas nos Bombeamentos I e II, respectivamente, apresentavam Coliformes Totais, não atendendo aos limites aceitos pela legislação (Tabela 12).

Tabela 12: Porcentagem de amostras positivas para Coliformes Totais em meio Ágar EndoLes nos Bombeamentos I e II.

	Presença de CT	Limites aceitos Portaria 518/04 MS
Bombeamento I	40,5% a	5 %
Bombeamento II	59,5% a	5 %

Letras iguais não diferem estatisticamente ($\alpha=0,05$)

Já em relação aos Coliformes Fecais a porcentagem encontrada nos Bombeamentos I (21,63%) e Bombeamento II (35,13%) também estão acima do

permitido pela portaria 518/04 MS que indica a ausência em 100 mL em todas as amostras analisadas, como demonstrado na tabela 13.

Tabela 13: Porcentagem de Coliformes Fecais nos Bombeamentos I e II em comparação com os valores máximos permitidos pela portaria 518/04 MS e análise estatística entre eles.

	Presença de CF	VMP Portaria 518/04 MS
Bombeamento I	21,63 % a	Ausência em 100 mL
Bombeamento II	35,13 % b	

Letras iguais não diferem estatisticamente ($\alpha=0,05$)

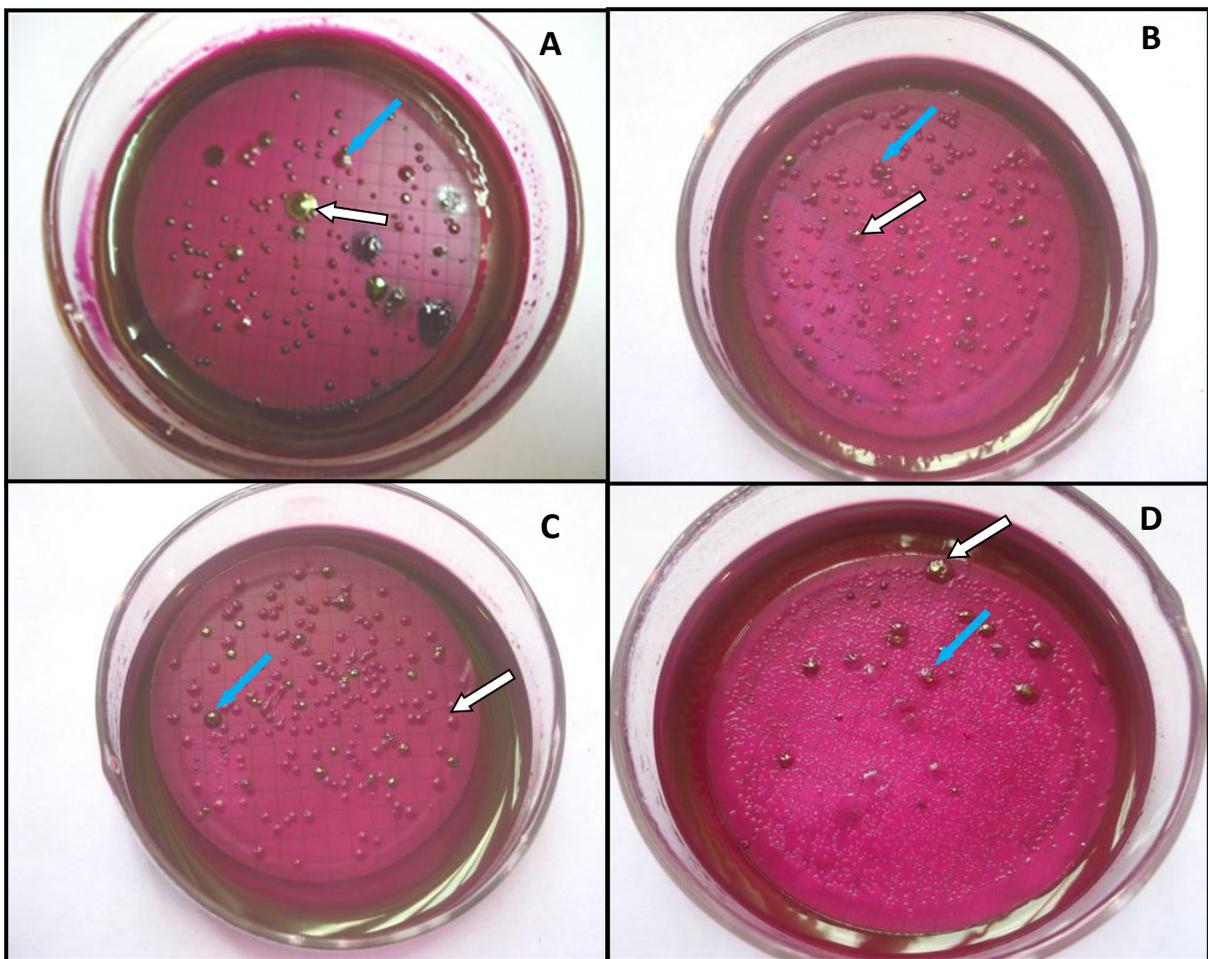
Comparando estatisticamente as análises dos Bombeamentos I e II, obteve-se uma diferença estatística significativa ($p>0,05$), demonstrada pelas letras a e b, quanto à presença de Coliformes Fecais, sendo que o Bombeamento II apresentou maior porcentagem dessas bactérias. Este dado possivelmente pode ser explicado pelo fato da desinfecção por adição de cloro ser feita com maior periodicidade no Bombeamento I e da presença de vazamentos no reservatório do Bombeamento II, que tem sua estrutura constituída de ferro que em contato com o cloro promove as corrosões. Atualmente foram feitos os reparos para a eliminação das avarias. Onde um reservatório de concreto com maior capacidade já esta sendo construído e as obras se encontram em fase avançada.

5.4.2 BOMBEAMENTOS III.

5.4.2.1 PRESENÇA DE COLIFORMES TOTAIS E FECAIS

Do mesmo modo que para os Bombeamentos I e II as coletas de água para o Bombeamento III foram realizadas semanalmente e em duplicata no período de Janeiro a Setembro de 2011 nos quatro poços que compõem este bombeamento, com tamanho amostral de 592 análises.

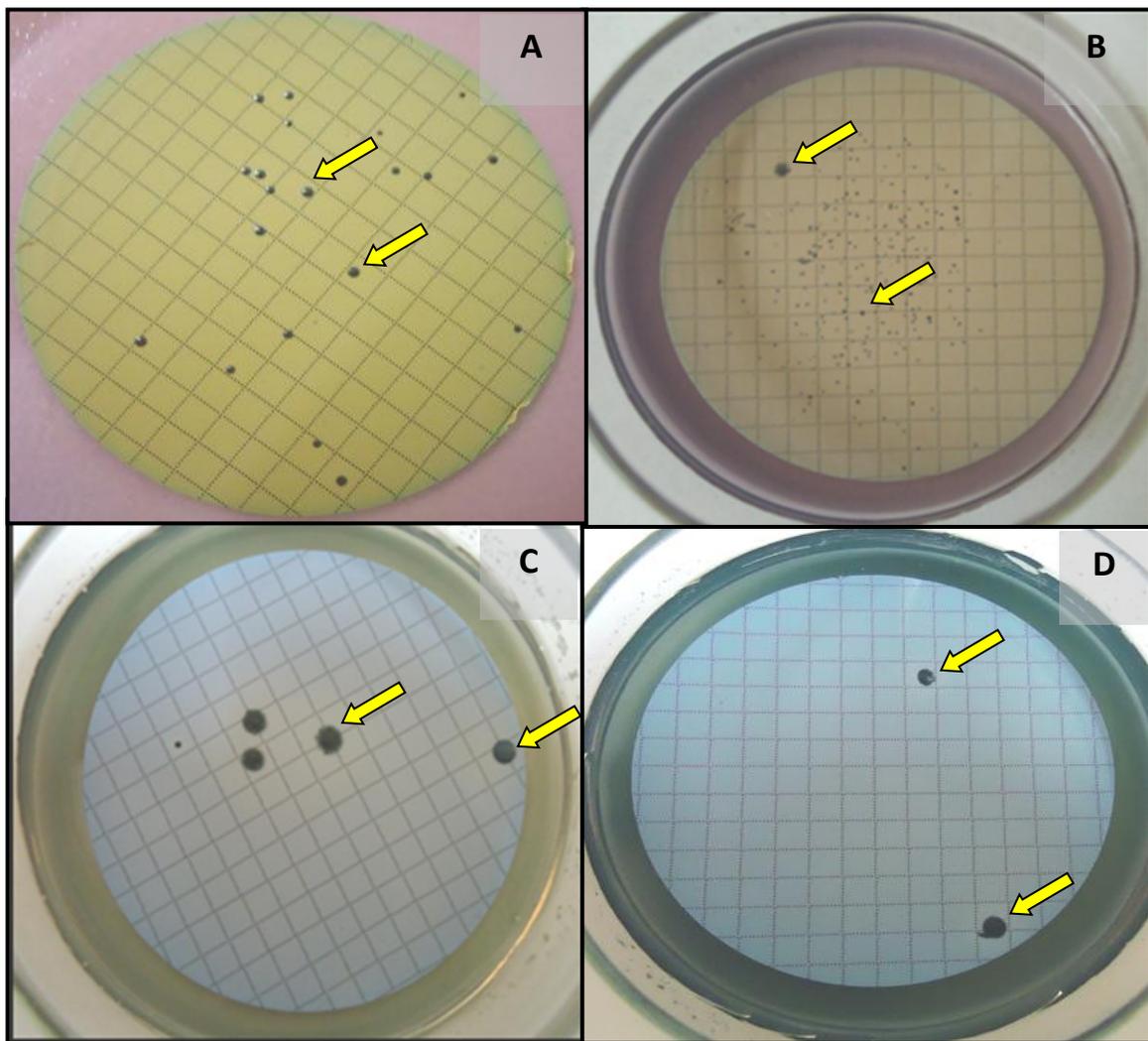
De acordo com a Figura 22 é possível identificar colônias de Coliformes Totais e Fecais no meio Agar Endo Les. Resultado semelhante também observado nos Bombeamentos I e II.



Fonte : GALÚCIO,V.C.A, 2011

Figura 22: Presença de bactérias do grupo Coliformes Totais (seta azul) e Fecais (seta branca) nos PTs do Bombeamento III em meio Agar Endo Les. **A** – PT01; **B** –PT02; **C** – PT03; **D**– PT04.

Coliformes Fecais também foram detectados nos quatro PTs que compõem o Bombeamento III, quando utilizado o meio m-FC para as análises. A presença de colônias azuis no meio (Figura 23) confirma a presença de *E. coli*, membro do grupo dos Coliformes Fecais, indicando assim a contaminação de material fecal nas águas dos Poços do Bombeamento III.



Fonte: GALÚCIO, V.C.A, 2011

Figura 23: Presença de bactérias do grupo Coliformes Fecais (seta amarela) nos PTs do Bombeamento III em meio Agar m-FC. **A** – PT01; **B** – PT02; **C** – PT03; **D** – PT04.

Foi avaliado a conformidade dos quatro poços do Bombeamento III, sendo observado a presença de Coliformes Totais nos poços PT 01, PT 02, PT 03 e PT 04 com as porcentagens de 73%, 46%, 54% e 35%, respectivamente, conforme mostrado na tabela 14. Esses valores estão acima do indicado pela portaria 518/04 do MS.

Tabela 14: Porcentagem de presença de Coliformes Totais nos quatro PTs do Bombeamento III em comparação com os valores máximos permitidos (VMP) pela legislação.

	Presença de CT (%)	VMP Portaria 518/04 MS
PT 01	73 % a	
PT 02	46 % b	5 %
PT 03	54 % b	
PT 04	35 % c	

A água dos poços do Bombeamento III não recebe tratamento e a quantidade de coliformes fecais está acima do recomendado pela portaria 518/04, sendo que no PT 01 detectou-se a presença de em 43,24% das análises, o PT 02 em 24,32%, o PT 03 em 35,13% e o PT 04 em 10,81%. A partir das análises estatísticas, observou-se que os poços PT 01 e PT 03 não apresentaram diferença estatística significativa ($p < 0,05$), demonstrando maior contaminação por coliformes fecais, sendo diferentes dos poços PT 02 e PT 04 que não apresentaram diferença estatística entre si, conforme a tabela 15.

Tabela 15: Porcentagem de presença de Coliformes Fecais e análise estatística nos quatro PTs do Bombeamento III em comparação com os valores máximos permitidos (VMP) pela legislação.

	Presença de CF (%)	VMP Portaria 518/04 MS
PT 01	43,24 a	
PT 02	24,32 b	
PT 03	35,13 a	Ausência em 100 ml
PT 04	10,81 b	

Letras iguais ausência de diferença estatística ($p < 0,05$).

Uma das hipóteses que poderia ser dada para a contaminação encontrada nos Bombeamentos I e II poderia estar relacionada a fatores externos, como deteriorações em sua estrutura ou ainda a inconstância e ineficiência da desinfecção e desse modo, se tornar uma fonte de contaminação química, física ou microbiológica (FREITAS *et al.*, 2001). Entretanto essa mesma contaminação foi observada nos Poços que compõem o Bombeamento III, onde a água não é armazenada e não passa por um sistema de desinfecção. Sendo assim esta não

conformidade da água, de acordo com a legislação vigente, em um número expressivo de amostras indica a presença de bactérias que conferem um risco sanitário que leva a necessidade de investigações futuras quanto à origem da contaminação, como composição da água, infiltração, localização e profundidades dos Poços, entre outros fatores.

A enumeração de Coliformes Totais e Fecais pode ser um indicativo da qualidade da água, bem como da eficácia do tratamento e da integridade do sistema de distribuição, tornando-se ferramentas úteis para a vigilância da qualidade microbiológica da água distribuída à população, (BOMFIM *et al.*, 2007; NASCIMENTO *et al.*, 2007).

5.4.3 DIVERSIDADE MICROBIANA NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DE PARINTINS

Durante o período de análises também foi observado à presença de colônias atípicas, ou seja, com morfologia diferente do grupo dos Coliformes nos três Bombeamentos, nos dois meios de cultura estudados (Figura 24). Estes resultados evidenciam a grande diversidade microbiana encontrada na água que é distribuída para o consumo da população de Parintins.

As bactérias isoladas neste trabalho foram purificadas e depositadas na coleção de culturas da UEA para que futuras análises sejam realizadas, descobrindo assim a identidade dessas bactérias.

No entanto estes resultados são preocupantes, uma vez que bactérias indicadoras de contaminação fecal (*E. coli*) foram encontradas em todos os Bombeamentos, provavelmente microrganismos patogênicos podem estar presentes, podendo causar sérios danos a saúde da população.

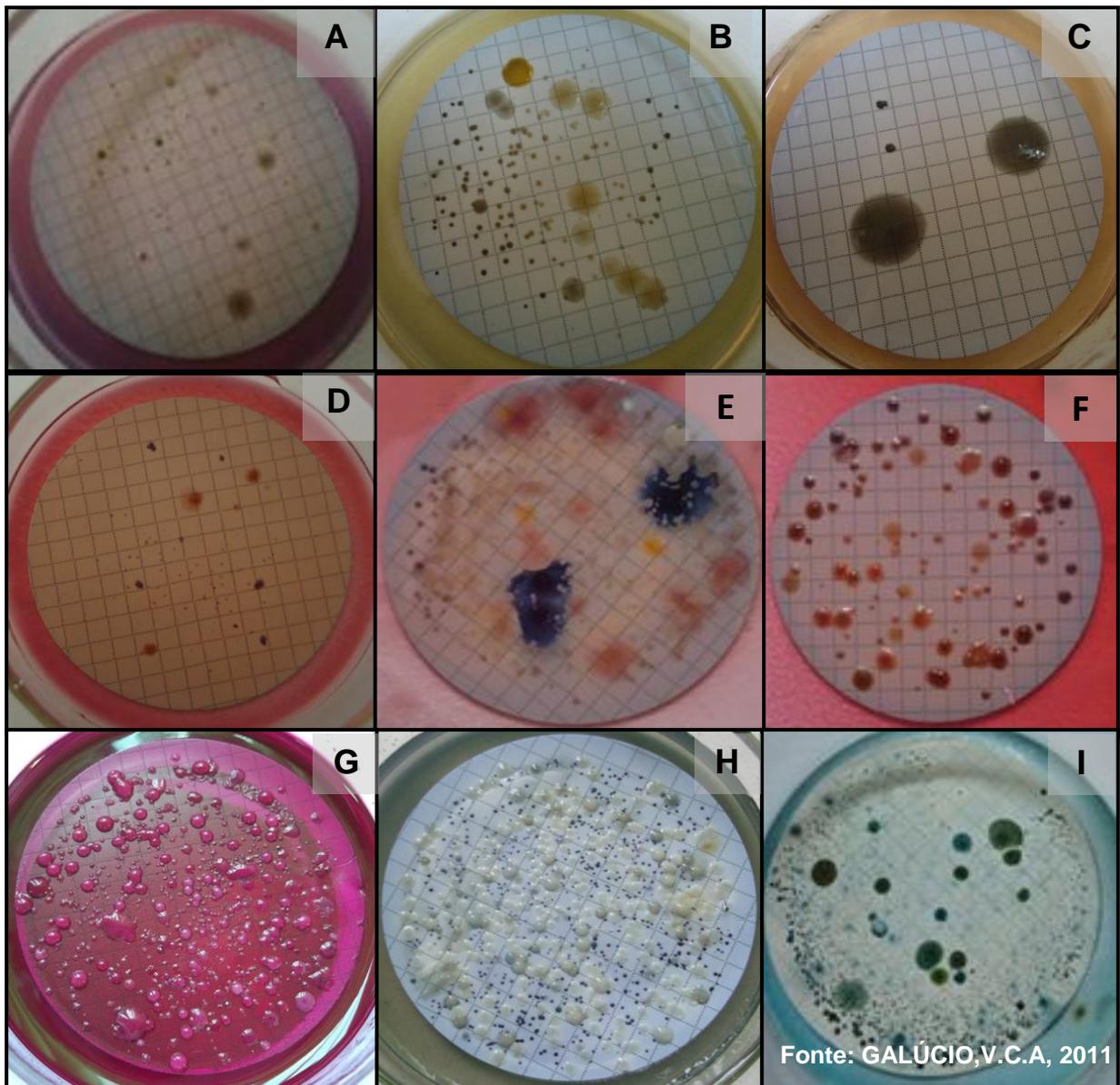


Figura 24: Morfologia de colônias atípicas. Bactérias encontradas nos meios Ágar Endoles e Ágar m-FC. **A e D** – Bombeamento I; **B e C** – Bombeamento II; **E** – Bombeamento III (PT 01); **F** – Bombeamento III (PT 01); **G** – Bombeamento III (PT 02); **H** – Bombeamento III (PT 03); **I** – Bombeamento III (PT 04).

Os resultados apresentados até aqui demonstram claramente um insipiente sistema de controle da qualidade da água distribuída a população de Parintins. Este fato mostra a necessidade de um acompanhamento constante da qualidade desta água, visando principalmente à sua segurança sanitária. Sugere-se que esses dados sejam utilizados para fundamentar ações de controle efetivo da água para consumo humano, como a higienização adequada e regular dos Bombeamentos que fornecem a água para toda a população de Parintins, criando-se procedimentos

padronizados para realização dessa atividade, bem como de todos os processos que envolvem a manipulação da água para o consumo humano.

5.4.4 ANÁLISE SAZONAL

5.4.4.1 BOMBEAMENTO I E II

Testes estatísticos foram realizados para avaliar se houve diferença significativa na presença de Coliformes Totais e Fecais nos períodos de seca e cheia dos rios.

Em relação aos Coliformes Totais, de acordo com a Tabela 16, pode-se verificar que houve crescimento de 15,4% de colônias deste grupo no período de cheia e 50% no período de seca no Bombeamento I e 61,5% no período de cheia e 58,3% no período de seca no Bombeamento II.

Tabela 16: Porcentagem de crescimento de colônias típicas de Coliformes Totais em meio Ágar Endo Les nos Bombeamentos I e II, com análises estatísticas.

	Bombeamento I	Bombeamento II
Período de Cheia	15,4 % a	61,5 % b
Período de Seca	50 % b	58,3 % b

Letras iguais não diferem estatisticamente ($\alpha=0,05$)

No Bombeamento I houve maior crescimento de Coliformes Totais no período de seca em relação ao período de cheia. Já no Bombeamento II não houve diferença estatística entre os períodos de sazonalidade ($p<0,05$).

Apesar de, no período de seca, o Bombeamento I ter apresentado um maior crescimento em relação ao período de cheia, esses valores foram inferiores aos encontrados no Bombeamento II. Esse dado pode ser explicado, conforme já relatado anteriormente, devido a estrutura física que o compõe (ferro), promovendo corrosões, facilitando a contaminação. A sazonalidade dos rios mostrou influência no Bombeamento I, sendo o maior crescimento de Coliformes Totais no período de seca, período onde ocorre a concentração da poluição trazida no período de cheia e depositada no solo, além disso, este Bombeamento está localizado em área rebaixada e cercada por valas a céu aberto e casas com proximidade média de 15 metros do Bombeamento (Figura 25).



Figura 25: Áreas vizinhas ao Bombeamento I. **A** - Vala de esgoto a céu-aberto correndo ao lado do muro do terreno onde estão situados os Poços Tubulares do Bombeamento; **B** - À direita, terreno ao lado dos poços do Bombeamento. À esquerda, palafitas e esgoto a céu-aberto.

Estudos realizados pela CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (MARMOS e AGUIAR, 2005) mostram que a movimentação das águas subterrâneas ocorre no sentido centro para periferia da ilha, podendo sofrer influência das águas do braço do Lago do Macurany e assim torna-se uma possível fonte de contaminação para os Bombeamentos I e II, porém este último está mais propício devido à proximidade com o Lago, o que possivelmente explica os resultados obtidos quando se compara o período de cheia entre os Bombeamentos e o maior crescimento de Coliformes Totais ocorrer no Bombeamento II em todas as análises realizadas.

Em relação às análises de sazonalidade para o grupo dos Coliformes Fecais observou-se que no Bombeamento I o crescimento bacteriano no período de cheia foi de 23,07% e de 38,46 % no período de seca, enquanto que no Bombeamento II o crescimento foi de 33,33% e 41,66% nos períodos de cheia e seca, respectivamente, de acordo com a tabela 17.

Tabela 17: Porcentagem de crescimento de Coliformes Fecais nos Bombeamentos I e II em período de cheia e seca dos rios de acordo com análises estatísticas.

	Bombeamento I	Bombeamento II
Período de Cheia	23,07 % a	38,46 % b
Período de Seca	33,33 % a	41,66 % ab

Letras iguais não diferem estatisticamente ($\alpha=0,05$)

A partir de análises estatísticas, verificou-se diferença significativa ($p < 0,05$) quando se compara os Bombeamentos I e II no período de cheia, porém não houve diferença entre eles no período de seca. Comparando cada reservatório separadamente, nos períodos de cheia e seca, não houve diferença estatística significativa entre estes períodos.

No período de cheia, a movimentação dos rios, traz consigo uma grande diversidade microbiológica, porém o excesso de água dilui a contaminação local (AZEVEDO, 2004; SILVA, 2001), sendo assim, a maior ocorrência de bactérias do grupo Coliformes foi registrada no período de seca, devido à concentração da contaminação local.

Relatos de moradores de comunidades rurais, que sofrem maior influência da movimentação das águas, indicam que no período de seca evidenciam uma alteração de sabor e odor na água, assim como ocorre o maior índice de doenças diarreicas. Estes dados corroboram com os registrados pela vigilância epidemiológica também na área urbana, segundo os consolidados consultados dos anos de 2009, 2010 e 2011.

A presença de Coliformes Fecais em Bombeamentos após tratamento, por mais simples que seja, merece atenção e o desenvolvimento de pesquisas que busquem entender e intervir frente às possíveis fontes de contaminação que, conforme observado neste trabalho, são provavelmente oriundas de fatores externos e não das águas subterrâneas.

5.4.4.2 BOMBEAMENTO III

Avaliando os períodos de sazonalidade dos rios, obteve-se as seguintes porcentagens de crescimento de Coliformes Totais nos poços, PT 01 54% e 83,3%, PT 02 38,5% e 66,7%, PT 03 38,5% e 83,3% e PT 04 23% e 75%, período de cheia e seca, respectivamente, como demonstrado na Tabela 18.

Tabela 18: Relação das porcentagens de presença de colônias de Coliformes Totais nos poços do Bombeamento III em períodos sazonais, com análise estatística.

	PT 01	PT 02	PT 03	PT 04
Período de Cheia	54 % a	38,5 % b	38,5 % b	23 % c
Período de Seca	83,3 % d	66,7 % e	83,3 % d	75 % de

Letras iguais não diferem estatisticamente ($\alpha = 0,05$)

No período de cheia, o PT 01 apresentou maior presença de Coliformes Totais em relação aos demais poços. Os poços PT 02 e PT 03 não apresentaram diferença estatística ($p < 0,05$). O PT 04 apresentou menor presença de Coliformes Totais. No período de seca, os poços PT 01, PT 03 e PT 04 não apresentaram diferença estatística ($p < 0,05$), ou seja, apresentam maior presença de Coliformes Totais em relação ao PT 02.

Em todos os poços houve diferença estatística entre os períodos de cheia e seca, sendo que a maior presença de colônias de Coliformes Totais ocorreu no período de seca. De acordo com o discutido anteriormente, no período de seca ocorre uma maior concentração da contaminação muitas das vezes trazida no período de cheia ou causada pela movimentação das águas subterrâneas com lençóis superficiais contaminados por despejos domésticos, o que justificaria o aumento do crescimento bacteriano no período de seca.

Em relação às análises de sazonalidade para o grupo dos Coliformes Fecais nas águas dos poços do Bombeamento III, as análises estatísticas demonstraram a ausência de diferença estatística ($p < 0,05$) entre os períodos de cheia e seca nos quatro poços, porém, durante todos os meses de análises os poços PT 01 e PT 03 apresentaram maior crescimento bacteriano, enquanto que nos PT 02 e PT 04 houve o menor crescimento de coliformes fecais, esses dados estão descritos na tabela 19.

Tabela 19: Relação das porcentagens de presença de colônias de Coliformes Fecais nos poços do Bombeamento III em períodos sazonais, destacando a presença de diferença estatística significativa entre eles.

	PT 01	PT 02	PT 03	PT 04
Período de Cheia	38,5% a	15,4% b	30,8% a	7,7% b
Período de Seca	50% a	25% b	58,3% a	25% b

Letras iguais ausência de diferença estatística ($p < 0,05$).

O crescimento bacteriano encontrado nos poços que compõem o Bombeamento III, sendo mais evidentes nos poços PT 01 e PT 03, quanto a presença de Coliformes Fecais tem possíveis causas devido a forma como são utilizados, ou seja, o PT 01 é utilizado como depósito de materiais e o PT 03 está localizado próximo a áreas que contêm lixo e entulho (Figura 26).

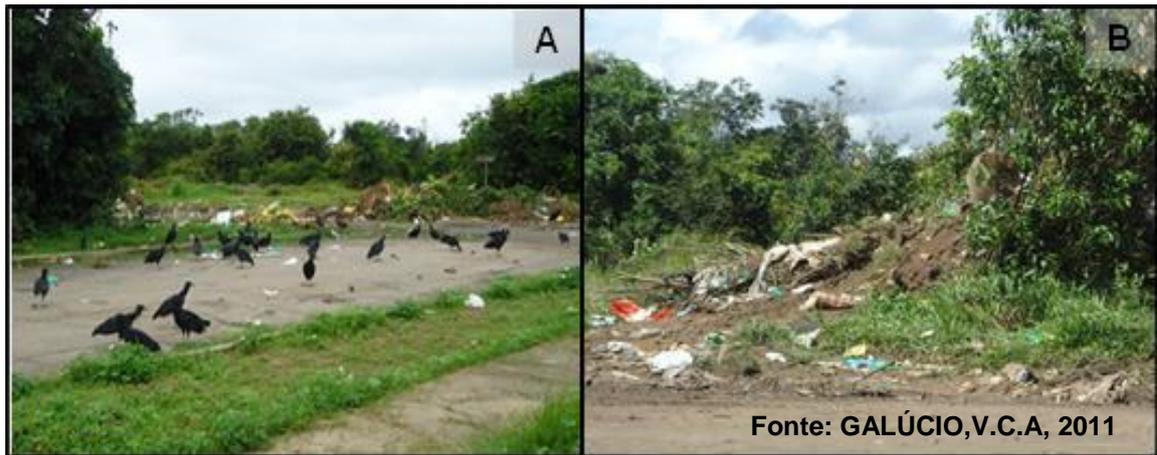


Figura 26: Área próxima do Bombeamento III – PT 03. **A** – Presença de lixo e urubus; **B** – Acúmulo de entulhos.

Em geral, a presença de Coliformes Fecais não ocorreu em amostras consecutivas, demonstrando que, provavelmente a contaminação não está na água subterrânea e sim na área externa do poço, em suas instalações e ou até mesmo nas condições sanitárias da sua localização. Além disso, é frequente o surgimento de vazamentos em tubos e torneiras oriundas dos poços.

Diversos autores (AZEVEDO, 2004; BARBOSA *et al.*, 2009; BASTOS *et al.*, 2010) evidenciam a qualidade natural da água subterrânea, a forma como sua exploração vem aumentando ao longo dos anos e alertam quanto a necessidade de preservação, no intuito de prevenir e até evitar a contaminação de lençóis mais profundos.

A presença de *E. colina* água deve ser avaliada com seriedade pelo fato de ser uma enterobactéria e indicar uma contaminação de origem fecal, o que sugere condições higiênicas insatisfatórias (FRANCO e LANDGRAF, 2006).

A água subterrânea não está isenta de impurezas, apesar da capacidade filtrante do solo, que retém sempre alguma quantidade de matérias poluentes, podendo ainda dissolver uma grande variedade de compostos químicos existentes nos solos/terrenos que atravessa, absorver gases, sais minerais ou mesmo agentes ou matérias em suspensão (BARBOSA, 2009). Por isso a importância dos poços do Bombeamento III receberem a adição de cloro antes de alcançarem a rede de distribuição.

5.5 ANÁLISE PARASITOLÓGICA

As amostras de água dos reservatórios dos Bombeamentos I (Paraíba) e II (Sham) e dos quatro poços do Bombeamento III (Itaúna), para análises parasitológicas, foram coletadas mensalmente, e em duplicata durante o período de Janeiro a Setembro de 2011, totalizando 9 coletas em cada bombeamento, com tamanho amostral de 108.

Entretanto, os resultados demonstraram a ausência de formas evolutivas de protozoários e helmintos nas amostras avaliadas.

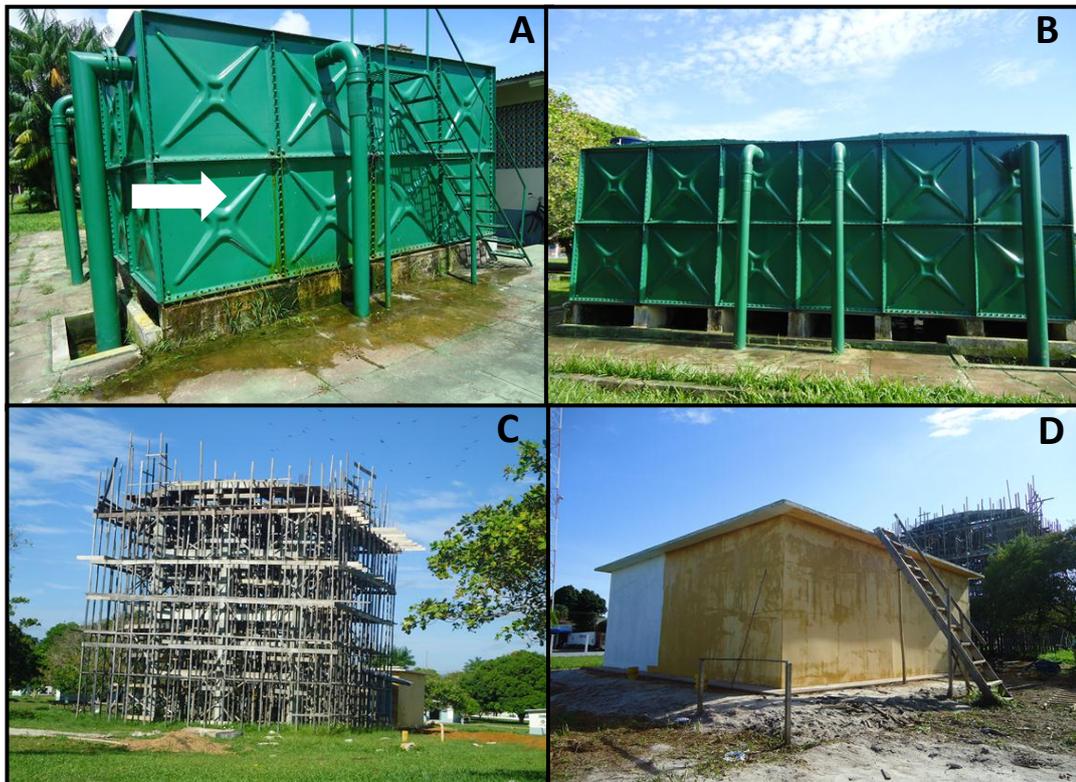
A portaria 518/04 MS, indica a pesquisa de protozoários e helmintos, principalmente em águas com alta turbidez, o que não é o caso de Parintins. Mas o alto índice de doenças causadas por estes microrganismos requer uma pesquisa nas residências, onde possivelmente deve ocorrer a contaminação.

6 MELHORIAS OCORRIDAS NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO de AGUA DE PARINTINS AO LONGO DA PESQUISA

No decorrer do trabalho aqui desenvolvido e com a apresentação dos resultados parciais no Exame de Qualificação, houve uma mobilização tanto por meio da imprensa escrita como televisionada, entrevistas em anexo, divulgando a necessidade de melhorias e a preocupação com a qualidade da água distribuída para o consumo da população de Parintins - AM. Logo após esta divulgação, a Prefeitura local, por meio do diretor atual do SAAE, promoveu melhorias no sistema tanto de abastecimento como de distribuição da água de Parintins.

A seguir estão apresentadas as melhorias realizadas nos diferentes pontos do sistema de armazenamento e distribuição da água.

a) Reparos no reservatório do Bombeamento II – Sham (Figura 27).



Fonte: GALÚCIO,V.C.A, 2011

Figura 27: Imagens da área do reservatório do Bombeamento II – Sham. **A** – Reservatório de Ferro com vazamentos e pontos com ferrugem (seta). **B** – Posteriormente reservatório com reparos dos vazamentos e nova pintura externa. **C** – Construção em andamento do novo reservatório com maior capacidade e de concreto. **D** – Construção da sala de máquinas do novo reservatório do Bombeamento II.

b) Limpeza das áreas dos poços nos Bombeamentos I, II e III. Lavagem e pintura das casas que abrigam os poços, casa de máquinas e laboratório, (Figura 28).



Fonte: GALÚCIO,V.C.A, 2011

Figura 28: Imagens da área dos três Bombeamentos com melhorias. **A** – Casa que abriga o poço e área externa limpa – Bombeamento II; **B** – Pintura e manutenção do laboratório de análises do SAAE – Bombeamento I; **C** – Poço do Bombeamento III em boas condições sanitárias; **D** – Limpeza e aterro de área com acúmulo de lixo no Bombeamento III.

c) Troca de tubulações de ferro deterioradas por tubos de PVC, em aproximadamente 2.500 metros da rede de distribuição mais antiga do município (Figura 29).



Figura 29: Substituição da tubulação do SAAE. **A** – Início das obras; **B** – Observação do estado da tubulação; **C** e **D** – Substituição da tubulação antiga de ferro por tubos de PVC de maior diâmetro; **E** e **F** - Tubos de ferro deteriorados.

7 CONCLUSÃO

Com base nos resultados das análises realizadas no decorrer deste trabalho pode-se concluir que:

- 1) É fato a presença de Coliformes Totais e Fecais na água dos Bombeamentos de Parintins;
- 2) Não foram detectadas a presença de formas evolutivas de protozoários e helmintos nas amostras avaliadas;
- 3) A sazonalidade dos rios apresentou baixa influência na qualidade da água distribuída no município de Parintins.
- 4) Após o estudo torna-se evidente a necessidade de medidas corretivas para garantia da qualidade da água para consumo humano no Município de Parintins.

8 SUGESTÕES PARA AÇÕES FUTURAS

1. Programa de limpeza e sanitização periódica dos Bombeamentos com o uso de quantidades de cloro suficiente para um tratamento eficaz na remoção da contaminação presente. O dosador de cloro com pastilhas acoplado aos reservatórios poderia ser uma opção simples e econômica para a solução deste problema;
2. Uso de floculador para a adesão de alumínio, ferro ou qualquer outro componente químico através de sequestradores, além da adição de Flúor, cloro e cal;
3. Realização de análises laboratórios que atendam a todos os aspectos indicados pela legislação vigente;
4. Programas de conscientização da população quanto a manutenção da tubulação, torneiras e reservatórios domésticos, bem como da importância do consumo de água filtrada, através de parcerias com a Universidade;
5. Elaboração e implantação de Manual de boas práticas no abastecimento de água, contendo procedimentos que minimizem os riscos a saúde;
6. Monitoramento do abastecimento nas residências para avaliar a qualidade da água ao longo da rede de distribuição.
7. Verificação da influência das melhorias realizadas na qualidade da água do abastecimento.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALABURDA, J.; NISHIHARA, L. Presença de compostos de nitrogênio em águas de poços. **Revista de Saúde Pública**, v. 32 p.160-165, 1998.

AMARAL, L. A.; FILHO, A. N.; JUNIOR, O. D. R.; FERREIRA, F. L. A. BARROS, L. S. S. Água de consumo humano como fatos de risco à saúde em propriedades rurais. **Revista Saúde Pública**, v. 37 n. 4, p. 510-514, 2003.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil. Brasília. 2005. Disponível em: <http://www.ana.gov.br>. Data do acesso: 25/03/11.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. Sistema de Informações Hidrológicas. 2009. Disponível em <<http://hidroweb.ana.gov.br>. Data do acesso: 25/03/11.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL) – ANA. Superintendência de planejamento de recursos hídricos. Conjuntura de recursos hídricos no Brasil: Informe 2011. Brasília: ANA, 2011.

AGUIAR, C. J. B; HORBE, M. A; R. FILHO, S. F.; LOPES, E. S; MOURA, U. F; ANDRADE, N. M; DIÓGENES, H. S. Carta Hidrogeológica da Cidade de Manaus, CPRM-AM Manaus, Relatório Interno, 2002.

ANDRIOLI, W.; GONÇALVES, A. E.; DAMÁSIO, A. R.; MALLER, A. Análise físico-química da qualidade da água consumida pelos habitantes do município de Cascável – PR. **Seminário Nacional Estado e Políticas Sociais no Brasil**. Cascável, 2003.

APHA, AWWA and WF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Eaton, A.D, Clesceri, L. S., Greenberg, A. E. **Edition American Public Health Association** (Eds.). 19th, 1998.

ASSIS DA SILVA, R.C. Abrindo mão do direito ao consumo da água tratada: Feira de Santana– BA. **Monografia apresentada ao curso de especialização em Direito Sanitário**. Departamento de Saúde, Universidade Estadual de Feira de Santana, 1999.

AZEVEDO, R.P. Sistema de abastecimento de água em comunidades rurais de várzea na Amazônia: da utopia da implantação ao desafio da gestão sustentável. **Dissertação de Mestrado**. Departamento de Ciência do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia. UFAM. Manaus, 2004.

BARBOSA, D.A; LAGE, M.M; BADARÓ, A.C.L. Qualidade microbiológica da água dos bebedouros de um campus universitário de Ipatinga, Minas Gerais. **NUTRIR GERAIS**. Ipatinga, v.3 n.5, 2009.

BARCELLOS, C.; COUTINHO, K.; PINA, M. F.; MAGALHÃES, M. M. A. E.; PAOLA, J. C. M. D. & SANTOS, S. M. Inter-relacionamento de dados ambientais e de saúde: Análise de riscos à saúde aplicada ao abastecimento de água no Rio de Janeiro utilizando sistemas de informações geográficas. **Cad. de Saúde Pública**, v.14, p.597-605, 1998.

BASTOS, R.K.X; BEVILACQUA, P.D; NASCIMENTO, L.E; CARVALHO, G.R.M; SILVA, C.V. Coliformes como indicadores da qualidade da água: alcance e limitações. **XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Viçosa- MG, 2010.

BILICH, M.R; LACERDA, M.P.C. Avaliação da qualidade da água do Distrito Federal (DF), por meio de geoprocessamento. **Anais XII Simpósio de Sensoriamento Remoto**. Goiânia. INPE. 2005.

BOMFIM, M. V. J.; SOEIRO, G. de O.; MADEIRA, M.; BARROS, H. D. Avaliação físico-química e microbiológica da água de abastecimento do laboratório de bromatologia da UERJ. **Revista Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 21 n. 152 p. 99-103. 2007.

BORGES, E. S. M. Avaliação da eficiência da remoção bacteriológica em unidades domiciliares de tratamento de água. **Dissertação de Mestrado**. EEUFMG, Belo Horizonte, 145 p. 2000.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 518, de 25 de março de 2004. Brasília: 2004.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

CARDOSO, D. M. O; BARRETO, R. G; SILVESTRO, E. M; FILHO, R. B; PAULA, R. N. Avaliação da qualidade das águas subterrâneas oriundas de poços rasos do Bairro Habitat Brasil II (motocross) no município de Cacoal, Rondônia, Brasil. **Revista Multidisciplinar da Saúde**. Ano II. Nº 03. 2010.

CARVALHO, I.G. **Fundamentos da Geoquímica dos Processos Exógenos**. Salvador: Bureau Gráfica e Editora Ltda. 1995.

CARVALHO, H. F.; RECCO-PIMENTEL, S. M. Moléculas importantes para a compreensão da célula e do seu funcionamento. In: **A célula**. 2. ed. São Paulo: Manole, 2007. cap. 2, p. 7-28.

CASTANIA, J. Qualidade da água utilizada para consumo em escolas públicas municipais de ensino infantil de Ribeirão Preto – SP. **Dissertação de Mestrado**. Universidade de São Paulo. 146p. 2009.

CLARK, R. M. & COYLE, J. A., Measuring and modeling variations in distributions systems waterquality. **Journal of the American Water Works Association**, v.82, p.46-52. 1989.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Técnicas de análises microbiológicas da água: membrana filtrante**. São Paulo, 2007.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo – Série Relatórios**. Governo do Estado de São Paulo. Secretária do Meio Ambiente, 2008.

COELHO, D. A.; SILVA, P. M. de F.; VEIGA, S. M. O. M.; FIORINI, J. E. Avaliação da qualidade microbiológica de águas minerais comercializadas em supermercados da cidade de Alfenas, MG. **Revista Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 21 n. 151 p. 88-92, 2007.

CORTES, R. M. V. **Caracterização físico-química das águas dulciaquícolas – Implicações biológicas**. 2ª Edição, Vila Real, 2002.

COSTA, A.R.A. Tectônica Cenozóica e Movimentação Salífera na Bacia do Amazonas e Suas Relações com a Geodinâmica das Placas da América do Sul, Caribe, Cocos e Nazca. **Dissertação de Mestrado**. UFPA. 237p. 2003.

DANIEL, L. A. **Processos de desinfecção e desinfetantes alternativos na produção de água potável**. São Carlos – SP: RIMA-ABES, 2001.

DEININGER, R. A.; CLARK, R. M.; HESS, A. F. & BERNSTAM, E. V. Animation and visualization of water quality in distribution systems. **Journal of the American Water Works Association**, v.84 p.48-52, 1992.

FERNANDEZ, A. T.; SANTOS, V. C. dos. Avaliação de parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água de abastecimento escolar, no município de Silva Jardim, RJ. **Revista Higiene Alimentar**. São Paulo. v. 21 n. 154 p. 93-98. 2007.

FERREIRA, R.V.P; APALLE, A.C; TAKEDA, G.K. Avaliação da presença de parasitas em águas destinadas à recreação de contado primário do reservatório Guarapiranga, São Paulo, Brasil. Campo Grande/MS, 2005.

FORSYTHE, Stephen J. **Microbiologia da segurança alimentar**. Trad. Maria Carolina Minardi Guimarães e Cristina Leonhardt – Porto Alegre: Artmed, p. 216, 211, 2002.

FOSTER, S. **Determinação do risco de contaminação das águas subterrâneas: um método baseado em dados existentes**. Instituto Geológico, São Paulo. 1993.

FRANCO, B. D. G. de M.; LANDGRAF, M. Microrganismos patogênicos de importância em alimentos. In: **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Atheneu. cap. 4, p. 33-82. 2006.

FREITAS, M.B; ALMEIDA, L.M. Qualidade da água subterrânea e sazonalidade de organismos coliformes em áreas densamente povoadas com saneamento básico precário. **X Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas**. São Paulo. 1998.

FREITAS, M.B; BRILHANTE, O.M; ALMEIDA, L.M. Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio. **Caderno Saúde Pública**. v.17, n.3. Rio de Janeiro, 2001.

FUNASA (FUNDAÇÃO NACIONAL DA SAÚDE) Manual de Saneamento, 3.^a edição revisada, Brasília, 2009.

GOMES, P. C. F. de L.; CAMPOS, J. J.; MENEZES, M. de; VEIGA, S. M. O. M. Análise físico-química e microbiológica da água de bebedouros de uma IFES do sul de Minas Gerais. **Revista Higiene Alimentar**. São Paulo. v. 19 n. 133 p. 63-65, 2005.

GUEDES, Z. B. de L.; ORIÁ, H. F.; BRITTO, N. P. B. de; NETO, J. W. da S.; LOPES, A. E. C. Controle sanitário da água consumida nas unidades de saúde do município de Fortaleza, CE. **Revista Higiene Alimentar**. São Paulo. v. 18 n. 125 p. 28-31, 2004.

IBGE (Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), 2010. **Censo Brasileiro de 2010**. Rio de Janeiro: IBGE.

INPE. INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Fundamentos de Geoprocessamento: TUTORIAL**. São José dos Campos: DPI/INPE. 195p. Apostila, 2006.

LESSA, R.N.T; MACARTHY, V.F; LEITE, C.C. Análise da Alcalinidade da Água do Campus I da UFPel. **Química Ambiental**. Lagoa dos Patos. Pelotas, 2007.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento da Água**. Campinas, SP: Editora. Átomo, 2008. 2ª Edição.

LIMA, J. S. Avaliação da Contaminação do Lençol Freático do Lixão Município de São Pedro da Aldeia – RJ. **Dissertação de Mestrado**. Centro de Tecnologia e Ciências, Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente, Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 85 f. 2003.

LIMA, M.L.A. Águas subterrâneas potencialmente impactadas por nitrato (NO_3^-) na área urbana da cidade de Porto Velho: Um estudo da geografia da saúde. **Núcleo de Ciência e Tecnologia**. Universidade Federal de Rondônia. 90p. Porto Velho, 2008.

MAIA NETO, R.F. Água para o desenvolvimento sustentável. **A Água em Revista**. v.5, p: 21- 32, 1997.

MARMOS, J. L; AGUIAR, C. J. B. **Avaliação do Nível de Contaminação dos Aqüíferos da Cidade de Parintins (AM): Primeiros Resultados**. Serviço Geológico do Brasil-CPRM/Manaus, AM – 2005.

MATTOS, M.L.T; SILVA, M.D. Controle da qualidade microbiológica das águas de consumo na micro bacia hidrográfica arroio Passo do Pilão. **Art. Comunicado Técnico**. RS, 2002.

MENDES, B.; OLIVEIRA, J.F.S. **Qualidade da água para consumo humano**. Lidel, Edições Técnicas, Lda, Lisboa. 2004.

MICHELINA, A. de F.; BRONHAROA, T. M.; DARÉB, F.; PONSANOC, E. H. G. Qualidade microbiológica de águas de sistemas de abastecimento público da região de Araçatuba, SP. **Revista Higiene Alimentar**. São Paulo. v. 20 n. 147, p. 90-95, 2006.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Águas Subterrâneas: Programa de Águas Subterrâneas / Ministério do Meio Ambiente. Brasília: MMA, 2001.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE DO BRASIL. Avaliação das águas do Brasil, Brasília: MMA, 2002.

NASCIMENTO, T.S.; SARAIVA, J.M.B. Variabilidade sazonal da precipitação pluviométrica em cidades na calha do Rio Solimões – Amazonas. **Núcleo de Estudos e Pesquisas das Cidades da Amazônia Brasileira – NEPECAB**. 2007.

NORDBERG, G.F; GOYER, R.A; CLARKSON, T.W. Impact of effects of acid precipitation on toxicity of metals. **Environmental Health Perspectives**. v.63 p: 169-80, 1985.

NORMANDE, A.C.L. Avaliação microbiológica da água da rede de distribuição pública da cidade de Manaus-AM, com referência à sua potabilidade. **Dissertação de Mestrado**. Biologia Tropical e Recursos Naturais. INPA. Manaus. 49 p. 1992.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. **Enfermedades parasitarias y desarrollo hidraulico: necessidade de uma negociação intersectorial.**/ J.M. Hunther et al. OMS: Ginebra. 1994.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE-OMS. Health status mortality world health statistics 2006. Who, Genebra, 80p. 2007. Disponível em:

<http://www.who.int/whosis/whostat2006/en/index.html>. Acesso em: 10/12/2011.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU. **Água doce**. 2003. Disponível em:

<http://www.wateryear2003.org>. Acesso em 15 de novembro de 2011.

REIS,L.B.;FADIGAS,E.A.A.; CARVALHO,C.R. **Energia, Recursos Naturais e a Prática de Desenvolvimento Sustentável**. Vol 1, 1ª ed. Ed. Manole Ltda. São Paulo, 2005.

ROCHA, C. M. B. M.; RODRIGUES, L. S.; COSTA, C. C.; OLIVEIRA, P. R.; SILVA, I. J.; JESUS, E. F. M.; ROLIM, R. G. Avaliação da qualidade da água e percepção higiênico sanitária na área rural de Lavras, Minas Gerais, Brasil, 1999-2000. **Cadernos de Saúde Pública**. Rio de Janeiro. v. 22 n. 9 p. 1967-1978, 2006.

SANTOS, A.C. Noções de Hidroquímica. In: FEITOSA, F.C.; MANOEL FILHO, J. (coord.). **Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações**. Fortaleza: CPRM/ UFPE, 1997.

SILVA, N.; NETO C. N; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. Valéria Christina Amstalden - São Paulo : Livraria Varela, , p31. 1997.

SILVA, M.L. Alternativas para preservação de mananciais na área urbana de Manaus - AM. **Monografia**. MANAUS: UNIAMBIENTE. 80p, 2000.

SILVA, M. L. Hidroquímica elementar e dos isótopos de urânio no Aquífero Alter do Chão de Manaus – AM. **Dissertação de Mestrado** UNESP. 82p. 2001.

SILVA, M.L. Características das águas subterrâneas numa faixa norte-sul na cidade de Manaus (AM). **Revista Escola de Minas**. Vol 54. nº 2. Ouro Preto, 2002.

SILVA, R.C.A; ARAÚJO, T.M. Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). **Ciência e Saúde Coletiva**. v.8 n°4. p.1019-1028, 2003.

SILVA, N.; NETO C. N; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. Valéria Christina Amstalden - São Paulo: Livraria Varela, 2005, 165p.

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

SOUZA, L. S. B; VERMA, O. P. Mapeamento de Aquíferos da cidade de Manaus – AM (zonas norte e leste) através de perfilagem geofísica de poço e sondagem elétrica vertical. **Revista de Geologia**. vol. 19. n° 1. 111-127, 2006.

TEIXEIRA, J. C.; HELLEER, L. Fatores ambientais associados às helmintoses intestinais em áreas de assentamento subnormal, Juiz de Fora, MG. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v. 9. n°4. p.301- 305, 2004.

UNIVERSIDADE DA ÁGUA – UNIÁGUA. **Água no planeta**. Disponível em: <<http://www.uniagua.org.br/aguanoplaneta.htm>. Acesso em 15/12/2011.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de água e de esgotos. Belo Horizonte: **Desa/UFMG**, 1996.