



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ
DEPARTAMENTO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO
CURSO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

EVELLYN BRITO FAÇANHA

**AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DA QUALIDADE DA
ÁGUA DE POÇO CONSUMIDA NO MUNICÍPIO DE MACAPÁ**

**MACAPÁ-AP
2016**

EVELLYN BRITO FAÇANHA

**AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DA QUALIDADE DA
ÁGUA DE POÇO CONSUMIDA NO MUNICÍPIO DE MACAPÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Ciências Ambientais da Universidade Federal do Amapá, como requisito para obtenção de Grau de Bacharel em Ciências Ambientais.

Orientadora: Profa. Dra. Helenilza Ferreira

Albuquerque Cunha

Co-orientador: Prof. Dr. Alan Cavalcanti da Cunha

**MACAPÁ-AP
2016**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central da Universidade Federal do Amapá

363.7
F137a

Façanha, Evellyn Brito.

Avaliação físico-química e microbiológica da qualidade da água de poço consumida no município de Macapá / Evellyn Brito Façanha; orientador, Helenilza Ferreira Albuquerque Cunha; Co-orientador, Alan Cavalcanti da Cunha. -- Macapá, 2016.

39 p.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) – Fundação Universidade Federal do Amapá, Coordenação do Curso de Ciências Ambientais.

1. Saneamento – Macapá (AP). 2. Água - Qualidade. I. Cunha, Helenilza Ferreira Albuquerque, orientador. II. Cunha, Alan Cavalcanti da, co-orientador. III. Fundação Universidade Federal do Amapá. IV Título.

EVELLYN BRITO FAÇANHA

**AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DA QUALIDADE DA
ÁGUA DE POÇO CONSUMIDA NO MUNICÍPIO DE MACAPÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à banca examinadora do Curso de Bacharelado em Ciências Ambientais da Universidade Federal do Amapá, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Ambientais.

Aprovado em: ____ / ____ / ____

Profa. Dra. Helenilza Ferreira Albuquerque Cunha

(Universidade Federal do Amapá-UNIFAP)

Presidente/Orientadora

Prof. Dr. Savio Luis Carmona dos Santos

(Universidade Federal do Amapá-UNIFAP)

Membro Titular

Prof. MsC. Arialdo Martins da Silveira Júnior

(Universidade Federal do Amapá-UNIFAP)

Membro Titular

DEDICATÓRIA

Dedico aos meus pais Nicolau Façanha e Ivani Façanha pela confiança em mim depositada e pelos esforços feitos para que eu cumprisse com sucesso esta etapa de minha vida. Aos meus irmãos Weverton, Nyelle, Weverlon e Gabrielly pelo companheirismo e motivação que me fizeram forte nessa caminhada.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me proporcionado todas as conquistas adquiridas ao longo da minha vida e pela força e coragem a mim dada para superar todas as dificuldades.

A minha família pelo amor, incentivo e apoio incondicional. Agradeço pela total motivação durante esses anos de graduação, me fazendo entender sempre, que o futuro é trilhado a partir da constante dedicação e dos sacrifícios feitos no presente. Para mim é uma grande felicidade dividir esse grande momento com todos vocês.

A minha orientadora, professora Helenilza Cunha, pela paciência, dedicação e confiança depositada em mim e neste trabalho. Agradeço também por ter me contemplando com minha primeira bolsa de Iniciação Científica, oportunidade esta que me proporcionou um grande aprendizado que me acompanhará durante toda a minha vida profissional.

Ao professor Alan Cunha pela co-orientação e, principalmente, pelas palavras de motivação e pelos valiosos ensinamentos que contribuíram muito para meu crescimento profissional e pessoal. Ao senhor meus sinceros agradecimentos, respeito e admiração.

A equipe do Laboratório de Química e Saneamento Ambiental do Curso de Ciências Ambientais, em especial aos meus amigos Geison Xisto e Paulo Gibson pelo auxílio nas análises desta pesquisa, pois sempre me forneceram ajuda tanto na mão de obra como compartilhando seus conhecimentos.

A equipe do Laboratório da Companhia de Água e Esgoto do Amapá, que nos cedeu o espaço para a realização das análises desse trabalho quando os imprevistos aconteceram.

A toda equipe de campo, Rafael Neri, Elivânia Abreu, Silvana Grott e seu esposo Sergio. Em especial a Silvana, obrigada pelas caronas, pelos lanches em campo, almoços e pelo companheirismo. Foram dias cansativos e estressantes, porém transbordados de conhecimento e distrações. Para mim foi uma grande honra trabalhar com todos vocês. Que fique a amizade.

A minha amiga e colega de curso e de iniciação científica Elivânia Abreu, pela sua dedicação na elaboração do mapa da área de estudo deste trabalho. Sua contribuição foi fundamental.

A turma 2012 de Ciências Ambientais, por termos trilhados juntos essa importante fase de nossas vidas. Vocês são a minha segunda família. Em especial, agradeço meus companheiros e amigos de graduação Juliana Santos e Rafael Neri, com vocês compartilhei os melhores momentos, sendo eles de alegria ou de desespero. Vocês, levarei para vida!

Aos meus colegas e amigos de Centro Acadêmico de Ciências Ambientais, com quem tive a honra de contribuir para a concretização dessa importante representação na academia.

A todos os professores que compõe o colegiado de Ciências Ambientais da UNIFAP, a vocês meus eternos agradecimentos por todos os conhecimentos e valores passados que me tornam hoje uma Cientista Ambiental.

A Universidade Federal do Amapá e ao CNPq pela concessão da Bolsa de Iniciação Científica nos anos de 2014 a 2015 que permitiu a realização deste trabalho.

RESUMO

O consumo de água de fontes alternativas, como às provenientes de poços, tem crescido, consideravelmente, nos últimos anos. Esse crescimento vem sendo ocasionado tanto pela diminuição da qualidade do recurso hídrico disponível nos mananciais superficiais quanto pela precariedade do serviço de abastecimento público ofertado em muitas cidades brasileiras. Este trabalho objetivou realizar análise físico-química e microbiológica da qualidade da água subterrânea consumida no município de Macapá, captada por poços (amazonas ou artesianos). A metodologia de estudo contou com coletas de amostra de água em pontos escolhidos na área urbana do município de Macapá considerando um período de 1 ano (seco e chuvoso). Foram realizadas análises laboratoriais para os parâmetros físico-químicos em amostras de água de 52 residências das zonas Norte, Sul, Oeste e Central do município. Os parâmetros físico-químicos monitorados foram comparados com o previsto na Portaria de Nº 2.914 de 12 de Dezembro de 2011 do Ministério da Saúde, sendo eles pH, turbidez, cor, nitrato, manganês, cloreto, amônia e alumínio, complementados pelos microbiológicos coliformes totais e *Escherichia coli*, levando em consideração a sazonalidade. Os resultados indicam que o pH em todas as amostras estava abaixo do limite permitido, classificando a água como ácida. A turbidez e cor foram encontradas alteradas em pontos do período seco e chuvoso, com valores acima do permitido. Já as concentrações de nitrato e cloreto apresentaram desconformidade somente no período de chuvas em um único ponto de coleta. Os teores de manganês, amônia e alumínio foram encontrados fora dos padrões determinados pela legislação. A presença de Coliformes totais e *E.coli* foram registrados nos dois períodos de coleta. Portanto, fora dos padrões de potabilidade, pois a legislação estabelece que a água de consumo humano deva apresentar ausência total dessas bactérias. Diante dos dados obtidos, conclui-se que, a água provinda do subsolo, consumida por grande parte da população de Macapá, precisa de maiores cuidados quanto a sua qualidade. Este é um reflexo da precariedade na gestão pública para tratar o assunto.

Palavras-chave: Água subterrânea. Qualidade da água. Parâmetros físico-químicos. Parâmetros microbiológicos.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Abastecimento por tipo de manancial no Brasil, por região.....	15
Figura 2. Mapa dos principais domínios sedimentares e cristalinos	16
Mapa 1. Área de Estudo, Macapá-AP	19
Figura 3. Macrozoneamento Urbano	20
Quadro 1. Bairros da pesquisa	21
Quadro 2. Esquema de demonstração de coleta de água.....	22
Quadro3. Parâmetros físico-químicos e metodologia de análise.....	23
Quadro 4. Esquema de análise microbiologica.....	24

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. pH	25
Gráfico 2. Turbidez (uT)	26
Gráfico 3. Cor (uH)	27
Gráfico 4. Nitrato (NO ₃)	28
Gráfico 5. Amônia (NH ₃)	30
Gráfico 6. Alumínio (Al)	31
Gráfico 7. Coliformes Totais	32
Gráfico 8. Escherichia Coli	33

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. FUNDAMENTAÇÃO TEORICA	13
2.1 Água Subterrânea	13
2.2. Exploração da Água Subterrânea	16
2.3 Qualidade da Água Subterrânea	17
3. METODOLOGIA	19
3.1 Área de Estudo	19
3.2 Procedimentos Metodológicos	20
3.3 Avaliação da Qualidade da Água	21
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
pH	24
Turbidez (uT)	25
Cor (uH)	26
Nitrato (NO ₃)	27
Manganês (Mn)	28
Cloreto (Cl ⁻)	29
Amônia (NH ₃)	29
Alumínio (Al)	30
Coliformes Totais	31
Escherichia Coli	32
5. CONCLUSÃO	34
6. REFERÊNCIAS	36

1 INTRODUÇÃO

Apesar de todos os esforços para armazenar e diminuir seu consumo, a água está se tornando um bem escasso e sua qualidade se deteriora cada vez mais (FREITAS e ALMEIDA, 1998).

O planeta terra possui a maior parte de seu território coberto por água, entretanto, grande parte está presente nos oceanos (água salgada) e apenas uma pequena porcentagem encontra-se disponível para consumo humano e é encontrada nos rios, lagos e aquíferos em forma de água doce (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2007). De toda a água doce disponível no planeta, 96% é explorada para consumo e é proveniente de água subterrânea. São elas as responsáveis pela garantia da sobrevivência de parte significativa da população mundial (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2007).

Em tempos recentes acreditava-se que apenas as águas superficiais estavam em risco quanto a sua qualidade. Porém, já se verifica que nem o confinamento natural das águas subterrâneas as torna tão seguras quanto se pensava. Segundo Silva et al (2014), diversos fatores podem comprometer a qualidade da água subterrânea. O destino final do esgoto doméstico e industrial em fossas e tanque sépticos, a disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos e industriais, os postos de combustíveis e a modernização da agricultura representam fortes fontes de contaminação das águas subterrâneas por bactérias e vírus patogênicos, parasitas, substâncias orgânicas e inorgânicas.

O Ministério da Saúde é quem determina os valores máximos permissíveis (VMP) para as características bacteriológicas, organolépticas, físicas e químicas das águas, estabelecendo assim, um padrão de potabilidade para consumo humano através da Portaria nº 2914/2011. Os valores determinados por essa Portaria são essenciais para garantir a qualidade necessária da água consumida pela população (SILVEIRA JUNIOR et al, 2013). O indicador, em certo sentido, reflete as medidas necessárias para verificar a existência e o grau de qualidade; fornece uma informação significativa, uma prova, um sinal do critério de qualidade (BANDEIRA, 2003).

O homem pode obter o recurso hídrico de diversas formas. Uma delas é de responsabilidade do poder público, que é a distribuição à população com eficiência, levando em consideração sua quantidade e qualidade. Outro modo de adquirir água para consumo é no manancial subterrâneo. Essa prática é adotada por uma grande parcela da população brasileira, que em sua maioria encontra-se insatisfeita com o serviço público de abastecimento

ou não possui esse serviço. Realizam a perfuração do aquífero confinado ou livre, e este último apresenta características mais vulneráveis à contaminação, porém é o mais utilizado por pessoas de classe média baixa, pois seu acesso é de baixo custo (SILVA e ARAÚJO, 2003).

As águas subterrâneas tornam-se disponíveis ao uso humano principalmente a partir da perfuração de poços e podem ser encontradas em diferentes profundidades, podendo variar de 15 a 3000 metros (NANES e FARIAS, 2012).

Há tipos variados de aquífero e há também uma tipologia para poços, que é definida pelo tipo de perfuração realizada. Dois tipos de poços são os mais conhecidos e usados pela população: a) poço tubular profundo ou artesiano: obra de engenharia geológica de acesso à água subterrânea, executada com Sonda Perfuratriz mediante perfuração vertical com diâmetro de 4 a 36 centímetros e profundidade de até 2000 metros, para captação de água; e b) poço raso, cisterna, cacimba ou amazonas: poços de grandes diâmetros (1 metro ou mais), escavados manualmente com proteção em superfície de tijolos ou anéis de concreto. Captam o lençol freático e possuem geralmente profundidades na ordem de até 20 metros (NANES e FARIAS, 2012).

A técnica de perfurações de poços é uma das práticas mais antigas no mundo para captação de água. No passado, essa prática era imprescindível como forma de abastecimento; e a qualidade da água, seguramente, não estava tão comprometida. Atualmente, são muitos os processos de contaminação dessas águas, principalmente em áreas urbanas (BASTOS, 2013).

A pesquisa foi realizada no município de Macapá, capital do Estado do Amapá. Macapá atualmente apresenta um sistema público de abastecimento de água e serviço de saneamento básico precário. Uma pesquisa nacional de saneamento básico realizada pelo IBGE (2008) revelou porcentagens baixíssimas para existência desses serviços na região norte e, conseqüentemente, no Amapá. Segundo um estudo realizado pelo Instituto Trata Brasil em 2013 baseados em dados de 2011, os mais atuais, do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (Snis) do Ministério das Cidades, revela que o município de Macapá é o que oferece à população o terceiro pior serviço de saneamento básico do país; perdendo apenas para Ananindeua e Santarém no Estado do Pará, que não são capitais.

Os moradores de Macapá vivenciam problemas com a infraestrutura, acesso ao saneamento, água tratada e outros serviços básicos necessários para a garantia de sua qualidade de vida. A obtenção da água subterrânea é o meio mais prático para o abastecimento. As irregularidades da captação dessa água somadas com as péssimas condições apresentadas pelo sistema de saneamento, de drenagem e de resíduos sólidos

caracterizam um cenário preocupante, onde aumenta a probabilidade de perda de qualidade desse recurso.

Diante disso, a questão norteadora da pesquisa foi verificar se as águas de poço consumidas pela população do município de Macapá se apresentavam em conformidade com os padrões de potabilidade estabelecidas pela Portaria nº 2.914 de 12 de Dezembro de 2011 do Ministério da Saúde. Foi levantada a hipótese de que a qualidade da água de poço, quanto aos seus parâmetros físico-químicos e microbiológicos, encontrava-se alterada e devido a isso caracterizada como imprópria para o consumo humano.

Portanto, o objetivo deste estudo foi realizar uma avaliação físico-química e microbiológica da qualidade água do manancial subterrâneo, utilizada para consumo humano, obtida através de poços localizados na área urbana de Macapá, Amapá, Brasil.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Água Subterrânea

Para a Resolução Conama de nº 396 de 2008, as águas subterrâneas conceituam-se como águas que ocorrem naturalmente no subsolo. O processo natural que permite o confinamento desse recurso hídrico é o ciclo hidrológico, também conhecido como ciclo da água.

O percurso contínuo da água começa na atmosfera, onde nuvens são formadas e quando carregadas provocam as precipitações, em forma de chuva, granizo, orvalho ou neve. Ao atingir o solo essa água terá diferentes destinos, e um deles é a infiltração e percolação no solo ou nas rochas, onde flui, lentamente, entre as partículas e espaços vazios dos solos e das rochas armazenando-se por um período muito variável no subsolo, formando assim os aquíferos (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2007).

O aquífero é o corpo hidrológico com capacidade de acumular e que permite a passagem da água através dos seus poros, fissuras ou espaços resultantes da dissolução e carreamento de materiais rochosos (CONAMA, 2008). A água resultante da infiltração preenche todos esses espaços vazios (rachaduras, quebras, descontinuidades) presente no subsolo.

Segundo a Associação Brasileira de Águas Subterrâneas (2004) os aquíferos podem ser classificados pela característica dos seus espaços vazios e pela sua posição e estrutura no solo. Quanto aos espaços vazios existem três diferentes tipos de aquíferos:

Poroso: A água é armazenada nos espaços entre os grãos criados durante a formação da rocha. Esse tipo de aquífero funciona como esponja onde os espaços vazios são ocupados por água.

Fissural (cristalino/embasamento cristalino): A água circula pelas fissuras resultantes do fraturamento das rochas relativamente impermeáveis.

Cársticos: São formados em rochas carbonáticas (sedimentares, ígneas ou metamórficas). Constituem um tipo peculiar de aquífero fraturado, onde as fraturas, devido à dissolução do carbonato pela água, podem atingir aberturas muito grandes, criando, neste caso, verdadeiros rios subterrâneos.

Quanto à posição e estrutura o aquífero apresenta três classes diferenciadas:

Aquíferos Livres: São os aquíferos que se localizam mais próximo à superfície e possuem uma formação geológica permeável. Em aquíferos livres o nível da água varia segundo a quantidade de chuva. Eles são os mais comuns e mais explorados pela população. São também os que apresentam maiores problemas de contaminação, e são, regionalmente, conhecidos como poços amazonas.

Aquíferos Confinados: presença de uma camada de menor permeabilidade (confinante) que submete as águas a uma pressão superior à atmosférica e são denominados como poços artesianos.

Aquíferos Semi-confinados: situação intermediária entre os dois.

Todo esse ciclo permite que as águas do subsolo tornem-se límpidas, pois são filtradas pelos poros e rochas em todo percurso. Essa característica contribui fortemente para a captação dessas águas, devido o grau de confiabilidade das pessoas quanto à sua qualidade, que em grande parte tornam-se melhores tanto em quantidade e qualidade quando comparadas com as disponibilizadas pelo serviço público e as superficiais.

Além de apresentar um alto grau de importância para o desenvolvimento humano, as águas subterrâneas tem grande parcela na manutenção de todos os demais recursos naturais e dos seres que neles habitam. Para Hirata et. al. (2010) a água é fundamental para manutenção da flora, fauna e fins estéticos ou paisagísticos em corpos d'água superficiais, pois ela é responsável pela permanência da maior parte dos rios, lagos e pântanos.

No Brasil, a Lei nº 9433/97 estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos e o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SINGREH. Estabelece que a água é um bem de domínio público; um recurso natural e limitado, dotado de valor econômico; em situações de escassez, o uso prioritário é o consumo humano e dessedentação animal; uso múltiplo das águas deve ser proporcionado e a gestão descentralizada e

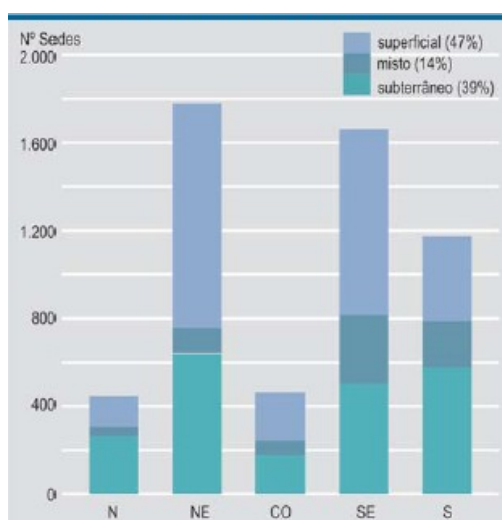
participativa. Entre os objetivos da política destaca-se a utilização racional e integrada das águas, tendo como unidade de gerenciamento a bacia hidrográfica.

No território brasileiro, elas desempenham importante papel no abastecimento público e privado, suprindo as mais variadas necessidades em diversas cidades e comunidades, bem como em sistemas de abastecimento nas residenciais, indústrias, serviços, irrigação agrícola e lazer (HIRATA et. al., 2010).

As águas subterrâneas no Brasil vêm sendo progressivamente exploradas para o abastecimento de cidades e núcleos urbanos, assim como para a indústria, irrigação e turismo. Estima-se que haja pelo menos 416 mil poços no país, com um aumento anual de 10,8 mil novas captações, atendendo de 30 a 40% da população (HIRATA et. al., 2010).

Dados da Agência Nacional de Água (2010) mostram que no Brasil, 39% dos municípios são abastecidos por águas subterrâneas, 47% utilizam águas superficiais e 14% utilizam abastecimento misto (águas subterrâneas e superficiais) (Figura 1).

Figura 1- Abastecimento por tipo de Manancial no Brasil, por Região.



Fonte: Atlas Brasil, 2010.

No Brasil, devido suas disparidades climáticas e geomorfológicas entre as regiões, predominam dois tipos de aquíferos em todo o território nacional, os porosos e aquíferos cárstico-fraturados. Os terrenos sedimentares, que dão origem aos aquíferos porosos, ocupam cerca de 4.130.000 km², 48% do país. Os terrenos cristalinos constituem os aquíferos cárstico-fraturados, que ocupam cerca de 4.380.000 km², 52% da área do país (ZOBY, 2008).

A Agência Nacional de Água detalhou em 2005 a distribuição dos terrenos sedimentados e cristalinos no país. Vale ressaltar que os principais sistemas de aquíferos do país estão situados, principalmente, nas bacias sedimentares brasileiras (Figura 2).

Figura 2 - Mapa dos Principais domínios sedimentares (em verde) e cristalinos (amarelo)



Fonte: Petrobras, 2005.

Toda a disponibilidade natural de águas subterrâneas no Brasil com o passar dos anos tem sido explorada em grande escala e a tendência é aumentar cada vez mais, pois os recursos hídricos disponíveis estão se tornando, em alguns casos, inapropriados para consumo ou esgotaram. Faz-se necessário um monitoramento, pois as explorações em massa somada com os problemas gerados pelo desenvolvimento da sociedade podem comprometer esse recurso.

2.2 Exploração da Água Subterrânea

O problema de abastecimento de água para a população não advém só da quantidade de água, mas, principalmente, da má qualidade, sobretudo nas grandes cidades onde a poluição compromete, principalmente, os mananciais superficiais (rios, lagos, represas) o que contribui para busca de um meio alternativo (CAJAZEIRAS, 2007).

As águas subterrâneas são responsáveis pelo fornecimento de mais de 50% da demanda de água para todas as necessidades humanas, assim como pela alimentação e pela normalidade de rios, córregos e lagos, permitindo que estes continuem fluindo no período de estiagem. As águas presentes no subsolo normalmente possuem elevado padrão de qualidade físico-químico e bacteriológico. São captadas através de poços que podem ser perfurados próximos das áreas de consumo (PNAS, 2009).

Como uma forma de suprir o mau serviço de abastecimento público de água, a população recorre à captação subterrânea. Esses poços particulares, que servem na maioria dos casos apenas uma propriedade, podem ser rasos ou profundos (IBGE, 2008).

Os poços profundos (ou artesianos) apresentam grande profundidade por captar água do aquífero confinado e um diâmetro reduzido; na maior parte das vezes, apresenta diâmetro inferior a 40 cm. Para serem perfurados necessitam de máquinas específicas e a obtenção desse tipo de poço tem um custo financeiro elevado. Já a captação por poços rasos (ou amazonas) retira água do aquífero livre que, geralmente, não é profundo, pois a água encontra-se em uma camada permeável e mais próxima do solo; na maior parte das vezes, apresenta diâmetro superior a 80 cm. Devido sua pouca profundidade, o solo é perfurado pelo proprietário e o custo diminui, tornando mais acessível (IBGE, 2008).

O baixo custo dos poços rasos contribui consideravelmente para a exploração do aquífero livre, que por estar mais próximo à superfície é mais suscetível a contaminação, o que pode colocar em risco a saúde de quem consome e a do meio ambiente.

2.3 Qualidade da Água Subterrânea

A exploração desordenada dos recursos hídricos subterrâneos, a falta de um sistema de saneamento básico eficaz e a ocupação do solo por atividades econômicas de grande potencial, quando relacionadas, criam um cenário desfavorável para as águas que se encontram no subsolo, pois levando em consideração todo processo percorrido pela água até sua instalação nas profundezas do solo, essas questões podem afetar sua qualidade.

Segundo a Organização das Nações Unidas (2011), uma grande parte da população dos países em desenvolvimento não dispõe de condições sanitárias básicas, fato que contribui para a contaminação dos recursos hídricos, principalmente, em razão do despejo direto de seus resíduos sobre as águas superficiais.

Os principais fatores de risco, que podem comprometer a qualidade das águas superficiais e subterrâneas, na agricultura, são os resíduos de agrotóxicos e de dejetos animais usados como fertilizantes carreados pelas águas das chuvas até os rios, tornando essas fontes impróprias, até mesmo para lazer e dessedentação animal. Nas áreas urbanas, a contaminação vem do destino final do esgoto doméstico, industrial e postos de combustíveis e de lavagem (ROHDEN et al., 2009).

A poluição dos recursos hídricos no Brasil compromete em muito a qualidade e ameaça o abastecimento de milhões de indivíduos. A qualidade das águas nacionais encontra-se comprometida pela poluição, onde quase 90% dos esgotos produzidos no Brasil são lançados sem receber nenhum tratamento, nos mananciais hídricos, constituindo-se numa das maiores fontes de degradação do meio ambiente (NANES e FARIAS, 2012)

Com o crescimento da demanda, pode haver a redução da quantidade de água que abastece os rios, a seca de nascentes, o esgotamento dos reservatórios, entre outros impactos negativos ocasionados principalmente pelas atividades antrópicas: fossas, esgotos, vazamentos de combustíveis, agrotóxicos e lixões.

Porém a perda de qualidade pode ocorrer por meio natural, onde as características das rochas podem vir alterar o padrão da água (BRASIL, 2000). Para exemplificar, estudos comprovam essas contaminações por questões naturais como por arsênio em Minas Gerais (BORBA et al., 2004), contaminação por nitrato e pH em Feira de Santana-BA (SILVA et al., 2003), contaminação por chumbo e zinco em Maringá-PR (BEREZUK e GASPARETTO, 2002), por chumbo em Londrina-PR (LOPES et al., 2012), entre outros.

Quando se trata de água para consumo humano, a qualidade do recurso hídrico é um fator primordial a ser verificado. Segundo a Organização Mundial de Saúde - OMS, grande parte de todas as doenças que se propagam nos países em desenvolvimento são provenientes da água de má qualidade (SILVA e ARAÚJO, 2003).

O bom aspecto da água de poço proporciona aos consumidores uma sensação de pureza, confiabilidade quanto à qualidade e acredita-se que esse fato dificulta que seus consumidores relacionem o não tratamento dessa água com as enfermidades de veiculação hídrica (OTENIO et al., 2007).

A água pode veicular um elevado número de enfermidades e essa transmissão pode se dar por diferentes mecanismos. O mais comum é o indivíduo sadio ingerir água com componente nocivo à saúde e a presença desse componente no organismo humano provoca o aparecimento de doença (BRASIL, 2006).

A vigilância da qualidade da água para consumo humano deve ser uma atividade rotineira, preventiva, de ação sobre os sistemas públicos e soluções alternativas de abastecimento de água, a fim de garantir o conhecimento da sua situação, resultando na redução das possibilidades de enfermidades transmitidas pela água (BRASIL, 2005).

Para garantir a qualidade visando à saúde humana, existem ferramentas legais que estabelecem normas e padrões de qualidade. Esses padrões podem ser encontrados na Resolução Conama de nº 396/08 e na Portaria de nº 2.914/11 do Ministério da Saúde. A

portaria dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade caracterizada por parâmetros físicos, químicos e biológicos que devem obedecer a um valor máximo permissível – VMP. Se os parâmetros estiverem acima do VMP, é considerada imprópria para o consumo humano, podendo ocasionar complicações na saúde.

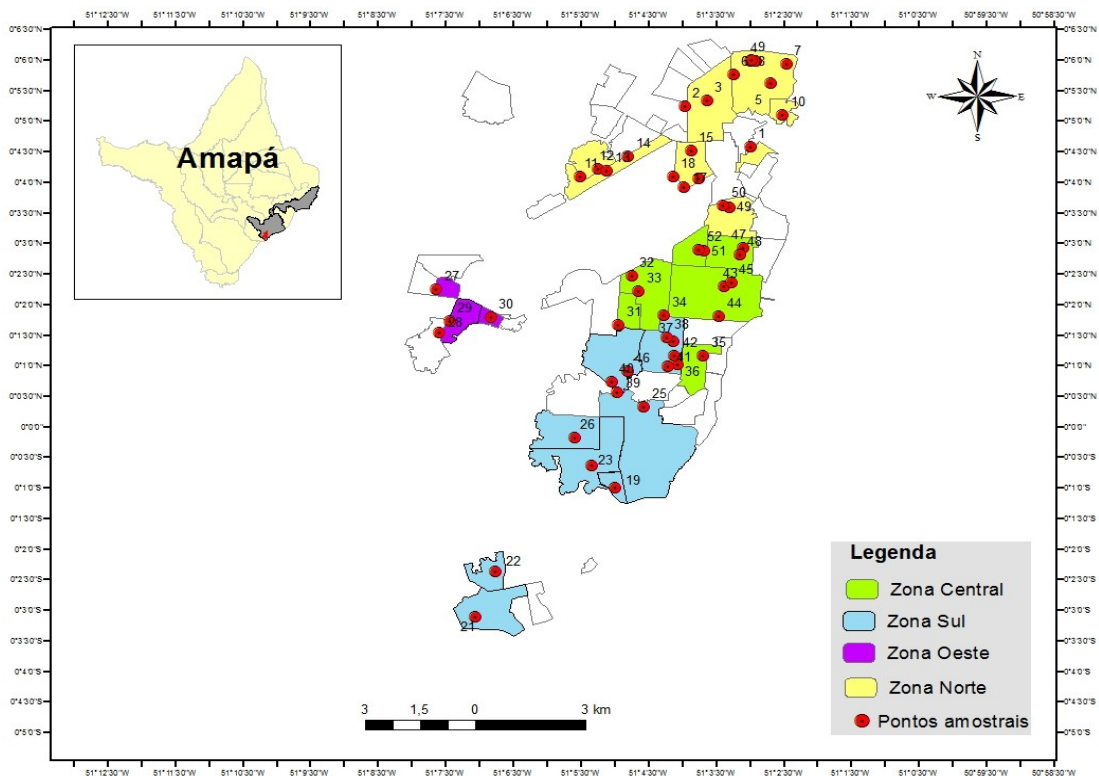
3 METODOLOGIA

3.1 Caracterização da Área de Estudo

A pesquisa foi desenvolvida na área urbana do município de Macapá (Mapa 1), capital do Estado do Amapá, e conta com 446.757 habitantes. O Estado está localizado no extremo norte do Brasil e ocupa uma área de um pouco mais de 143.000 km². Possui uma população de 750.912 habitantes distribuídos em 16 municípios (IBGE, 2014).

Em Macapá, uma parte da população é atendida pelo serviço público de abastecimento de água (27.759 domicílios), de responsabilidade da Companhia de Água e Esgoto do Amapá–CAESA, outra é abastecida por poços (24.621 domicílios) (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2013).

Mapa 1 – Área de Estudo, Macapá - AP



Fonte: Acervo da SEMA, adaptado por Elivânia Abreu, 2016

3.2 Procedimentos Metodológicos

O presente estudo foi estabelecido em três momentos: 1) definição do espaço amostral da pesquisa; 2) coleta das amostras de água e análises físico-químicas e microbiológicas; 3) integração das fases anteriores para o resultado final da pesquisa com auxílio da legislação.

Caracterizada como pesquisa primária, esta teve como público alvo os domicílios com poços, tanto amazonas como artesianos. O período do estudo foi de 12 meses, com realização de duas coletas, uma no período seco (verão) e outra no período chuvoso (inverno).

Segundo Nechet (2002) a época chuvosa do município vai de dezembro a julho (regionalmente chamada de inverno) e a época de seca vai de agosto a novembro (regionalmente chamada de verão). Assim, as coletas e análises do período seco ocorreram no mês de novembro de 2014 e as do período chuvoso no mês de março de 2015.

A amostragem espacial do município foi de 52 pontos, e o total de amostras coletadas para análise físico-química e microbiológica, foi igual ao número de residências monitoradas multiplicado por 2 períodos, totalizando 104 amostras.

Para a distribuição da amostragem foi utilizado o programa computacional BioStat 5.0 que realizou a distribuição aleatória de forma homogênea em toda a área urbana de Macapá. Ao programa foi fornecido o total de quadras do município que distribuiu os 52 pontos nas quatro zonas de Macapá - norte, sul, oeste e central (Figura 3) contemplando 25 bairros do município (Quadro 1).

Figura 3 - Macrozoneamento Urbano



Fonte: Harife Viégas, 2015.

Quadro1 – Bairros da Pesquisa

Bairro	Zona
Centro, Beiril, Laguinho, Jesus de Nazaré, Santa Rita, Nova Esperança.	Zona Central
Buritizal, Novo Buritizal, Zerão, Jardim Marco Zero, Universidade, Fazendinha, Alfavile, Cd Rural.	Zona Sul
Marabaixo I, Irmãos Platon, Cabralzinho.	Zona Oeste
Pacoval, Infraero I e II, Parques dos Buritis, Novo Horizonte, Jardim Felicidade I e II, Renascer II.	Zona Norte

Na determinação das residências, que serviram como ponto de coletas foi utilizado o método de sorteio, onde primeiro se definiu o lado da quadra e posteriormente a residência, certificando-se se a mesma possuía poço. Essa metodologia foi adotada para manter a confiabilidade intacta da pesquisa e não induzir para resultados diferentes da realidade.

Para a verificação da potabilidade da água subterrânea foram estabelecidos oito parâmetros físico-químicos e dois microbiológicos, sendo eles respectivamente pH, turbidez, cor, nitrato, manganês, cloreto, amônia, alumínio e coliformes totais e *Escherichia coli*. Totalizando 10 parâmetros analisados de acordo com a Portaria nº 2.914 do Ministério da Saúde.

Para esse estudo também foram aplicados questionários, nos mesmos domicílios que forneceram as amostras de água, com perguntas fechadas e abertas onde se buscou informações referentes ao abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem urbana, saúde e as condições do ambiente do entorno (variáveis obtidas dos indicadores naturais e antrópicos) (PINHEIRO et al. 2009). Os questionários foram respondidos por chefes de família, maiores de 18 anos ou pessoas capazes de apresentar senso crítico.

3.3 Avaliação da Qualidade da Água

Nos 52 domicílios amostrados foram coletadas amostras de água que foram preservadas em sua qualidade química e bacteriológica determinada de acordo com o manual de análise de água da Funasa de 2009. Foram respeitadas as normas de coleta como (Quadro 2): higiene das mãos, uso de luvas em látex (para cada amostra ocorreu troca de luvas); abertura da torneira para escorrer a água durante 1 ou 2 minutos (a); coleta da amostra de água (frascos para análise físico-química e bolsas para a microbiologia) (b); fechamento e identificação do frasco/bolsa correspondente ao ponto de coleta; preenchimento da ficha de

identificação da amostra de água (questionário) (d); as amostras foram guardadas em caixa térmica (e). O tempo de coleta e a realização da análise não excederam 24 horas.

Quadro 1 - Esquema de demonstração de Coleta de Água



Os procedimentos analíticos foram realizados no Laboratório de Química e Saneamento Ambiental do curso de Ciências Ambientais da Universidade Federal do Amapá e no Laboratório da Companhia de Água e Esgoto do Amapá–CAESA em Macapá. Os parâmetros determinados seguiram as metodologias seguintes de acordo com APHA (2003):

3.3.1 Parâmetros Físico-químicos:

As amostras foram coletadas em garrafas plásticas de 250 ml, lavadas com água destilada. Os parâmetros examinados, o método e o instrumento utilizado para análises estão descritos no Quadro 2:

Quadro 3– Parâmetros Físico-químicos e Metodologia de Análise

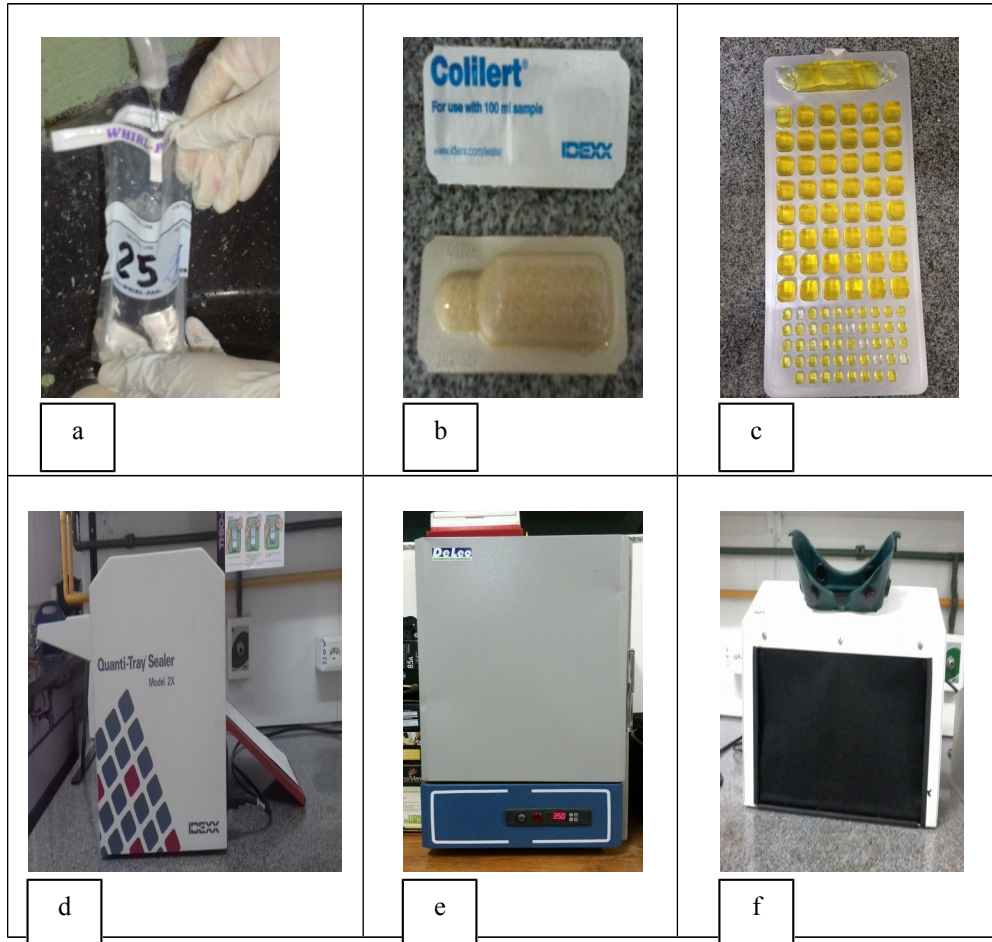
Parâmetro	Método	Instrumento
Turbidez	Turbidimétrico	Turbidímetro Portátil
Ph	Potenciométrico	pH-mêtro
Cor	Espectrofotométrico	Espectrofotômetro
Cloreto	Ferric Ion e Mercuric Thiocyanate	
Nitrato	NitraVer®	
Manganês	PAN	
Amônia	Nessler	
Alumínio	AluVer®	

3.3.2 Parâmetros Microbiológicos:

Os parâmetros analisados foram Coliformes Totais e *Escherichia coli* (*E. coli*) que foram determinados pelo método do substrato cromogênico (definido), utilizando reagente COLILERT/IDEXX.

As amostras foram acondicionadas em bolsa plástica estéril descartável (Thio-bag) contendo pastilha de tiosulfato de sódio com capacidade para 100 ml de amostra (a). Nas amostras foi adicionado um flaconete reagente de colilert (b) responsável pela interação com os microrganismos, misturando de forma homogênea. Após a diluição do substrato, a amostra foi transferida para uma cartela estéril que contém 97 cavidades (c) e posteriormente fechada com auxílio da seladora Quanti-Tray Sealer (d). Em seguida as cartelas foram levadas para estufa a 35°C (e) onde permaneceram por 24 horas. Após esse período, foi realizado a leitura com auxílio da tabela NPP IDEXX Quanti-Tray/2000 e da câmera escura sob luz ultravioleta (f) para verificação de presença de coliformes totais e *E. coli*, respectivamente (Quadro 4).

Quadro 4 - Esquema de análise microbiológica



4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

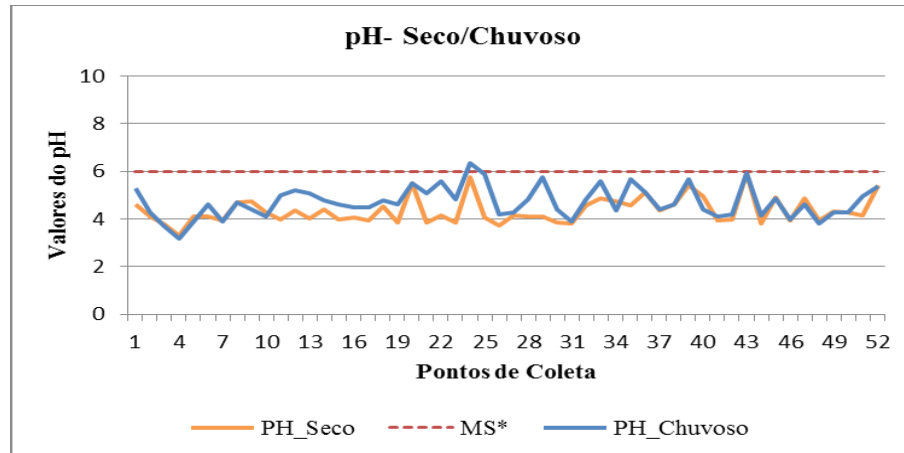
Os resultados da qualidade da água de poço do município de Macapá foram obtidos a partir das análises laboratoriais realizadas em dois períodos, verão e inverno.

Alguns resultados se apresentaram mais vulneráveis que outros. O comportamento dos parâmetros no geral foi de muito alterado ou pouco alterado. Foram obtidos os seguintes resultados:

pH (potencial Hidrogeniônico): Determinado pela concentração de íons de Hidrogênio (H⁺) em uma substância. Os seus valores variam de 0 a 14. Valores de 0 a 7 são considerados ácidos, valores em torno de 7 são neutros e valores acima de 7 são denominados básicos ou alcalinos. Quanto menor o pH de uma substância, maior a concentração de íons H⁺ e portanto mais ácida a substância (NETO e ARECO, 2012).

Na Portaria n° 2.914/2011 (MS), para que a água seja considerada própria para consumo, com relação ao pH, os valores devem ser de 6,0 a 9,5. Nas amostras examinadas verificou-se que o pH apresentou desconformidade nos dois períodos de coleta (seco e chuvoso) (Gráfico 1).

Gráfico 1 - Resultados de pH obtidos nos períodos Seco e Chuvoso



*Ministério da Saúde/2011

Observa-se que dos 52 pontos de coleta, apenas um único ponto (ponto 24) do período de chuvas apresentou valor dentro dos padrões, com resultado 6,33. No período seco o pH, em todos os seus pontos de coleta, encontrou-se em desconformidade com a Portaria, pois todas as amostras de água de poço apresentaram-se abaixo de 6, com resultados variando de 3,32 a 5,91. Dessa forma, a população tem consumido água ácida.

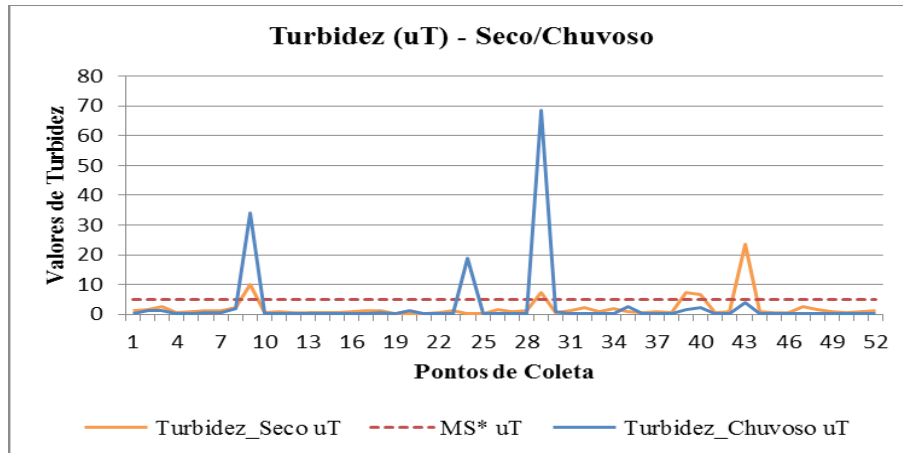
O pH baixo, encontrado em grande parte das amostras, pode estar relacionado com as características do solo da região amazônica juntamente com as características físicas e químicas da água. Farias (2006) explica que o pH é muito influenciado pela quantidade de matéria orgânica decomposta, ou seja, quanto maior a quantidade de matéria orgânica disponível, menor o pH, uma vez que para haver decomposição de materiais, são produzidos muitas substâncias ácidas como, por exemplo, o ácido húmico. Porém, não descartando as fontes de poluição como agentes influenciadoras dessa variação do pH, pois esses poços encontram-se no perímetro urbano.

As águas com pH baixo podem comprometer o gosto, a palatabilidade e aumenta a ação de corrosão, enquanto que águas com pH elevado também comprometem esta palatabilidade, além de aumentar a formação de crustrações nas redes ou aparelhos sanitários (SPERLING, 2005).

Turbidez (uT): A turbidez se origina de partículas que geram uma aparência turva na água, impedindo a passagem da luz (RENOVATO et al., 2013).

Para esse parâmetro a Portaria nº 2914/2011 determina o valor máximo de 5,0 uT. Nas 52 análises, no período seco, foram registrados 3 amostras alteradas, com os seguintes valores 6,74; 7,27 e 23,6. No período chuvoso do total de 52 amostras, 3 encontraram-se acima do padrão estabelecido, com os seguintes resultados 19, 33,9 e 68,4 (Gráfico 2).

Gráfico 2 - Resultados de Turbidez obtidos nos períodos Seco e Chuvoso



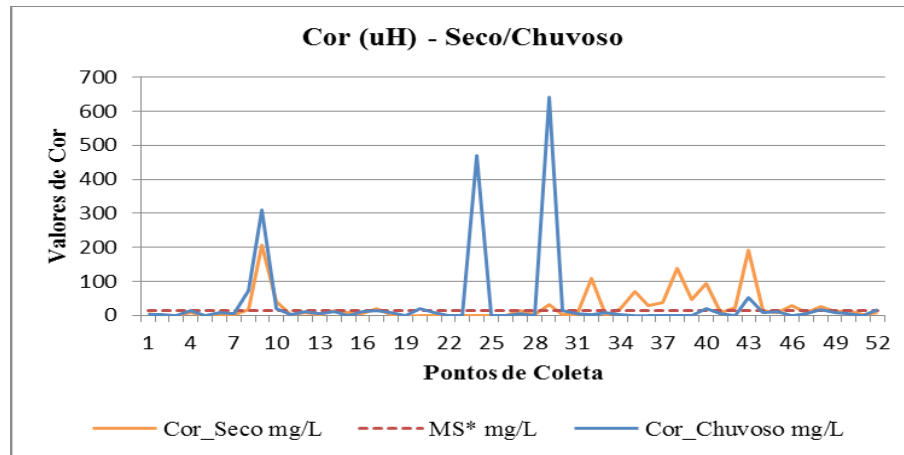
*Ministério da Saúde/2011

A ocorrência de turbidez em corpos de água pode deixar a água com aparência desagradável. O responsável pela existência de turbidez na água são os sólidos que ficam em suspensão, eles podem ser de fonte natural ou antropogênica. De origem antropogênica pode oferecer sérios riscos à saúde visto que esta origem pode ser de compostos tóxicos e microrganismos patogênicos (RENOVATO et. al., 2013). Normalmente a turbidez está mais ligada à estética do que questões sanitárias (RICHTER, 2009).

Cor (uH): O Ministério da Saúde (2011) estabelece um valor máximo de 15 uH de cor em água destinada para o consumo humano, pois faz-se necessário apresentar uma aparência adequada.

Para o parâmetro cor, nas análises do período seco, em 17 amostras (32%) os valores se apresentaram acima de 15 uH e no período de chuvas foram 10 amostras (19%) que apresentaram resultados acima desse limite (Gráfico 3). Ressaltando que os resultados, em ambos os períodos, foram elevados.

Gráfico 3 - Resultados de Cor obtidos nos períodos Seco e Chuvoso



*Ministério da Saúde/2011

Nota-se que ocorreu uma variação nos resultados com relação à sazonalidade. Os valores, no período de chuvas, são bastante elevados em comparação com o período seco; onde, respectivamente, houve variações de 16 a 640 e de 18 a 205 uH.

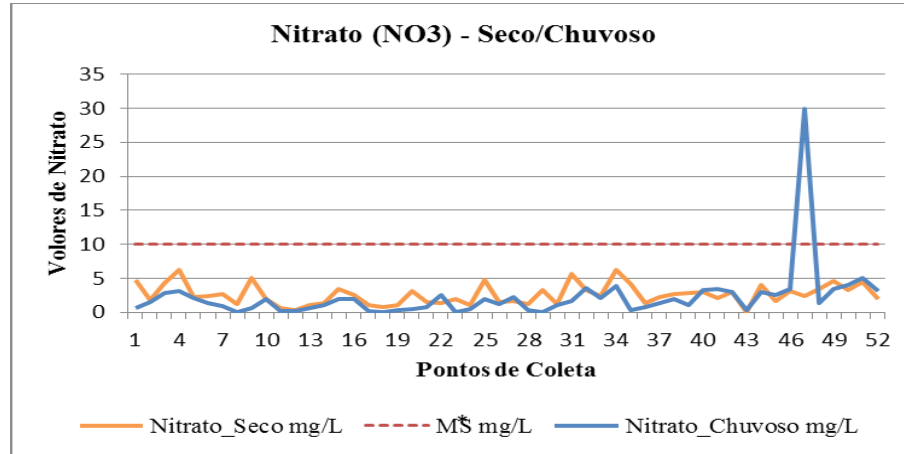
A cor da água surge, em geral, a partir da presença de matéria orgânica e/ou inorgânica, mas também por substâncias metálicas como o ferro e o manganês. Porém, essa característica não pode ser atribuída a nenhum constituinte em exclusivo. Pode-se dizer que a cor está relacionada com a estética do recurso, sendo indesejável para o consumidor e economicamente prejudicial para algumas indústrias (CORNATIONI, 2010).

Vale ressaltar que, a cor da água é consequência das substâncias em solução. Diante disso, a aparência das águas pode ser influenciada por duas vertentes. No caso de águas não poluídas, a cor é determinada pela presença de ácidos húmicos/fúlvicos e compostos de ferro, mas, quando poluídas, deriva de uma variedade de compostos orgânicos (CONCEIÇÃO et al., 2009).

Nitrato (NO₃): A Portaria 2.914/2011 determina um valor máximo de 10 mg/L de Nitrato em água com finalidade para consumo.

Para esse parâmetro todas as amostras de período seco foram encontradas abaixo de 10mg/L. No período chuvoso a concentração de nitrato foi encontrado acima do limite apenas em um único ponto com valor de 29,9 mg/L, as outras 51 amostras, desse mesmo período, apresentaram resultados abaixo do que é estabelecido (Gráfico 4).

Gráfico 4 - Resultados de Nitrato obtidos nos períodos Seco e Chuvoso



*Ministério da Saúde/2011

O nitrato é uma substância química derivada do nitrogênio que, em baixas concentrações, se encontra de forma natural na água e no solo (FOSTER e HIRATA, 1998).

A presença do nitrato em água, segundo vários estudos, também pode estar relacionada com uma das principais fontes responsáveis pela contaminação das águas subterrâneas, a agricultura. As atividades agrícolas contaminam os aquíferos com uma série de substâncias inorgânicas como: inseticidas, fungicidas, herbicidas e fertilizantes. Dentre os fertilizantes sintéticos, destaca-se o nitrogênio que ocorre nas águas subterrâneas na forma de nitratos, que é o composto inorgânico de ocorrência mais amplamente nos aquíferos (ARAUJO e TANCREDI, 2000).

A preocupação ambiental associada ao nitrato se deve a sua grande mobilidade e persistência em condições aeróbicas (HIRATA, 2003). Segundo Costa et al. (2012) o elevado índice de nitrato pode estar relacionado com contaminações antigas e não recente de matéria orgânica. A água quando consumida com concentrações altas de nitrato, principalmente quando ingerida por crianças com idade menor do que 2 anos, pode causar cianose infantil ou metahemoglobina ou síndrome da “doença azul” (ARAUJO e TANCREDI, 2000).

Manganês (Mn): Para as concentrações de manganês em água utilizadas para consumo, a legislação determina como valor máximo permitido 0,1 mg/L.

No monitoramento das águas de poço, para esse parâmetro, foi detectada alteração dessa substância em uma única amostra de água do período seco, indicando um valor de 3,5 mg/L. Para o período chuvoso, uma amostra de água apresentou valor acima de 0,1 mg/L, porém não foram números significativos. As demais 51 amostras estão em conformidade com a Portaria, uma vez que obtiveram valores no limite ou inferiores ao estabelecido.

Na água, o manganês tem comportamento muito semelhante ao do ferro, com uma ocorrência mais rara, porém em excesso pode trazer problemas neurológicos (MACEDO, 2004).

A presença de metais em água, como o ferro e o manganês, no geral podem causar alguns desconfortos à população que usufrui desse recurso. Algumas dessas inconveniências são as manchas em roupas e utensílios sanitários, sabor desagradável, interferência em processos industriais, causar acúmulos e incrustações e podem favorecer o aparecimento de bactérias ferruginosas (RAMOS, 2010).

Cloreto (Cl⁻): Para o controle de potabilidade das águas consumidas pela população a Portaria 2.914/2011 determina para o cloreto um valor máximo permissível de 250 mg/L.

Nas análises das amostras de água, foi possível diagnosticar a desconformidade desse parâmetro uma única vez com um valor de 300,5 mg/L. Essa alteração foi encontrada no período de chuvas. Nas coletas no período seco, todas as 52 amostras apresentaram uma concentração inferior a 250 mg/L. Portanto estão dentro dos padrões de potabilidade determinados.

O cloro é um elemento que aparece em pequenas proporções na composição química da crosta terrestre, embora se apresente em maiores concentrações nas águas subterrâneas do que em águas superficiais (CONCEIÇÃO et al., 2009). Isso se deve ao fato do cloreto chegar facilmente ao lençol freático, pois durante a sua percolação pelo solo não é absorvido (POHLING, 2009).

Elevadas concentrações de cloretos nas águas podem estar relacionadas com a falta de proteção dos poços, na curta distância entre poço e fossa (podendo ser da própria residência ou da residência vizinha), e em outras fontes como na deposição a céu aberto das águas usadas (CAPP et. al., 2012).

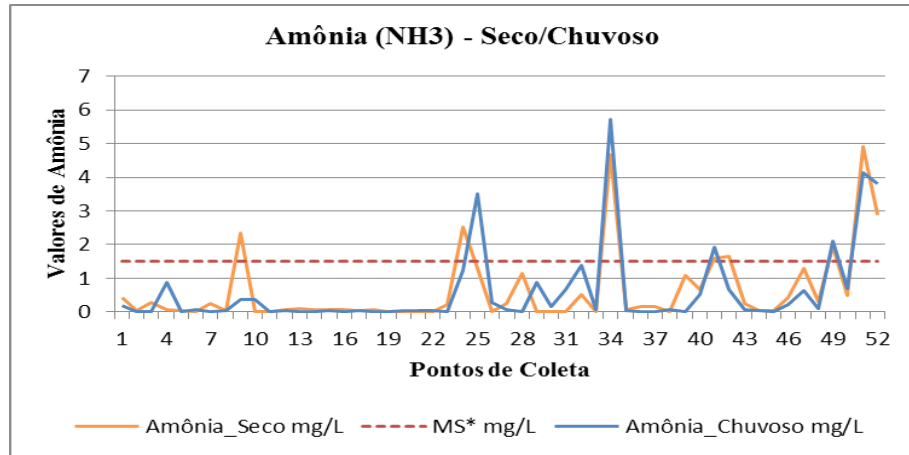
As concentrações de cloreto quando encontrado em teor elevado na água, e não observado que não há influências de fatores naturais, essa contaminação pode ser proveniente de efluentes domésticos ou industriais (POHLING, 2009).

Amônia (NH₃): A Amônia é uma substância que pode ser encontrada naturalmente tanto em águas superficiais como em águas subterrâneas, surgindo da decomposição da matéria orgânica em estado avançado, podendo ser então prejudicial à saúde humana (RICHTER, 2009). A legislação estabelece como valor limite de amônia em água, 1,5 mg/L.

As análises revelaram que nos dois períodos de coleta (seco e chuvoso) foram observados, em alguns pontos, teores maiores que o permitido pela legislação. No período seco, 7 amostras estavam em desconformidade, com resultados que variaram de 1,65 a 4,9

mg/L. No período chuvoso, foram detectadas 6 amostras com valores acima de 1,5 mg/L. Esses valores variaram de 1,92 a 5,35 mg/L (Gráfico 5).

Gráfico 5 - Resultados de Amônia obtidos nos períodos Seco e Chuvoso



*Ministério da Saúde/2011

Para Pohling (2009) valores de amônia acima do permitido em água, apresentam níveis de poluição elevada, podendo indicar a falta de boas condições sanitárias e possível poluição por despejos domésticos.

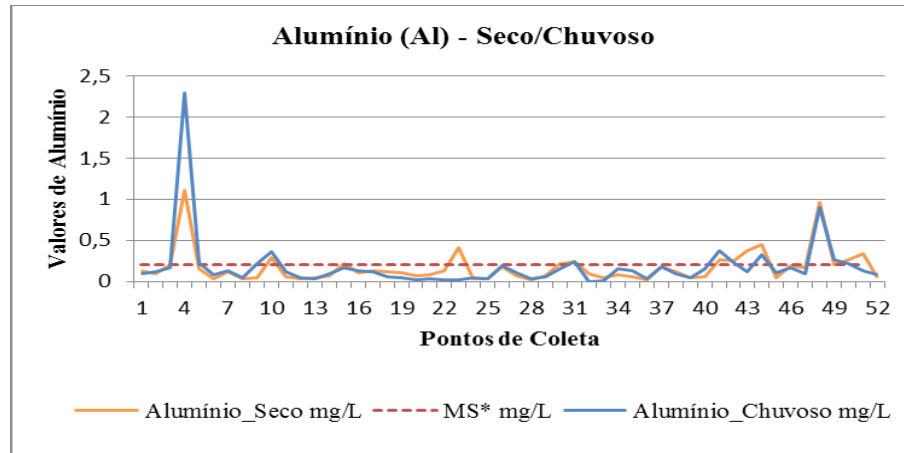
Em um estudo de avaliação da contaminação microbiológica e físico-química de poços tubulares em Juazeiro do Norte (CE) realizado por Franca et al. (2006), havia presença de amônia nos poços. Isso pode ser atribuído tanto aos constantes lançamentos de efluentes domésticos in natura como também ao uso de fertilizantes nitrogenados na área, processos erosivos e lixiviação dos solos agrícolas.

A presença de amônia pode caracterizar poluição recente por esgotos domésticos (MACÊDO, 2001). E sua baixa concentração pode ser explicada pela sua fácil absorção por partículas do solo (AZEVEDO, 2005).

Alumínio (Al): As concentrações de alumínio tanto no período seco como no período chuvoso, apresentaram amostras com resultados acima do valor permitido pela legislação que é de 0,2 mg/L em águas consumidas pela população.

Nas análises no período seco, 6 amostras do total de 52 apresentaram valores acima de 0,2 mg/L, concentrações estas que tiveram amplitude de 1,109 mg/L a 0,334 mg/L. O total de amostras alteradas no período de chuvas foram 5, com valores variando de 2,299 mg/L a 0,327 mg/L (Gráfico 6).

Gráfico 6 - Resultados de Alumínio obtidos nos períodos Seco e Chuvoso



*Ministério da Saúde/2011

O alumínio, com relação à saúde humana, é uma substância que pode desencadear problemas sérios. Concentrações significativas de alumínio podem aumentar o risco de desenvolver doenças neurológicas, pois este parâmetro é um componente neurotóxico, sendo assim um indutor ou causador de distúrbios neurológicos (FREITAS et al., 2001).

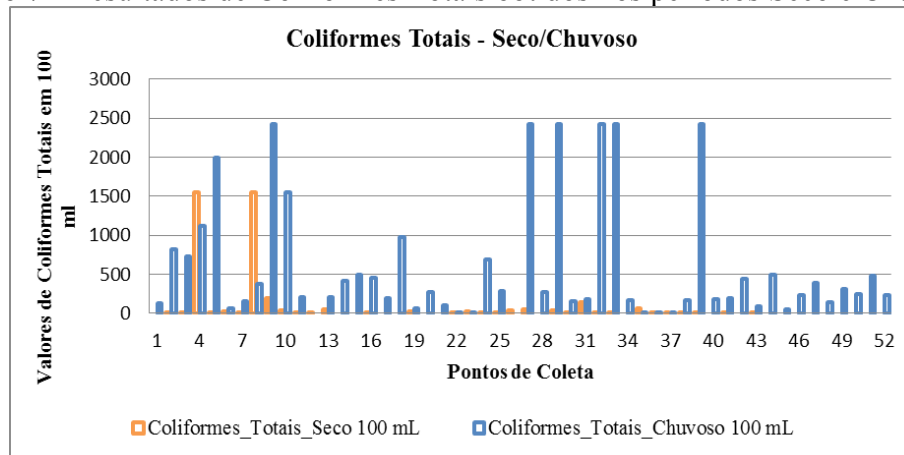
O mal de Alzheimer, doença neurológica, também pode estar relacionada ao nível de alumínio. O defeito no funcionamento das várias barreiras biológicas, que normalmente servem para excluir o alumínio do sistema nervoso central, ocasiona o acúmulo de alumínio no cérebro (WISNIEWSKI,1992).

Coliformes Totais: Os resultados obtidos das análises das amostras no período seco para o parâmetro Coliformes Totais, revelaram que das 52 amostras coletadas, apenas 20 (38,46%) não apresentaram nenhum valor para esse parâmetro. Os outros 32 pontos (61,64%) apresentaram contaminação. Sendo assim, mais da metade das amostras de águas de poço do período seco estão em desconformidade com a legislação (Gráfico 7). Para esse parâmetro a Portaria estabelece como conformidade a ausência total.

No período chuvoso, do total de pontos analisados, 50 amostras (96,15%) apresentaram contaminação e apenas 2 apresentaram ausência para esse parâmetro (Gráfico 7).

Analisando o gráfico é possível notar que houve variação significativa com relação à sazonalidade. No período chuvoso verificou-se que 97% das amostras estavam contaminadas, quando no período seco 61,5% das amostras apresentaram contaminação. Porém, apesar de haver uma variação significativa entre os dois períodos de coleta, vale ressaltar que ambos apresentaram resultados elevados de coliformes totais.

Gráfico 7 - Resultados de Coliformes Totais obtidos nos períodos Seco e Chuvoso



Resultado semelhante foi obtido por Silva e Araújo (2003), que avaliaram a qualidade bacteriológica da água subterrânea utilizada para consumo humano em duas áreas urbanas de Feira de Santana (BA) e encontraram coliformes totais em 90,8% das amostras. Sisino e Moreira (1996) também encontraram 100% das amostras de água de poços contaminadas com esses microrganismos, entretanto, esses autores conduziram o experimento na área de influência de aterro controlado (Morro do Céu, Niterói, RJ), diferentemente deste estudo, que avaliou água de poços que abastecem domicílios da área urbana do município de Macapá.

A presença de Coliformes Totais indica que houve um crescimento de bactérias na água. Assim, entende-se que a água teve contato com matéria orgânica em decomposição. A presença dos mesmos é indicativo de que pode haver outros grupos de bactérias mais específicas, como *Escherichia Coli* (indicador de contaminação fecal). Sendo assim, a água deve passar por procedimento de desinfecção.

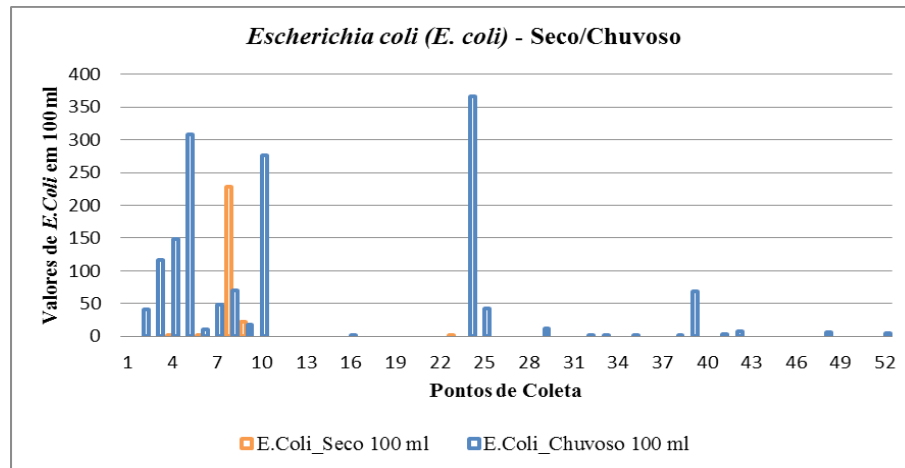
A desconformidade revelada na pesquisa pode estar relacionada com a precariedade do ambiente onde ocorre a captação. A falta de uma proteção adequada ao poço, acúmulo de resíduos orgânicos e inorgânicos, criação de animais sem a higiene correta, podem influenciar nessa contaminação.

Em uma pesquisa realizada em Recife (PE), foi verificado que 62,5% das amostras analisadas foram encontradas em desacordo com os padrões microbiológicos legais, por apresentarem contaminação por coliformes totais, sugerindo condições higiênico-sanitárias precárias (SIQUEIRA et al., 2010).

***Escherichia coli*:** Para o parâmetro *Escherichia coli*, assim como para Coliformes Totais, a Portaria 2.914/2011 determina ausência desse parâmetro em água que tenha finalidade de consumo, para ser considerada própria para consumo.

As análises para o parâmetro *E.coli*, na coleta do período seco, 5 amostras apresentaram contaminação. Nas coletas no período chuvoso, 22 amostras apresentaram contaminação por *E.coli* (Gráfico 8).

Gráfico 8 - Resultados de Escherichia Coli obtidos nos períodos Seco e Chuvoso



Ao observa o gráfico é possível notar que, para o parâmetro *Escherichia coli* também houve variação significativa com relação à sazonalidade. No período chuvoso verificou-se que 42,4% das amostras estavam contaminadas, quando no período seco 9,6% das amostras apresentaram contaminação. Porém, apesar de haver uma variação significativa nos períodos de coleta, vale ressaltar que ambos apresentaram resultados para *E. coli*, o que é preocupante uma vez que a presença dessa bactéria em água significa contaminação por coliformes fecais.

Das amostras contaminadas, observa-se uma maior concentração de *E.coli* dos pontos de 2 a 10, amostras estas pertencentes à zona norte de Macapá. Esta zona é a que se encontra com maior precariedade de serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário e drenagem urbana.

Segundo Bettega (2006) tradicionalmente os indicadores de contaminação fecal estão no grupo de bactérias denominadas coliformes, onde a principal representante desse grupo de bactérias é conhecida como *Escherichia coli*. Portanto, a água consumida deve ser isenta de microrganismos patogênicos e de bactérias que indicam contaminação fecal, uma vez que os coliformes são geralmente obtidos através da ingestão de água.

A existência de *E.coli* na água pode ser relacionada com as questões sanitárias, pois 53% dos poços analisados são do tipo amazonas, ou seja, poços de pouca profundidade que variaram de 6 a 16 metros. Outro fator que pode contribuir para essa contaminação é a curta distância da captação da água para as fossas de esgoto doméstico, que apesar de ficarem em posições opostas, apresentaram distância inferior a 15 metros, e em sua maioria são fossas

rudimentares. Esse pode ser o fator que contribui para essa contaminação, principalmente nos meses de chuva quando o volume das águas subterrâneas aumenta e pode entrar em contato com os efluentes sanitários quando despejados em fossas não revestidas.

Verificou-se também nos domicílios estudados, que 90% deles tem a prática de retirar a água do poço e armazenar em caixas d'água que posteriormente é distribuída para as redes hídricas da residência. Essa questão também pode colocar em risco a qualidade da água, uma vez que seu local de armazenamento pode estar vulnerável a qualquer interferência.

5 CONCLUSÃO

A água provinda do subsolo consumida por grande parte da população de Macapá precisa de maiores cuidados quanto a sua qualidade. A pesquisa revela que a maior parte das residências investigadas (78%) possui o abastecimento de água misto, os prestados pela Companhia de Água e Esgoto do Amapá – CAESA e a água de poço; e outra parte das residências (22%) possui somente água de poço.

Porém, há uma maior confiabilidade dos moradores em consumir a água de poço, uma vez que todos os entrevistados avaliaram o abastecimento da CAESA como péssimo (notas de 0 a 3) e classificaram a água provinda dos seus poços como boa ou ótima (notas de 6 a 10). Esse bom aspecto da água subterrânea proporciona aos consumidores uma sensação de pureza dificultando a associação do consumo dessas águas com as doenças de veiculação hídrica, como a diarreia e a ameba, que já são frequentes nos consumidores. Fato relatado pela maior parte dos moradores das residências amostradas. Apesar deste problema, 100% dos entrevistados consideraram de boa qualidade a água de poço por eles consumida.

Em Macapá, além do sistema público de abastecimento de água ser fornecido de forma precária, também há problemas com o saneamento básico. Dos 25 bairros pesquisados, apenas o bairro do centro apresenta rede de esgoto e uma melhor infraestrutura quanto à drenagem urbana. Nos demais, ambos os serviços são de baixa qualidade ou são inexistentes. Essas questões podem influenciar nas alterações físico-químicas e microbiológicas constatadas nas amostras, já que mais da metade dos poços analisados são do tipo amazonas, portanto mais suscetível à contaminação.

Durante o período amostral da pesquisa, no período chuvoso houve maior presença de coliformes totais e *E. coli*, assim também como os parâmetros físico-químicos, com exceção do pH que foi encontrado alterado nos dois períodos de coleta. Isso pode ser atribuído à carga de poluentes urbana que é lixiviada para as áreas de drenagens com forte impacto na

qualidade da água no início das chuvas, os poços podem ser contaminados com lixo urbano e esgotos o que pode ter influenciado ainda mais a presença dessa bactéria e substâncias.

Fazendo uma análise por zona em termos microbiológicos, os bairros com maior contaminação por coliformes totais e *E.coli* foram os bairros pertencentes à zona norte de Macapá. Em uma escala, em termos de saneamento básico, essa região é a que não apresenta esse serviço; todos os poços localizados nessa área são do tipo Amazonas e com uma profundidade inferior a 20 metros. Os moradores dessa zona utilizam a água de poço para a realização de todas as necessidades de uma residência incluindo o consumo, o que torna ainda mais preocupante, uma vez que o único cuidado antes da ingestão adotado pelos proprietários é a adição de cloro ou hipoclorito.

Em termos físico-químicos, houve uma maior concentração de alterações nos bairros das zonas Norte, Sul e Central. Apesar das zonas sul e central possuírem 69% e 67%, respectivamente, dos poços do tipo artesianos, eles estão localizados em áreas de concentração urbana e comercial, onde constantemente ocorrem alterações do meio por ações antrópicas.

Além disso, em campo se constatou que nenhum dos proprietários participantes da pesquisa possui a licença do Estado para usufruir desse bem, licença esta prevista em lei. Sem o trâmite legal vigorando, gera uma exploração desorganizada levando o comprometimento da normalidade do próprio recurso juntamente com a saúde de quem consome essas águas. Pois, se não está ocorrendo um acompanhamento antes nem após as perfurações, não há um controle sendo efetuado pela população quanto aos critérios de segurança para a saúde e meio ambiente. Diante disso, entende-se a desconformidade dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos dos pontos estudados.

A empresa responsável pela distribuição da água deve se preocupar não somente com a água distribuída a população, mas também com o monitoramento das águas subterrâneas exploradas por grande parte da população macapaense. Atualmente, esse monitoramento não acontece, das 52 amostras coletadas, apenas 5 já passaram por análises feitas pela CAESA, porém essas análises, segundo informações da população e do chefe do laboratório da CAESA, só ocorrem quando solicitadas e são custeadas pelos proprietários dos poços.

Com base nesse estudo, se entende que há necessidade de melhoria da qualidade da água consumida pela população, assim como se faz necessário ser cumprida a fiscalização por parte das autoridades responsáveis. Será de suma importância que o poder público busque medidas que solucionem os problemas causados pela má qualidade e pela má utilização dessas águas, pois se conhece os riscos que a população e o meio ambiente correm com a precária gestão do recurso hídrico.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Abastecimento Urbano de Água**. Atlas Brasil, v.1, Brasília, 2010.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Disponibilidade e Demandas de recursos hídricos no Brasil**. Brasília, 2005. Disponível em:
<<http://www.ana.gov.br/sprtew/recursoshidricos.asp> > Acesso em: 15 maio. 2015.

APHA-AWWA-WPCF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. American Public Health Association 20ª Edition, Washington D.C., 3118p. 2003.

ARAÚJO, P. P.; TANCREDI, A. F. N. S. **Nitrato em Aquífero Freático na Amazônia Oriental Cidade de Santa Izabel do Pará – Brasil**. 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS - ABAS. **Águas Subterrâneas, o que são?**. 2004. Disponível em < <http://www.abas.org/educacao.php> > Acesso em 01 Ago de 2004.

AZEVEDO, R. P. **Caracterização de água subterrânea de poços tubulares em comunidades rurais na Amazônia sujeitas à inundação periódica**. In: 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Campo Grande - MS, 2005.

BANDEIRA, L. H. **Indicadores de Ações de Saneamento e Seus Impactos Sobre a Saúde Pública Articulados com as Políticas de Saúde, Meio Ambiente e Recursos Hídricos**. Rio de Janeiro: s.n., 2003.

BASTOS, M. L. **Caracterização da Qualidade da Água Subterrânea – Estudo de Caso no Município de Cruz das Almas – Bahia**. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Bahia, 2013.

BEREZUK, A. G.; GASPARETO, N. V. L. **Ocorrência de chumbo e zinco na água subterrânea de Maringá-PR**. In: XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Florianópolis. Anais... São Paulo, Brasil, 2002.

BETTEGA, J. M. P. R.; MACHADO, M. R.; PRESIBELLA, M.; BANISKI, G.; BARBOSA, C. A. **Métodos Analíticos no Controle Microbiológico de Água para Consumo Humano**. Ciênc. agrotec., Lavras, v. 30, n. 5, p. 950-954, set./out., 2006. ISSN 1413-7054.

BRASIL. RESOLUÇÃO CONAMA n° 396, de 3 de abril de 2008. **Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências**. Ministério do Meio Ambiente. Seção 1, páginas 64-68.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Manual Prático de Análise de Água**. Fundação Nacional de Saúde. Brasília, 2009.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Secretaria de Vigilância em Saúde. Vigilância e Controle da Qualidade da Água para Consumo Humano**. Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 212 p. – (Série B. Textos Básicos de Saúde).

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. **Declaração Universal dos Direitos da Água**. Porto Seguro: MMA/SRH, 2000.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. **Águas Subterrâneas: Um Recurso a Ser Conhecido e Protegido**. Brasília: MMA/SRHAU, 2007.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Programa Nacional de Vigilância em Saúde Ambiental Relacionada à Qualidade da Água para Consumo Humano**. Brasília, 2005.

BRASIL. Lei de nº 9433, de 8 de Janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos**. Congresso Nacional. Brasília, 1997.

BRASIL, Ministério da Saúde. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. **Dispõe Sobre os Procedimentos de Controle e de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano e Seu Padrão de Potabilidade**. Brasília, 2011.

CAJAZEIRAS, C. C. A. **Qualidade e Uso das Águas Subterrâneas e a Relação com Doenças de Veiculação Hídrica, Região de Crajubar/CE**. 2007. 144 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Universidade Federal do Ceará, Ceará.

CAPP, N.; AYACH, L. R.; SANTOS, T. M. B.; GUIMARÃES, S. T. L. **Qualidade da água e fatores de contaminação de poços rasos na área urbana de Anastácio (MS)**. Geografia Ensino & Pesquisa, vol. 16, n. 3, set./ dez. 2012.

CONCEIÇÃO, F. T.; CUNHA, R.; SARDINHA, D. S.; SOUZA, A. D. G.; SINELLI, O. **Hidrogeoquímica do Aquífero Guarani na Área Urbana de Ribeirão Preto (SP)**. Revista Geociências. São Paulo. v. 28, n 1, 2009.

COSTA, C. L.; LIMA, R. F.; PAIXÃO, G. C.; PANTOJA, D. M. **Avaliação da Qualidade das Águas Subterrâneas em Poços do Estado do Ceará, Brasil**. Ciências Biológicas e da Saúde. Londrina, v. 33, n. 2, p. 171-180, jul./dez. 2012.

CORNATIONI, M. B. **Análises Físico-Químicas Da Água De Abastecimento Do Município De Colina-Sp**. Faculdades Integradas Fafibe. Bebedouro, 2010.

FARIAS, M. S. S. **Monitoramento da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Cabelo**. 2006. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola), Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2006.

FOSTER, S. S. D.; HIRATA, R. **Determination del Risco del Contamination de Águas Subterraneas: Uma Metodologia Baseada en Dados Existentes**. 2. ed. Centro Panamericano de Ingenieria y Ciencias del Ambiente, Peru. 1998.

FRANCA, R. M.; FRISCHKORN, H.; SANTOS, M. R. P.; MENDONÇA, L. A. R.; BESERRA, M. C. **Contaminação de poços tubulares em Juazeiro do Norte – CE**. Revista Engenharia Sanitária, Rio de Janeiro, v. 11, n. 1, p. 92-102, 2006.

FREITAS, M. B.; ALMEIDA, L. M. **Qualidade da Água Subterrânea e Sazonalidade de Organismos Coliformes em Áreas Densamente Povoadas com Saneamento Básico Precário**. In: Congresso Brasileiro De Águas Subterrâneas. São Paulo, Brasil: Sonopress-Rimo, 1998. (CD-ROM).

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. Cadernos de Saúde Pública, v. 17, n. 3, p. 651- 660, 2001.

HIRATA, R. **Recursos hídricos**. In: Decifrando a Terra. Reimpressão, São Paulo: Oficinas de textos, 2003.568p.

HIRATA, R.; ZOBY, J. L. G.; OLIVEIRA, F. R. **Água Subterrânea: Reserva Estratégica ou Emergencial**. In: BICUDO, Tundisi, Scheuenstuhl (orgs.). Águas do Brasil: análises estratégicas, 9., 2010, São Paulo. p. 149-161.

- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Cidades**. 2014. Disponível em <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=160030>> Acesso em 13 de Maio de 2015.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**. Rio de Janeiro, 2008. p. 18-219.
- INSTITUTO TRATA BRASIL. **Saneamento no Brasil**. 2013. Disponível em <<http://www.tratabrasil.org.br/macapa-e-a-terceira-pior-cidade-em-saneamento-basico-no-pais-amapa-digital-online-internet>> Acesso em 13 Maio de 2015.
- LOPES, D. D.; SILVA, S. M. C. P.; FERDANDES, F.; TEIXEIRA R. S.; CELLIGOI, A.; DALL'ANTÔNIA, L. H. **Geophysical technique and groundwater monitoring to detect leachate contamination in the surrounding area of a landfill - Londrina (PR – Brazil)**. Journal of Environmental Management, vol.113, p.481-487.2012.
- MACEDO, J.A.B. **Águas e Águas**. 2ed. Belo Horizonte: CRQ-MG, 2004.
- MACEDO, J. A B. **Águas e Águas**. São Paulo: Varela, 505p, 2001
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Sistema de Informação de Atenção Básica – SIAB**. 2013. Disponível em <<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?siab/cnv/SIABCbr.def>> Acesso em 13 de Maio de 2015.
- NANES, P. L. M. F.; NANES, D. P.; FARIAS, S. E. M. **Qualidade das Águas Subterrâneas de Poços Tipo Cacimba: Um Estudo de Caso da Comunidade Nascimento – Município de São Sebastião – Al**. Monografia de Especialização em Manejo de Água para Irrigação da Primeira Autora. In: 3º Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais. Goiânia- GO, 2012.
- NECHET, D. **Variação Diurna de Precipitação em Macapá-Ap: Aplicação Em Planejamentos a Médio e Longo Prazo**. In: XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2002, Foz de Iguaçu-PR.
- NETO, L. P.; ARECO, L. B. **Automação de Tratamento de Água de Poço Artesiano**. In: IX Simpósio de Excelência de Gestão e Tecnologia. Gestão, Inovação e Tecnologia para a Sustentabilidade. Rio de Janeiro, 2012.
- SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3º ed. DESA. UFMG, Belo Horizonte. 2005.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Sustentabilidade e Equidade: Um Futuro Melhor para Todos**. Relatório do Desenvolvimento Humano. Nova York: ONU, 2011.
- OTENIO, M. H. et al. **Qualidade da Água Utilizada para Consumo Humano de Comunidades Rurais do Município de Bandeirantes-PR**. Salusvita, Bauru, v. 26, n. 2, p. 85- 91, 2007.
- PINHEIRO, A.; FLAVIE, C.; KOSUTH, P. **Desenvolvimento de Um Indicador de Risco de Contaminação das Águas Superficiais por Pesticidas: Aplicação a Bacia do Itajaí - Brasil**. Rev. Brasileira de Recursos Hídricos, v. 14, n.1, Jan/Mar. p. 5-14, 2009.
- PNAS – Programa Nacional de Águas Subterrâneas. (2009). Brasília: MMA.
- POHLING, R. **Reações Químicas na Análise de Água**. Fortaleza: Arte Visual, 2009.
- RAMOS, M. H. C. **Remoção de Cor, Ferro e Manganês de Águas com Matéria Orgânica Dissolvida por Pré-oxidação com Dióxido de Cloro, Coagulação e Filtração**. Centro de Ciências Exatas, Naturais e Tecnologias, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental, Universidade de Ribeirão Preto. . Ribeirão Preto. 2010.

RENOVATO, D. C. C.; SENA, C. P. S.; SILVA, M. M. F. **Análise De Parâmetros Físico-Químicos Das Águas Da Barragem Pública Da Cidade De Pau Dos Ferros (Rn) – Ph, Cor, Turbidez, Acidez, Alcalinidade, Condutividade, Cloreto E Salinidade.** In: IX Congresso de Iniciação Científica do IFRN – CONGIC. Currais Novos/RN. 2013.

RICHTER, C. A. **Água: métodos e tecnologia de tratamento.** Editora Blucher/Hemfibra. São Paulo - SP. 340 p. 2009.

ROHDEN, F. et al. **Monitoramento Microbiológico de Águas Subterrâneas em Cidades do Extremo-Oeste de Santa Catarina.** Ciência & Saúde Coletiva, v. 14, n. 6, p. 2199-2203. 2009.

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, Rio de Janeiro, v.8, n.4, 2003.

SILVA, D. D. et al. **Falta de Saneamento Básico e as Águas Subterrâneas em Aquífero Freático: Região do Bairro Pedra Noventa, Cuiabá (MT).** Rev. Eng Sanit Ambient, v.19, n.1, jan/mar. 2014.

SILVEIRA JÚNIOR, A. M.; VILHENA, J. C. E.; DUARTE, A. S. E CUNHA, A. C. **Avaliação de Características Químicas da Água Utilizada para Consumo Humano no Bairro Santa Rita, Macapá/AP, Brasil.** Revista Biologia e Ciências da Terra, v.13, n.1, 2013.

SIQUEIRA, L. P.; SHINOHARA, N. K. S.; LIMA, R. M. T.; PAIVA, J. E.; LIMA FILHO, J. L.; CARVALHO, I. T. **Avaliação Microbiológica Da Água De Consumo Empregada Em Unidades De Alimentação.** Ciência & Saúde Coletiva, v. 15, n. 1, p. 63-66, 2010.

SISINNO, C. L. S.; MOREIRA, J. C. **Avaliação da contaminação e poluição ambiental na área de influência do aterro controlado do Morro do Céu, Niterói, Brasil.** Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 12, n. 4, p. 515-523, 1996.

VIEGAS, H. **Proposta de Macrozoneamento Urbano de Macapá.** Realidades Urbanas. 2015. Disponível em <<http://realidadeurbanas.blogspot.com.br/2015/09/afinal-onde-comeca-zona-norte-de-macap.html>> Acessado em 27 de fevereiro de 2016.

ZOBY, J. L. G. **Panorama da Qualidade das Águas Subterrâneas no Brasil.** In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 15, 2008, Natal. Anais... Natal, ABAS, 2008. p. 2-20.

WISNIEWSKI, H., WEN, G. **Aluminum and Alzheimer's Disease.** CIBA-Foundation Symposium, v. 169, p. 142-64, 1992.