

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA

Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental

**ESTUDO DA QUALIDADE DA ÁGUA E DAS
CONDIÇÕES DE ABASTECIMENTO PARA
CONSUMO HUMANO NA COMUNIDADE DE
GRAVATÁ DE BAIXO – MURITIBA - BAHIA**

CLAUDINEIA DE SOUZA SOUZA

CRUZ DAS ALMAS, 2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA

Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental

**ESTUDO DA QUALIDADE DA ÁGUA E DAS
CONDIÇÕES DE ABASTECIMENTO PARA
CONSUMO HUMANO NA COMUNIDADE DE
GRAVATÁ DE BAIXO – MURITIBA - BAHIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao colegiado do curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito obrigatório para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Orientadora: Profª Drª Rosa Alencar S. de Almeida

CLAUDINEIA DE SOUZA SOUZA

CRUZ DAS ALMAS, 2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA

Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental

**ESTUDO DA QUALIDADE DA ÁGUA E DAS
CONDIÇÕES DE ABASTECIMENTO PARA
CONSUMO HUMANO NA COMUNIDADE DE
GRAVATÁ DE BAIXO – MURITIBA - BAHIA**

Aprovada em: __/__/__

Examinadores:

Rosa Alencar Santana de Almeida – Orientadora _____

Alessandra Cristina Silva Valentim _____

Anaxsandra da Costa Lima Duarte _____

CLAUDINEIA DE SOUZA SOUZA

CRUZ DAS ALMAS, 2015

RESUMO

A água é uma substância essencial para a manutenção da vida, mas, mesmo com tal relevância, vem sofrendo constantes agressões ambientais que comprometem, qualitativa e quantitativamente, principalmente os seus mananciais superficiais, que estão mais expostos à contaminação. Este cenário induz a população a buscar por fontes alternativas de abastecimento. Uma dessas fontes são os recursos hídricos subterrâneos, que constituem uma importante fonte de abastecimento de água, tornando-se importante levar em consideração a sua conservação e preservação, bem como, ter conhecimento da sua qualidade. O estudo realizado teve como objetivo avaliar e diagnosticar a qualidade das águas subterrâneas utilizadas como fonte de abastecimento na comunidade de Gravatá de Baixo, distrito do município de Muritiba-BA, por meio de análises dos parâmetros físicos, químicos e biológicos, bem como a caracterização das condições sanitárias e construtivas dos poços. O trabalho também buscou conhecer os usos da água e as razões que motivaram a comunidade a optar por esse tipo de suprimento de água. Os resultados das análises das amostras de água foram comparados com os padrões estabelecidos para consumo humano, na legislação em vigor no Brasil. A partir das análises foi possível concluir que as águas captadas nos poços estudados não estão em conformidade com o padrão de potabilidade exigido pela legislação, tal que, o seu consumo pode causar riscos a saúde humana. A pesquisa também revelou que a água subterrânea é utilizada para consumo humano e que a maioria dos usuários optou por esta solução motivada pela inexistência de rede de distribuição de água. Entretanto, durante o desenvolvimento do trabalho, o sistema de abastecimento foi estendido até a localidade, o que veio corroborar com as conclusões da pesquisa que apontaram a necessidade da implantação dos serviços de saneamento.

PALAVRAS CHAVE: Água subterrânea, potabilidade, qualidade da água.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	8
1. OBJETIVOS.....	10
1.1. OBJETIVO GERAL	10
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	11
2.1. APRENDIZADO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....	11
2.1.1. Ciclo Hidrológico.....	11
2.1.2. Aquíferos.....	13
2.1.3. Formas de captação	16
2.1.5. Qualidade das águas subterrâneas	18
2.2. ASPECTOS LEGAIS E INSTITUCIONAIS RELACIONADOS A ÁGUA SUBTERRÂNEA.....	19
2.3. BASES DE DADOS SOBRE AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....	21
2.4. QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO.....	22
2.4.1. Riscos associados à ingestão de água de má qualidade.....	24
2.4.2. Caracterização das impurezas presentes na água	25
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	31
3.1. DELINEAMENTO DO UNIVERSO DE ESTUDO.....	31
3.2. PERCEPÇÃO DA COMUNIDADE SOBRE ABASTECIMENTO DE ÁGUA.....	33
3.3. SELEÇÃO DOS POÇOS PARA ANÁLISE DA ÁGUA	34
3.4. SELEÇÃO DOS PARÂMETROS PARA ANÁLISE.....	35
3.5. AMOSTRAGEM DA ÁGUA	36
3.6. AVALIAÇÃO E DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DA ÁGUA.....	37
3.7. AVALIAÇÃO DO ABASTECIMENTO EM GRAVATÁ DE BAIXO	38
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
4.1. OCORRÊNCIA DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NO MUNICÍPIO	38
4.2. DAS CONDIÇÕES DE ACESSO A ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO.....	40
4.3. DAS CONDIÇÕES OPERACIONAIS DOS POÇOS	42
4.4. DA APLICAÇÃO DOS QUESTIONÁRIOS.....	44
4.4.1. Demografia	44
4.4.2. Abastecimento da água	45
4.4.3. Situação dos poços.....	46
4.4.4. Esgotos Domésticos.....	47

4.4.5.	Qualidade da Água	48
4.4.6.	Escolha da solução de abastecimento	51
4.5.	DAS ANÁLISES LABORATORIAIS E DE CAMPO.....	52
4.5.1.	Análises microbiológicas.....	52
4.5.2.	Análises físico-químicas.....	53
5.	CONCLUSÕES.....	56
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Água subterrânea e Ciclo hidrológico	12
Figura 2: Tipos de aquífero	14
Figura 3: Aquífero confinado e aquífero livre.....	15
Figura 4: Números de domicílios de acordo com o tipo de abastecimento Erro! Indicador não definido.	
Figura 5: Poço artesiano comunitário.....	39
Figura 6: Início e inauguração do sistema de abastecimento de água Erro! Indicador não definido.	
Figura 7: Situação dos poços.....	42
Figura 8: condições de conservação dos poços	43
Figura 9: Condições do poço artesiano	44
Figura 10: Característica socioeconômica dos entrevistados	45
Figura 11: Característica do abastecimento de água	46
Figura 12: Condições Sanitárias.....	47
Figura 13: Destino do esgoto doméstico	48
Figura 14: O que costuma fazer para tornar a água mais segura.....	49
Figura 15: Conhecimento de doenças de veiculação hídrica.....	49
Figura 16: Conhecimento de doenças de veiculação hídrica.....	50
Figura 17: Por que a escolha dessa alternativa.....	51
Figura 18: Formação das colônias bacterianas nas amostras avaliadas	52

1. INTRODUÇÃO

Obter água de boa qualidade está cada vez mais difícil, devido à degradação dos mananciais ou mesmo ao seu manejo inadequado, gerado pelo aumento do uso desse recurso nos últimos anos. A explosão demográfica e as persistentes agressões ambientais vêm comprometendo qualitativamente e quantitativamente os corpos d' água. A qualidade da água é tão importante quanto à quantidade, tal que a utilização e o consumo de água com qualidade insuficiente pode causar diversas adversidades indesejáveis, seja para saúde, como também para o meio ambiente.

Devido a fatores como: a carência de água de boa qualidade nos mananciais superficiais, a ineficácia ou inexistência da prestação de serviços de saneamento, seja por intermitência e/ou desabastecimento, e também o desconhecimento da população em relação aos riscos no consumo de água de má qualidade, tem se tornado comum o uso de águas obtidas de fontes alternativas. Uma dessas fontes é o manancial subterrâneo, o qual, segundo Silva (2004), tem como principais vantagens: o baixo custo de construção de poços e a qualidade adequada ao consumo humano, sem necessidade de tratamento (salvo em condições de contaminação). Este panorama induz à perfuração de poços, como alternativa conveniente no caso de pequenas e médias populações urbanas ou em comunidades rurais (SILVA, 2004). Todavia, principalmente em comunidades rurais, a utilização destas águas, muitas vezes, se dá sem qualquer critério ou conhecimento sobre a sua qualidade. Comumente são captadas em poços velhos, inadequadamente vedados, e próximos a fontes de contaminação, como fossas e regiões de pastagens ocupadas por animais (Stukel *et al*, 1990 apud Amaral *et al*, 2003).

A água subterrânea pode ser captada em aquífero livre, que se encontra próximo à superfície, estando esta mais susceptível à contaminação (poço raso). Como também, pode ser captada em aquífero artesiano, que se encontra entre duas camadas relativamente impermeáveis, o que dificulta a sua contaminação (poço artesian). Apesar de estas águas serem consideradas de boa qualidade, alguns fatores podem comprometer a sua potabilidade. Segundo Silva (2004), a contaminação das águas subterrâneas é um problema grave, maior até que a superexploração de aquíferos, que ainda não recebeu a devida atenção.

De acordo com estudos de Silva (2004), a poluição das águas subterrâneas ocorre quando os poluentes chegam ao solo, são absorvidos, e muitas vezes chegam até os aquíferos, por duas vias distintas. Uma delas é o transporte do poluente pelas águas de chuva (que se infiltram rapidamente). A outra se dá quando os poluentes já atingiram

o aquífero e se locomovem lateralmente. Os poluentes são produto da ação do homem nas suas atividades domésticas, industriais, agrícolas e de extração mineral (SILVA, 2004).

Na região deste estudo, a poluição de origem doméstica tem importância significativa, pois é um local onde não há rede de esgoto, sendo, os dejetos dispostos em fossas rudimentares. De acordo com Silva (2004), a matéria orgânica dos resíduos domésticos ao contaminar as águas, se transformam em nitratos, potencialmente cancerígenos, e também podem conter outros sais e organismos transmissores de enfermidades de transmissão hídrica (diarreia, tifo e cólera, dentre outras). Ainda segundo a mesma autora, os aquíferos freáticos são os que mais preocupam em locais onde não há redes de esgoto e estas águas são lançadas em fossas ou latrinas de tipos diversos.

Na grande maioria dos municípios brasileiros, pouco se sabe sobre a qualidade das águas dos aquíferos. De acordo com estudos realizados por Zoby em 2005, até aquela data o Brasil ainda não dispunha de uma rede nacional de monitoramento, e as fontes de informação mais importantes, geralmente de cunho pontual, eram os trabalhos acadêmicos e outros elaborados pelas secretarias estaduais (ZOBY, 2005). Segundo estudos mais recentes de Mourão e Peixinho (2012), a RIMAS - Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas irá permitir a efetivação da gestão integrada das águas, e tem como um seus alicerces básicos a superação dos principais obstáculos, a exemplo da carência de estudos hidrogeológicos que auxiliem a implementação destas ferramentas aliada à dificuldade de fiscalização, característicos de um país de dimensões continentais como o nosso, para que sejam alcançados os seus objetivos de ampliar o conhecimento visando à proteção, conservação e gestão das águas subterrâneas. O que se observa, é que, passados dez anos do estudo de Zoby (2005), o Serviço Geológico Brasileiro (CPRM) procura vencer os desafios para obter os dados da RIMAS (RIMAS, 2015), ainda incompletos, e da base de dados de poços – SIAGAS (SIAGAS, 2015).

A situação não é diferente, e supõe-se que seja até mais complicada, em relação aos aquíferos livres, que apresentam maior vulnerabilidade, por estarem mais próximos da superfície. Para estes, não foram encontrados dados.

Dentro deste contexto se encontra a comunidade de Gravatá de Baixo, localizada no município de Muritiba, Estado da Bahia, onde o presente estudo foi realizado. Fica evidente a necessidade de se realizar estudos relacionados à qualidade da água utilizada nesta área, pois que, pouco ou quase nada se sabe sobre os mananciais

subterrâneos utilizados tanto para consumo humano, quanto para outros fins. Deste modo, esta pesquisa, com a finalidade de obter informações que possam contribuir para o uso desse recurso de forma mais consciente e racional, é muito importante, atual e pertinente. Assim pretende-se conhecer as formas de abastecimento, avaliar a qualidade da água utilizada e sugerir melhorias com a finalidade de ganhos na saúde e bem estar da comunidade.

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar a qualidade da água subterrânea usada para consumo humano na comunidade rural do Gravatá de Baixo.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Averiguar as condições de acesso à água para consumo humano na comunidade;
- Avaliar a qualidade da água captada de poços rasos na comunidade através das análises das características físico-químicas e microbiológicas.
- Identificar e caracterizar as possíveis fontes de contaminação das águas subterrâneas utilizada para consumo humano e outros usos.
- Conhecer os motivos da opção, por este ou aquele tipo, de suprimento de água;
- Propor alternativas para melhorar as condições de abastecimento de água da comunidade.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. APRENDIZADO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Água subterrânea é toda aquela que está abaixo da superfície da terra, preenchendo os espaços vazios intergranulares do solo, das rochas sedimentares ou fraturas, falhas e fissuras das rochas compactas.

A água subterrânea está presente em todo planeta, o que varia é a possibilidade e a disponibilidade de extração de local para local. Dependendo das chuvas e das distribuições dos aquíferos. A mesma está em constante circulação, fluindo lentamente através dos poros da rocha (*STRUCKMEIER et al, 2007*).

De acordo com Struckmeier *et al* (2007), a água subterrânea faz parte do ciclo hidrológico, e encontra-se intimamente relacionada com processos atmosféricos e climáticos, com o regime das águas superficiais de rios e lagos e com as nascentes e as terras úmidas, que a água subterrânea alimenta naturalmente ao chegar à superfície. Essas fontes são complementares umas das outras, e podem ser extremamente variadas. A água subterrânea é, por assim dizer, a parte não visível do ciclo hidrológico.

A distribuição das águas subterrâneas, assim como a das águas superficiais, é muito variável, uma vez que elas se inter-relacionam no ciclo hidrológico (*STRUCKMEIER et al, 2007*).

Conforme publicado em matéria temática da revista técnica da Associação dos Engenheiros da Sabesp - Saneas (2008), as águas subterrâneas são aproximadamente 100 vezes mais abundantes que as águas superficiais dos rios e lagos. Embora elas se encontrem armazenadas nos poros e fissuras milimétricas das rochas, estas ocorrem em grandes extensões, gerando grandes volumes de águas subterrâneas, constituindo-se em importantes reservas de água doce (*SHIKWMANOV, 1998*).

Segundo alguns especialistas, a quantidade de água subterrânea pode chegar até 60 milhões de km³, mas a sua ocorrência em grandes profundidades pode impossibilitar seu uso (*REVISTA SANEAS, 2008*).

2.1.1. Ciclo Hidrológico

O ciclo hidrológico descreve os processos que controlam a distribuição e o movimento da água.

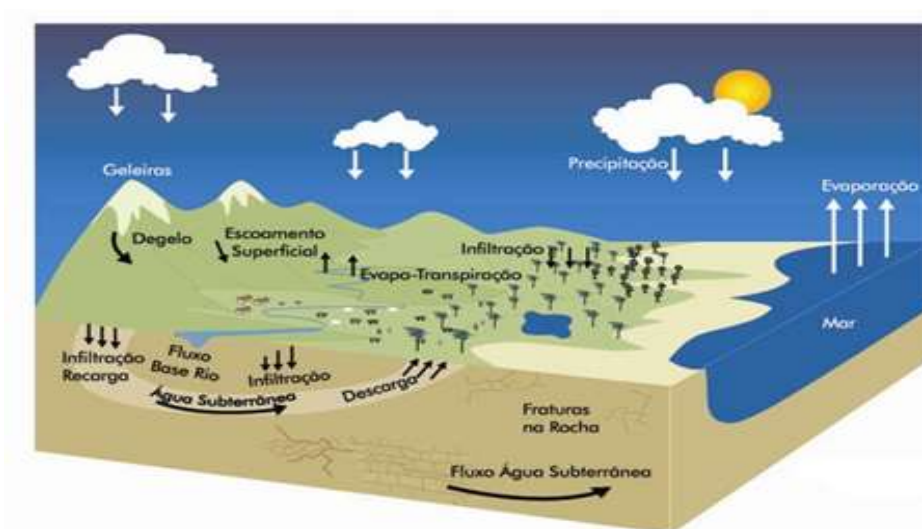
São vários os processos que controlam esta movimentação, quais sejam: a precipitação da água contida nas nuvens na forma de chuva, granizo e orvalho, ou mesmo como neve nas regiões frias ou com elevada altitude. Outra maneira é o

escoamento superficial, que passa a ocorrer quando excedida a capacidade de retenção da vegetação e do solo, e, a partir de então, a água que precipita como chuva ou provém do degelo da neve e de geleiras, é levada para cotas mais baixas por ação da gravidade, formando pequenos filetes que tendem a se unir e formar cursos d'água que continuam fluindo em direção a rios e lagos, em fluxo contínuo até encontrar o oceano (IRITANI E EZAKI, 2009).

As nuvens se formam pela evaporação da água presente nos continentes e nos oceanos e também pela transpiração dos seres vivos. A chuva, quando cai sobre as plantas, é interceptada pela vegetação até ser evaporada ou atingir o solo. A evaporação associada à transpiração das plantas é denominada de evapotranspiração. O processo de infiltração permite que a água, precipitada nos continentes, ou resultante do degelo da neve, seja transferida para a subsuperfície, atingindo os estratos mais profundos, ocorrendo até o momento em que o solo atingir o grau de saturação (IRITANI, E EZAKI, 2009).

A água dos aquíferos se concentra nos poros do solo e dos sedimentos e nas fraturas das rochas. No entanto ela não fica parada, mesmo que lentamente, circula até atingir as áreas de descarga, que podem ser lagos rios, nascentes e oceanos. A poucas profundidades, a água subterrânea pode também ser absorvida pelas raízes das plantas. A descarga da água subterrânea nos corpos d'água superficiais é denominada de escoamento básico e é responsável por manter o nível da água dos rios e lagos em épocas sem chuva (IRITANI E EZAKI, 2009). Uma representação esquemática é apresentada na Figura 1.

Figura 1: Água subterrânea e Ciclo hidrológico



Fonte: MMA, 2015

2.1.2. Aquíferos

Iritani e Esaki (2009) conceituam o aquífero como um reservatório subterrâneo de água, constituído por rochas suficientemente permeáveis, capazes de armazenar e transmitir água em quantidades passíveis de extração, que possam ser aproveitadas como fonte de abastecimento para diferentes usos.

A litologia, ou seja, a formação e a composição mineralógica das rochas do aquífero, é que irá determinar a velocidade da água em seu meio, a qualidade da água e a sua quantidade, enquanto reservatório. Essa litologia é decorrente da sua origem geológica, o que irá determinar os diferentes tipos de aquíferos (REVISTA SANEAS, 2008).

▪ Tipos de Aquíferos

Segundo Iritani e Esaki (2009), de acordo com a formação rochosa (porosidade), os aquíferos são divididos em três tipos: aquífero sedimentar ou poroso, aquífero fraturado ou fissural e aquífero cárstico.

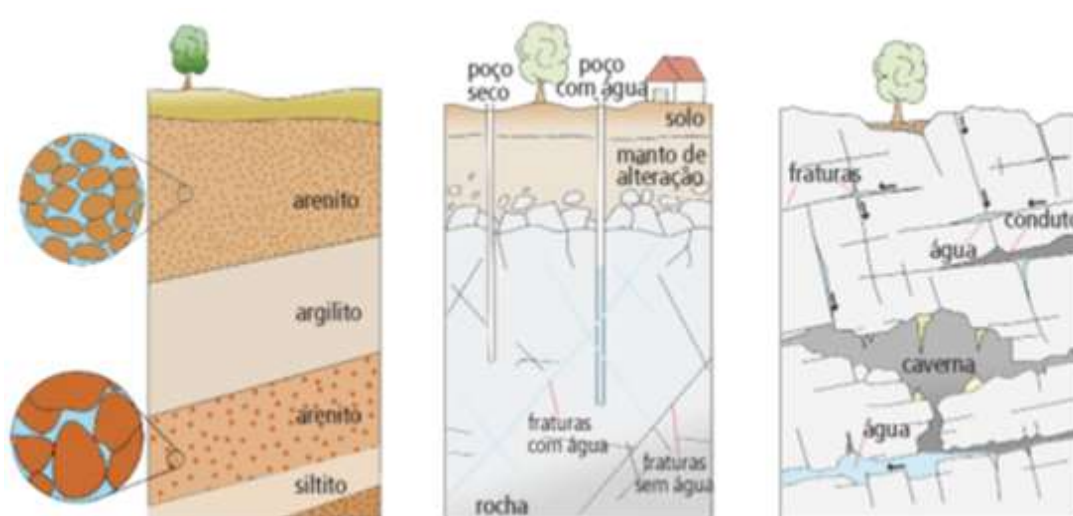
O aquífero sedimentar ou poroso é aquele formado por rochas sedimentares consolidadas, sedimentos inconsolidados ou solos arenosos, nos quais a circulação da água se dá através de poros formados entre os grãos de areia, silte e areia de granulação variada (REVISTA SANEAS, 2008).

O aquífero fraturado ou fissural é formado por rochas ígneas, metamórficas ou cristalinas, duras e maciças, onde a circulação da água se faz nas fraturas, fendas e falhas, abertas devido ao movimento tectônico (REVISTA SANEAS, 2008).

O aquífero cárstico é aquele formado em rochas calcárias ou carbonáticas, nos quais a circulação da água se faz nas fraturas e outras descontinuidades, chamadas *diáclases*, que resultaram da dissolução do carbonato pela água. Essas aberturas podem atingir grandes dimensões, e assim são criados autênticos rios subterrâneos (REVISTA SANEAS, 2008).

Quanto às características hidráulicas os aquíferos podem ser divididos em dois tipos: aquífero livre (ou freático) e aquífero confinado (ou artesianos), dependendo da pressão a que estão submetidos (REVISTA SANEAS, 2008).

Figura 2: Tipos de aquífero



a) Granular; b) Fissural; c) Carstico.

Fonte: Iritani, Ezaki, 2009.

O aquífero livre é limitado superiormente por uma camada permeável totalmente aflorante em toda sua extensão e inferiormente por uma camada impermeável, ficando submetido à pressão atmosférica, com a qual se comunica. Sendo que, o nível da água varia segundo a quantidade de chuva. A recarga desse aquífero é direta. Neste tipo, a água que infiltra no solo atravessa a zona não saturada e recarrega diretamente o aquífero (REVISTA SANEAS, 2008). Por seu lado, o aquífero confinado é constituído por uma formação geológica permeável, confinada entre duas camadas impermeáveis. Nessa condição o aquífero está submetido a uma pressão maior que a atmosférica, devido à camada confinante acima dele, o que faz com que a água ascenda no poço para além da zona aquífera. A camada se encontra saturada impedindo que a água atinja uma altura acima do topo do aquífero. A recarga do aquífero é feita lentamente (REVISTA SANEAS, 2008). O poço que capta água desses tipos de aquífero é chamado poço artesiano porque o seu nível d'água está acima do lençol freático.

A figura 3, reproduzida do site institucional da Associação Brasileira de Águas Subterrâneas (ABAS, 2015) ilustra os dois tipos de ocorrência dos aquíferos.

Figura 3: Aquífero confinado e aquífero livre



Fonte: ABAS, adaptado de IGM (2015).

- **Recarga e descarga de aquíferos**

Um aquífero representa uma reserva permanente de água que é continuamente abastecida através da infiltração da chuva e de outras fontes subterrâneas.

Segundo Capucci et al (2001), a recarga de um aquífero dá-se principalmente a partir da água que deriva das chuvas, que cai na superfície do terreno e sofre infiltração, e em menor escala, de corpos d'água superficiais. Ocorrendo preferencialmente nas áreas aflorantes das formações geológicas presentes nas superfícies.

O grau de reabastecimento irá depender de fatores como clima, vegetação, relevo, drenagem e geologia da região. Os solos porosos e permeáveis favorecem a infiltração, condição essa que pode ser ampliada se o solo for coberto por vegetação e estiver em relevo plano (CAPUCCI et al, 2001).

As áreas de reabastecimento dos aquíferos podem ser: direta ou indireta. A zona de recarga direta é aquela em que a água provinda da chuva infiltra diretamente no aquífero, por meio de fissuras de rochas subjacentes ou suas áreas de afloramento, características dos aquíferos livres. A zona de recarga indireta se dá através de drenagem superficial e do fluxo subterrâneo indireto; que é o fluxo lento através das camadas confinantes, esse tipo de recarga é comum, principalmente em aquíferos confinados (Revista SANEAS, 2008).

As regiões onde a água sai do aquífero, podendo voltar comumente à superfície do terreno, seja na forma de nascente ou como escoamento básico, são as chamadas áreas de descarga. As águas também emergem com pressão, por poços artesianos.

2.1.3. Formas de captação

A exploração de água subterrânea para consumo humano é comum principalmente em comunidades rurais, que não possuem o serviço do sistema público de abastecimento de água, ou como forma complementar ao volume fornecido pela rede de distribuição (IRITANI E EZAKI, 2009). De acordo com os mesmos autores, a forma mais usual para captação de água subterrânea é através da perfuração de poços, sejam eles rasos ou profundos.

O método utilizado para construção de poços é uma das formas mais antigas de captação de água para o consumo. Antigamente essa forma de abastecimento era imprescindível, e a qualidade da água obtida desse tipo de manancial não estava tão comprometida como nos dias de hoje.

Para definição do tipo de obra para captação de água subterrânea devem ser conhecidos: o tipo e a potencialidade do aquífero, a finalidade de uso, e a demanda a ser atendida. Iritani e Ezaki (2009) lembram que, estes fatores, influenciam na opção por uma técnica ou outra, e têm resposta direta no custo da obra.

Para extração em aquíferos livres e rasos, é utilizado poço escavado, que apresenta diâmetro grande, variando entre 1,0 e 1,5 metros, e pouca profundidade, geralmente inferior a 30 metros. Esse tipo de poço é usado principalmente em pequenas comunidades rurais, devido a baixa produção de água, na maioria das vezes, não atendido pelo Sistema de Abastecimento de água (IRITANI E EZAKI, 2009).

Na construção do poço escavado, utilizam-se, em geral, anel pré-moldado de concreto, tijolos furados, manilhões de concreto semiporoso ou pedras encaixadas e cascalho na base para permitir a entrada de água. A parede do poço, acima da entrada de água, deve ser feita com alvenaria ou concreto e revestida em massa de cimento. A parede deve ser erguida alguns centímetros acima do solo e uma laje de concreto deve ser construída ao seu redor. Concluídos todos os serviços, o poço deve ser lacrado com chapa soldada, tampa rosqueável, com cadeado ou válvula de segurança. Todas essas especificidades devem ser realizadas conforme estabelecido em norma.

O poço tubular apresenta profundidade e capacidade de produção de água superior a do poço raso, possuindo um diâmetro menor, cerca de 10 a 50 cm. Sendo o

diâmetro diretamente proporcional a profundidade e a produtividade do aquífero, ou seja, quanto maior a profundidade e a produtividade, maior o diâmetro do poço tubular. Em aquíferos livres, a profundidade dos poços tubulares varia, em geral, entre 100 e 200 metros. Mas, em aquíferos confinados e profundos, os poços podem atingir mais de 500 metros (IRITANI E EZAKI, 2009).

Para a perfuração dos poços tubulares, é necessário o acompanhamento de um profissional habilitado, e equipamentos especializados. O furo é normalmente revestido com tubos de aço, ferro ou PVC, esse revestimento serve para impedir o desmoronamento das paredes nas porções de solo e de rochas sedimentares menos consolidadas (IRITANI E EZAKI, 2009).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) dispõe de duas normas que apresentam as determinações para projeto e construção de poços tubulares. São as normas ABNT NBR 12212:2006 - Poço tubular - Projeto de poço tubular para captação de água subterrânea e ABNT NBR 12244:2006 – Poço Tubular - Construção de poço tubular para captação de água subterrânea.

2.1.4. Proteção sanitária de aquíferos

Com a finalidade de proteger as águas subterrâneas de atividades potencialmente contaminantes algumas medidas de proteção devem ser tomadas.

Para extração da água, é importante fazer uso de bombas manuais ou elétricas de baixa potência, devido a possibilidade de contaminação da água com o uso de carretilhas e baldes dentro do poço.

Iritani e Ezaki (2009) recomendam que, antes da construção do poço, seja verificada a sua distância, que deve ser acima de 30 metros, e o seu posicionamento, em relação a fossas negras e outras fontes de poluição, para evitar a contaminação da água.

A impermeabilização da parede do poço até os primeiros metros de profundidade e a laje de proteção evitam infiltração de água suja ou poluída que contaminam a água subterrânea. Além disso, o poço deve permanecer sempre tampado e seu entorno cercado para evitar a circulação de pessoas e animais. A água deve ser extraída, preferencialmente, por meio de bombas manuais ou elétricas de baixa potência, pois o uso de carretilhas e baldes pode carrear sujeira para dentro do poço.

2.1.5. Qualidade das águas subterrâneas

O senso comum é de que a água subterrânea na grande maioria das vezes apresenta melhor qualidade do que a água superficial. Isto porque, a mesma é filtrada e purificada naturalmente através da percolação, o que possibilita uma excelente qualidade e conseqüentemente dispensa tratamentos prévios.

Outro aspecto a destacar é o fato de que as águas subterrâneas não ocupam espaço em superfície e sofrem menor influência nas variações climáticas, além do que, são passíveis de extração perto do local de uso, possuem temperatura constante, têm maior quantidade de reservas, necessitam de custos menores como fonte de água, as suas reservas e captações não ocupam área superficial; apresentam grande proteção contra agentes poluidores por estar abaixo da superfície, o uso do recurso aumenta a reserva e melhora a qualidade; possibilitam a implantação de projetos de abastecimento à medida da necessidade (WREGGE, 1997 apud REVISTA SANEAS, 2008).

Como descrito anteriormente, são várias as vantagens ao utilizar água das reservas subterrâneas, no entanto, estas águas subterrâneas estão sendo submetidas a diversos processos de contaminação, seja nas áreas urbanas ou nas áreas rurais, sendo necessário fazer várias considerações ao se adotar esse procedimento.

As ações humanas estão constantemente degradando este recurso ambiental, alterando suas características naturais, tornando-a imprópria para consumo, podendo comprometer diretamente a saúde daqueles que fazem a ingestão direta ou consumo indireto, contribuindo para insalubridade ambiental e proliferação de doenças infecciosas e parasitárias, em especial as de veiculação hídrica.

As águas subterrâneas são poluídas quando os agentes contaminantes percolam o solo atingindo o lençol freático, ou são lançados diretamente através dos poços. Os poços que estão abandonados são os que mais preocupam, pois eles podem não estar devidamente vedados, sendo um acesso de contaminantes no aquífero (BASTOS, 2013).

A quantidade está intimamente ligada à condutividade hidráulica e ao coeficiente de armazenamento dos terrenos. Sendo que, os aquíferos têm diferentes taxas de recarga, alguns deles se recuperam lentamente e em outros a recuperação é mais regular. Já a qualidade é influenciada pela composição das rochas e condições climáticas e de renovação das águas (REVISTA SANEAS, 2008).

As medidas de controle da qualidade, da proteção e da preservação dos recursos hídricos são indispensáveis ao atendimento dos objetivos e interesses dos diversos usuários.

2.2. ASPECTOS LEGAIS E INSTITUCIONAIS RELACIONADOS A ÁGUA SUBTERRÂNEA

De acordo com o Decreto N.º 24.643 de 10 de Julho de 1934, conhecido como Código das Águas, as águas são classificadas em águas comuns, particulares e públicas (BRASIL, 1934). Este mesmo instrumento define que as águas subterrâneas são consideradas bens imóveis, associados à propriedade da terra, a qual o dono do terreno poderá explorar por meio de poços, galerias, etc, desde que os aproveitamentos não prejudiquem o curso natural das águas públicas dominicais, públicas de uso comum ou particulares, caso contrário a administração competente poderá suspender as ditas obras e aproveitamento; como também não poderiam ser derivados nem desviados (BRASIL, 1934). Para perfurar o poço próximo a um terreno vizinho, o proprietário deverá guardar a distância necessária ou tomar precauções para que ele não sofra prejuízo (BRASIL, 1934).

De acordo com Molinas (1997), as definições do Código das Águas permaneceram até a promulgação da Constituição Federal de 1988. A nova Constituição estabeleceu um novo regime de propriedade para as águas subterrâneas, e conferiu às mesmas o caráter de bem público de propriedade dos Estados e Distrito Federal, como podemos verificar nos seus artigos 20 e 26:

Art. 20 – São bens da União:

- III- os lagos, rios, e quaisquer correntes de água em terrenos de seu domínio ou que banhem mais de um estado, sirvam de limites com outros países, ou se estendam a território estrangeiro ou dele provenham, bem como os terrenos marginais e as praias fluviais;
- IX – os recursos minerais, inclusive os do subsolo;

Art. 26 – Incluem-se entre os bens do Estado:

- I – as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, ressalvadas, nesse caso, na forma da lei, as decorrentes de obras da União.

Em 08 de janeiro de 1997, foi sancionada a Lei Nº 9.433/1997 (BRASIL, 1997), que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e estabeleceu o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Este instrumento também estabelece os instrumentos da gestão das águas subterrâneas, destacando que as mesmas estão sujeitas a mecanismos de outorga para exploração desse recurso (BRASIL, 1997).

Mais adiante foi promulgada a Lei Federal Nº 9.984, em 17 de Julho de 2000, que criou a ANA – Agência Nacional de Águas, atribuindo à mesma, a finalidade de implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos, em articulação com os órgãos e entidades públicas e privadas integrantes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos; dando competência ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos, nos termos da Lei Nº 9.433/1997, para promover a articulação dos planejamentos, nos diversos níveis, dos setores usuários de água. Assim, a ANA é responsável pela implementação e execução da Política Nacional de Recursos Hídricos - PNRH, ficando a SRH/MMA com a deliberação e formulação da PNRH.

Posteriormente, a 11 de janeiro de 2001, o CNRH publica em Resolução Nº 15/2001 determinando que o enquadramento dos corpos de água em classes dar-se-á segundo as características hidrogeológicas dos aquíferos e os seus respectivos usos preponderantes. Esta resolução também determina que nas “outorgas de direito de uso de águas subterrâneas deverão ser considerados critérios que assegurem a gestão integrada das águas, visando evitar o comprometimento qualitativo e quantitativo dos aquíferos e dos corpos de água superficiais a eles interligados” e sinaliza que devam ser obedecidos critérios estabelecidos em legislação específica para a cobrança pelo uso dos recursos hídricos subterrâneos (BRASIL, 2001). E vale ainda ressaltar, que o penúltimo artigo da mesma resolução indica que os poços abandonados, temporária ou definitivamente, e as perfurações realizadas para outros fins deverão ser adequadamente tamponados por seus responsáveis para evitar a poluição dos aquíferos (BRASIL, 2001).

Conforme estabelecido pela Resolução CONAMA Nº 396/2008 (Art. 13.) os órgãos competentes deverão monitorar os parâmetros necessários ao acompanhamento da condição de qualidade da água subterrânea, em função dos usos preponderantes, das características hidrogeológicas, hidrogeoquímicas, das fontes de poluição e outros critérios técnicos definidos pelo órgão competentes, bem como pH, turbidez, condutividade elétrica e medição de nível de água.

Quanto ao projeto e a construção de poços para a captação de águas subterrâneas existem duas normas técnicas, supracitadas, que estabelecem os requisitos obrigatórios, e definem os procedimentos técnicos para o acesso seguro aos mananciais subterrâneos, objetivando a extração de água. A NBR 12.244/2006 fixa as condições exigíveis na construção de poço para captação de água subterrânea, destinada ao abastecimento público. Para aplicação desta norma é necessário consultar a NBR 12.212/2006 que versa sobre os procedimentos para Projeto de poço para captação de água subterrânea.

2.3. BASES DE DADOS SOBRE AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

O Brasil dispõe de um Programa Nacional de Águas Subterrâneas, parte integrante da estrutura programática concebida para o Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH). De acordo com argumentos dispostos no site institucional do programa: ainda que a dominialidade das águas subterrâneas seja dos estados, estas estão sendo tratadas em um programa nacional, uma vez que não se pode dispensar gestão integrada deste recurso, sendo necessários mecanismos de articulação entre os entes envolvidos. Como também, cabe lembrar, os aquíferos quase sempre extrapolam os limites das bacias hidrográficas, dos estados e países (BRASIL, 2015).

Ainda segundo dados do site institucional do programa, “a ampliação do conhecimento hidrogeológico é a primeira etapa para subsidiar a implantação de um sistema de gestão realmente integrado entre as águas subterrâneas e as superficiais” (BRASIL, 2015). Neste sentido, tem-se verificado a execução de estudos e projetos para aquíferos transfronteiriços e interestaduais e a promoção da ampliação do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), inserindo o tema das águas subterrâneas por meio da integração com o Sistema de Informações de Águas Subterrâneas – SIAGAS (BRASIL, 2015)

O serviço geológico brasileiro (CPRM) dispõe de dois sistemas para disponibilizar informações sobre as águas subterrâneas: a RIMAS e o SIAGAS. Segundo dados disponíveis no site institucional da RIMAS - Rede Integrada de Monitoramento das Águas subterrâneas(RIMAS,2015), estão cadastrados 352 poços, segundo dados atualizados em 10/07/2015, sendo 39 deles na Bahia (RIMAS, 2015).

Quanto ao SIAGAS, trata-se de uma base de dados de poços utilizada pelas Secretarias dos Governos Estaduais, Agência Nacional de Águas - ANA e Usuários dos Recursos Hídricos Subterrâneos, como base nacional compartilhada para armazenagem,

manuseio, intercâmbio e difusão de informações sobre águas subterrâneas (CPRM, 2015). Na base de dados do SIAGAS estão cadastrados 273.971 poços, sendo 23.186 no estado da Bahia, de acordo com dados atualizados em 12/02/2016. No município de Muritiba (BA) estão cadastrados sete poços, incluindo-se o poço comunitário de Gravatá de Baixo Bahia (CPRM, 2015). O número é significativo, mas ainda não contempla toda malha de poços e não dispõe de todos os dados necessários para qualificar a água explorada.

A situação não é diferente, e supõe-se que seja até mais complicada, em relação aos aquíferos livres. Para execução desses tipos de poços normalmente não são contratadas empresas especializadas, sendo usados os recursos de mão de obra disponíveis na região. Desta maneira, constrói-se uma rede de poços não credenciados, e que não são cadastrados nos sistemas de monitoramento.

2.4. QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO

Segundo Oliveira et al (2010), o sancionamento da Lei 9.433 de 8 de janeiro de 1997, permitiu o gerenciamento dos recursos hídricos, proporcionando os usos múltiplos, de forma a assegurar “a atual e as gerações futuras, disponibilidade de água em quantidade e qualidade dentro dos padrões estabelecidos pela legislação”, a partir desse momento a questão da qualidade das águas ganhou evidência.

Os padrões de potabilidade a serem considerados para a água destinada a consumo humano são estabelecidos pelo Ministério da Saúde, que apresenta a obrigação de legislar a qualidade da água que será disposta à população. Com essa finalidade entrou em vigor Portaria MS N° 2914/ 2011, a qual dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (BRASIL, 2011). Em seu Art. 6° fica estabelecido que para os fins desta Portaria, as competências atribuídas à União, que serão exercidas pelo Ministério da Saúde e entidades a ele vinculadas. Dentre essas atribuições, compete à Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS/MS): promover e acompanhar a vigilância da qualidade da água para consumo humano, em articulação com as Secretarias de Saúde dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios e respectivos responsáveis pelo controle da qualidade da água; executar ações de vigilância da qualidade da água para consumo humano, de forma complementar à atuação dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios (BRASIL, 2011).

Quanto às competências do Estado cabe às Secretarias de Saúde dos Estados: promover e acompanhar a vigilância da qualidade da água, em articulação com os Municípios e com os responsáveis pelo controle da qualidade da água; executar as ações de vigilância da qualidade da água para consumo humano, de forma complementar à atuação dos Municípios, nos termos da regulamentação do Sistema Único de Saúde (SUS), dentre outras atribuições (BRASIL, 2011).

Dentre as atribuições do Município, compete às Secretárias de Saúde Municipais: exercer a vigilância da qualidade da água em sua área de competência, em articulação com os responsáveis pelo controle da qualidade da água para consumo humano; executar ações estabelecidas no VIGIAGUA, consideradas as peculiaridades regionais e locais, nos termos da legislação do SUS; inspecionar o controle da qualidade da água produzida e distribuída e as práticas operacionais adotadas no sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água, notificando seus respectivos responsáveis para sanar a(s) irregularidade(s) identificada(s); garantir informações à população sobre a qualidade da água para consumo humano e os riscos à saúde associados, de acordo com mecanismos e os instrumentos disciplinados no Decreto N° 5.440, de 4 de maio de 2005; cadastrar e autorizar o fornecimento de água tratada, por meio de solução alternativa coletiva, mediante avaliação e aprovação dos documentos exigidos no art.14 da Portaria MS N° 2.914/2011 (BRASIL, 2011).

Cabe também a autoridade municipal de saúde pública não autorizará o fornecimento de água para consumo humano, por meio de solução alternativa coletiva, quando houver rede de distribuição de água, exceto em situação de emergência e intermitência (BRASIL, 2011).

Para que uma água seja considerada potável, e não ofereça riscos à saúde, deve-se atender ao padrão de potabilidade, que envolve padrões estabelecidos para parâmetros físicos, químicos, microbiológicos, organolépticos, cianobactérias / cianotoxinas e radioatividade, exigidos pela Portaria MS N° 2.914/2011 do Ministério da Saúde.

Ainda de acordo com o que determina a Portaria MS N° 2914/2011, “toda água destinada ao consumo humano proveniente de solução alternativa individual de abastecimento de água, independentemente da forma de acesso da população, está sujeita à vigilância da qualidade da água” (BRASIL, 2011).

O consumo de água com potabilidade assegurada é de importância fundamental, para a garantia da qualidade de vida e a proteção contra doenças, principalmente as evitáveis, relacionadas a fatores ambientais.

Conforme o Ministério da Saúde, o controle e a vigilância da qualidade da água são instrumentos indispensáveis para a garantia da proteção da saúde da população consumidora (BRASIL, 2006). O controle da qualidade da água é uma atribuição do responsável pela operação do Sistema de Abastecimento de Água (SAA) e da Solução Alternativa Coletiva (SAC), enquanto que a vigilância deve ser exercida pelos órgãos de saúde pública.

2.4.1. Riscos associados à ingestão de água de má qualidade

O acesso a água tratada é um dos serviços de saneamento indispensáveis a vida, tal que, as doenças de transmissão hídrica são um dos principais problemas de saúde pública durante os últimos vinte e cinco anos (OLIVEIRA, 2011).

Anualmente cerca de 1, 6 milhões de pessoas no mundo morrem devido ao consumo de água fora dos padrões estabelecidos pela norma, contaminação essa associada a falta de saneamento básico (YAMAGUCHI et al, 2013).

A água de má qualidade pode afetar a saúde humana de diversas maneiras, seja pela ingestão direta, na preparação de alimentos, na higiene pessoal, na agricultura, na higiene do ambiente, nos processos industriais, ou nas atividades de lazer (BRASIL, 2006).

A qualidade, a quantidade e a regularidade de fornecimento da água são fatores decisivos que podem favorecer a ocorrência de doenças no homem (BRASIL, 2006).

A insuficiência da quantidade de água necessária ao desenvolvimento das atividades pode resultar em deficiências na higiene; pode levar também ao acondicionamento da água em vasilhames improvisados, para fins de reservação, constituindo-se em ambientes propícios à procriação de vetores e vulneráveis a deterioração da qualidade; como também leva à busca por fontes alternativas de abastecimento. Para Oliveira (2011), estas fontes se constituem potenciais riscos a saúde, seja pelo contato das pessoas com tais fontes (risco para esquistossomose, por exemplo), seja pelo uso de águas de baixa qualidade microbiológica (risco de adoecer pela ingestão).

De acordo com dados do Ministério da Saúde (BRASIL, 2006), a forma de transmissão de doenças mais lembrada e diretamente relacionada à qualidade da água é o da ingestão, por meio do qual um indivíduo sadio ingere água que contenha um componente nocivo a saúde, e a presença desse componente no organismo humano provoca o aparecimento de doença. Outro modo está relacionado à quantidade insuficiente de água, o que pode impossibilitar a prática de hábitos higiênicos satisfatórios, podendo ocasionar doenças relacionadas a higiene precária dos utensílios de cozinha, do corpo, do ambiente domiciliar. Ou ainda, uma terceira maneira, compreende a situação da água no ambiente físico, proporcionando condições propícias a vida e a reprodução de vetores ou reservatórios de doenças (BRASIL, 2006).

2.4.2. Caracterização das impurezas presentes na água

Para estabelecer se as águas de um determinado corpo hídrico estão dentro dos padrões exigidos para o consumo humano, conforme designa a Portaria MS N° 2.914/2011 é necessário efetuar a caracterização físico-química e biológica da água, ou seja, diagnosticar a sua qualidade.

Segundo FEITOSA e MANOEL FILHO (1997) apenas em casos muito raros as águas subterrâneas possuem características visíveis a olho nu, com exceção ao sabor decorrente da presença de sais dissolvidos em excesso.

A *caracterização física* da água consiste na identificação de parâmetros que representem a concentração de sólidos, em suspensão ou dissolvidos, na água, revelando sua qualidade estética, muitas vezes não caracterizando riscos a saúde do consumidor, mas que pode causar certa repugnância, mesmo microbiologicamente seguras, podendo conduzi-los a recorrerem a fontes alternativas menos seguras (BRASIL, 2006).

As principais propriedades físicas das águas que permitem a avaliação de sua qualidade são: temperatura, cor, odor, sabor, turbidez e sólidos em suspensão.

- a. Temperatura - A temperatura é a energia cinética das moléculas de um corpo, sendo seu gradiente o fenômeno responsável pela transferência de calor em um meio (BRASIL, 2006).

A alteração da temperatura da água pode ser causada por fontes naturais ou antropogênicas.

Quando se trata das águas para consumo humano, temperaturas elevadas podem provocar rejeição ao uso; águas subterrâneas captadas a grandes profundidades

freqüentemente necessitam de unidades de resfriamento a fim de adequá-las ao abastecimento (BRASIL, 2006).

- b. Cor - Está relacionada com as substâncias dissolvidas na água, que podem ser de origem orgânica ou mineral (BRASIL, 2006).

De acordo com os estudos de Feitosa e Manoel Filho (1997), a coloração da água indica a presença de certas substâncias: em geral, a água subterrânea apresenta coloração azulada quando pura, caso manifeste uma cor arroxeadada pode conter ferro dissolvido, se negra pode ser rica em manganês; e se exibir cor amarelada conter ácidos húmicos.

Para atender ao padrão de potabilidade, estabelecido pela Portaria MS Nº 2.914/2011, a água para consumo humano deve apresentar intensidade de cor aparente, no máximo, de 15 uH como padrão de aceitação para consumo humano.

- c. Odor e Sabor - Na conceituação de sabor está envolvida a interação de gosto (salgado, doce, azedo e amargo) com o odor.

De acordo com o Ministério da Saúde (BRASIL, 2006), o teor destes parâmetros depende da concentração e do tipo de sais dissolvidos, sua origem esta associada tanto à presença de substâncias químicas ou gases dissolvidos, quanto à atuação de alguns microorganismos, notadamente algas (BRASIL, 2006).

Para consumo humano e usos mais nobres, o padrão de potabilidade exige que a água seja completamente inodora.

- d. Turbidez - A turbidez pode ser definida como o grau de interferência à passagem da luz através do líquido, devido à existência de materiais sólidos em suspensão, que reduzem a sua transparência, sendo expressa por meio de unidades de turbidez.

Pode ser provocada também pela presença de algas, plâncton, matéria orgânica e muitas outras substâncias como o zinco, ferro, manganês e areia, resultantes do processo de erosão ou de despejos domésticos e industriais (BRASIL, 2006).

A turbidez é um indicador sanitário e de aceitação, sendo que o valor máximo permitido pela Portaria MS Nº 2.914/2011 é de 5,0 uT como padrão de aceitação para consumo humano.

- e. Sólidos - os sólidos presentes na água podem estar distribuídos em sólidos em suspensão (sedimentáveis e não sedimentáveis) e dissolvidos (voláteis e fixos) (BRASIL, 2006).

A entrada de sólidos na água pode ocorrer de forma natural (processos erosivos, organismos e detritos orgânicos) ou antropogênica (lançamento de lixo e esgotos).

Geralmente as águas subterrâneas não apresentam sólidos em suspensão, assim, caso um poço esteja gerando água com um teor de sólidos em suspensão elevado pode ser consequência do mau dimensionamento dos filtros e pré-filtros ou da má complementação do aquífero ao redor do filtro, ou inexistência do mesmo.

O padrão de potabilidade preconizado pela Portaria MS Nº 2.914/2011 refere-se apenas aos sólidos totais dissolvidos, cujo limite é de 1000 mgL-1.

- f. Condutividade elétrica - indica a capacidade da água de transmitir a corrente elétrica em função da presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em anions e cátions, estando relacionada ao teor de sais dissolvidos (BRASIL, 2006).

De acordo com o Ministério da Saúde (2006) as águas naturais apresentam teores de condutividade na faixa de 10 a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, em ambientes poluídos por esgotos domésticos ou industriais os valores podem chegar até 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

A portaria não estabelece parâmetro para condutividade.

Conforme o estabelecido pelo Ministério da Saúde (BRASIL, 2006) a caracterização química da água é realizada através da identificação dos componentes por meio de métodos laboratoriais específicos. Vários destes componentes químicos não devem estar presentes na água para consumo humano acima das concentrações estabelecidas pela legislação pertinente, pois que, caso isso ocorra, pode comprometer a saúde do consumidor, expondo-o ao risco inaceitável de acometimento por uma enfermidade crônica resultante (BRASIL, 2006).

Quando se trata das águas subterrâneas, as características químicas refletem os meios percorridos, estando envolvido com os tipos de rochas drenados e com os produtos gerados das atividades antrópicas obtidas ao longo de seu trajeto (ZIMBRES, 2006).

São inúmeros os elementos químicos que podem estar presentes em uma amostra de água. Alguns deles têm maior probabilidade de ocorrência em águas subterrâneas, e seus são teores limitados de acordo com os usos preponderantes. Destacam-se os seguintes parâmetros:

- a. pH - O potencial hidrogeniônico (pH) está relacionado com a intensidade das condições ácidas ou alcalinas do meio líquido, e é estabelecido por meio da medição da presença de íons hidrogênio (H⁺).

Conforme dados disponibilizados pela ANA, (2002) o pH das águas subterrâneas varia geralmente entre 5,5 e 8,5.

Segundo o limite de pH estabelecido pela Portaria MS N° 2914/2011, a água para consumo humano deve apresentar pH na faixa de 6,0 a 9,0. Esse parâmetro objetiva minimizar os problemas de incrustação e corrosão das redes de distribuição.

- b. Alcalinidade - indica a quantidade de íons na água que reagem para neutralizar os íons hidrogênio. Sendo representada pela medição da capacidade da água de neutralizar os ácidos, expressando a sua condição de resistir a mudanças de pH (BRASIL, 2006).

A alcalinidade em águas subterrâneas ocorre principalmente devido aos carbonatos e bicarbonatos e, ainda, os íons hidróxidos, silicatos, boratos, fosfatos e amônia que podem estar presentes, também contribuem para a alcalinidade (ANA, 2002).

A legislação não estabelece nenhum padrão de potabilidade quando se refere a alcalinidade.

- c. Acidez - mede a capacidade da água em resistir as mudanças de pH causadas pelas bases que podem estar presentes na mesma.

A acidez decorre, principalmente, devido a presença de gás carbônico livre na água (BRASIL, 2006).

A legislação não estabelece nenhum padrão de potabilidade referente a acidez.

- d. Dureza- A dureza indica a concentração de cátions multivalentes em solução na água.

A dureza das águas pode ser de origem natural, ocasionada, por exemplo, pela dissolução de rochas calcárias ricas em cálcio e magnésio, ou antropogênica, originada pelo lançamento de efluentes industriais (BRASIL, 2006).

Para águas de abastecimento, o padrão de potabilidade estabelece o limite de 500 mg/L CaCO₃. Valores dessa magnitude usualmente não são encontrados em águas superficiais no Brasil, podendo ocorrer, em menor monta, em aquíferos subterrâneos.

- e. Oxigênio dissolvido – É um dos parâmetros mais significativos para expressar a qualidade de um ambiente aquático.

Conforme as informações da Secretaria de Vigilância em Saúde (BRASIL, 2006), as variações nos teores de oxigênio dissolvido estão associadas aos processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem nos corpos d'água.

Quanto a legislação, não estabelece nenhum limite para o Oxigênio dissolvido.

- f. Demandas química e bioquímica de oxigênio - Os parâmetros DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e DQO (Demanda Química de Oxigênio) são utilizados para indicar a presença de matéria orgânica na água.

De acordo com as informações da Secretaria de Vigilância em Saúde (BRASIL, 2006), a presença de matéria orgânica é responsável pelo principal problema de poluição das águas, por causa da redução na concentração de oxigênio dissolvido, ocasionado pela atividade respiratória das bactérias para a estabilização da matéria orgânica. Os referidos parâmetros, DBO e DQO, indicam o consumo ou a demanda de oxigênio necessária para estabilizar a matéria orgânica contida na amostra de água.

- g. Série nitrogenada – Segundo estudos da Secretaria da Vigilância em Saúde (BRASIL, 2006), o nitrogênio pode ser encontrado sob diversas formas no meio aquático: nitrogênio molecular (N₂), nitrogênio orgânico, íon amônio (NH₄⁺), íon nitrito (NO₂⁻) e íon nitrato (NO₃⁻).

Ainda segundo estudos da Secretaria de Vigilância em Saúde, o nitrogênio tem forte ocorrência natural, na forma de proteínas e outros compostos orgânicos, entretanto evidencia-se uma significativa origem antropogênica, principalmente em decorrência do lançamento, em corpos d'água, de despejos domésticos, industriais e de criatórios de animais, assim como de fertilizantes (BRASIL, 2006).

- h. Fósforo – é o nutriente responsável pelo fenômeno da *eutrofização*, que ocorre pelo crescimento excessivo das plantas aquáticas, quando há disponibilidade deste elemento, prejudicando os usos da água (BRASIL, 2006).

Ainda segundo a Secretaria da Vigilância em Saúde (BRASIL, 2006), a presença de fósforo na água pode estar relacionada tanto a processos naturais, tais como: dissolução de rochas, carreamento do solo, decomposição de matéria orgânica, e chuva, como a atividades antropogênicas, ou seja, lançamento de esgotos, detergentes, fertilizantes, pesticidas. Em águas naturais não poluídas, as concentrações de fósforo situam-se na faixa de 0,01 mg/L a 0,05 mg/L.

- i. Ferro e manganês- O ferro e o manganês apresentam um comportamento químico muito semelhante, e por este motivo normalmente seus efeitos sobre a qualidade da água são abordados conjuntamente.

Segundo estudos da Secretaria da Vigilância em Saúde (BRASIL, 2006), mesmo esses elementos não apresentando inconvenientes à saúde nas concentrações normalmente encontradas nas águas naturais, eles são estudados pois podem provocar problemas de ordem estética (manchas em roupas ou em vasos sanitários) ou prejudicar determinados usos industriais da água.

O padrão de potabilidade das águas determina valores máximos de 0,3 mg/L para o ferro e 0,1 mg/L para o manganês. Entretanto, altas concentrações desses elementos são encontradas em situações de ausência de oxigênio dissolvido, como, por exemplo, em águas subterrâneas ou nas camadas mais profundas dos lagos (BRASIL, 2006).

- j. Micropoluentes – Conforme os estudos da Secretaria da Vigilância em Saúde (BRASIL, 2006), existem determinados elementos e compostos químicos que, mesmo em baixas concentrações, conferem a água características de toxicidade, tornando-a assim imprópria para grande parte dos usos, são as chamados “substâncias micropoluentes”.

No que se refere à caracterização microbiológica da água, reporta-se como sendo um fator imprescindível para determinação da qualidade do recurso, tendo em vista que a água potável deve ser isenta de micro-organismos patogênicos e estar livre de bactérias indicadoras de contaminação fecal (BRASIL, 2006). O controle microbiológico da água é importante devido ao elevado número e a grande diversidade de microorganismos patogênicos, em geral de origem fecal, que podem estar presentes, indicando algum tipo de contaminação, na grande maioria das vezes de origem humana (BRASIL, 2006). Tal que, a presença desses micro-organismos é responsável por diversas enfermidades graves e muitas vezes fatais aos seus portadores.

Devido a grande dificuldade de identificação dos micro-organismos que podem está presentes na água, usa-se então, organismos indicadores. Atualmente, os indicadores de contaminação fecal, tradicionalmente aceitos, pertencem a um grupo de bactérias denominadas coliformes, sendo a principal representante desse grupo, as bactérias denominadas *Escherichia coli*. A ausência desses indicadores na água

representa a garantia da inexistência de alguns patogênicos, como vírus e cistos de protozoários, mais resistentes que os próprios organismos indicadores (BRASIL, 2006).

Outras bactérias que têm sido usadas como indicadores da qualidade higiênico-sanitária das águas são as bactérias heterotróficas. A presença destes microorganismos em grande número indica matéria-prima (embalagens) excessivamente contaminada, limpeza e desinfecção de maquinários inadequada e higiene insuficiente na produção, além do que o elevado número pode impedir a detecção de coliformes, em certos métodos de detecção. A análise tem pouco valor como um indicador da presença de microrganismos patogênicos, mas pode monitorização da operação utilizado como um indicador de tratamento e desinfecção de água, com a fim de manter a contagem em valores mais baixos possíveis.

Portanto, as bactérias heterotróficas prestam-se ao papel de indicador auxiliar da qualidade da água ao fornecer informações adicionais sobre eventuais falhas na desinfecção, colonização e formação de biofilmes no sistema de distribuição, eventuais alterações na qualidade da água na reservação ou possíveis problemas de integridade do sistema de distribuição.

A Portaria MS Nº 2914/2011 estabelece que sejam determinados, para avaliação da potabilidade da água, a presença de coliformes totais e termotolerantes de preferência *Escherichia coli* e a contagem de bactérias heterotróficas. A mesma portaria estabelece que a água para consumo humano deva ser isenta de *Escherichia coli* a cada 100 ml de água avaliada. Não há um valor máximo permitido para a quantidade de bactérias heterotróficas, mas é de extrema importância a determinação da densidade delas, pois assim, é possível determinar possíveis causas de deterioração da qualidade da água.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. DELINEAMENTO DO UNIVERSO DE ESTUDO

O município de Muritiba está localizado no Recôncavo Baiano, na Bacia Hidrográfica Atlântico Sul – Leste, na região que compreende o rio Paraguaçu e o rio Jacuípe, estabelecida na bacia hidrográfica do rio Paraguaçu. Segundo dados estimados pelo Censo Demográfico para 2014, o município tem 30.691 habitantes, que se dividem entre a sua Zona Urbana e Rural (IBGE, 2014). Ainda segundo dados do IBGE (2014), somando todo o território, o município tem uma área total de 89 km², o que representa

0,0196% do estado, 0,0071% da região e 0,0013% do território brasileiro, apresentando uma densidade demográfica 323,58 hab/Km² e IDH igual 0,66 (IBGE 2015).

De acordo com o Levantamento Exploratório de Reconhecimento de Solos da Margem Direita do Rio São Francisco - Estado da Bahia realizado pela Embrapa do Piauí, o tipo de solo característico do município é o *latossolo vermelho amarelo*, apresentando uma pequena parcela de solo do tipo *latossolo una*. Este tipo de solo está associado aos relevos, plano, suave ondulado ou ondulado. Ocorrem em ambientes bem drenados, sendo muito profundos e uniformes em características de cor, textura e estrutura em profundidade (EMBRAPA, 1976).

Conforme sínteses elaboradas pelo Portal DEEPAsk (2015) a partir dos dados do Sistema de Informação da Atenção Básica (SIAB) do Ministério da Saúde, 5.874 domicílios do município de Muritiba possuem como forma de abastecimento de água a rede de abastecimento, 2.373 domicílios possuem poço ou nascente como forma de abastecimento, e 61 domicílios possuem outras formas de abastecimento (domicílio abastecido com água de chuva, carro-pipa, ou apanhada em fonte pública, poço, ou bica, fora do domicílio ou peridomicílio). De acordo com a mesma fonte, os dados do SIAB, por sua vez, são gerados a partir do trabalho das equipes de Saúde da Família e Agentes Comunitários de Saúde, que fazem o cadastramento das famílias e identificam a situação de saneamento e moradia.

O fornecimento de água no município de Muritiba é realizado pela Empresa Baiana de Águas e Saneamento - EMBASA. A unidade da empresa responsável pela produção e distribuição de água para consumo humano nesta região é a Superintendência da Região Sul. Segundo dados fornecidos no último Relatório Anual para Informação ao Consumidor disponível no site institucional da empresa, a vazão de captação das águas do rio Paraguaçu é de 130,6 L/s litros por segundo e a capacidade nominal de tratamento do sistema é de 138,0 L/s, em regime de operação de 19 horas por dia, com produção média diária de água tratada de 8.933 m³/dia (EMBASA, 2010).

Segundo levantamento elaborado pelo Portal DEEPAsk (2015), a partir do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS, o percentual da população atendida com serviços de abastecimento de água no município de Muritiba é 79,54%, aproximadamente 24.356 mil habitantes. Percentual que decresce quando se refere aos serviços de esgotamento sanitário, apenas 22,66% da população tem acesso a esse serviço, ou seja, cerca de 8.615 habitantes (Portal DEEPAsk, 2015).

Dentro do percentual da população que não possui os serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário se encontra o povoado do Gravatá de Baixo, localizado na zona rural do município, a cerca de quatro quilômetros do centro da cidade. O distrito tem aproximadamente 151 residências, conforme dados não oficiais disponibilizados pelas agentes de saúde da própria comunidade, com base nos seus arquivos.

Para estimar a população da comunidade da área de estudo, utilizou-se o produtório entre o número de domicílios e a média de moradores por domicílio, publicada no censo demográfico de 2010. Segundo a sinopse da média de moradores em domicílios particulares ocupados, por situação do domicílio e a localização da área, no estado da Bahia, a média na zona rural em aglomerados do tipo povoado é de 3,6 habitantes por domicílio (IBGE, 2015). Baseado nesses dados, foi possível estabelecer que para 151 domicílios cadastrados, tem-se 544 habitantes.

Para elaborar o diagnóstico das condições de acesso a água na comunidade foi consultada a base de dados disponível no site institucional da Empresa Baiana de Águas e Saneamento S.A. (EMBASA), concessionária que detém a prestação de serviços de água e esgoto no município. Também foram realizadas pesquisas junto aos agentes de saúde que atuam na comunidade.

E por último, para corroborar os dados obtidos, foram consultados sites e publicações voltados aos temas da pesquisa.

3.2. PERCEPÇÃO DA COMUNIDADE SOBRE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Para conhecer sobre o abastecimento de água na comunidade em estudo, foram elaborados e aplicados questionários para obtenção de dados sócio econômicos, censitários e sobre utilização da água de poços particulares. Esta pesquisa, e os questionários aplicados foram registrados na base nacional e unificada de registros de pesquisas, Plataforma Brasil, e identificados com Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE) N° 20219013.0.0000.0056, por se tratar de uma pesquisa que envolve seres humanos. Da mesma forma, também foram emitidos os Termos de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), que foram lidos e distribuídos em duas vias para assinatura de todos os respondentes da pesquisa.

O questionário foi composto por perguntas que abordam os seguintes assuntos: a situação sócio demográfica do entrevistado, origem da água consumida na comunidade, destinação do esgoto doméstico e ainda outras questões inseridas dentro desses temas.

Para determinar o tamanho da amostra para aplicação dos questionários, usou-se como referência o estudo para o município de Feira de Santana (BA), realizado por Silva e Araújo (2000). Baseado no parâmetro “cor da água” estabeleceu-se a amostra, que identificou como adequadas 92,5% das amostras usadas em Silva e Araujo (2000). Foram utilizados a mesma precisão e nível de significância utilizada por Bastos (2013), de modo que precisão usada foi de 5% e o nível de significância considerado também foi de 5%. Com base nestas informações o tamanho mínimo de amostra necessário foi de 63 domicílios.

Os resultados obtidos pela aplicação dos questionários foram tabulados, e usados para identificar a situação e o número de poços na região amostrada, e os motivos que levaram os usuários a optarem por formas alternativas de abastecimento.

3.3. SELEÇÃO DOS POÇOS PARA ANÁLISE DA ÁGUA

A partir da aplicação dos questionários foi possível identificar o número de poços particulares existentes na comunidade, e realizar a seleção dos poços para coleta das amostras que seriam avaliadas em laboratório.

Os poços foram escolhidos de forma aleatória independente, ou seja, foram selecionados de tal maneira que qualquer um dos poços teve a mesma chance de ser selecionado (LEG, 2015). Segundo Reis (2015), esta forma de escolha (aleatória), quando utilizada para uma população pequena (menos de 100 elementos), conduz a um tamanho mínimo de amostras quase igual ao próprio tamanho da população.

Deste modo, para definição da quantidade de poços a serem amostrados, foram também ponderados aspectos econômicos, ou seja, o custo para obter informação de todos os poços, como também o tempo muito longo que seria necessário para obter informação de toda população. Esta necessidade impôs que fosse utilizado um erro amostral tolerável de 27%, considerando a confiabilidade da amostra em 95%.

Utilizou-se o cálculo proposto por Reis (2015), para uma amostragem probabilística, onde todos os indivíduos da população têm uma probabilidade maior do que zero de pertencerem à amostra, ou seja, há acesso a toda a população e qualquer elemento pode ser pesquisado (REIS, 2015).

Ainda citando Reis (2015), foi utilizada uma visão simplificada para obtenção do tamanho mínimo de uma amostra aleatória simples, considerando a confiabilidade dos resultados (95%) e o erro amostral tolerável (27%), já mencionados, com seguintes passos:

- Obteve-se a população (N)
- Calculou-se a primeira estimativa, usando a fórmula:

$$n_0 = \frac{1}{e^2} = \frac{1}{27^2} = 14$$

- Como a população (número de poços) é conhecida (N), corrigiu-se a primeira estimativa, usando a fórmula:

$$n = \frac{N * n_0}{N + n_0}$$

- Arredondou-se, para cima, o tamanho mínimo da amostra (n) = 11 poços. Deste modo, foram selecionados 20,41% dos poços existentes.

3.4. SELEÇÃO DOS PARÂMETROS PARA ANÁLISE

Com base nos resultados do questionário sobre os usos da água captada nos poços particulares, bem como nas recomendações da literatura, foram definidos os parâmetros mais representativos a serem analisados.

Todavia, além dos aspectos técnicos, também foram avaliados os fatores limitantes, como a disponibilidade de tempo e recursos financeiros e logísticos para realização das análises. Deste modo, após avaliação destes itens, foram selecionados os seguintes parâmetros físico-químicos: pH, turbidez, condutividade, oxigênio dissolvido e sólidos totais dissolvidos, além das análises bacteriológicas de coliformes totais, coliformes fecais e bactérias heterotróficas de cada amostra coletada, em dez poços particulares e um poço coletivo.

Para a realização das análises físico-químico, foi utilizado o Medidor Multiparâmetro de Qualidade da Água - Horiba, disponibilizado pelo Laboratório de Qualidade da Água, do Centro de Ciências Exatas e Tecnológica da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, o qual foi levado a campo.

Já para a investigação dos parâmetros bacteriológicos, foi adquirido o ALFAKIT- Placas de Petri para realização das análises por meio da técnica de membrana filtrante. Como o kit foi insuficiente para avaliação de todas as amostras, foi utilizado também o kit microbiológico Colipaper disponibilizado pelo Laboratório de Qualidade da Água.

3.5. AMOSTRAGEM DA ÁGUA

As coletas de amostras foram realizadas em residências da comunidade, escolhidas de forma aleatória, nos dias 9 e 29 de setembro de 2015. Foram realizadas 11 amostras para cada dia de coleta, tal que foram amostrados dez dos poços rasos particulares e um do poço artesiano comunitário da região.

No primeiro dia de amostragem foram analisados os parâmetros físico-químicos da água utilizando-se o Medidor Multiparâmetros de Qualidade de Água, marca HORIBA. Devido a dificuldade para retirar a vedação dos poços, construída em concreto armado e argamassa, as amostras foram coletadas diretamente da tubulação do sistema motobomba e em alguns casos da torneira localizada após o reservatório de água da residência. No momento da coleta a torneira foi esterilizada com água sanitária diluída, e com o auxílio de um *becker* coletou-se quantidade suficiente para medição dos parâmetros via sonda multiparâmetros. No quadro a seguir podem ser observados, quais os parâmetros físico-químicos analisados, a metodologia e suas respectivas unidades.

Quadro 1- Métodos de Análise		
Análise	Metodologia	Unidade
Temperatura	Sonda Multiparâmetro Horiba U-52G	°C
pH	Sonda Multiparâmetro Horiba U-52G	
Condutividade	Sonda Multiparâmetro Horiba U-52G	mS/cm**
Turbidez	Sonda Multiparâmetro Horiba U-52G	NTU*****
OD	Sonda Multiparâmetro Horiba U-52G	mg/L
SDT	Sonda Multiparâmetro Horiba U-52G	mg/L

Fonte: Próprio autor (2015)

No dia 29 de setembro de 2015 foram coletadas as amostras para realizar a avaliação dos parâmetros bacteriológicos. Foram seguidas as boas práticas de técnicas de coleta, para evitar possíveis contaminações: as torneiras foram higienizadas com água sanitária diluída, as amostras foram coletadas em sacos plásticos esterilizados, em seguida foram refrigeradas e transportadas até o laboratório da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia para realização das análises.

A presença de microrganismos patogênicos (coliformes fecais e totais e bactérias heterotróficas) foi avaliada por meio das placas de Petri, utilizando-se para análise a técnica de membrana filtrante. Como o kit adquirido para realização das análises dispunha apenas 10 placas e 10 filtros, e foram realizadas 11 coletas, o material não foi suficiente, tal que foi necessário que fosse utilizada outra técnica para realização de uma análise. Assim para realização da análise da amostra de número 11 foi utilizado

o kit microbiológico Colipaper, cartela com meio de cultura em forma de gel desidratado que detecta e quantifica a presença de coliformes fecais, totais e Salmonella.

Para execução do procedimento com as placas de Petri, para análise pela técnica de membrana filtrante, foram utilizados os seguintes materiais: funil para filtração autoclavado, bomba de filtração à vácuo, bico de Bunsen, membrana de 47 mm de diâmetro e 0,45 µm de porosidade, placa de Petri com o meio de cultura, pinça, estufa, luvas.

Ressalta-se também que antes de iniciar as análises foi feita a esterilização do funil na autoclave e da bancada onde foram realizados os testes com álcool 70%. Para começar a preparação dos equipamentos para execução dos testes foram calçadas luvas de silicone, e flambou-se a pinça do bico de Bunsen para segurar a membrana e colocá-la no equipamento de filtração. O funil foi limpo com auxílio da bomba à vácuo com 30 ml de água destilada. Em seguida, foram filtrados 100 ml de amostra através da membrana filtrante, retendo células de possíveis bactérias contaminantes. Logo depois, flambou-se novamente a pinça do bico de Bunsen e removeu-se a membrana do equipamento de filtração, colocando-a sobre a superfície da placa contendo o meio de cultura. Esse processo foi executado repetidas vezes para todas as outras amostras (10), as placas foram para estufa, e incubadas na posição invertida a uma temperatura de 36° durante 24 horas.

A leitura das placas foi efetuada com 24 horas de incubação. Inicialmente realizou-se a contagem das colônias de bactérias do grupo dos coliformes totais, e na sequência, com o auxílio de uma lâmpada UV, a contagem das colônias de bactérias do grupo de coliforme fecal. Cabe relatar que, devido aos riscos oferecidos pelo instrumento de medição, relacionados à exposição a radiação ultra violeta de alta intensidade, só foi possível analisar a presença de coliformes fecais em apenas uma das amostras coletadas, para a qual não foi realizada a contagem, devido as limitações (falta de equipamento específico para identificação e contagem). Para as bactérias heterotróficas foi observada apenas a presença ou a ausência, não foi realizada contagem.

3.6. AVALIAÇÃO E DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DA ÁGUA

A etapa seguinte consistiu da interpretação dos resultados das análises; diagnóstico da qualidade da água, de acordo com as especificidades de cada parâmetro; e definição da adequação aos usos atuais ou limitação aos usos possíveis. Para essas

definições foram usadas as determinações da legislação vigente, bem como as recomendações de organismos como a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) e Organização Mundial de Saúde (OMS), os teores encontrados em cada coleta de água foram interpretados individualmente, sempre comparando os valores obtidos com os exigidos pela Portaria MS Nº 2914/2011 (BRASIL, 2011).

3.7. AVALIAÇÃO DO ABASTECIMENTO EM GRAVATÁ DE BAIXO

Nesta etapa foram contrapostos os resultados da aplicação dos questionários e das análises dos parâmetros que puderam ser amostrados, com as condições reais de abastecimento de água da comunidade, as determinações legais e as recomendações disponíveis na literatura.

Aqui também foram incluídas as informações disponíveis nos sites institucionais sobre as iniciativas do governo do Estado para abastecimento de água para consumo humano na região.

E finalmente, os vários elementos foram estruturados para compor a conclusão final do trabalho.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. OCORRÊNCIA DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NO MUNICÍPIO

Conforme dados disponibilizados pelo Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS), mantido pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM), o município de Muritiba possui sete poços cadastrados. Um desses poços está localizado na comunidade rural de Gravatá de Baixo. Foi perfurado em Julho/1993, com profundidade final de 33,0 metros, e desde então vem abastecendo parte da comunidade (CPRM, 2015).

Figura 4: Poço artesiano comunitário



Fonte: Próprio autor

De acordo com a mesma fonte, a qualidade da água explorada do poço em questão, apresentava-se dentro dos padrões de potabilidade exigido pela legislação vigente à época. O quadro 2 mostra os resultados das análises físico-químicas realizadas pela CERB em 1993.

Ressalte-se que este poço, que foi implantado no ano de 1993, não tem sido objeto de qualquer tipo de fiscalização, como também não foram encontrados registros mais recentes de análises físico químicas da água.

Quadro 2 – Análises Químicas do Poço CERB 1-5470/93

Análises Químicas:		
Amostra:		
Data da Coleta:		
Condutividade Elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$):		282.21
Qualidade da Água (PT/CO):		10.00
Sabor da Água:		
Qualidade da Água (Odor):		
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$):		
Turbides (NTU):		2,3
Sólidos Suspensos (mg/l):		
Sólidos Sedimentáveis (mg/l):		
Aspécto Natural:		
Ph		6.71
Resultados Analíticos da Última Coleta:		
Parâmetro:	Concentração:	Unidade:
Bicarbonato (HCO_3)	17.3	mg/L (ppm)
Calcio (Ca)	7.09	mg/L (ppm)
Cloreto (Cl)	39.14	mg/L (ppm)
Dureza total	25.99	mg/L (ppm)
Fluoretos (F)	0.3	mg/L (ppm)
Ferro total (Fe)	0.16	mg/L (ppm)
Magnésio (Mg)	4.61	mg/L (ppm)
Nitritos (NO_2)	0.028	mg/L (ppm)
Nitratos (NO_3)	0.88	mg/L (ppm)
Silica (SiO_2)	15	mg/L (ppm)
Sulfato (SO_4)	19	mg/L (ppm)
Sólidos dissolvidos totais	206	mg/L (ppm)

Fonte: SIAGAS (CPRM, 2015)

4.2. DAS CONDIÇÕES DE ACESSO A ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO

Apesar da existência do sistema de abastecimento, por meio de rede de distribuição, no município de Muritiba (BA), a parte da população que habita a zona rural, em sua grande maioria, não tem acesso a água tratada. Este cenário tem levado essas comunidades a buscar formas alternativas de abastecimento. Esta era a conjuntura da localidade de Gravatá de Baixo, quando este trabalho foi iniciado.

Efetivamente, no início dos levantamentos de campo, foi constatado que o abastecimento de água na comunidade do Gravatá de Baixo vinha sendo realizado, em quase sua totalidade, por poços escavados nas próprias residências ou ainda, pelo poço comunitário da CERB, já mencionado.

Todavia, já naquele momento, vislumbrava-se que o cenário poderia se modificar, pois no início do ano de 2015 foi noticiada a ampliação da rede de abastecimento de água e do sistema de esgotamento sanitário de Muritiba, incluindo-se os povoados de Gravatá de Baixo e Gravatá de Cima, situados na zona rural do município (Bahia Notícias, 2015).

Nas visitas a campo, realizadas entre os meses de setembro a dezembro de 2015, pode-se observar que, como noticiado, o sistema de abastecimento de água na comunidade de Gravatá de Baixo estava em fase de implantação (Figura 6), e de fato foi inaugurado nos primeiros dias de 2016.

Figura 5: Início e inauguração do sistema de abastecimento de água



Fonte: Próprio Autor

Porém, de maneira informal, em conversas após a aplicação dos questionários da pesquisa, muitos dos moradores entrevistados afirmaram que não irão interromper a captação e o uso das águas dos poços particulares, por entenderem que dispõem de água de qualidade, que pode ser consumida, pois não está exposta a contaminação por não estar na superfície.

Acrescente-se que, embora o município disponha de uma Secretaria Municipal de Saúde, que atua como órgão responsável por exercer a vigilância da qualidade da água, as ações do órgão não atendem de forma suficiente as demandas da comunidade. Deste modo, pode-se inferir que o abastecimento alternativo praticado na região não experimenta nenhum tipo de controle e vigilância, de forma que coloca os usuários expostos a riscos pelo uso de água com padrões não conformes de potabilidade. Além disso, a comunidade continua sem contar com sistema de tratamento dos esgotos sanitários.

4.3. DAS CONDIÇÕES OPERACIONAIS DOS POÇOS

Os poços particulares usados para abastecimento são escavados em aquífero livre, sem nenhuma orientação e desconformes em relação à NBR 12.244/1992, que fixa os requisitos necessários para a construção de poço para captação de água subterrânea.

Esse cenário pode comprometer a qualidade da água captada, oferecendo risco direto e indireto à população que faz uso desse recurso. Vale ressaltar que na região não são contratadas empresas especializadas para a execução desses tipos de poços, ou seja, os moradores da própria comunidade executam a perfuração do poço, sem atendimento às normas vigentes. Para estes poços, não foram encontrados dados disponíveis, tal que nenhum dos poços rasos perfurados está cadastrado no sistema SIAGAS (CPRM).

Em campo foi observado que a maioria dos poços está em desconformidade com a norma de construção, com vedação inadequada ou insuficiente, ou com tampa inapropriada, o que pode permitir a entrada de vetores mecânicos, como baratas e formigas, como o ilustrado na Figura 7.

Figura 6: Situação dos poços



Fonte: Próprio Autor

Também ficaram evidenciadas sérias deficiências na conservação, como presença de vegetação que pode permitir a proliferação de pequenos animais e vetores mecânicos, como ilustrado na Figura 8.

Figura 7: condições de conservação dos poços



Fonte: Próprio Autor

As condições construtivas inadequadas aliadas à falta de limpeza e conservação do entorno dos poços, são fatores que podem comprometer a qualidade da água captada, principalmente em poços rasos escavados com valores baixos de nível freático, os quais podem sofrer maior influência da água proveniente do escoamento superficial e futura infiltração no solo (BASTOS, 2013).

Outra parcela da população é abastecida pelo poço comunitário da região, o qual foi implantado em 1993, e de acordo com dados disponibilizados pela CPRM apresenta padrões de potabilidade de acordo com a portaria vigente à época. No entanto em campo, foi possível observar desacordos com as condições sanitárias necessárias, como a presença de vegetação, tubulação com vazamento e em contato direto com o solo, o que pode proporcionar riscos de contaminação a água captada, como pode ser observado na figura 9.

Figura 8: Condições do poço artesiano



Fonte: Próprio autor

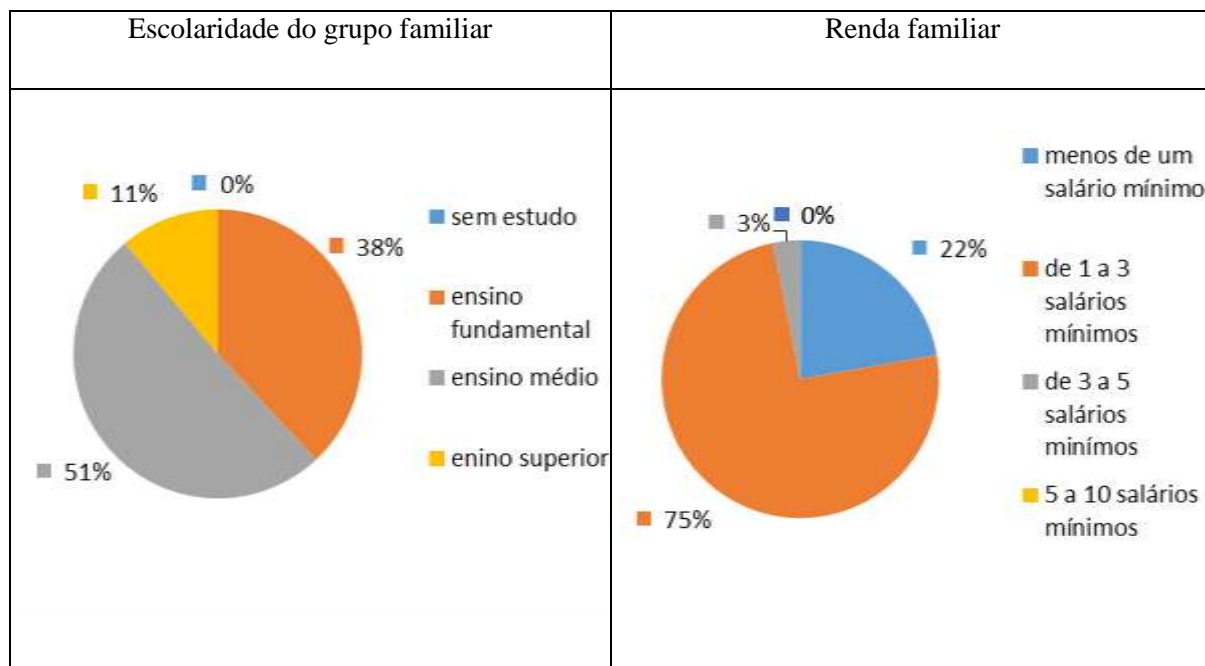
4.4. DA APLICAÇÃO DOS QUESTIONÁRIOS

4.4.1. Demografia

Das 63 residências nas quais os questionários foram aplicados, 51% responderam que a maioria dos residentes cursaram ou estão cursando o ensino médio e 75% informaram que tinham renda familiar entre 1 à 3 salários mínimos. Essas características socioeconômicas dos entrevistados são representadas na figura 10.

Esse perfil de renda da comunidade indica que as tarifas a serem cobradas para fornecimento de água pela concessionária provavelmente estarão no patamar das tarifas sociais.

Figura 9: Característica socioeconômica dos entrevistados



Fonte: Próprio autor

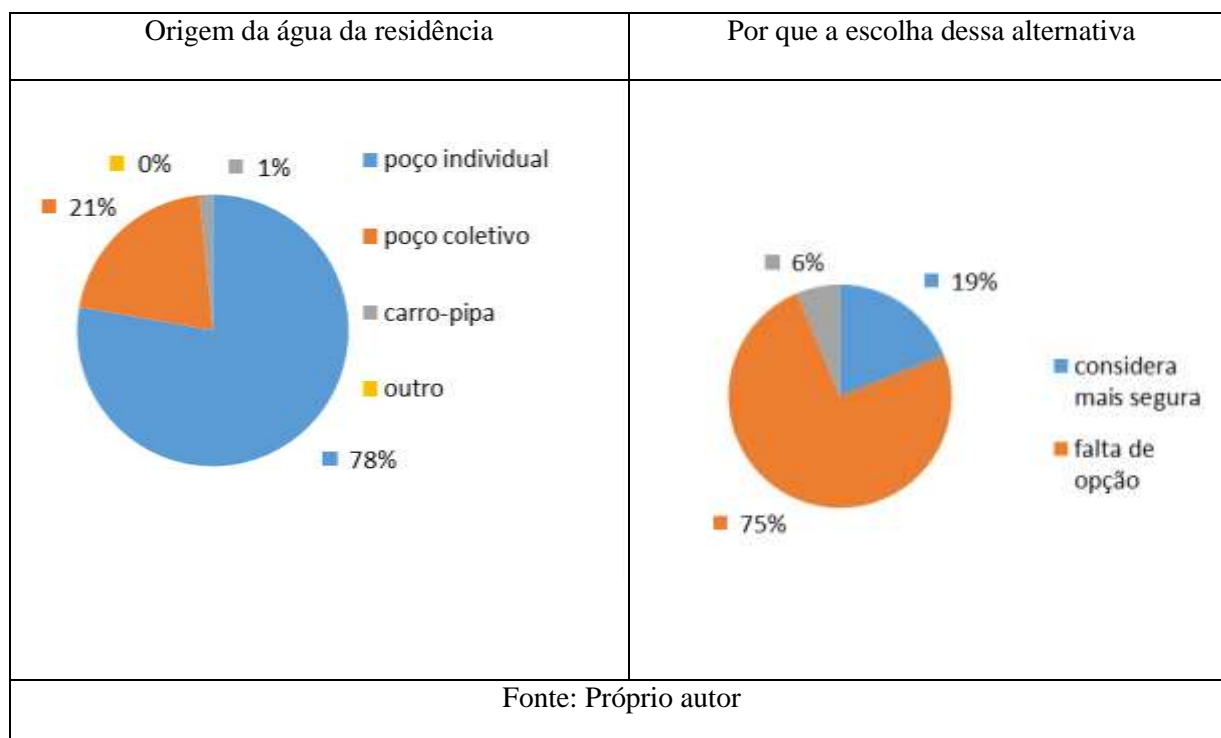
4.4.2. Abastecimento da água

O diagnóstico do tipo de abastecimento na comunidade comprovou que, como esperado, o abastecimento de água quase em sua totalidade é feito por meio de poços individuais, tal que, cerca de 80% dos entrevistados afirmaram optar por esse tipo de fonte de água. Os números também revelam que 21% afirmaram que a origem da água da residência é de poço coletivo, o restante faz uso de carro pipa.

Destaca-se também que cerca de 80% dos entrevistados que afirmou fazer uso de poços individuais como fonte de abastecimento, disseram optar por essa alternativa devido a inexistência de outra fonte de abastecimento. Este comportamento sugere que, na evidência da implantação do sistema de abastecimento de água, estes usuários migrem para a nova forma de suprimento.

Todos os usuários que declararam a existência de poço na residência afirmaram usar apenas essa água para abastecimento. Todos estes domicílios foram alvo da segunda etapa da pesquisa, ou seja, responderam às questões relacionadas à qualidade da água utilizada na residência.

Figura 10: Característica do abastecimento de água



4.4.3. Situação dos poços

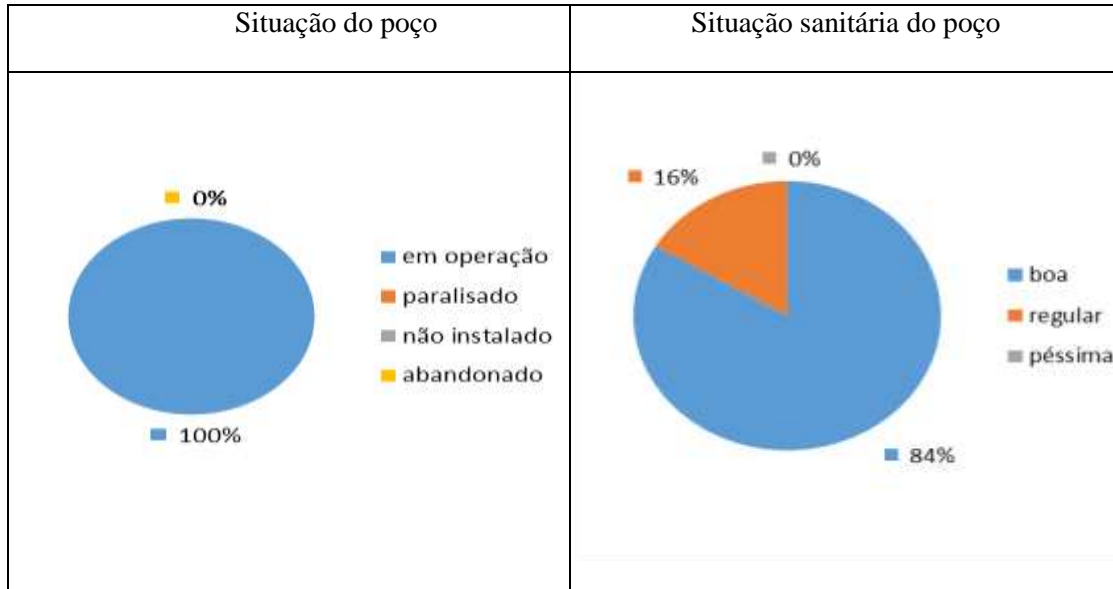
Para os entrevistados que afirmaram a existência de poço na residência, foi perguntada qual a situação de operação do poço e a percepção sobre a sua situação sanitária. Nesta situação, todos os usuários relataram que o poço opera normalmente e que eles fazem uso da água.

Sobre a situação sanitária, 84% usuários declararam que a situação sanitária do poço é boa, 16% declararam que a situação é regular e nenhum dos entrevistados considerou a situação como péssima.

Como pode ser observado, a grande maioria dos entrevistados que utilizam a água dos poços acredita que a água é confiável. Todavia, em conversas complementares constatou-se que, mesmo aqueles que dispõem dessa fonte de suprimento de água, demonstram interesse pela implantação do sistema de abastecimento. Embora haja relatos, conforme já mencionado, de usuários que não pretendem migrar para o novo sistema.

A Figura 12 apresenta o resumo das situações expostas pelos usuários dos poços.

Figura 11: Condições Sanitárias



Fonte: Próprio autor

4.4.4. Esgotos Domésticos

A inexistência da rede coletora de esgoto na região em estudo obriga a população a construir fossas em seus terrenos, o que confere sérios riscos ambientais e de saúde pública. Os dejetos são dispostos em fossas mal construídas, que não possuindo nenhum tipo de revestimento, os deixam diretamente em contato com o solo. Esta prática torna-se um agravante para a situação dos poços rasos presentes na região, tal que, a presença de fossas negras pode influenciar na qualidade da água, podendo contaminar diretamente as águas subterrâneas com esgoto doméstico.

Assim, foram incluídas no questionário, perguntas que pudessem obter informações sobre o destino do esgoto doméstico, e caso a residência tivesse poço, a distância entre o poço e a fossa.

Todos os entrevistados responderam que os efluentes domésticos são destinados às fossas, e quando questionados se sabiam a distância do poço para a fossa, 34 dos entrevistados que afirmaram sim.

Figura 12: Destino do esgoto doméstico



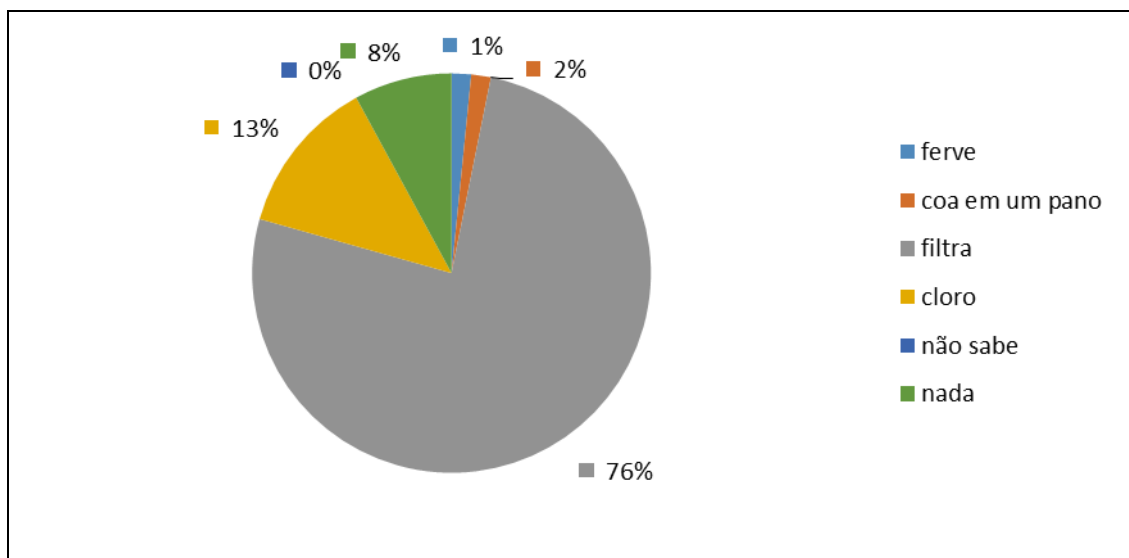
Fonte: Próprio autor

A predominância de fossas rudimentares ou negras, localizadas próximas dos poços, facilita a ligação dessas fossas com as águas freáticas (AYACH, 2002, p.94), tornando as áreas, com a presença de habitações, locais susceptíveis à contaminação das águas do lençol freático que abastece os poços rasos. Na comunidade estudada foram contabilizadas 16,7% das fossas a menos de 10,0 m de distância do poço e 41,7 % na faixa de 10,0 a 20,0 m. Este cenário, aliado a reduzida espessura do material inconsolidado presente na área da cidade pode ser um indutor de contaminação.

4.4.5. Qualidade da Água

No que se refere à qualidade da água, foi perguntado aos 63 entrevistados qual a técnica utilizada para torná-la mais segura. Desses, 76% afirmou filtrar a água, 1% declarou ferver, 13% adicionam cloro, 8% não fazem nada. Nota-se que um percentual elevado dos entrevistados filtra a água, revelando que, possivelmente apresentem algum conhecimento sobre os acometimentos à saúde relacionados ao uso da água de má qualidade.

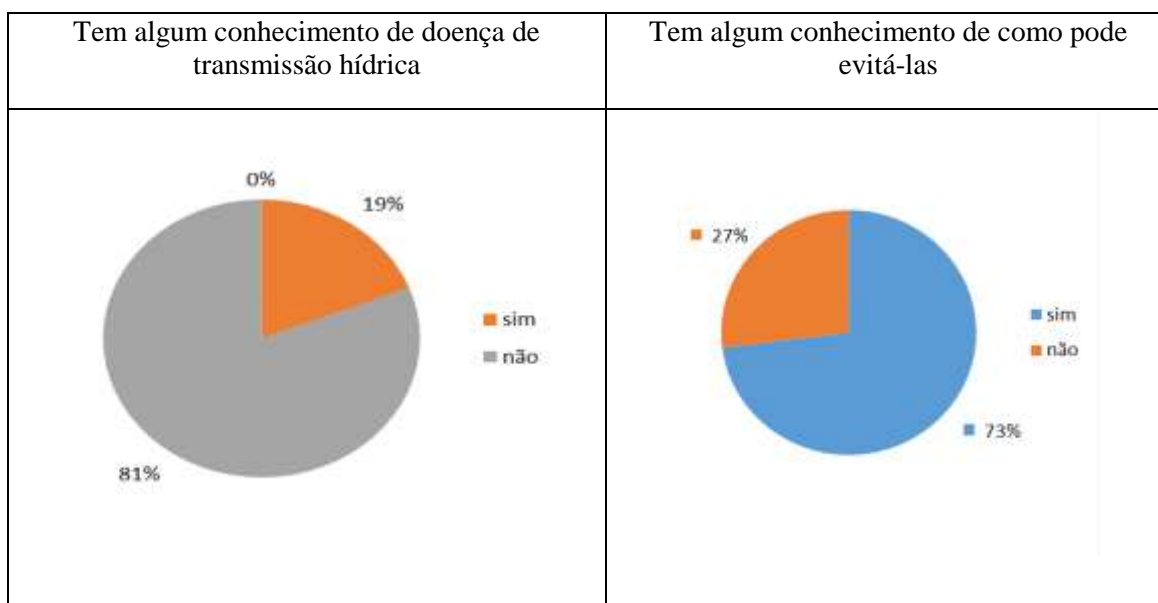
Figura 13: O que costuma fazer para tornar a água mais segura



Fonte: Próprio autor

Quando perguntados se tinham conhecimento sobre as doenças de transmissão hídrica e as formas de como podem evitá-las, 19% disseram que conhecem as doenças causadas pela ingestão de águas contaminadas e 27% afirmaram que sabem como evitá-las (Figura 5.5). Verifica-se que apesar de grande parte dos entrevistados usar técnicas como a filtração pra tornar a água mais segura, existe falta de conhecimento sobre doenças transmitidas pela água e de como evitá-las. Dados que causam muita preocupação, tendo em vista, com base nos estudos preliminares, que a ingestão de água imprópria ao consumo pode causar enfermidades graves.

Figura 14: Conhecimento de doenças de veiculação hídrica



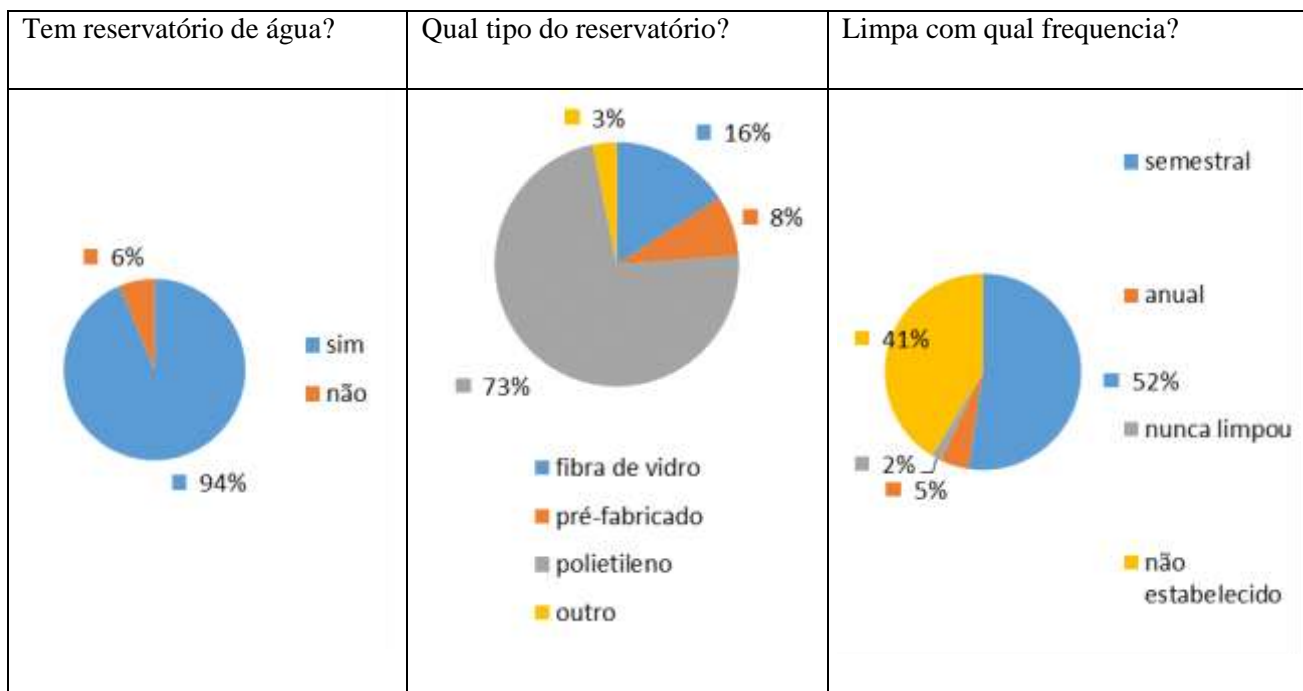
Fonte: Próprio autor

De acordo com Ministério da Saúde, os níveis de contaminação da água nos domicílios aumentam pela precariedade das instalações hidráulico-sanitárias, pela falta de manutenção dos reservatórios e pela manipulação inadequada da água (BRASIL, 2006). Dessa forma, torna-se importante saber sobre a existência de reservatórios no domicílio, o material do reservatório e com qual frequência é feita a higienização do mesmo, posto que, os reservatórios podem atuar como fator deteriorador da qualidade da água.

Com o objetivo de identificar a presença de reservatórios nas residências, bem como as suas condições higiênicas, os entrevistados foram questionados sobre a existência e as condições desses reservatórios. Um total de 94% dos entrevistados respondeu <sim> a existência de reservatório em sua residência. Quanto ao tipo de reservatório 8% responderam ser do tipo pré-fabricado de alvenaria, 73% de polietileno, e 3% outros.

Dos 63 entrevistados, apenas 2% afirmaram nunca terem limpados os reservatórios, 52% informaram que limpam semestralmente, 41% não estabelecido e 5% afirmaram limpar anualmente. O que é um indicador razoável quanto as condições sanitárias dos reservatórios. A Figura 16 representa os dados abordados anteriormente.

Figura 15: Conhecimento de doenças de veiculação hídrica

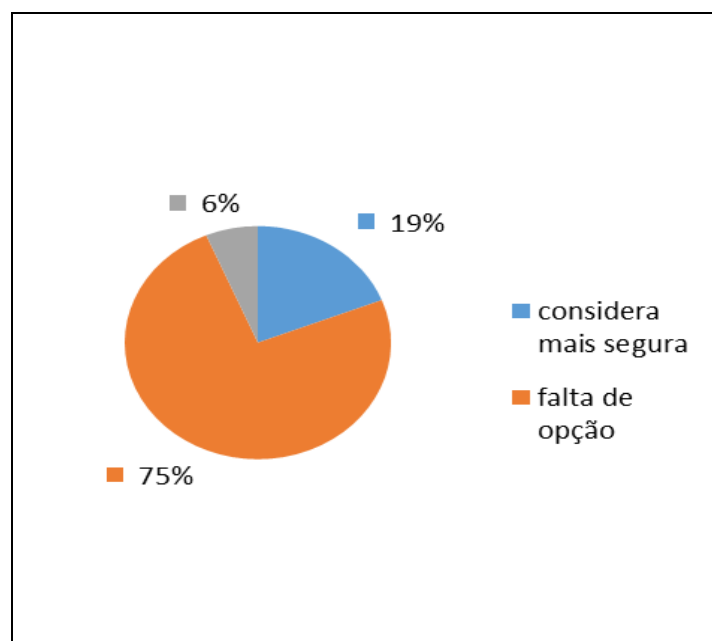


Fonte: Próprio autor

4.4.6. Escolha da solução de abastecimento

Dos 48 domicílios que afirmaram possuir poço e utilizá-lo para o abastecimento da residência, 75% afirmaram não ter outra opção de abastecimento, 19% disseram ser mais seguro, e 6% afirmaram ser mais barato. A inexistência do sistema de abastecimento é um dos fatores mais relevantes para a escolha de alternativas de abastecimento.

Figura 16: Por que a escolha dessa alternativa



Fonte: Próprio autor

Mas apesar de afirmarem optar por esta fonte de abastecimento de água devido à falta de opção, muitos moradores entrevistados afirmaram que, mesmo com a implantação do sistema de abastecimento na região, não irão descartar o uso das águas dos poços. Este cenário suscita preocupações, pois, como comprovado, essas águas possuem qualidade duvidosa.

De todo modo, fica evidente que a implantação do sistema de abastecimento traz a expectativa de mudanças no comportamento da comunidade. Possivelmente, com a chegada da rede de distribuição, água disponível de forma direta na torneira, boa parte dos moradores, entrevistados ou não nesta pesquisa, deve migrar para a nova solução. Os demais continuarão expostos a riscos, ao consumir água sem nenhum controle de qualidade.

4.5. DAS ANÁLISES LABORATORIAIS E DE CAMPO

4.5.1. Análises microbiológicas

A quantidade de amostras com presença de bactérias do grupo coliformes totais foi bastante expressiva. Das 11 amostras avaliadas, quanto a análises bacteriológicas, apenas uma não apresentou bactérias do grupo coliformes totais. Porém, esta mesma amostra contém indícios de bactérias heterotróficas, as quais, quando presentes em excesso, podem mascarar a presença de bactérias do grupo coliforme. O crescimento de bactérias do grupo coliforme, nas amostras analisadas, leva a crer que essa água teve contato com matéria orgânica em decomposição. Na figura 18 pode ser observada a formação das colônias bacterianas formadas, nas amostras avaliadas.

Figura 17: Formação das colônias bacterianas nas amostras avaliadas



Fonte: Próprio autor

A indisponibilidade de instrumento de medição adequado para realizar análises de coliformes fecais em todas as amostras foi um fator limitante. Deste modo, o teste foi realizado em apenas uma das amostras e o resultado deu positivo, não deixando dúvidas que haja contaminação fecal, comum em águas expostas a dejetos de animais e esgoto. Contaminação essa possivelmente oriunda das fossas presentes na região. Ademais, conforme a Portaria MS Nº 2.914/2011 a presença de bactérias do grupo coliformes totais na água, impossibilita o consumo humano, sendo considerada uma água não potável.

Além das bactérias do grupo coliformes totais foi identificada também a presença de bactérias heterotróficas em todas as amostras analisadas. Esse tipo de

contaminação foi constatado até mesmo para a amostra do poço artesiano, para o qual não era esperado esse tipo de contaminação. Em campo foi possível observar que as condições de proteção do poço não estão adequadas, possuindo área sem nenhum tipo de isolamento externo, e sem nenhum tipo de cobertura no solo, além da localização próxima a fontes de poluição.

Quanto aos poços particulares, esses não apresentam proteção adequada, que possa evitar a contaminação externa de suas águas. A parede externa acima do solo, que é um fator importante na proteção dos poços, em 41,7% dos poços tem altura de apenas até 25 cm. Em 25% dos poços encontram-se alturas de proteção na faixa de 26 cm até 50 cm e em 33,3% com mais de 50 cm. Os poços com tampa e calçamento no entorno somaram 58,3%.

4.5.2. Análises físico-químicas

Os resultados das análises físico-químicas encontram-se na Tabela 1 reproduzida a seguir. Os teores encontrados podem ser analisados da seguinte forma:

- Potencial hidrogeniônico (pH)

Na comparação dos resultados entre os poços, observa-se o pH com valores entre 4,19 e 5,22. Estes valores encontram-se fora da faixa preconizada pela Portaria MS Nº 2914/2011, que recomenda valores de pH entre 6,0 a 9,0 para águas destinadas ao consumo humano.

Além disso, conforme dados disponibilizados pela ANA, (2002) o pH das águas subterrâneas varia geralmente entre 5,5 e 8,5, e acrescenta-se que o consumo regular de águas com pH ácido (<7,00) não é recomendado. Portanto, mais uma vez, os valores encontrados estão em desacordo com os teores esperados.

- Condutividade

A condutividade elétrica das amostras analisadas variou entre 161 a 643 $\mu\text{S}/\text{cm}$. A Portaria 2.914/ 2011, do Ministério da Saúde, não estabelece parâmetros para a análise de condutividade elétrica. De acordo com o Ministério da Saúde (2006) as águas naturais apresentam teores de condutividade na faixa de 10 a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, em ambientes poluídos por esgotos domésticos ou industriais os valores podem chegar até 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Como pode ser observado, os valores obtidos das análises da condutividade estão todos acima dessa faixa. A condutividade elétrica é um indicador da

presença de material orgânico recentemente introduzido no corpo de água, altos valores para a mesma indicam poluição no corpo d'água. Este cenário torna-se um forte indicativo de contaminação dos poços com o esgoto doméstico dispostos nas fossas domésticas presentes na região.

- Turbidez

O valor máximo permitido pela Portaria MS N° 2914/11 é de 5,0 uT como padrão de aceitação para consumo humano. As análises de turbidez mostraram que apenas os pontos T1 e T9 apresentam valores dentro dos limites definidos na legislação. O que mais surpreendeu foi o fato da amostra PA, coletada no poço artesiano, apresentar uma das maiores turbidez, sendo que o mesmo, conforme dados disponibilizados pela CERB, possui filtro. Fica evidente que o filtro pode estar danificado pela falta de manutenção, tal que o alto nível de turbidez da água foi surpreendente. Como a região não dispõe de sistema de coleta de esgoto sanitário, o resultado encontrado pode ser justificado pela presença de matéria orgânica provinda das fossas domésticas utilizadas como solução individual para coleta do esgoto produzido, que de alguma forma, podem ter influenciado na magnitude da turbidez da água, ou ainda a decomposição de plantas presentes na área.

- SDT

A presença elevada de sólidos totais pode expressar um mau dimensionamento dos filtros ou da má complementação do aquífero ao redor do filtro. As amostras analisadas não apresentaram excesso de sólidos totais nas águas dos poços para nenhuma das amostras avaliadas.

O limite máximo estabelecido para sólidos totais dissolvidos pela legislação é 1000 mg/l, já que essa parcela reflete a influência de lançamento de efluentes, além de afetar a qualidade organoléptica da água.

Tabela 1: Resultado das análises físico químicas da água dos poços localizados na Comunidade de Gravatá de Baixo – Muritiba (BA)

Ponto	Descrição do Ponto	Temperatura(C°)	pH	Condutividade(mS/cm)	Turbidez(NTU)	SDT(mg/L)	Observações da coleta
	Limite Teor Portaria 2914/2011		6,0 a 9,5		5 UT		
PA	Poço artesiano comunitário	25,46	5	0,319	18,7	0,194	Direto da tubulação do sistema de bombeamento para extração da água do poço
T1	Poço raso individual da casa 1	18,87	5,22	0,516	1,3	0,142	Direto da torneira no interior da residência, após o reservatório
T2	Poço raso individual da casa 2	19,69	4,81	0,415	8,3	0,265	Direto da tubulação do sistema de bombeamento para extração da água do poço
T3	Poço raso individual da casa 3	20,42	4,83	0,403	14,1	0,259	Direto da torneira no interior da residência, após o reservatório
T4	Poço raso individual da casa 4	20,44	5,01	0,643	14,2	0,4	Direto da tubulação do sistema de bombeamento para extração da água do poço
T5	Poço raso individual da casa 5	19,23	5,11	0,257	6,1	0,164	Direto da tubulação do sistema de bombeamento para extração da água do poço
T6	Poço raso individual da casa 6	20,31	4,91	0,348	13,8	0,22	Direto da tubulação do sistema de bombeamento para extração da água do poço
T7	Poço raso individual da casa 7	19,62	4,82	0,208	32,3	0,133	Direto da tubulação do sistema de bombeamento para extração da água do poço
T8	Poço raso individual da casa 8	20,38	4,6	0,612	13,1	0,384	Direto da torneira no interior da residência, após o reservatório
T9	Poço raso individual da casa 9	19,15	4,19	0,354	1,2	0,23	Direto da torneira no interior da residência, após o reservatório
T10	Poço raso individual da casa 10	20,48	5,01	0,161	13,4	0,099	Direto da tubulação do sistema de bombeamento para extração da água do poço

5. CONCLUSÕES

A pesquisa realizada forneceu o levantamento de dados relativos aos aspectos das condições sanitária e da qualidade da água fornecida pelos poços rasos, o que contribui para a formação de um banco de dados que poderá ser utilizado em outras pesquisas na comunidade, e na própria comunidade.

Os resultados obtidos com as análises não estão de acordo com as normativas estabelecidas pela Portaria MS Nº 2.914/2011. Dessa forma pode-se considerar que as águas dos poços localizados na comunidade de Gravatá de Baixo, localizada em Muritiba-Ba, não têm as características de potabilidade exigidas pelo Ministério da Saúde.

De acordo com os resultados obtidos na amostragem, foi possível observar que todos os poços avaliados possuem águas inapropriadas para consumo humano, tal que todas apresentaram a presença de coliformes totais, coliformes fecais e até mesmo bactérias heterotróficas, inclusive o poço artesiano.

Um fato agravante é que, mesmo com a recente implantação do sistema de abastecimento de água, muitos moradores afirmaram que não deixarão de consumir essas águas, pois acreditam que as mesmas possuem boa qualidade, e que só aderiram a implantação do sistema pelo fato de que em períodos de seca os poços reduzem sua capacidade, não sendo suficiente para supri-los.

Deste modo, como foi confirmada a hipótese da inadequação da água para consumo humano, uma das preocupações é dar conhecimento à população dos riscos associados ao uso da água dos poços e incentivá-los a aceitar o novo sistema de abastecimento recentemente implantado, mesmo reconhecendo os custos para pagamento das tarifas cobradas. É preciso fazê-los entender que os riscos são maiores. E que a água dos poços só deve ser usada para fins não potáveis.

Assim, a conscientização da população sobre a importância do acesso a água de qualidade assegurada é um dos fatores preliminares para estabelecer os usos adequados das águas exploradas de poços, de acordo com a qualidade dessa água.

Além disso, sugere-se que a população seja esclarecida dos riscos de contaminação da água subterrânea, ao abandonar os poços para usar a nova solução. Na eminência da suspensão do uso, os poços devem ser devidamente vedados para evitar a contaminação do aquífero.

Sugere-se que novas pesquisas sejam realizadas para conhecer o processo de migração da comunidade, quais as suas expectativas ao deixar a solução alternativa (poços) para utilizar o sistema de abastecimento via rede de distribuição. Também é relevante avaliar as condições de acesso ao sistema de abastecimento de água: qualidade dos serviços prestados, frequência ou intermitência, e adequação das tarifas à realidade sócio econômica da comunidade.

Os Sistemas de Abastecimento de Água oferecem, em teoria, maior segurança da água destinada ao consumo humano, visto que, após a captação, a água é submetida a processos de tratamento, geralmente em ciclo completo, antes de ser distribuída à população. Já as Soluções Alternativas Coletivas, quando envolvem tratamento da água consumida, raramente possuem todas as etapas do tratamento convencional (em ciclo completo), o que resulta, em teoria, em um menor nível de proteção à saúde dos consumidores.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, R.S; BASTOS, M.L; COLVARA, J.G; LIMA, A.S; SILVA, W.P. **Avaliação da contaminação de água subterrânea em poços artesianos no sul do Rio Grande do Sul.** Braz. J. Food Technol., II SSA, janeiro 2009. Disponível em: <http://bjft.ital.sp.gov.br/artigos/especiais/especial_2009/v11_edesp_03.pdf>. Acesso em: 06. Mar. 2015.

AMARAL, L. A. do; FILHO, A. N; JUNIOR, O. D. R; FERREIRA, L. A; BARROS, L. S. S. **Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais.** Revista Saúde Pública 2003;37(4):510. Disponível em: <file:///C:/Users/Jailton/Downloads/31622-36494-1-PB.pdf>. Acesso em: 11. Março.2015.

Bahia Notícias. Disponível em <http://www.bahianoticias.com.br/noticia/165755-em-visita-a-muritiba-rui-enfatiza-compromisso-com-educacao-saude-e-abastecimento-de-agua.html> Acesso em 17/10/15

BASTOS, M. L. **Caracterização da Qualidade da Água Subterrânea – Estudo de Caso no Município de Cruz das Almas – Bahia.** Cruz das Almas, Bahia, 2013. Monografia (Graduação) Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas.

BRASIL. Congresso Nacional. Câmara dos Deputados. Centro de Estudos e Debates Estratégicos. Instrumentos de gestão das águas [recurso eletrônico] / Câmara dos Deputados, Consultoria Legislativa, Centro de Estudos e Debates Estratégicos ; relator Félix Mendonça Júnior ; Maurício Boratto Viana, Alberto Pinheiro. – Brasília : Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2015. – (Série estudos estratégicos; n. 6)

BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos, Resolução nº 15, de 11 de janeiro de 2001. Disponível em: <http://www.ceivap.org.br/ligislacao/Resolucoes-CNRH/Resolucao-CNRH%2015.pdf>. Acesso em: 30 jan.2016

BRASIL. **Lei Federal Nº 11.445**, de 05 de Janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Lex: br:federal:lei:2007-01-05;11445.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2914 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.

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, Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução N° 396**, DE 03 DE ABRIL DE 2008 - Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Diário Oficial da União 2008; 03 de Abril.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente **Programa Nacional de Águas Subterrâneas**. Disponível em <http://www.mma.gov.br/agua/recursos-hidricos/aguas-subterraneas/programa-nacional-de-aguas-subterraneas>. Último acesso 28.Jul.2015

CPRM, **Serviço Geológico do Brasil**. Disponível em: http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/pesquisa_complexa.php Acesso em: 29 abr. 2015.

EMBASA, Relatório Anual para Informação ao Consumidor, 2010. Disponível em <http://www.embasa.ba.gov.br/sites/default/files/Muritiba.pdf> Acesso em: 02.Set.2015

EMBASA. Relatório do Sistema de Abastecimento de Água do Município de Muritiba. Disponível em http://www.embasa.ba.gov.br/sites/default/files/relatorio_anual/RAIC_2011_Muritiba.pdf. Acesso em: 15. Ago.2015

EMBRAPA, Levantamento Exploratório - Reconhecimento de solos da Margem esquerda do Rio São Francisco Estado da Bahia: Escala: 1:1.000.000 :: Embrapa – 1976. Disponível em <http://www.uep.cnps.embrapa.br/solos/index.php?link=ba> Acesso em: 18 Nov.2015

FEITOSA, A C.F.; MANOEL FILHO, J. **Hidrogeologia - Conceitos e Aplicações**; CPRM -Serviço Geológico do Brasil, Fortaleza: Editora Gráfica LCR, 1997

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/sinopse/sinopse_tab_rm.zip.shtmAcesso em: 12ago. 2015

IRITANI, Mara Akie; EZAKI, Sibebe.**As águas subterrâneas do Estado de São Paulo**– São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente - SMA, 2009. 104p.: il.

Color.; 23cm.) - 2a. edição ISBN 978.85.86624.56.8

LEG. Laboratório de Estatística e Geoinformação. Disponível em https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjJkPi0m6LLAhWBD5AKHTMqCiMQFggiMAE&url=http%3A%2F%2Fwww.ambiente.sp.gov.br%2Fpublicacoes%2Ffiles%2F2013%2F04%2F01-aguas-subterraneas-2012.pdf&usg=AFQjCNEkKJTADaDeBsj2i3ar_n6l8lcog&bvm=bv.115339255,d.Y2I
Último acesso 03.Set.2015

MOLINAS, P. A. ; VIEIRA, V. P. P. B. . Marco Legal e Institucional das Águas Subterrâneas no Brasil - Breve Contribuição ao Aprimoramento do Sistema Jurídico-Institucional. In: XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 1997, Vitória. Bases Técnicas para a Implementação dos Sistemas de Gestão de Recursos Hídricos, 1997
MOURÃO, M.A.A.; PEIXINHO, F.C. PAP012060 – A Rede de Monitoramento de Águas Subterrâneas do Serviço Geológico do Brasil: Desafios e estágio atual de implantação. XVII CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. 25 DE OUTUBRO DE 2012.

OLIVEIRA, Clélia Nobre de; CAMPOS, Vânia P.; MEDEIROS, Yvonilde Dantas Pinto. **Avaliação e identificação de parâmetros importantes para a qualidade de corpos d'água no semiárido baiano. Estudo de caso: bacia hidrográfica do rio Salitre.** Quím. Nova, São Paulo , v. 33, n. 5, p. 1059 -1066, 2010 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422010000500010&lng=en&nrm=iso>. Acesso on 12 Aug. 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422010000500010>.

OLIVEIRA, K. A. de. **Qualidade da água para consumo humano em solução alternativa de abastecimento no município do cabo de Santo Agostinho, Pernambuco.** Disponível em: <<http://www.cpqam.fiocruz.br/bibpdf/2011oliveira-ka.pdf>> Acesso em 11. Mar.2015.

População com abastecimento de água. Disponível em: <http://www.deepask.com/goes?page=muritiba/BA-Abastecimento-de-agua:-Veja-o-numero-de-habitantes-e-o-percentual-da-populacao-atendida-na-sua-cidade> Acesso em: 29 abr. 2015.

Portal DEEPAsk. Disponível em <http://www.deepask.com/goes?page=186-porcento-das->

[familias-brasileiras-dependem-de-agua-de-poco-ou-nascente](#)). Acesso em 02.Set.2015
Revista Saneas. **O papel essencial das águas subterrâneas**. São Paulo, Ano IX -
Edição 29 - Abril/Maio/Junho 2008.

REIS, M.M. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Informática e
Estatística (INE). INE 7002 – Amostragem – Notas de Aula. Disponível em
<http://www.inf.ufsc.br/~marcelo/Cap7.pdf>

RIMAS. **Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas**. Disponível
em <http://rimasweb.cprm.gov.br/layout/>. Acesso em 20-jul-15.

SETTI, Arnaldo Augusto; LIMA, Jorge Enoch Furquim Werneck; CHAVES, Adriana
Goretti de Miranda; PEREIRA, Isabella de Castro. **INTRODUÇÃO AO
GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS**

http://www.aneel.gov.br/biblioteca/downloads/livros/introducao_gerenciamento.pdf

SIAGAS. **Sistema de Informações de Águas Subterrâneas** Disponível em

<http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/> Acesso em 29-fev-16.

SILVA, R. B. G. da, Águas subterrâneas: um valioso recurso que requer proteção. São
Paulo: Dae, 2004

STRUCKMEIER, W; RUBIN, Y; Jones, J.A.A. **Água subterrânea- reservatório para
um planeta com sede**. Ciências da terra para a sociedade. Planeta Terra
PlanetearthDisponível em:

http://www.yearofplanetearth.org/content/downloads/portugal/brochura2_web.pdf

Último acesso em 15Mar.2015.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. WHO - Guidelines for drinking - water
quality, 3rd ed. Geneva: WHO, 2004. Disponível em

<http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/GDWQ2004web.pdf> Acesso em:

28 Out.2015.

YAMAGUCHI, M. U.; CORTEZ, L. E. R.; OTTONI, L. C. C.; OYAMA, J. Qualidade
microbiológica da água para consumo humano em instituição de ensino de Maringá-PR.
Revista: O mundo da saúde, São Paulo. 2013; 37(3). 312-320

ZIMBRES, E. **Água Subterrânea**. Disponível em:

<http://www.meioambiente.pro.br/agua/guia/aguasubterranea.htm> Acesso em 7 de

setembro 2015.

ZOBY, J. L.G.;OLIVEIRA, F. R.; Panorama da Qualidade das Águas Subterrâneas no

**Brasil. Agência Nacional de Águas – Ministério do Meio Ambiente -
Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos - Superintendência de
Conservação de Água e Solo, Brasília, Maio.2005. Disponível em**

http://www.ana.gov.br/pnrh_novo/documentos/02b%20Panorama%20da%20Qualidade%20%C1guas%20Subterr%20neas/VF%20Qualidade%20AguasSubterraneas.pdf

Acesso em: 18 Abr.2006