



UNILAB

**UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL
DA LUSOFONIA AFRO-BRASILEIRA
INSTITUTO DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA
ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS,
AMBIENTAIS E ENERGÉTICOS**

ADNA ALVES DE SOUZA SILVA

**PARAMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS DA ÁGUA
DESTINADA AO CONSUMO HUMANO EM IRAQUARA-BA**

SÃO FRANCISCO DO CONDE

2018

ADNA ALVES DE SOUZA SILVA

**PARAMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS DA ÁGUA
DESTINADA AO CONSUMO HUMANO EM IRAQUARA-BA.**

Monografia apresentada ao Curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Gestão de Recursos Hídricos, Ambientais e Energéticos da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Gestão de Recursos Hídricos, Ambientais e Energéticos.

Orientador: Prof. Dr. Cícero de Souza Lima

SÃO FRANCISCO DO CONDE

2018

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Sistema de Bibliotecas da Unilab
Catalogação de Publicação na Fonte

S578p

Silva, Adna Alves de Souza.

Parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água destinada ao consumo humano em Iraquara-BA / Adna Alves de Souza Silva. - 2018.

29 f. : il. mapas, color.

Monografia (especialização) - Instituto de Educação a Distância, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, 2018.

Orientador: Prof. Dr. Cícero de Souza Lima.

1. Abastecimento de água - Iraquara (BA). 2. Água - Análise. 3. Água - Microbiologia - Iraquara (BA). 4. Água potável - Contaminação - Iraquara (BA).
I. Título.

BA/UF/BSCM

CDD 628.16108142

ADNA ALVES DE SOUZA SILVA

**PARAMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS DA ÁGUA
DESTINADA AO CONSUMO HUMANO EM IRAQUARA-BA**

Monografia julgada e aprovada para obtenção do título de Especialista em Gestão de Recursos Hídricos, Ambientais e Energéticos da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira.

Data: 10/11/2018

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Cícero de Souza Lima (Orientador)

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

Prof.^a Me.^a Malena Gomes Martins

Associação WorlFund Brasil, STEM, Brasil

Prof. Francisco Alberto Saraiva

Secretaria de Educação Básica, EEM Ana Bezerra de Sá

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo milagre da vida.

A minha família pelo apoio incondicional.

À Universidade da Integração da Lusofonia Afro-Brasileira-UNILAB, pela oportunidade de realizar a especialização em Gestão de Recursos Hídricos Ambientais e Energéticos.

Ao Professor Cícero Souza Lima pela orientação desta monografia.

À Banca examinadora pelas contribuições para aperfeiçoamento deste trabalho.

Aos colegas de turma (Bahia e Ceará) pelo compartilhamento de saberes.

RESUMO

A qualidade da água de consumo humano, é um importante aspecto da gestão de sistemas de abastecimento e da saúde pública. A água bruta, oriunda de aquíferos, necessita de tratamento para a sua desinfecção e assim tornar-se potável, entretanto ao longo da rede de distribuição pode ocorrer contato com impurezas que contaminariam a água distribuída e que podem provocar problemas de saúde aos usuários. Sendo assim, torna-se necessário manter a potabilidade e a ausência de patógenos ao longo da rede de distribuição. O objetivo deste trabalho é descrever os dados referentes ao monitoramento da água para consumo humano no município de Iraquara -BA entre os anos 2015-2018. Foi realizado um estudo descritivo, a partir da análise de laudos sobre amostras de água emitidos pelo Laboratório Central de Saúde Pública Professor Gonçalo Moniz (LACEN/BAHIA) e disponibilizados pela Vigilância Sanitária e Ambiental referente aos parâmetros: cloro residual livre, potencial hidrogeniônico- pH, cor aparente, turbidez, coliformes totais e *Escherichia coli*. Foram analisados 261 laudos, de amostras oriundas de 114 pontos de coleta. Destes, 42 amostras apresentaram pelo menos algum resultado analítico fora do padrão de potabilidade. Ressalta-se a elevada detecção de *E.coli* (69,05% das amostras consideradas insatisfatórias). Uma provável explicação para estes resultados na sede do município é proximidade da fonte de captação do local de deposição de esgoto da cidade, por eventuais falhas estruturais na rede de abastecimento e local de armazenamento da água. Há necessidade de análise conjunta da Vigilância Sanitária e Ambiental e demais membros da Gestão Municipal de forma periódica e oportuna, com vistas a subsidiar o planejamento e o direcionamento das ações sobre o uso da água do município de Iraquara-BA.

Palavras-chave: Abastecimento de água - Iraquara (BA). Água - Análise. Água - Microbiologia - Iraquara (BA). Água potável - Contaminação - Iraquara (BA).

ABSTRACT

The quality of water for human consumption is an important aspect of the management of supply systems and public health. Raw water, from aquifers, requires treatment for its disinfection and thus becomes drinkable, however along the distribution network there may be contact with impurities that would contaminate the distributed water and that can cause health problems to users. Therefore, it is necessary to maintain the potability and absence of pathogens along the distribution network. The objective of this work is to describe the data referring to the monitoring of water for human consumption in the municipality of Iraquara -BA between the years 2015-2018. A descriptive study was carried out, based on the analysis of reports on water samples issued by the Central Laboratory of Public Health Professor Gonçalo Moniz (CLPH/ BAHIA) and provided by Sanitary and Environmental Surveillance referring to the parameters: free residual chlorine, hydrogenation potential- pH, apparent color, turbidity, total coliforms and *Escherichia coli*. We analyzed 261 reports of samples from 114 collection points. Of these, 42 samples presented at least some analytical results out of the potability standard. It stands out the high detection of *E.coli* (69.05% of samples considered unsatisfactory). A probable explanation for these results at the municipality's headquarters is proximity to the source of capture of the city's sewage site, due to possible structural faults in the water supply network and water storage location. There is a need for a joint analysis of the Sanitary and Environmental Surveillance and other members of Municipal Management in a regular and timely manner, with a view to subsidizing planning and directing actions on water use in the municipality of Iraquara-BA

Keywords: Drinking water - Contamination - Iraquara (BA). Water - Analysis. Water - Microbiology - Iraquara (BA). Water supply - Iraquara (BA).

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valor Máximo permitido-VMP de acordo com a portaria MS/GM 2914/2011 consolidada na portaria nº 5/2017, valores mínimos, médios (\pm desvio padrão) e máximos dos parâmetros: cloro residual livre, potencial hidrogeniônico-pH, cor aparente e turbidez, considerados em 261 laudos de amostras de água coletadas pela VISAM e analisadas pelo Lacen entre os anos de 2015 e 2018 no município de Iraquara-BA.

LISTA DE SIGLAS

EMBASA	Empresa Baiana de Águas e Saneamento
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LACEN	Laboratório Central de Saúde Pública Professor Gonçalo Moniz
OMS	Organização Mundial de Saúde
SPD	Subprodutos da Desinfecção
VIGIAGUA	Programa Nacional de Vigilância da Água para Consumo Humano
VISAM	Vigilância Sanitária e Ambiental
VMP	Valores Máximos Permitidos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	JUSTIFICATIVA	12
1.2	OBJETIVOS	13
1.2.1	Objetivo geral	13
1.2.2	Objetivos específicos	13
2	REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1	ÁGUA, QUANTIDADE E DISTRIBUIÇÃO	13
2.2	GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E PROBLEMAS SANITÁRIOS	14
2.3	PARÂMETROS DE POTABILIDADE DA ÁGUA MONITORADOS PELO PROGRAMA NACIONAL DE VIGILÂNCIA DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO- VIGIAGUA	15
2.3.1	Cloro residual livre	15
2.3.2	Potencial hidrogeniônico - pH	16
2.3.3	Cor aparente	16
2.3.4	Turbidez	17
2.3.5	Coliformes totais	17
2.3.6	Coliformes termotolerantes - <i>Escherichia coli</i>	17
3	METODOLOGIA	18
3.1	ÁREA DE ESTUDO	18
3.2	DELINEAMENTO AMOSTRAL	19
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
4.1	PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA ÁGUA	20
4.2	PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS DA ÁGUA	24
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	27
	REFERÊNCIAS	28

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso indispensável a existência de vida, sua quantidade e qualidade está fortemente ligada à qualidade de vida e à saúde humana. Nesse sentido, a normatização, o monitoramento e avaliação da potabilidade da água destinada ao consumo humano é de fundamental relevância tanto em aspectos de saúde pública quanto para a gestão de recursos hídricos.

As águas subterrâneas, em muitas regiões, constituem-se a principal fonte de água potável para o consumo humano. No Brasil, 51% da população urbana em aproximadamente 52% dos municípios é abastecida por água oriunda de mananciais subterrâneos (HIRATA et al., 2016). Em Iraquara, cidade do interior da Bahia, o sistema de abastecimento de água é por captação de poços tubulares, sendo que o principal deles - Poço de Manoel Félix, localiza-se na sede do município e fornece água para a sede, comunidades adjacentes e algumas cidades vizinhas. Tal fato eleva as atenções com o seu estado de conservação e possibilidade de contaminação por diferentes tipos de poluentes.

Alterações de qualidade das águas subterrâneas podem se dar de formas naturais ou antrópicas. De acordo com Santos (2011) embora a água subterrânea da região de Iraquara possa ser considerada de boa qualidade no tocante a características hidroquímicas, existe potenciais fontes de contaminação das águas subterrâneas como os esgotos domésticos, e a contaminação natural das águas localizadas nas áreas de influência de anomalias geoquímicas. Além disso, ao longo do sistema de distribuição, os reservatórios destinados a armazenar água pode alterar a qualidade da água disponibilizada à população em especial nos estabelecimentos de saúde e pontos comerciais.

A Empresa Baiana de Águas e Saneamento- EMBASA, responsável pelo abastecimento na cidade de Iraquara e na vila de Iraporanga utiliza três poços para abastecimento do município, dois destes localizados na fazenda abelha próximo ao poço Manoel Félix. A vila de Iraporanga é abastecida com água captada em um poço localizado na própria vila. Segunda a gerência local da EMBASA (conversa informal) a água captada nos poços de propriedade da própria empresa é enviada para a Estação de Tratamento e frequentemente analisada em laboratório próprio da empresa antes de ser distribuída para a população. Grande parte do município é abastecido pelo sistema autônomo de abastecimento alguns sob gerencia da

CENTRAL. Além disso, a prefeitura oferece a população especialmente da sede e comunidades vizinhas, de forma complementar ao abastecimento da EMBASA carros pipas de água proveniente do poço Manoel Félix e para alguns estabelecimentos públicos galões de água proveniente do chafariz do povoado Quixaba.

Há, no entanto, parâmetros da qualidade das águas considerados pela Organização Mundial de Saúde- OMS e Ministério da Saúde sendo que alguns destes definidos na portaria 2.914, de 12 de dezembro de 2011 (BRASIL, 2011) e consolidados na portaria nº 5 de 2017 tais parâmetros são monitorados pelo Programa Nacional de Vigilância da Água para Consumo Humano -Vigiagua.

Nesse sentido, uma análise conjunta de parâmetros de qualidade da água no tempo/espaço poderá esclarecer a seguinte questão. Há variação na potabilidade da água destinada ao consumo humano no município de Iraquara-BA? Em quais parâmetros? E em quais locais?

1.1 JUSTIFICATIVA

Para a Gestão de recursos hídricos em qualquer escala é imprescindível a compreensão da qualidade deste recurso, especialmente se a destinação da água for o consumo humano. Maior atenção deve ser dispensada se houver indícios de contaminação no aquífero ou em reservatórios.

De acordo com Santos (2011) o sistema aquífero de Iraquara apresenta relativa vulnerabilidade à contaminação, além disso, o município é abastecido majoritariamente por água subterrânea (SANTOS, 2017). Além do risco de contaminação dos mananciais subterrâneos, pode haver alterações nos parâmetros de potabilidade da água desde os locais de captação e tratamento quanto ao longo da rede e nos locais de armazenamento. Quando há alteração na potabilidade da água, além do comprometimento da qualidade da água pode desencadear em problemas de saúde para a população.

O monitoramento da água realizado pela Vigilância Sanitária e Ambiental - VISAM de Iraquara tem oferecido importantes informações sobre a potabilidade da água neste município, porém pontuais e não analíticos, não refletindo um panorama espacial e temporal dos recursos hídricos que são consumidos pela população local.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo central deste trabalho é avaliar se há variabilidade na potabilidade da água destinada ao consumo humano em Iraquara-BA entre os anos de 2015 e 2018 segundo parâmetros monitorados pelo Vigiagua.

1.2.2 Objetivos específicos

- Verificar se há variação nas concentrações de cloro residual livre como também se há alteração do pH, na cor aparente e na turbidez da água;
- Analisar se há presença dos contaminantes biológicos - coliformes totais e *Escherichia coli* na água destinada ao abastecimento humano no município de Iraquara-BA.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ÁGUA, QUANTIDADE E DISTRIBUIÇÃO

A maior parte dos recursos hídricos (97%) existente na terra é imprópria para o consumo humano por ser altamente salgada. Os 3% restantes é água doce, todavia (2,2%) desta água doce encontra-se sob a forma de geleiras. Dos 0,8% da água doce disponível para consumo no mundo, grande parte (97%) encontra-se no subsolo sob a forma de aquíferos subterrâneos o que dificulta o seu acesso (VON SPERLING, 2005).

O Brasil possui aproximadamente 12% da água doce do planeta, no entanto, a maior parte desta água encontra-se na região norte do país, e apenas 3,3% encontra-se na região nordeste (ANA, 2018). Destaca-se que a maior parte da população urbana do Brasil (51%) é abastecida por água proveniente de aquíferos subterrâneos (HIRATA et al., 2016)

2.2 GESTÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E PROBLEMAS SANITÁRIOS

Um dos maiores desafios na área ambiental em várias regiões do mundo é a garantia de acesso a água para consumo humano, bem como às informações sobre a qualidade deste recurso. No Brasil, informações que se tem ainda são incipientes, falta aprimorar a frequência, os parâmetros e o número de pontos de amostragem.

De acordo com Santos (2011), o sistema aquífero da região de Iraquara é do tipo cárstico-fissural, Domínio do Grupo Una (Bacia de Irecê). Assim, apresenta características positivas no que se refere a renovação das águas subterrâneas, contudo pode ser vulnerável à contaminação por poluentes, fato esse que ocasiona preocupação no tocante a aspectos qualitativos, em especial para o consumo doméstico.

Destaca-se que a água potável segura, é compreendida como aquela que não representa risco para a saúde ao longo de toda uma vida de consumo, incluindo diferentes sensibilidades que pode ocorrer entre os estágios da vida (OMS, 2011) ou seja: isenta de substâncias químicas ou organismos que ofereça risco a saúde humana; deve ainda apresentar baixa agressividade e dureza, ser esteticamente agradável em termos de cor, turbidez, sabor e odor (VON SPERLING, 2005).

A contaminação dos recursos hídricos, compreendida como a presença de substâncias ou microrganismos danosos à saúde (BRAGA et al., 2005), pode ocorrer em aquíferos subterrâneos de forma natural e/ou antrópica. Quando a contaminação é de origem natural, geralmente estão ligadas ao intemperismo devido à dissolução de rochas, o escoamento e infiltração no solo. Neste caso os contaminantes mais comuns são: ferro, manganês e flúor, e em concentrações menores arsênio, cádmio, chumbo, zinco, cobre, bário (HIRATA et al., 2016; MOTTA et al., 2014; SANTOS, 2011; VON SPERLING, 2005).

Por outro lado, as fontes antrópicas de contaminação dos recursos hídricos subterrâneos relacionam-se às atividades domésticas, industriais e agrícolas. Estas podem inserir poluentes de diversas naturezas como microrganismos patogênicos, componentes químicos, metais, nutrientes e alguns compostos orgânicos e inorgânicos (NANNI et al., 2012; SANTOS, 2011). Um dos contaminantes mais comuns e igualmente preocupante de fonte antrópica é o nitrato. A contaminação de aquíferos por nitrato é principalmente devido a precariedade dos sistemas de esgotamento sanitário, este contaminante chama atenção do ponto de vista

ambiental devido a sua grande mobilidade e persistência em condições aeróbicas (COSTA et al., 2016; SANTOS, 2011)

Um dos agravos à saúde humana decorrente da ingestão e ou contato com água contaminada é a aquisição de doenças de veiculação hídrica como a amebíase, giardíase, cólera, diarreias, ascaridíase e leptospirose (BRASIL, 2018).

Convém destacar que a contaminação do aquífero difere da contaminação do poço, a primeira tem forte relação com a infiltração de poluentes de origem antrópica ou natural, enquanto a segunda pode estar relacionada estrutura física do reservatório e a não adoção de normas técnicas (HIRATA et al., 2016).

2.3 PARÂMETROS DE POTABILIDADE DA ÁGUA MONITORADOS PELO PROGRAMA NACIONAL DE VIGILÂNCIA DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO-VIGIAGUA

Frente a inquestionável informação de que o acesso a água potável segura é essencial para a saúde e um direito humano básico, a Organização Mundial da Saúde (OMS) na quarta edição do guia para a qualidade de água para o consumo humano em uma escala mundial, lançada em 2011 reformula e propõe novas diretrizes entre as quais, riscos microbianos, contaminantes químicos e valores de referência.

Não obstante, o Ministério da Saúde por meio da Portaria GM/MS nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011 estabelece o padrão de potabilidade da água. Essa legislação, vigente hoje no Brasil também se encontra consolidada na portaria nº 5 de 2017. Nesta, tem-se definidos, os Valores Máximos Permitidos- VMP para cada parâmetro da qualidade da água para consumo humano. Entre esses parâmetros, estão os relacionados às substâncias químicas subdivididas em: inorgânicas (15), orgânicas (15), agrotóxicos (27), além dos desinfetantes e produtos secundários da desinfecção (7) (BRASIL, 2011).

2.3.1 Cloro residual livre

O cloro é um produto químico amplamente utilizado na desinfecção da água devido à sua eficácia, simplicidade de aplicação e custo reduzido (DANIEL et al., 2001). Sua medida é importante e serve para controlar a dosagem que está sendo

aplicada e também para acompanhar sua evolução durante o tratamento, os principais produtos utilizados são: hipoclorito de cálcio, cal clorada, hipoclorito de sódio e cloro gasoso (FUNASA, 2013). De acordo com a portaria MS/GM nº 2914/2011 e MS nº 5/2017 é obrigatório a manutenção de no mínimo, 0,2 mg/L de cloro residual livre e no máximo 2 mg/L em toda a extensão do sistema de distribuição (reservatório e rede) (BRASIL, 2011, 2017).

O teor do residual de cloro ou cloro residual livre é um dos principais indicadores da qualidade da água em sistemas de abastecimento. Destaca-se que a capacidade residual é uma característica peculiar do cloro, isso porque a presença de uma certa concentração de desinfetante no trajeto entre a estação de tratamento e a residência do consumidor, confere à água um grau maior de proteção (SILVA, 2017). Contudo, conforme Silva (2017), uso do cloro como desinfetante pode ocasionar a formação de subprodutos da desinfecção (SPD), gerados das reações químicas entre o cloro e matéria orgânica natural (ácidos húmicos e fúlvicos) presente na água. Alguns destes SPD oferecem riscos à saúde humana devido ao seu potencial cancerígeno.

2.3.2 Potencial hidrogeniônico- pH

O potencial hidrogeniônico que confere a acidez, neutralidade e alcalinidade a água, a faixa do pH varia de 0 a 14. Atribuído a sólidos e gases dissolvidos, pode ter origem natural e antrópica. Na primeira situação, pode ser originário de dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, oxidação de matéria orgânica e fotossíntese. Já na segunda, provem de despejos domésticos e industriais. A exceção de valores extremos, não oferece risco a saúde humana, contudo pH ácidos ou básicos pode danificar a estrutura da rede de abastecimento (VON SPERLING, 2005; OMS, 2011).

2.3.3 Cor aparente

A cor aparente é atribuída aos sólidos dissolvidos presentes na água cuja origem pode ser natural ou antropogênica. Quando natural, pode ser produto da decomposição de matéria orgânica (principalmente vegetais) ou originária do ferro ou manganês. Quando antropogênica, pode estar relacionado a resíduos industriais

e/ou esgotos domésticos. Geralmente quando a origem é natural não apresenta risco a saúde humana, contudo a matéria orgânica dissolvida pode gerar produtos potencialmente cancerígenos. Já a coloração de origem industrial pode ou não apresentar toxicidade (VON SPERLING, 2005; OMS, 2011).

2.3.4 Turbidez

A turbidez da água é atribuída às partículas sólidas em suspensão que diminuem a sua transparência conferindo uma aparência turva a mesma. Alterações na turbidez podem ocorrer por origem natural, como partículas de rocha, argila, silte, algas e outros microrganismos ou de origem antropogênica como processos erosivos, presença de detritos orgânicos devido a presença de esgotos domésticos, industriais e microrganismos. A turbidez reduz a eficiência da cloração devido ao “efeito escudo” atribuído aos microrganismos patogênicos, impedindo a ação da desinfecção. (DANIEL et al., 2001; VON SPERLING, 2005) Além disso, por se tratar de um parâmetro estético, pode haver variação a depender do nível de água presente nos reservatórios.

2.3.5 Coliformes totais

Coliformes totais são Bactérias de gêneros como *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter*, etc. pertencentes ao grupo dos coliformes. São microrganismos aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativos, fermentam a lactose com produção de ácido, gás e aldeído a $35,0 \pm 0,5^{\circ}$ C em 24-48 horas. Estas bactérias são encontradas no solo, na vegetação, nos intestinos e nas fezes de animais de sangue quente a exemplo do homem. Geralmente não são patogênicos, contudo, quando encontrados em água potável são indicativos da presença potencial de organismos patógenos prejudiciais à saúde humana (FUNASA, 2013; METCALF; EDDY, 2015).

2.3.6 Coliformes termotolerantes - *Escherichia coli*

Os coliformes termotolerantes compreende ao subgrupo das bactérias do grupo coliforme que fermentam a lactose a $44,5 \pm 0,2^{\circ}$ C em 24 horas; o principal

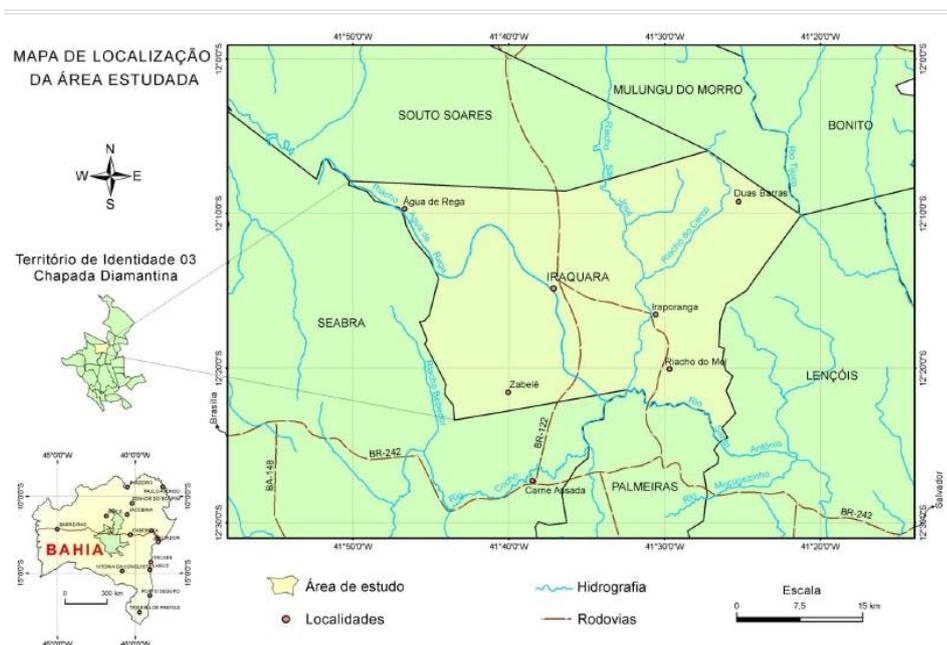
representante deste grupo é a espécie *Escherichia coli* cuja origem é exclusivamente fecal. Essa bactéria fermenta a lactose e manitol, com produção de ácido e gás a $44,5 \pm 0,2^{\circ}$ C em 24 horas, é considerado o mais específico indicador de contaminação fecal recente como também indicador potencial da presença de organismos patogênicos (FUNASA, 2013; OMS, 2011)

3 METODOLOGIA

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo situa-se na porção centro-norte do estado da Bahia, região da Chapada Diamantina localizada entre as coordenadas $12^{\circ} 15' 03''$ S e $41^{\circ} 37' 11''$ W. O clima é do tipo Aw na classificação de Köpen, tropical, com temperatura e precipitação média anual de $22,1^{\circ}$ C e 761 mm. (Climate, 2018). O município possui uma área de 991,822 km² e uma população total estimada em estimada 24.942 pessoas habitantes (IBGE, 2018). Segundo O IBGE em 2008, 4778 imóveis, sendo 4437 residências eram abastecidos com água, contudo não há no município rede de esgotos.

Figura 1 - Mapa com a localização da área de estudo



Fonte: Santos (2011).

3.2 DELINEAMENTO AMOSTRAL

Esta pesquisa é do tipo análise documental com uma abordagem qualitativa e quantitativa, neste foram analisados relatórios produzidos pelo Laboratório Central de Saúde Pública Professor Gonçalo Moniz (LACEN/BAHIA) e disponibilizados pela VISAM-Iraquara. Os relatórios referem-se a 261 amostras de água coletadas pela VISAM em 114 pontos na cidade de Iraquara entre os anos de 2015 e 2018. Destes, 100 pontos são torneiras, reservatórios fixos, estações de tratamento e cavaletes e 14 poços tubulares situados na sede e zona rural do município.

A seleção dos pontos baseou-se na existência de dados para pelo menos 2 parâmetros como também ser fonte de abastecimento para consumo humano dentro do município. Para as amostras obtidas em poços não há dados para o parâmetro “cloro residual livre”. Em sete dos 114 pontos de amostragem, foram feitas nove ou mais coleta de água nos anos 2015, 2017 e 2018 assim, optou-se em analisar estes pontos em conjunto e também um subconjunto somente com eles. O ano 2016 foi desconsiderado por ter poucos dados ou pela ausência de amostragem.

As informações obtidas foram compiladas no software Excel em seguida construiu-se gráficos e tabelas. Os dados obtidos foram analisados tomando como referência a Portaria GM/MS nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011 consolidada na portaria nº 5 de 2017, a literatura especializada e estudos prévios já realizados no município a exemplo de Santos, 2011.

Para os parâmetros cloro residual livre, pH, turbidez e cor aparente foram obtidos valores mínimos, máximo, a média e desvio padrão. Nos pontos onde houve nove ou mais amostras obtidas ao longo dos 3 anos foram construídos gráficos. Para os parâmetros biológicos “coliformes totais” e “*Escherichia coli*” calculou-se os percentuais de presença e ausência. Por fim, é apresentado uma descrição das amostras consideradas impróprias para o consumo humano.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA ÁGUA

O parâmetro “cloro residual livre” variou entre 0 e 20 mg/L média 0,39, já o “pH” a variação foi entre 5,14 e 8,30 média 7,40, para “turbidez” registrou-se valores entre 0,02 e 84,7 uT e média 1,68, no entanto a maior variação foi detectada para o parâmetro “cor aparente” em que obteve-se valores entre 0 e 320 uT média 3,75 (tabela 1). Para o parâmetro “cloro residual livre” 85 amostras de 56 pontos (excluindo os poços por se tratar de água bruta), estiveram abaixo de 0,2 mg/L e uma (proveniente da ETA) esteve acima de 2,0 mg/L. Quando considerada a “cor aparente” 13 amostras de 11 pontos (três destes eram poços) esteve acima do Valor Máximo Permitido- VMP pela legislação. Além disso, 16 amostras oriundas de 13 pontos de coleta (três destes eram poços) apresentaram turbidez acima do VMP pela legislação.

Tabela 1 - Valor Máximo permitido-VMP de acordo com a portaria MS/GM 2914/2011 consolidada na portaria nº 5/2017, valores mínimos, médios (\pm desvio padrão) e máximos dos parâmetros: cloro residual livre, potencial hidrogeniônico-pH, cor aparente e turbidez, considerados em 261 laudos de amostras de água coletadas pela VISAM e analisadas pelo Lacen entre os anos de 2015 e 2018 no município de Iraquara-BA.

Parâmetro	VMP	Mínimo	Média (\pm SD)	Máximo
Cloro residual livre (mg/L)	0,2 a 2,0	0	0,39 (\pm 1,27)	20
pH	6 a 9,5	5,14	7,40 (\pm 0,54)	8,30
Cor aparente (uH)	15	0	3,75 (\pm 22,66)	320
Turbidez (uT)	5	0,02	1,68 (\pm 7,18)	84,7

Fonte: a autora.

Tomando como referência o subconjunto dos sete pontos de coleta com maior número de amostras disponível (doravante identificados pelas siglas CAPS, CEO, CRMF, CRP, ETA, HAC, PMF) observa-se uma tendência similar a do conjunto de todas as amostras; ou seja, pouca variação nos parâmetros “cloro residual livre”. Na série histórica (anos 2015, 2017 e 2018), observa-se que houve um aumento subsequente entre os anos, e a prevalência de valores mais elevados nos pontos CRMF e ETA (Figura 2).

Figura 2 - Gráfico dos valores médios do parâmetro “cloro residual livre” para os seis pontos de coleta de água nos anos 2015, 2017 e 2018 no município de Iraquara-BA. O outlier foi suprimido para melhor visualizar a maioria dos dados.

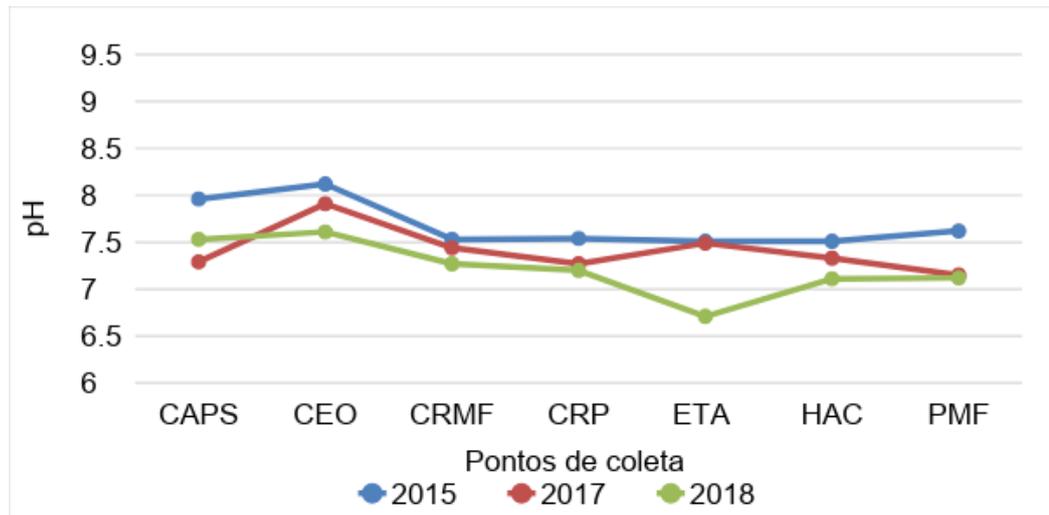


Fonte: a autora.

De acordo com recomendação da portaria MS/GM 2.914/2011 e MS nº 5/2017 é obrigatório a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L de cloro residual livre e, no máximo, o teor de 2 mg/L em qualquer ponto do sistema de abastecimento. A média de valores para cloro residual livre detectados nas amostras está dentro dos limites recomendados pelo ministério da saúde. Contudo, 85 amostras coletados em 56 pontos que inclui estações de estações de tratamento, cavaletes, estabelecimentos de ensino, comerciais e de saúde (excluindo os poços por se tratar de água bruta), estiveram abaixo de 0,2 mg/L e uma amostra proveniente da ETA esteve acima de 2,0 mg/L, portanto fora dos valores recomendados. Convém destacar que a presença de desinfetantes como o cloro em concentração abaixo do mínimo recomendado não proporciona a desinfecção da água (DANIEL et al., 2001).

Ainda em relação aos sete pontos de coleta com maior número de amostras disponível, porém agora em relação ao ‘pH’, observa-se pouca variação Na série histórica (anos 2015, 2017 e 2018), observa-se o oposto do que ocorreu para o “cloro” ou seja, houve uma redução sequencial entre os anos (Figura 3).

Figura 3 - Gráfico dos valores médios do parâmetro “pH” para sete pontos de coleta de água nos anos 2015, 2017 e 2018 no município de Iraquara-BA.



Fonte: a autora.

O pH da água de consumo humano em Iraquara, está dentro do padrão recomendado pelo Ministério da saúde, os resultados encontrados neste trabalho valor mínimo de 5,14, média de 7,40 e máximo de 8,30 média divergem dos valores encontrados na mesma cidade por Santos (2011), que registrou valores mínimos em torno de 4,8, valor médio de 6,5 e máximo de 7,2. Portanto as águas analisadas por Santos (2011) tendem a maior acidez, enquanto das descritas aqui tendem a ser mais alcalinas. No subconjunto de pontos de coleta com maior número de amostras, a variação do parâmetro “cor aparente” ocorreu dentro do valor aceitável (Figura 4).

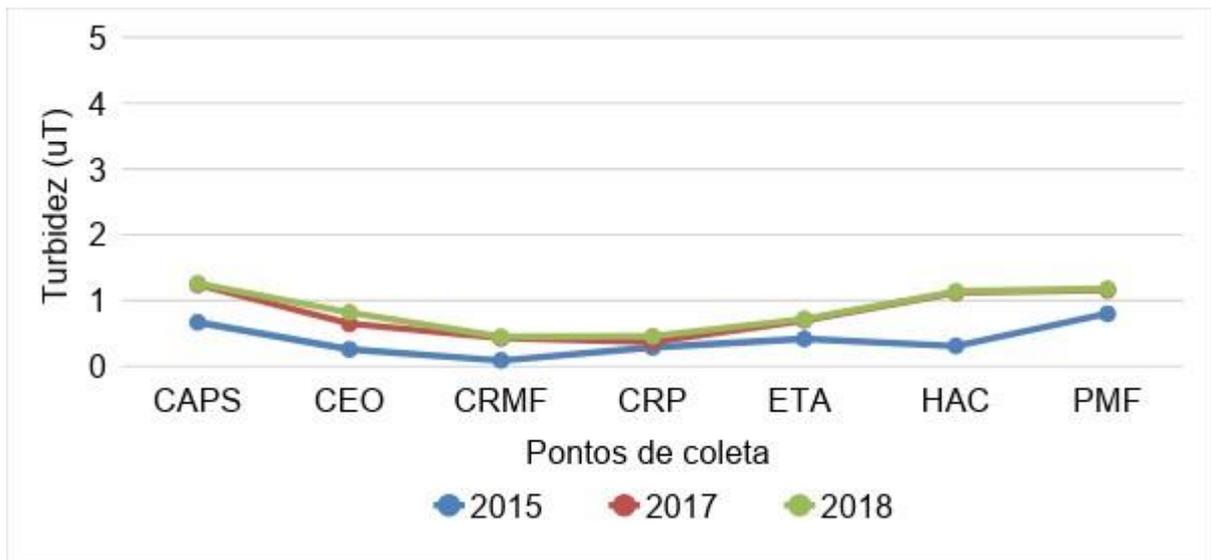
Figura 4 - Gráfico dos valores médios do parâmetro “cor aparente” para sete pontos de coleta de água nos anos 2015, 2017 e 2018 no município de Iraquara-BA.



Fonte: a autora.

Em relação ao parâmetro “turbidez”, embora no total de amostras tenham ocorrência de amostras em desacordo, para o subconjunto com sete pontos os valores estão dentro da normalidade (Figura 5).

Figura 5 - Gráfico dos valores médios do parâmetro “pH” para sete pontos de coleta de água nos anos 2015, 2017 e 2018 no município de Iraquara-BA.



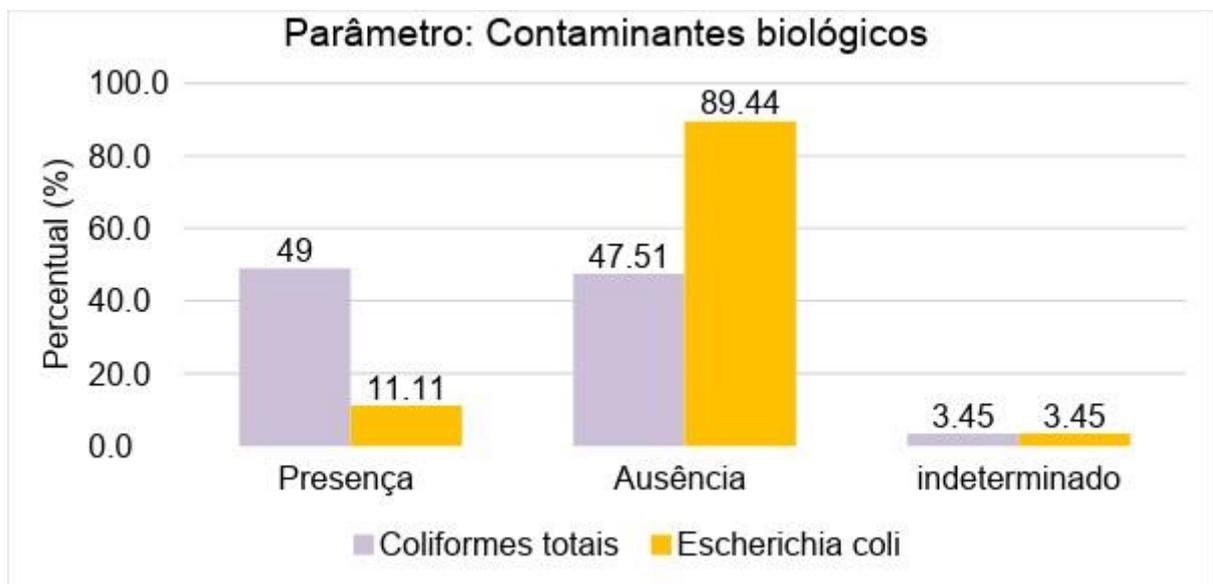
Fonte: a autora.

Se por um lado o cloro é uma substância introduzida proposadamente para correção da água, os também parâmetros de potabilidade, “turbidez” e “cor aparente” são propriedades organolépticas da água e podem, a depender da situação, comprometer a ação deste desinfetante. Entre a maioria das amostras analisadas, estes parâmetros estiveram dentro das recomendações da legislação vigente, contudo, aproximadamente 5% das amostras apresentaram valores acima do VMP para estes parâmetros. A razão para estas variações pode ser porque tanto turbidez quanto a cor podem sofrer variação de acordo com características estruturais dos reservatórios e da rede, como também à ocorrência de chuva em dias próximos à coleta e o volume de água presente no reservatório. Além disso a variação na cor das águas pode ser devido a alta concentração de elementos como o ferro e manganês em algumas regiões do município (SANTOS, 2011).

4.2 PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS DA ÁGUA

Em relação ao parâmetro biológico “coliformes totais”, este foi registrado em 128 amostras (49,04%) do total. Já o parâmetro “*Escherichia coli*” esteve presente em 29 amostras, (11,11%) do total analisado (Figura 6).

Figura 6 - Gráfico do resultado em porcentagem da avaliação da presença e ausência dos parâmetros biológicos “coliformes totais” e “*Escherichia coli*” em 261 laudos de amostras de água coletadas pela VISAM e analisadas pelo Lacen entre os anos de 2015 e 2018 no município de Iraquara-BA.



Fonte: a autora.

Dentre as 261 amostras analisadas, 42 (16,09% do total analisado) foram classificadas como insatisfatória, ou seja, imprópria para o consumo humano. Em 29 (69 % das amostras insatisfatórias) houve presença de *E. coli*. Em 10 (24% das amostras insatisfatórias) a cor e turbidez estavam acima do valor de referência e em 3 (7% das amostras insatisfatórias) apenas o parâmetro turbidez estava acima do valor referencial (Figura 7). Nenhuma amostra foi considerada imprópria tomando como referência o parâmetro cloro residual livre.

Figura 7 - Amostras insatisfatórias



Fonte: a autora.

As amostras insatisfatórias foram obtidas em 29 pontos de coleta (11 na zona rural e 25 na zona urbana). Os pontos de coleta com maior quantidade de amostras insatisfatórias foram PMF (6 amostras) e TM (4 amostras).

No tocante aos contaminantes biológicos, chama atenção o alto registro de coliformes totais, contudo, este parâmetro isoladamente não torna a água imprópria para o consumo humano, quando detectado, são feitas recomendações para que a VISAM analise no contexto regional a causa da sua presença. Por outro lado, a alta contaminação por *E. coli* (69,05% das amostras insatisfatórias) é determinante para a potabilidade da água.

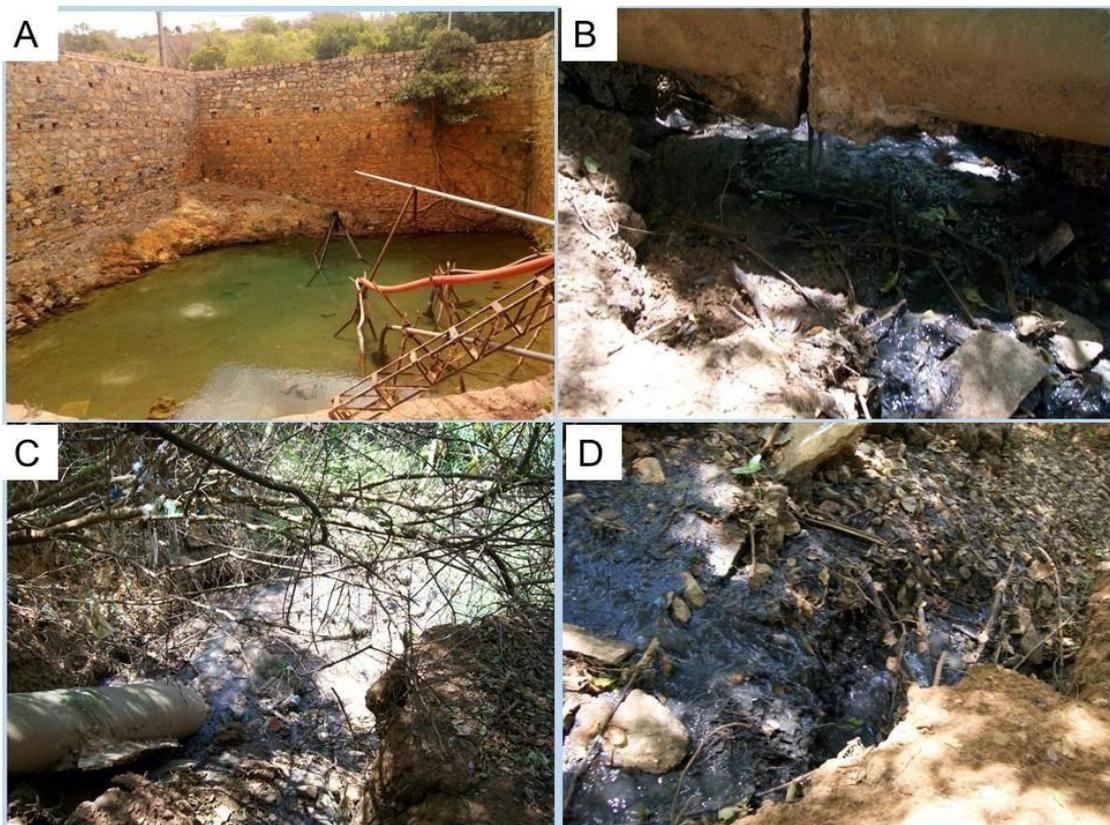
A presença de *E.coli* é água é um indicativo de contaminação da água por fezes de animais de sangue quente como o homem. Em caso de contaminação por *E.coli* uma das recomendações feitas pelo Ministério da Saúde no controle do processo de desinfecção da água, observando os valores do produto de concentração residual e o tempo de exposição do mesmo.

Nessa perspectiva, autores como Silva (2018); Franco; Arcos et al., (2018) também destacam elevada presença de contaminantes biológicos em amostras de água subterrânea destinada ao consumo humano, os autores atribuem essa contaminação à precariedade do esgotamento sanitário nas imediações dos locais amostrados. Especificamente para Iraquara, Santos (2011) também chama atenção

para a contaminação antrópica, particularmente através do lançamento de efluentes domésticos em fossas construídas em desacordo com os critérios técnicos (Figura 8). Não obstante, Santos et al., (2011) encontraram altas concentrações de Nitrato e cloreto nas águas subterrâneas deste município, os autores sugerem que tais contaminações, podem estão diretamente relacionadas a práticas agrícolas, através do uso de fertilizantes ricos em nitrogênio, e ao lançamento de esgotos domésticos em fossas.

Atualmente, segundo a VISAM, o poço Manoel Félix (Figura 8), uma das principais fontes de abastecimento da cidade encontra-se interditado para abastecimento humano, isso porque pela terceira vez consecutiva o resultado de amostra de água coletada neste local apresentou insatisfatório. Contudo, carros pipa continuam o abastecimento (observação pessoal). Além disso, embora a EMBASA não utilize diretamente a água do poço Manoel Félix, os poços para a captação de água situam nas imediações o que não descarta a possibilidade de a água proveniente destes poços possuírem características similares.

Figura 8 - Imagens do Poço Manoel Félix (A), irregularidade em dutos coletores de esgoto (B) e locais de deposição final do esgoto nas imediações do Poço Manoel Félix em Iraquara-BA (C) e (D).



Fonte: a autora.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O controle da qualidade da água para o consumo humano, é um importante aspecto do processo de gestão de sistemas de abastecimento e determinante para a saúde pública. Considerando-se o total de análises realizadas nos três anos (N= 261), 83,91% apresentaram resultado analítico dentro do padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria GM/MS nº 2.914/2011 e MS nº 5/2017. Apesar do elevado percentual de amostras em consonância com o disposto pela legislação, observa-se também um número relativamente alto de amostras com contaminantes biológicos. Foi registrada a presença de *E.coli* em 69,05% das amostras consideradas insatisfatórias. Tais resultados podem ser explicados na sede do município pela proximidade da fonte de captação do local de deposição de esgoto da cidade, pelas características geológicas do aquífero que é vulnerável a contaminação e também por eventuais falhas estruturais na rede de abastecimento e local de armazenamento da água. Daí a urgência em direcionar o sistema de esgotamento de forma adequada como também unir esforços para a garantia da oferta de água potável à população.

Os resultados que quantificaram “Cloro residual livre” nas amostras de água, mesmo que com média dentro do valor de referência indicado na portaria, devem ser considerados para o monitoramento da água no município especialmente em pontos que tem valores mais elevados e valores abaixo do recomendando, podendo inclusive direcionar ações como a correção em pontos estratégicos ao longo da rede.

Percebe-se a necessidade do desenvolvimento de outros estudos relacionando características da água com incidência de doenças no município. Como também o monitoramento de outros contaminantes a exemplo do nitrato já registrado em altas concentrações em estudos anteriores no município e a análise de vários pontos do aquífero com vistas a identificar se a fonte de contaminação é pontual ou difusa.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Disponível em <<http://www3.ana.gov.br/>> acesso 03 de setembro de 2018

BRAGA, B. et al. **Introdução à engenharia ambiental**. Pearson. 2ª ed. 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria Nº 2.914 de 12 de dezembro De 2011. **Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**. Disponível em <<bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>> acesso 20 de agosto 2018.

_____. Portaria de resolução nº 5 de 11 de dezembro 2017. **Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde**. Disponível em <<http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prc0005_03_10_2017.html>> acesso 20 de agosto de 2018

_____. **Qualidade da Água para Consumo Humano cartilha para promoção e proteção da saúde**. 2018, 51 p.

CLIMATE-DATA.ORG. Dados climáticos para cidades mundiais. Disponível em <<<http://pt.climate-data.org/>>> acesso 15 de setembro de 2018

COSTA, D. D. et al. The contamination of fresh water by nitrate: the background of the problem in Brazil, the consequences and the emerging solutions. REDE: **Revista Eletrônica do PRODEMA**, v. 10, n. 02, p. 49–61, 2016.

DANIEL, L. A. et al. **Processos de desinfecção e desinfetantes alternativos na produção de água potável**. Prosab, 1ª ed. 2001. 149 p.

FRANCO, A. de O. et al. Uso do solo e a qualidade da água subterrânea: estudo de caso do aquífero Rio Branco, Acre, Brasil. **Águas Subterrâneas - Seção Estudos de Caso e Notas Técnicas**, 2018.

FUNASA-Fundação Nacional da Saúde. **Manual prático de análise da água**. 4ª ed. Brasília, Funasa. 2013, 150p.

HIRATA, R. et al. As águas subterrâneas: longe dos olhos, longe do coração e das ações para sua proteção. **Acta Paulista de Enfermagem**, n. 6, vol.29, p.3-4, 2016

INSTITUTO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em <<<https://cidades.ibge.gov.br/>>> acesso 15 de setembro de 2018

METCALF, L.; EDDY, H. P. **Tratamento de efluentes e recuperação de recursos**. AECOM, 5ª ed. 2015, 2000 p.

MOTTA, J. G. et al. Qualidade da Água Subterrânea na Região do Médio Vale do Itajaí - SC. **UNOPAR Ciências, Biologia Saúde**, v. 16, n. 4, p. 283–292, 2014.

NANNI, A. S. et al. Avaliação da Influência das Atividades Antrópicas na Qualidade das Águas Subterrâneas no Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 17, n.2, p. 43-51, 2012.

OMS, O. W. H. **Guidelines for drinking-water quality**. 4ª ed. v. 38. 2011, 540 p.

SANTOS, R. A. **Hidrogeoquímica das águas subterrâneas do município de Iraquara, Bahia. 2011**. 114f. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011.

_____. **Hidrogeoquímica dos Domínios Cársticos de Irecê, Bahia, Brasil. 2017**. 82 f. Tese (Doutorado - Pós-Graduação em Geologia) - Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências, Salvador, 2017.

SANTOS, R. A. et al. **Variação espaço-temporal de teores de nitrato e cloreto nas águas subterrâneas da bacia carbonática de Irecê – Bahia, no período de 2000 – 2011**. In XVII Congresso Brasileiro de Água Subterrânea e XVIII Congresso Brasileiro de Perfuradores de Poços. 2011.

SILVA, G. B. da. **Decaimento de cloro residual livre em reservatórios de distribuição de água da cidade de Campina Grande – PB. 2017**. 72f. Dissertação (Mestrado em Engenharia civil e Ambiental) Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Campina Grande, 2017.

VON SPERLING, M. **Introdução a qualidade da água e ao tratamento de esgotos**. 3 ed. Belo horizonte Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 2005. 452p.