



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DE GOIÁS - Câmpus Itumbiara**

VALDENIR VIEIRA DA CRUZ

**ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA QUALIDADE DA ÁGUA DE POÇOS
ARTESANAIS NO MUNICÍPIO DE ITUMBIARA-GO**

ITUMBIARA-GO

2014

VALDENIR VIEIRA DA CRUZ

ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA QUALIDADE DA ÁGUA DE POÇOS ARTESANAIS NO MUNICÍPIO DE ITUMBIARA-GO

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Banca Examinadora do
Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de Goiás - Câmpus Itumbiara,
como parte dos requisitos para a obtenção
do título de Licenciado em Química.

Área de concentração: Química Ambiental.

Orientador: Prof. MSc. Fernando dos Reis
de Carvalho.

Coorientadora: Profa. Dra. Blyeny Hatalita
Pereira Alves.

ITUMBIARA-GO

2014

Ficha Catalográfica

C957a Cruz, Valdenir Vieira da
Análise físico-química da qualidade da água de poços
artesanais no município de Itumbiara-GO / Valdenir Vieira da
Cruz. - 2014.
58 f. : il.

Orientador: Fernando dos Reis de Carvalho.
Coorientadora: Blyeny Natalita Pereira Alves.

Trabalho de conclusão de curso (Licenciatura em química) -
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás,
campus Itumbiara, 2014.

1. Água. 2. Águas subterrâneas. 3. Abastecimento de água -
Poços. 4. Controle de qualidade da água - Itumbiara (GO). I.
Carvalho, Fernando dos Reis de. II. Título.

CDD 628.16

VALDENIR VIEIRA DA CRUZ

**ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA QUALIDADE DA ÁGUA DE POÇOS
ARTESANAIS NO MUNICÍPIO DE ITUMBIARA-GO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Departamento de Química do Instituto Federal de
Goiás – IFG – Câmpus Itumbiara, como parte das
exigências do curso de Licenciatura em Química
para obtenção do título de licenciado em Química.

Área de concentração: Química Ambiental

Aprovada em 01 de Agosto de 2014

Fernando R. Carvalho.

Prof. MSc. Fernando dos Reis de Carvalho
Orientador
IFG – Câmpus Itumbiara

Blyeny Hatalita P. Alves.

Profa. Dra. Blyeny Hatalita Pereira Alves
IFG – Câmpus Itumbiara

Katiúscia D. Ferreira.

Profa. MSc. Katiúscia Daiane Ferreira
IFG – Câmpus Itumbiara

**Itumbiara – Goiás - Brasil
Agosto – 2014**

*Aos meus pais, Pedro Vieira Neto e
Josefa Rosa dos Santos. A todos os meus familiares
e aos demais que estiveram presentes durante a minha
trajetória.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, que me deu forças e coragem para enfrentar cada obstáculo ao dessa longo caminhada e permitir a realização desse sonho. Sem Ele nada seria possível!

Aos meus pais, Josefa e Pedro, por terem me incentivado e apoiado sempre. A eles devo tudo e sei que estão felizes com essa minha conquista que, de coração, ofereço a eles. Eles foram minha maior inspiração, pois mesmo sem ter a oportunidade de estudar, enfrentaram os desafios para meus irmãos que eu e pudéssemos ter oportunidade de ir à escola. Muito obrigado, Mãe e Pai!

Aos meus irmãos, que sempre tiveram um carinho especial por mim. Especialmente Valdecir, Maria da Cruz e Valdileusa, que estiveram presentes ao longo dessa caminhada, me apoiando e ajudando sempre que eu precisei. Sem o suporte de vocês não teria conseguido. E aos meus amados sobrinhos, que me deram muitas alegrias e me ajudavam a aliviar o peso dos desafios. Enfim, a todos meus queridos familiares, que sempre tiveram um carinho enorme por mim.

Aos meus mestres, todos eles que passaram por essa caminhada, cada um me deixou um aprendizado e uma lição de vida. Especialmente aos professores Fernando dos Reis de Carvalho e Blyeny Hatalita Pereira, que estiveram junto a mim nos últimos momentos do curso, me auxiliando nesse trabalho. Muito obrigada por me ajudar a concluir uma etapa tão importante na minha vida, um sonho. Serei eternamente grata a vocês! Quero agradecer também aos amigos Lenílson Silva e Maraína Medeiros por terem me auxiliado nos procedimentos experimentais.

Aos meus amigos, que juntos aprendemos e conhecemos tantas coisas novas, lugares, pensamentos. Agradecimento especial ao Adílson Goulart, Elizabete Pacheco, Arielle Chaves, Anderson Braga e Marlúcia Pereira, companheiros de trabalhos, grupos de estudos, juntos nós enfrentamos os desafios em busca do conhecimento. Vocês estão eternizados em meu coração!

RESUMO

A população de Itumbiara-GO, principalmente aquela residente em bairros periféricos da cidade, utiliza-se de água proveniente de manancial subterrâneo, extraída por meio de poços tubulares rasos, perfurados manualmente, e sem receber nenhum tipo de tratamento adequado para consumo humano. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi realizar um levantamento da qualidade da água subterrânea obtida a partir de poços tubulares artesanais e destinada ao consumo humano no município de Itumbiara-GO, por meio da análise de parâmetros físico-químicos. Assim, amostras de água foram coletadas em poços rasos artesanais de dois bairros periféricos da cidade de Itumbiara-GO e analisadas, posteriormente, no Laboratório de Química do IFG – Câmpus Itumbiara, de acordo com os métodos descritos pelo “*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*”, da *American Public Health Association*, e pelo Instituto Adolfo Lutz. Os parâmetros temperatura, pH, condutividade elétrica, turbidez, sólidos totais e dissolvidos, demanda química de oxigênio, oxigênio dissolvido, dureza total e concentrações de cálcio e magnésio foram analisados. Os resultados obtidos nestas análises não apontaram alterações significativas para os parâmetros avaliados, de modo que a água proveniente dos dois poços analisados apresenta boa qualidade físico-química, estando de acordo com as especificações apontadas pela legislação específica.

Palavras-chave: Água subterrânea, poços rasos, análises físico-químicas, qualidade de água, Itumbiara-GO.

ABSTRACT

The people of Itumbiara-GO, mainly those residing in suburbs of the city, uses water from underground source, extracted by means of shallow wells, done manually and without receiving any type of appropriate treatment for human consumption. Therefore, the purpose of this study was to survey the quality of groundwater obtained from handcrafted wells and designated for human consumption in the city of Itumbiara-GO, by analyzing physical and chemical parameters. Thus, water samples were collected from shallow handcrafted wells in two peripheral neighborhoods of Itumbiara-GO and analyzed later in the Chemistry Laboratory of the IFG - Campus Itumbiara, according to the methods described by "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater", from American Public Health Association, and the Institute Adolfo Lutz. The parameters temperature, pH, electrical conductivity, turbidity, total and dissolved solids, chemical oxygen demand, dissolved oxygen, total hardness and calcium and magnesium concentrations were analyzed. The results of these analyzes did not show significant changes on these parameters, so the water from the two wells analyzed exhibits good physicochemical quality, which is in accordance with the specifications outlined by the specific legislation.

Keywords: underground water, shallow wells, physical and chemical analyzes, water quality, Itumbiara-GO.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Representação esquemática dos tipos de aquíferos, de acordo com a pressão da água em seu interior.....	20
Figura 2 -	Representação esquemática do nível de pressão da água nos aquíferos e os tipos de poços perfurados nestes aquíferos.....	22
Figura 3 -	Mapa do estado de Goiás.....	23
Figura 4 -	Mapa da cidade de Itumbiara-GO.....	36
Figura 5 -	Imagens do poço artesanal raso do Bairro A, na cidade de Itumbiara-GO.....	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Temperatura das amostras de água coletadas nos poços rasos artesanais de dois bairros periféricos de Itumbiara-GO.....	43
Tabela 2 -	pH das amostras de água coletadas nos poços rasos artesanais de dois bairros periféricos de Itumbiara-GO.....	44
Tabela 3 -	Condutividade elétrica das amostras de água coletadas nos poços rasos artesanais de dois bairros periféricos de Itumbiara...	44
Tabela 4 -	Turbidez das amostras de água coletadas nos poços rasos artesanais de dois bairros periféricos de Itumbiara-GO.....	45
Tabela 5 -	Teor de sólidos totais das amostras de água coletadas nos poços rasos artesanais de dois bairros periféricos de Itumbiara...	46
Tabela 6 -	Teor de sólidos dissolvidos das amostras de água coletadas nos poços rasos artesanais de dois bairros periféricos de Itumbiara...	46
Tabela 7 -	Oxigênio dissolvido das amostras de água coletadas nos poços rasos artesanais de dois bairros periféricos de Itumbiara-GO.....	47
Tabela 8 -	Demanda química de oxigênio (DQO) das amostras de água coletadas nos poços rasos artesanais de dois bairros periféricos de Itumbiara-GO.....	47
Tabela 9 -	Dureza das amostras de água coletadas nos poços rasos artesanais de dois bairros periféricos de Itumbiara-GO.....	48
Tabela 10 -	Concentração de cálcio das amostras de água coletadas nos poços rasos artesanais de dois bairros periféricos de Itumbiara...	48
Tabela 11 -	Concentração de magnésio das amostras de água coletadas nos poços rasos artesanais de dois bairros periféricos de Itumbiara-GO.....	49

LISTA DE EQUACÕES

Equação 1 -	Determinação da concentração de sólidos totais em amostras de água.....	38
Equação 2 -	Determinação da concentração de sólidos dissolvidos em amostras de água.....	38
Equação 3 -	Determinação da demanda química de oxigênio (DQO) em amostras de água.....	39
Equação 4 -	Determinação da dureza total em amostras de água.....	40
Equação 5 -	Determinação da concentração de cálcio em amostras de água.....	41
Equação 6 -	Determinação da concentração de magnésio em amostras de água.....	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária
ABAS - Associação Brasileira de Águas Subterrâneas
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
DQO – Demanda Química de Oxigênio
DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio
EDTA – Ácido etilenodiaminotetracético
ETA - Estação de Tratamento de Água
ETE - Estação de Tratamento de Esgoto
IFG – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MS – Ministério da Saúde
NTU – Unidade Nefelométrica de Turbidez
OMS – Organização Mundial da Saúde
OD – Oxigênio Dissolvido
pH – Potencial de Hidrogênio
SD – Sólidos Dissolvidos
SS – Sólidos em Suspensão
ST – Sólidos Totais
SANEAGO - Saneamento de Goiás S/A
SES – Secretarias Estaduais de Saúde

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	OBJETIVOS.....	15
2.1	OBJETIVO GERAL.....	15
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	16
3.1	ÁGUA: UM RECURSO ESSENCIAL PARA A VIDA.....	16
3.2	ÁGUA SUBTERRÂNEA: COMO É FORMADA E DE ONDE VEM.....	17
3.2.1	<i>Aquíferos.....</i>	18
3.2.2	<i>Poços para captação de água subterrânea.....</i>	20
3.3	ITUMBIARA-GO: ASPECTOS GEOGRÁFICOS E HIDROGRÁFICOS..	22
3.4	POLÍTICAS NACIONAIS DAS ÁGUAS E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS..	25
3.5	CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE ÁGUAS NATURAIS.....	27
3.5.1	<i>Temperatura.....</i>	27
3.5.2	<i>Cor.....</i>	28
3.5.3	<i>Turbidez.....</i>	28
3.5.4	<i>Sólidos totais e sólidos dissolvidos.....</i>	29
3.5.5	<i>Condutividade elétrica.....</i>	29
3.5.6	<i>pH.....</i>	30
3.5.7	<i>Alcalinidade.....</i>	30
3.5.8	<i>Acidez.....</i>	30
3.5.9	<i>Dureza.....</i>	31
3.5.10	<i>Oxigênio dissolvido.....</i>	31
3.5.11	<i>Demandas Química e Bioquímica de Oxigênio.....</i>	32
3.6	CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS DAS ÁGUAS NATURAIS.....	32
4	MATERIAIS E MÉTODOS.....	35
4.1	LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO.....	35
4.2	COLETA DE AMOSTRAS.....	35
4.3	ANÁLISE DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DAS AMOSTRAS DE ÁGUA.....	37

5	RESULTADOS.....	43
5.1	ANÁLISES DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EM AMOSTRAS DE ÁGUA.....	43
5.1.1	<i>Temperatura.....</i>	43
5.1.2	<i>pH.....</i>	43
5.1.3	<i>Condutividade elétrica.....</i>	44
5.1.4	<i>Turbidez.....</i>	45
5.1.5	<i>Sólidos totais e dissolvidos.....</i>	45
5.1.6	<i>Oxigênio dissolvido e Demanda química de oxigênio.....</i>	46
5.1.7	<i>Dureza e concentrações de cálcio e magnésio.....</i>	47
6	DISCUSSÃO.....	50
7	CONCLUSÃO.....	54
9	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55

1 INTRODUÇÃO

O município de Itumbiara, localizado ao sul do estado de Goiás, na região hidrográfica do Rio Paraná, encontra-se fartamente irrigado pelas águas de diversos rios, ribeirões e pequenos córregos, com destaque especial para o Rio Paranaíba, o Rio dos Bois e o Rio Meia Ponte. A zona urbana da cidade conta com boa infraestrutura de saneamento básico, como água tratada e rede de esgoto, atendendo uma grande parcela da população.

Apesar da infraestrutura de saneamento básico oferecida na cidade, ainda é frequente o consumo de água advinda de mananciais subterrâneos, especialmente em residências particulares atendidas ou não com o abastecimento municipal de água tratada. Nestas residências, a água de origem subterrânea é utilizada principalmente para o consumo direto e para a realização de tarefas domésticas, sendo extraída, em sua maior parte, mediante a construção de poços tubulares. Geralmente, esses poços são do tipo raso artesanal (com profundidade média em torno de 10 metros) e que extraem a água para o consumo com o uso de bombas d'água de pequeno porte. Tais poços são escavados manualmente sem qualquer normatização específica ou estudo prévio e sem acompanhamento por parte das autoridades competentes. Além disso, a manutenção e a conservação destes poços são feitas, na maioria das vezes, sem qualquer observância da legislação em vigor e não há controle da qualidade físico-química e microbiológica da água obtida destes poços e destinada ao consumo humano. Deste modo, o risco de contaminação destas águas, especialmente por esgoto doméstico, é muito elevado, principalmente porque nestas mesmas residências é frequente o uso de fossas sépticas artesanais perfuradas sem tratamento ou impermeabilização.

Neste sentido, este trabalho teve como foco a realização de um levantamento da qualidade da água subterrânea obtida a partir de poços tubulares artesanais e destinada ao consumo humano em residências da zona urbana do município de Itumbiara-GO, por meio da análise de parâmetros físico-químicos, tais como a determinação de temperatura, pH, turbidez, condutividade elétrica, sólidos totais e dissolvidos, dureza, concentração de cálcio e magnésio, oxigênio dissolvido (OD) e demanda química de oxigênio (DQO).

Para isso, amostras de água provenientes de dois diferentes poços localizados em dois bairros periféricos da zona urbana do município foram coletadas

e submetidas a análises físico-químicas no Laboratório de Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Itumbiara, e os resultados obtidos foram comparados com as especificações da legislação específica vigente.

É importante ressaltar que a realização deste trabalho apresenta relevância do ponto de vista social e da saúde pública, já que o consumo de água contaminada ou fora dos padrões de potabilidade especificados pela legislação pode trazer uma série de danos para a saúde, além de ser um indicador de desenvolvimento social da população local. O consumo deste tipo de água pela população pode estar associado com uma série de doenças, tais como cólera, hepatite A, leptospirose e diarreias, além de outros agravamentos à saúde. Em muitos casos, essas doenças adquiridas podem evoluir para quadros clínicos delicados e até levar uma pessoa a óbito, caso não seja prontamente tratada.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho teve como objetivo geral a realização de um levantamento da qualidade da água subterrânea proveniente de poços tubulares do tipo raso, localizados no aquífero livre, acima da camada rochosa, e perfurados manualmente, cuja água é captada via bombeamento e utilizada para aplicações domésticas, inclusive para o consumo humano, *in natura*, sem nenhum tipo de tratamento, no município de Itumbiara-GO.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para o cumprimento do objetivo geral proposto neste trabalho, foram determinados os seguintes objetivos específicos:

- identificar e selecionar duas residências localizadas em bairros periféricos distintos da zona urbana do município de Itumbiara que possuem poços rasos artesanais para captação de água subterrânea destinada ao consumo humano;
- coletar amostras de água em três épocas distintas do ano a partir dos poços rasos artesanais selecionados;
- realizar análises de parâmetros físico-químicos das amostras de água coletadas nos diferentes poços rasos artesanais selecionados;
- avaliar a qualidade da água proveniente destes poços por meio da comparação dos resultados obtidos nas análises físico-químicas com os parâmetros especificados pela legislação vigente.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 ÁGUA: UM RECURSO ESSENCIAL PARA A VIDA

A água é uma substância química composta por átomos de hidrogênio e oxigênio, sendo essencial para a existência de todas as formas de vida conhecidas na Terra. A água é, sem dúvida, um dos recursos naturais mais importantes do nosso planeta, e tal importância é evidenciada desde o surgimento das diversas espécies vivas até a manutenção de sua existência na Terra. Ela está presente em taxas variáveis na constituição corporal dos organismos vivos e é essencial para a manutenção de seu metabolismo. No organismo humano, seu teor médio é em torno de 70% da massa corporal do indivíduo, apresentando diversas funções na manutenção da homeostasia corporal humana, desde o funcionamento das enzimas metabólicas até a regulação da constância da temperatura corporal. Para o homem, a água apresenta extrema importância na produção de alimentos, além de representar um fator crucial no desenvolvimento das civilizações. Além disso, trata-se de um recurso natural empregado nas mais diversas atividades humanas, sendo bastante utilizado em todos os segmentos industriais, além de ser a substância empregada como solvente universal na limpeza e transporte da maioria dos resíduos gerados pelo homem (GRASSI, 2001).

A água tem um importante papel na saúde da população, sendo considerada pela Organização Mundial da Saúde (OMS) um fator de inclusão ou exclusão social. Populações que vivem sem acesso à água tratada e saneamento ambiental (conjunto de ações que envolvem o abastecimento de água tratada, serviço de esgotamento sanitário, dentre outros, com a finalidade de proteger e melhorar as condições de vida rural e urbana) são expostas a doenças, ambientes com estética desagradável e má qualidade de vida. Além disso, deve-se ressaltar que é extremamente vital que a utilização desse recurso natural seja feita de forma consciente e com discernimento para que não se chegue a um cenário de deterioração e esgotamento das reservas atualmente existentes (BRASIL, 2006).

O planeta Terra é constituído por 3/4 de água, sendo que, deste total, 97,5% corresponde à água salgada e apenas 2,5% à água doce. A distribuição de água doce no planeta ocorre, aproximadamente, da seguinte maneira: 68,9% encontram-se nas geleiras e calotas polares, 29,9% são de fontes subterrâneas e apenas 0,3%

são águas superficiais advindas de rios e lagos. O Brasil abriga 28% de toda a água doce existente no mundo, sendo um dos países com maior disponibilidade hídrica (LIBÂNIO, 2010).

3.2 ÁGUA SUBTERRÂNEA: COMO É FORMADA E DE ONDE VEM

Água subterrânea é aquela encontrada no subsolo, abaixo da superfície terrestre, preenchendo os poros ou vazios intergranulares das rochas sedimentares, ou as fraturas, falhas e fissuras das rochas compactas. As águas subterrâneas desempenham um papel fundamental na manutenção da umidade do solo e do fluxo dos rios, lagos e brejos. As águas subterrâneas cumprem uma fase do ciclo hidrológico, uma vez que constituem uma parcela da água precipitada (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS - ABAS).

Após a precipitação, parte das águas que atinge o solo se infiltra e percola no interior do subsolo, influenciada por diversos fatores, tais como porosidade do subsolo, cobertura vegetal, inclinação do terreno e tipo de chuva. Durante a infiltração, uma parcela da água sob a ação da força de adesão ou de capilaridade fica retida nas regiões mais próximas da superfície do solo, constituindo a chamada zona não saturada, enquanto outra parcela, sob a ação da gravidade, atinge as zonas mais profundas do subsolo, constituindo a zona saturada (ABAS). São estas águas subterrâneas que formam os aquíferos, discutidos na seção 3.3.1.

A água subterrânea é amplamente utilizada pela população humana no mundo todo. Estimativas apontam que 61% da população brasileira faz uso de água proveniente de mananciais de subsuperfície, tais como poços rasos (6%), nascentes e/ou fontes (12%) e poços profundos (43%). Esta água subterrânea pode ser captada no aquífero confinado, que se encontra entre duas camadas relativamente impermeáveis, o que dificulta a sua contaminação, ou ser captada no aquífero não confinado ou livre, que fica próximo à superfície, estando, portanto, mais susceptível à contaminação. O consumo de água proveniente do aquífero livre é relativamente alto na população brasileira, em função do baixo custo de obtenção e da facilidade de perfuração e captação da água, apesar da maior vulnerabilidade à contaminação química e microbiológica (SILVA; ARAÚJO, 2003).

Segundo a Secretaria de Recursos Hídricos do Brasil, o volume de água subterrânea em profundidade inferior a 1.000 metros e de boa qualidade para o

consumo humano está estimado em 112.000 km³. Há cerca de 200.000 poços tubulares em exploração, sendo perfurados cerca de 10.000 poços por ano (LIBÂNIO, 2010).

Os recursos de água subterrânea são vulneráveis a diversas ameaças, principalmente no que diz respeito à contaminação química e microbiológica. São muitos os fatores que podem determinar a contaminação das fontes de água subterrânea e comprometer a qualidade de suas águas, com destaque especial para os resíduos e contaminantes provenientes da rede de esgoto doméstico e industrial, fossas sépticas, postos de combustíveis, fertilizantes e/ou defensivos agrícolas, construções civis, resíduos de animais de criação, entre outras fontes. Tais contaminantes podem se infiltrar no solo e alcançar os reservatórios de água subterrânea, colocando em risco a saúde de quem consome a água desse manancial (CHAVES, 2009; ALENCAR, 2007).

3.2.1 Aquíferos

Aquíferos (do grego *aqui* = água; *fero* = transfere) são formações geológicas do subsolo, constituídas por rochas permeáveis, que armazenam água em seus poros ou fraturas, constituindo verdadeiros depósitos de armazenamento de água. Porém, uma litologia só é classificada como um aquífero se, além de ter seus poros cheios de água, permitir a fácil transmissão desta água armazenada (ABAS).

Além de suprir a água suficiente para manter os cursos de águas superficiais estáveis (função de produção), os aquíferos também ajudam a evitar seu transbordamento, absorvendo o excesso da água das chuvas intensas, cumprindo a função de regularização (SAMPAT, 2001).

Ainda segundo Sapat (2001), os aquíferos também proporcionam uma forma de armazenar água doce sem muita perda pela evaporação, exercendo outro papel particularmente valioso em regiões quentes, propensas à seca, onde essas perdas podem ser extremamente altas. Por exemplo, na África, cerca de um terço da água extraída de reservatórios todo ano perde-se pela evaporação. Os pântanos, *habitats* importantes para aves, peixes e outras formas de vida silvestre, nutrem-se normalmente de água subterrânea, em locais onde o lençol freático aflora à superfície em ritmo constante. Onde há muita exaustão de água subterrânea, o

resultado é observado frequentemente na forma de leitos secos de rios e no ressecamento de pântanos.

Um aquífero pode ter a extensão de poucos quilômetros quadrados até milhares de quilômetros quadrados, podendo apresentar também espessuras de poucos metros a centenas de metros (REBOUÇAS; BRAGA; TUDINISI, 2002). Dentre os aquíferos mais importantes do mundo, seja pela extensão ou pela transnacionalidade, está o Aquífero Guarani, que se estende pelos territórios de Argentina, Brasil, Paraguai e Uruguai, numa área estimada em 1,2 milhões de km².

A classificação dos aquíferos é decorrente da sua origem geológica, que pode ser fluvial, lacustre, eólica, glacial e aluvial (rochas sedimentares), vulcânica (rochas fraturadas) e metamórfica (rochas calcárias), determinando os diferentes tipos de aquíferos. Porém, no que se refere à sua superfície superior, segundo a pressão da água, os aquíferos podem ser classificados em dois tipos principais (BORGHETTI; BORGHETTI; ROSA-FILHO, 2004).

Aquífero livre ou freático - é constituído por uma formação geológica permeável e superficial, totalmente aflorante em toda a sua extensão, sendo limitado na base por uma camada impermeável. A superfície superior da zona saturada está em equilíbrio com a pressão atmosférica, com a qual se comunica livremente. Os aquíferos livres tem a chamada recarga direta e o nível da água varia segundo a quantidade de chuva. São os aquíferos mais comuns e mais explorados pela população, mas também os que apresentam maiores problemas de contaminação (Figura 1).

Aquífero confinado ou artesiano - é constituído por uma formação geológica permeável, confinada entre duas camadas impermeáveis ou semipermeáveis. A pressão da água no topo da zona saturada é maior do que a pressão atmosférica naquele ponto, o que faz com que a água ascenda além da zona aquífera em um poço perfurado, num processo denominado artesianismo. O seu reabastecimento ou recarga, por meio das chuvas, ocorre preferencialmente nos locais onde a formação aflora na superfície. Os aquíferos confinados têm a chamada recarga indireta e quase sempre estão em locais onde ocorrem rochas sedimentares profundas (Figura 1).

Por outro lado, um aquífero semiconfinado pode ser definido como aquele que se encontra limitado na base, no topo ou em ambos por camadas cuja permeabilidade é menor do que a do aquífero em si. O fluxo preferencial da água

ocorre ao longo da camada aquífera, mas secundariamente esse fluxo ocorre através das camadas semiconfinantes, à medida em que ocorre uma diferença de pressão hidrostática entre a camada aquífera e as camadas subjacentes ou sobrejacentes. Em certas circunstâncias, um aquífero livre pode ser abastecido por água oriunda de camadas semiconfinadas subjacentes ou vice-versa. Zonas de fraturas ou falhas geológicas também podem se constituir em pontos de fuga ou recarga da água da camada confinada.

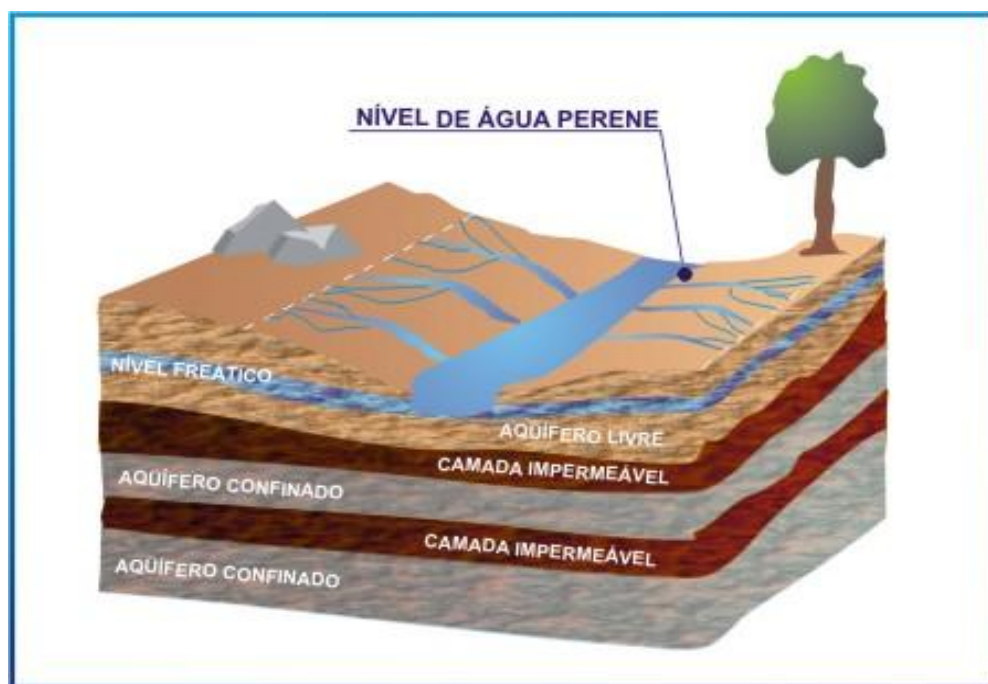


Figura 1 - Representação esquemática dos tipos de aquíferos, de acordo com a pressão da água em seu interior.

Fonte: BORGHETTI; BORGHETTI; ROSA-FILHO, 2004.

3.2.2 Poços para captação de água subterrânea

De acordo com a Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, poço é o nome genérico dado a toda e qualquer perfuração, por meio da qual é possível extrair a água presente em um aquífero. Há diversas formas de classificar os poços, porém a mais comum baseia-se em sua profundidade, parâmetro este que também determina o método de perfuração e construção do poço, além de ser um importante fator na avaliação sobre a poluição da água subterrânea. De acordo com a profundidade, os poços podem ser classificados em poços rasos e poços profundos, conforme detalhado a seguir (CAPUCCI et al., 2001).

Poços rasos (ou comuns) - São poços cilíndricos, abertos manualmente com o auxílio de ferramentas rudimentares, tais como picareta e pá, podendo ser revestidos internamente com tijolos ou anéis de concreto. Apresentam diâmetro mais elevado, em torno de 1 a 2 metros, e profundidade de até 20 metros, permitindo a captação de água do lençol freático. Após a construção, geralmente são fechados com tampa, erguendo-se uma proteção de tijolo acima do nível do terreno e cimentando o solo ao redor, de modo a evitar a entrada de água contaminada da superfície e a queda de objetos e sujeira no poço. Os poços rasos escavados constituem a forma mais antiga de exploração da água subterrânea, já estando presentes em civilizações muito antigas, e ainda são o tipo mais utilizado pela população rural brasileira para a obtenção de água. Dependendo da região, podem ser chamados de cisterna, cacimba, cacimbão, poço Amazonas, poço caipira ou simplesmente poço. Sua escavação não depende de licenciamento ou autorização dos órgãos governamentais gestores da utilização das águas subterrâneas.

Poços tubulares profundos (artesianos) - São poços cilíndricos, perfurados com o auxílio de máquinas específicas, tais como uma sonda perfuratriz, apresentando pequeno diâmetro, em torno de 10 a 30 centímetros, e profundidade de 40 a 1.000 metros, podendo alcançar profundidades ainda maiores (até 2.000 metros). Após a perfuração, um tubo de revestimento é inserido no poço, para a canalização da água extraída e para impedir o desmoronamento das paredes do poço. Sua escavação depende de licenciamento ou autorização dos órgãos governamentais gestores da utilização das águas subterrâneas e só pode ser realizada por pessoal treinado e especializado.

Neste tipo de poço, em uma perfuração do aquífero confinado, a água sobe acima do teto do aquífero, devido à pressão exercida pelo peso das camadas confinantes sobrejacentes. Neste caso, a altura a que a água sobe chama-se nível potenciométrico e o furo é denominado artesianos jorrante, de modo que a água chega à superfície sem a necessidade de utilização de equipamento para bombeamento. Já nos poços profundos semiartesianos, também chamados de poços não artesianos, a pressão no interior do aquífero não é capaz de elevar a água até a superfície, de modo que tais poços dependem de bombas submersas para que a água alcance o topo. Já numa perfuração do aquífero livre, o nível da água não varia porque corresponde ao nível da água no aquífero, ou seja, a

água está à mesma pressão que a pressão atmosférica. O nível da água é designado então de nível freático e a retirada da água de seu interior depende da utilização de bombas ou outro equipamento que alcance o nível da água e permita sua subida até a superfície (Figura 2).

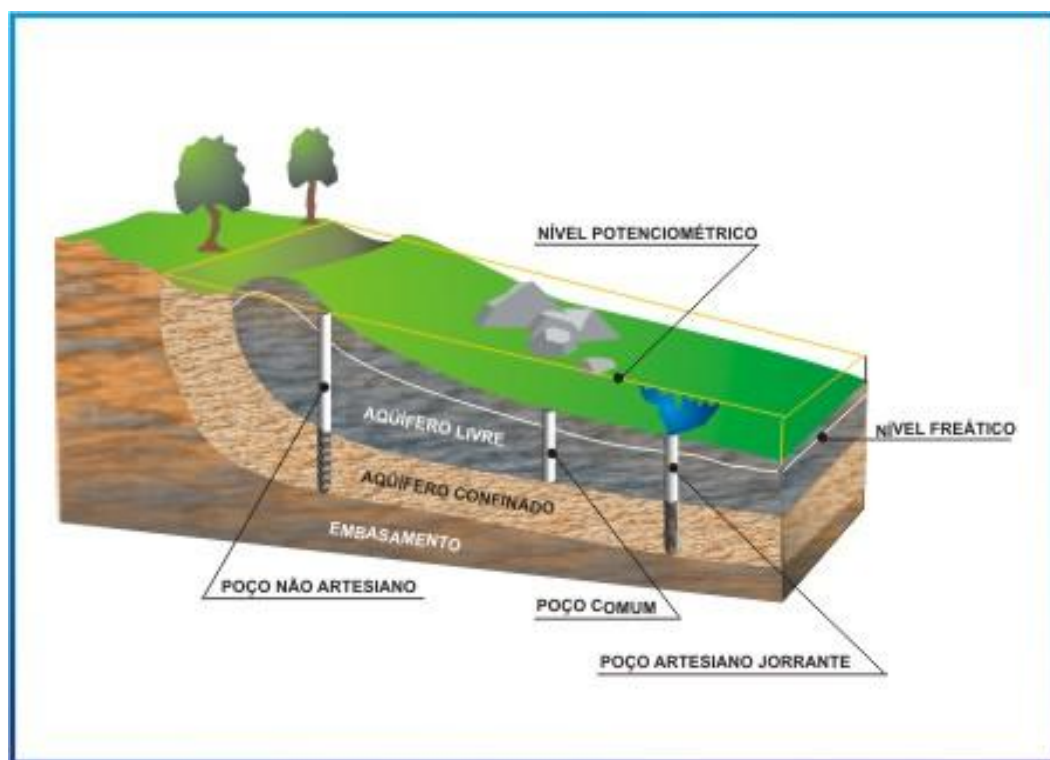


Figura 2 - Representação esquemática do nível de pressão da água nos aquíferos e os tipos de poços perfurados nestes aquíferos.

Fonte: BORGHETTI; BORGHETTI; ROSA-FILHO, 2004.

3.3 ITUMBIARA-GO: ASPECTOS GEOGRÁFICOS E HIDROGRÁFICOS

A cidade de Itumbiara-GO foi municipalizada em 12 de outubro de 1909, mas somente foi elevada à categoria de cidade pela Lei Estadual nº 518, de 27 de julho de 1915. Localizada no sul do estado de Goiás, na divisa com o estado de Minas Gerais, pertence à Mesorregião do Sul Goiano e Microrregião do Meia Ponte, distante 204 quilômetros de Goiânia, a capital do estado, e 411 quilômetros de Brasília, a capital federal (Figura 3) (www.itumbiara.go.gov.br).

O município de Itumbiara pertence à região hidrográfica do Rio Paraná e se encontra fartamente irrigado pelas águas de diversos rios, ribeirões e pequenos córregos, com destaque especial para o Rio Paranaíba, o Rio dos Bois e o Rio Meia Ponte. Sua ótima localização geográfica e hidrográfica fez da cidade uma das mais

desenvolvidas da Região Centro-Oeste do país. Além disso, a cidade também se destaca graças a sua produção agropecuária, agroindústrias, indústrias e prestação de serviços, sendo, portanto, considerada uma das maiores exportadoras do estado de Goiás (www.ibge.gov.br).



Figura 3 - Mapa do estado de Goiás. O mapa representa as mesorregiões do estado de Goiás (com contornos mais escuros) e os municípios de cada mesorregião (com contornos mais claros), com destaque especial para o município de Itumbiara (em vermelho) ao sul do estado.

Fonte: Wikipedia. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Itumbiara#mediaviewer/Ficheiro:Goias_Municip_Itumbiara.svg>. Acesso em 16 de Julho de 2014.

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população do município em 2013 era de 98.484 habitantes, sendo assim o município mais populoso de sua microrregião e o décimo primeiro mais populoso do estado de Goiás. A zona urbana do município apresenta 61 bairros na sede municipal (cidade de Itumbiara) e dois povoados rurais (distritos): povoado de Santa Rosa do Meia Ponte (distante 48 km da sede, com 167 domicílios e população de 608 habitantes) e povoado do Sarandi (distante 16 km da sede, com 60 domicílios e população de 191 habitantes). O município conta ainda com boa infraestrutura de saneamento básico, como água tratada, rede de esgoto, energia elétrica, limpeza urbana, telefonia fixa e telefonia celular atendendo uma grande parcela da população.

Em relação à distribuição de água tratada e à rede de esgoto, tais serviços são realizados pela empresa Saneamento de Goiás S/A - SANEAGO, uma empresa de economia mista estatal. A distribuição da água potável na sede do município é feita através de uma estação de tratamento de água de responsabilidade da referida empresa, enquanto nos distritos a captação e distribuição da água é feita a partir de poços artesianos.

Desde o ano de 2006, quando foi inaugurada a primeira fase da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) de Itumbiara, o município já recebeu mais de R\$ 100 milhões de reais para atingir a universalização nos serviços de água e esgoto, contando com recursos dos governos federal e estadual. A SANEAGO transformou a cidade em um grande canteiro de obras para dotar o município de 100% de água tratada e 100% de coleta e tratamento de esgoto sanitário. A empresa possui atualmente várias frentes de obras espalhadas pelos bairros e também na ampliação da ETE e na Estação de Tratamento de Água (ETA) (SANEAGO, 2014).

Segundo a Prefeitura, Itumbiara será uma das poucas cidades do Brasil a contar com índice de quase 100% de água e esgoto tratados. Os índices atuais do município, com relação à coleta e tratamento de esgoto atingem cerca de 90% da população e o sistema atual de esgoto conta com 16.500 ligações domiciliares e uma rede coletora com 222 Km de extensão. Já a distribuição de água tratada alcança o índice de 95% de atendimento da população itumbiareense. Tais índices representam uma porcentagem bem superior às porcentagens nacional (78,6%) e estadual (93,6%) no que diz respeito ao serviço de distribuição de água tratada (IBGE, 2008).

A água consumida pela população goiana é captada em rios e córregos (mananciais de superfícies) ou poços (mananciais subterrâneos). Antes de chegar às residências como produto final para consumo, ela é tratada pela SANEAGO S/A, passando por um rigoroso processo de controle de qualidade, em que diversas análises físico-químicas e bacteriológicas são realizadas. Após o tratamento realizado nas ETAs, a água é bombeada até os reservatórios que estão localizados em pontos estratégicos da cidade, a partir dos quais ela é distribuída por adutoras e redes até os domicílios, onde é consumida (SANEAGO, 2014).

Embora Itumbiara caminhe para a universalização do serviço de água e esgoto, ainda é comum encontrar no município habitações, principalmente em bairros periféricos e até mesmo em bairros urbanizados, fazendo a utilização de

poços artesianos ou mesmo poços rasos escavados (cisternas) como fontes alternativas na obtenção de água para consumo.

De acordo com dados da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), regional de Itumbiara, existem cerca de 4.000 cisternas na cidade e a maioria delas pode estar comprometida com pelo menos algum tipo de contaminação (físico-química ou microbiológica). O órgão, em trabalho conjunto com a SANEAGO, demonstra ter preocupação com relação a essa situação e, na tentativa de solucionar ou minimizar o problema, tem alertado a população sobre os riscos à saúde decorrentes da utilização da água contaminada proveniente destas fontes.

A Vigilância Sanitária ainda vem orientando os moradores a fazer a ligação imediata de suas torneiras à rede pública de abastecimento, utilizando-se da água tratada pela empresa SANEAGO. E, nos casos em que a população não possua condições de acesso ao abastecimento público de água tratada, o órgão faz a distribuição de frascos de hipoclorito de sódio a 2,5% para a desinfecção da água utilizada para fins de consumo.

3.4 POLÍTICAS NACIONAIS DAS ÁGUAS E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Segundo Rebouças, Braga e Tudinisi (2002), as águas subterrâneas são utilizadas no Brasil para o abastecimento da população de forma empírica. Seu uso teve grande desenvolvimento a partir do Período Colonial (1500 – 1822). No entanto, durante o Primeiro Reinado (1822-1831) e também no Segundo Reinado (1840-1889), a perfuração de poços só podia ser feita mediante autorização do Poder Central. Após 18 anos da Proclamação da República (1889), foi apresentado o projeto do Código de Águas (1907), que passou 27 anos tramitando no Congresso Nacional e foi finalmente sancionado pelo Poder Executivo em 1934, por meio do Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934. Com relação às águas subterrâneas, o artigo 96 do Código de Águas (1934), assim estabelece:

O dono de qualquer terreno poderá apropriar-se por meio de poços, galerias, etc., das águas que existam debaixo da superfície de seu prédio, contanto que não prejudique aproveitamentos existentes nem derive ou desvie de seu curso natural águas públicas dominicais, públicas de uso comum ou particulares, ou seja, esta era considerada um bem privado (Artigo 96, Código de Águas, 1934).

Em âmbito nacional, as especificações e determinações dos parâmetros químicos, físico-químicos e microbiológicos que atestam a qualidade da água para consumo humano são regidas por alguns dispositivos da legislação brasileira. Dentre estes dispositivos, destaca-se a Resolução nº 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), de 17 de março de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e as diretrizes ambientais para o seu enquadramento, e estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes em corpos de água, determinando, em seu artigo 24, que “os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água, após o devido tratamento e desde que obedeçam as condições, padrões e exigências dispostos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis” (BRASIL, 2005).

Outro dispositivo de destaque é a Resolução nº 396 do CONAMA, de 03 de abril de 2008, que dispõe sobre a classificação e as diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas, que, em seu Capítulo I, define águas subterrâneas como “águas que ocorrem naturalmente ou artificialmente no subsolo”. De acordo com o Capítulo II desta resolução, as águas subterrâneas são classificadas em:

- a) **Classe especial** - águas dos aquíferos destinadas à preservação de ecossistemas e as que contribuam diretamente para os trechos de corpos de água superficial;
- b) **Classe 1** - águas dos aquíferos sem alteração de sua qualidade por atividades antrópicas e que não exigem tratamento para quaisquer usos preponderantes, devido às suas características hidrogeoquímicas naturais;
- c) **Classe 2** - águas dos aquíferos sem alteração de sua qualidade por atividades antrópicas e que podem exigir tratamento adequado, dependendo do uso preponderante, devido às suas características hidrogeoquímicas naturais;
- d) **Classe 3** - águas dos aquíferos com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, para as quais não é necessário o tratamento em função dessas alterações, mas que podem exigir tratamento adequado, dependendo do uso preponderante, devido às suas características hidrogeoquímicas naturais;

- e) **Classe 4** - águas dos aquíferos com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que somente podem ser utilizadas, sem tratamento, para o uso preponderante menos restritivo;
- f) **Classe 5** - águas dos aquíferos que possam estar com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, destinadas a atividades que não tem requisitos de qualidade para uso.

Além das resoluções anteriores, merece destaque também a Portaria nº 518, do Ministério da Saúde (MS), de 25 de março de 2004, que dispõe sobre a norma de qualidade da água para consumo humano, apresentando, em seu capítulo IV, os padrões de potabilidade da água para consumo humano, com as especificações do padrão microbiológico de potabilidade, do padrão de turbidez da água, das concentrações máximas de substâncias químicas que possam constituir riscos à saúde, do padrão de radioatividade da água e, finalmente, do padrão de aceitação para consumo humano, em que se levam em consideração algumas características químicas e físico-químicas da água (BRASIL, 2004).

3.5 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE ÁGUAS NATURAIS

As características físicas, químicas e biológicas das águas naturais traduzem uma série de processos que ocorrem no corpo hídrico e na bacia hidrográfica e que podem interferir na qualidade final da água, podendo acarretar impactos diretos à saúde do consumidor. A seguir, são apontados alguns parâmetros físico-químicos de águas naturais, com a descrição de seu significado e os possíveis impactos de suas alterações na saúde do consumidor, de acordo com Libânio (2010). Além disso, são feitas algumas referências aos padrões de potabilidade da água estabelecidos pela legislação brasileira por meio da Portaria nº 518 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004) e pela Organização Mundial de Saúde (OMS) (WHO, 2004).

3.5.1 *Temperatura*

A temperatura das águas correlaciona-se de maneira diretamente proporcional com a velocidade de reações químicas, a solubilidade de substâncias, a concentração de oxigênio dissolvido e com o metabolismo de organismos

presentes no ambiente aquático. Alterações neste parâmetro podem ser decorrentes de insolação ou da ação antrópica, por meio do lançamento de despejos industriais. No Brasil, um país tropical, a temperatura média das águas naturais não sofre grandes alterações no decorrer do ano, à exceção de alguns mananciais nas regiões Sul e Sudeste, cuja temperatura pode diminuir muito no inverno. Em virtude dos efeitos insignificantes à saúde do consumidor e da extrema dificuldade de alteração na temperatura da água, os padrões de potabilidade brasileiro e da OMS não estabelecem limites máximo e mínimo de temperatura para a água de consumo.

3.5.2 *Cor*

A cor da água é produzida pelo reflexo da luz em partículas minúsculas (coloides) de origem predominantemente orgânica, resultantes da decomposição de matéria orgânica, do metabolismo de microrganismos ou da ação antrópica, principalmente pelo despejo de efluentes domésticos e industriais. Pode também ser resultado da presença de compostos de ferro e manganês, que são os principais responsáveis pela cor das águas subterrâneas. Nas águas utilizadas para abastecimento distingue-se a cor aparente, em que se consideram as partículas suspensas, da cor verdadeira, determinada após centrifugação ou filtração da amostra para remoção das partículas suspensas. A determinação da intensidade da cor da água é feita por meio de métodos de comparação visual ou por espectrofotometria e o resultado é apresentado em unidades de cor (uC) ou unidades de Hazen (uH). No Brasil, a Portaria MS 518 estabelece um limite de 15 uH para intensidade da cor da água de abastecimento, por motivos puramente estéticos, já que águas com intensidade de cor superior a este valor tendem a ser rejeitadas pelo consumidor (BRASIL, 2004).

3.5.3 *Turbidez*

A turbidez da água refere-se à concentração de partículas suspensas na massa líquida, sendo geralmente devida à presença de fragmentos de argila, silte, plâncton, microrganismos e matéria orgânica e inorgânica particulada. A determinação da turbidez da água é feita a partir da utilização de um turbidímetro ou nefelômetro, consistindo na detecção de um feixe de luz que atravessa a amostra,

sendo o resultado expresso em unidades de turbidez (uT) ou unidades nefelométricas de turbidez (UNT ou NTU, em inglês). No Brasil, a Portaria MS 518 estabelece o limite de turbidez da água potável em 1,0 uT em 95% das amostras coletadas, não podendo exceder o limite de 5,0 uT em amostras pontuais coletadas.

3.5.4 Sólidos totais e sólidos dissolvidos

A quantidade de sólidos totais presentes em uma amostra de água é definida pela quantificação dos resíduos obtidos após evaporação desta amostra em banho-maria e secagem a 103-105°C, sendo expressa em mg.L^{-1} . A determinação deste parâmetro correlaciona-se diretamente com a turbidez da amostra e deve-se ressaltar que a fração de sólidos totais de uma amostra de água é constituída pelos sólidos em suspensão (suspensos) e pelos sólidos dissolvidos. Os sólidos suspensos são determinados pela porção dos sólidos totais retida em filtro com poros de aproximadamente 1,2 μm e podem ser subdivididos em sólidos sedimentáveis, que corresponde à parcela que se sedimenta quando mantida em repouso em cone Imhoff de 1 litro por 1 hora, e não sedimentáveis. Por outro lado, os sólidos dissolvidos podem ser subdivididos em sólidos voláteis, que corresponde à parcela que se volatiliza após calcinação da amostra a 550-600 °C por 1 hora, e sólidos fixos, que corresponde à parcela que não se volatiliza após o tratamento mencionado. O padrão de potabilidade da água, determinado pela Portaria MS 518, estabelece a concentração máxima de 1.000 mg.L^{-1} de sólidos totais em amostras de água potável.

3.5.5 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica indica a capacidade da água natural de transmitir a corrente elétrica em função da presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions, sendo diretamente proporcional à concentração iônica da água, vinculando-se à sua salinidade. A presença de grande quantidade de compostos inorgânicos em um determinado corpo d'água apresenta uma elevada condutividade elétrica, ao contrário dos compostos orgânicos, cuja presença reduz a capacidade de condutividade elétrica, uma vez que tais compostos não se dissociam na água. A condutividade elétrica da água é expressa em $\mu\text{S.cm}^{-1}$ (microSiemens) e,

para água naturais, seu valor geralmente não ultrapassa $100 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, exceto para águas que recebem elevadas cargas de efluentes domésticos e industriais. Este parâmetro não é integrante dos padrões de potabilidade brasileiro, mas se constitui em importante indicador de lançamento de efluentes e contaminação da água, correlacionando-se com a concentração de sólidos totais dissolvidos.

3.5.6 *pH*

O pH da água apresenta influência no grau de solubilidade de substâncias, na intensidade de cor e na ionização de diversos compostos químicos, interferindo no potencial de toxicidade de vários elementos eventualmente presentes na água. Em estações de tratamento de água, a determinação deste parâmetro é de grande importância em função da interferência em diversos processos e operações inerentes à potabilidade. Pelo fato deste parâmetro não apresentar interferência significativa sobre a saúde humana, os padrões de potabilidade nacional e da OMS estabelecem um intervalo de pH para águas de consumo entre 6,0 e 9,0.

3.5.7 *Alcalinidade*

A alcalinidade das águas representa a capacidade da água em neutralizar ácidos ou minimizar a variação de pH (tamponamento), sendo resultante especialmente da concentração de bicarbonatos (HCO_3^-), carbonatos (CO_3^{2-}) e hidróxidos (OH^-). Este parâmetro é determinado por titulação da amostra com ácido sulfúrico ou outro ácido forte e expressa em $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de CaCO_3 . Águas naturais superficiais brasileiras apresentam alcalinidade geralmente inferior a $100 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de CaCO_3 , e valores mais elevados relacionados a processos de decomposição de matéria orgânica, atividade de microrganismos e lançamento de efluentes industriais. Por não apresentar significado sanitário relevante, este parâmetro não é contemplado pelo padrão de potabilidade brasileiro (BRASIL, 2004).

3.5.8 *Acidez*

A acidez da água representa sua capacidade de neutralizar bases e evitar variações no pH, em função da presença de gases, como CO_2 e H_2S ou ácidos

húmicos, cuja origem pode ser natural, pela absorção da atmosfera e decomposição da matéria orgânica, ou antrópica, pelo lançamento de despejos industriais e lixiviação do solo. Este parâmetro também é expresso em mg.L^{-1} de CaCO_2 e, por não ter significado sanitário, não consta no padrão de potabilidade estabelecido pela legislação brasileira.

3.5.9 Dureza

A dureza indica a concentração de cátions multivalentes em solução na água, especialmente cálcio (Ca^{+2}) e magnésio (Mg^{+2}), sendo mais evidente nas regiões de formação calcária e menos abundante em zonas de terrenos argilosos. A dureza é expressa em mg.L^{-1} de equivalente de carbonato de cálcio (CaCO_3) e, em função deste parâmetro, a água pode ser classificada em branda ou mole (dureza menor que 50 mg.L^{-1} de CaCO_3), moderada (dureza entre 50 e 150 mg.L^{-1} de CaCO_3), dura (dureza entre 150 e 300 mg.L^{-1} de CaCO_3) ou muito dura (dureza superior a 300 mg.L^{-1} de CaCO_3). Em geral, as águas superficiais brasileiras são brandas ou moderadamente duras (valores inferiores a 100 mg.L^{-1} de CaCO_3), com dureza significativamente superior para águas de origem subterrânea. Os padrões de potabilidade brasileiro e da OMS estabelecem o limite de 500 mg.L^{-1} de CaCO_3 para a dureza da água de abastecimento, mas no Brasil verifica-se maior aceitabilidade de águas com dureza entre 80 e 100 mg.L^{-1} de CaCO_3 pela população. Tal parâmetro não apresenta significado sanitário e seu inconveniente é de natureza econômica.

3.5.10 Oxigênio dissolvido

A concentração de oxigênio dissolvido (OD) é reconhecidamente o parâmetro mais importante para expressar a qualidade de um ambiente aquático, podendo variar naturalmente em função das características do corpo d'água ou pela ação antrópica. As alterações nos teores de OD estão associadas aos processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem nos corpos d'água e, para a manutenção da vida aquática aeróbia, é necessária uma concentração de oxigênio dissolvido mínima de 2 a 5 mg.L^{-1} . Reduções nos teores de OD podem ocorrer em função da respiração e degradação de compostos orgânicos pelos organismos presentes na água ou em

função das perdas para a atmosfera e na oxidação de íons. A legislação brasileira não estabelece limites para este parâmetro, mas a própria escolha da fonte de água para uso da população, que prioriza fontes menos impactadas, já garante água com concentrações necessárias de oxigênio dissolvido.

3.5.11 Demandas Química e Bioquímica de Oxigênio

Estes parâmetros constituem-se em importantes indicadores de qualidade das águas naturais, expressando a presença e concentração de matéria orgânica nos corpos d'água. A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) indica a intensidade de oxigênio consumido (em mg.L^{-1}) pela ação de microrganismos na degradação de matéria orgânica presente na água, sendo determinada a partir da diferença da concentração de OD em uma amostra de água no período de 5 dias em temperatura de 20°C. Assim, uma amostra de água que apresenta uma DBO de 5 mg.L^{-1} indica que são necessários 5 mg de oxigênio dissolvido para estabilizar, durante 5 dias à temperatura de 20°C, a quantidade de matéria orgânica presente em 1 litro da amostra. Já a Demanda Química de Oxigênio (DQO) corresponde a todo o oxigênio consumido para a degradação de toda a matéria orgânica presente na água, seja ela degradada ou não pela ação de microrganismos. Sendo assim, a DBO refere-se à matéria orgânica passível de ser estabilizada biologicamente, enquanto a DQO engloba a parcela estabilizada quimicamente. Os limites para estes dois parâmetros não são estipulados pela legislação brasileira para águas de consumo, pois a própria escolha da fonte de água já recai para águas com DBO inferior a 5 mg.L^{-1} .

3.6 CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS DAS ÁGUAS NATURAIS

As características biológicas das águas naturais referem-se aos diversos microrganismos que podem habitar o ambiente aquático, apresentando importância como veiculadores de doenças para pessoas e animais ou como transformadores de matéria orgânica. Uma grande preocupação com a qualidade das águas destinadas ao consumo humano refere-se à contaminação biológica da água por meio do lançamento de dejetos humanos e animais, que podem contaminá-la com patógenos diversos, especialmente enteropatógenos causadores de infecções graves ao ser

humano, principalmente crianças. Tais patógenos podem contaminar a própria água, bem como peixes e outros animais que a ingerem, mas também alimentos de origem vegetal irrigados com esta água contaminada, principalmente aqueles consumidos frescos, como as hortaliças. A espécie humana pode ser acometida por infecções veiculadas pela água por meio do consumo da água ou de alimentos que entraram em contato direto com a água contaminada, ou ainda durante a recreação, por contato primário com a água. Diversas enfermidades podem ser transmitidas aos seres humanos pela água contaminada, tais como gastroenterites, febre tifoide, cólera, salmonelose, criptosporidiose, disenteria amebiana, giardíase, toxoplasmose, doenças respiratórias virais, enteroviroses, hepatite A, rotavirose, ascaridíase, esquistossomose, cisticercose, dentre outras, demonstrando a importância da detecção da presença de microrganismos contaminantes na água de consumo da população (LIBÂNIO, 2010).

Em função da complexidade, dificuldade e altos custos envolvidos na detecção de microrganismos patogênicos na água, já que eles são usualmente encontrados de forma intermitente e em baixas quantidades, sua presença é determinada pela pesquisa de outros grupos de microrganismos que coexistem com os patogênicos e são denominados microrganismos indicadores (AMARAL, 2003). Dentre eles, destacam-se os coliformes totais e os coliformes termotolerantes (antigamente denominados coliformes fecais), que são importantes indicadores da qualidade sanitária das águas, já que suas quantidades na água são diretamente proporcionais às quantidades de bactérias intestinais patogênicas, indicando também a contaminação de origem fecal da água (BETTEGA et al., 2006). O grupo dos coliformes totais inclui cerca de 20 espécies, dentre as quais há bactérias do trato gastrintestinal de humanos e de outros animais endotérmicos, mas também há diversos gêneros de bactérias não entéricas, tornando sua determinação na água um parâmetro não muito eficaz na indicação de contaminação de origem fecal. Um grupo importante de coliformes é o grupo dos coliformes termotolerantes, que conseguem fermentar lactose, produzindo ácidos, em temperaturas em torno de 45°C e inclui três importantes gêneros - *Escherichia*, *Enterobacter* e *Klebsiella* - que indicam contaminação de origem fecal. No entanto, algumas espécies dos gêneros *Enterobacter* e *Klebsiella* podem ser encontradas em ambientes não fecais (SILVA, CAVALLI, OLIVEIRA, 2006; CARDOSO et al., 2000). Por isso, o melhor indicador da

presença de patógenos intestinais na água é a pesquisa da bactéria *Escherichia coli*, que é exclusiva do intestino de mamíferos.

A detecção de coliformes totais e termotolerantes, qualitativa ou quantitativa, pode ser realizada pelo método dos tubos múltiplos, com resultados expressos em NMP.100 mL⁻¹ (Número Mais Provável por 100 mL de amostra), ou por meio da contagem em membrana filtrante e cultivo em meio de cultura apropriado, com resultados expressos em UFC.100 mL⁻¹ (Unidades Formadoras de Colônia por 100 mL de amostra) (LIBÂNIO, 2010). A Portaria MS 518, que estabelece os padrões de potabilidade da água no Brasil, determina como padrão de qualidade microbiológica para água destinada ao consumo humano a ausência de coliformes totais, coliformes termotolerantes e *Escherichia coli* em 100 mL de amostra de água (BRASIL, 2004).

O monitoramento dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos das águas de cursos de água em ambientes rurais e urbanos tem se constituído numa ferramenta importante para avaliação da qualidade destas águas e para a mensuração dos impactos da ação antrópica sobre elas. Deste modo, diversos trabalhos foram realizados em rios, córregos e lagoas de diversas regiões brasileiras e os resultados obtidos tem demonstrado a necessidade de adoção de medidas imediatas para a proteção destes ambientes (LOPES, BECHTLUFFT, 2010; PEDROZA, CARVALHO, MONTEIRO, 2009; BUZANELLO et al., 2008; MOURA, ASSUMPÇÃO, BISCHOFF, 2006; SILVA et al., 2006).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

A primeira etapa deste trabalho consistiu em ampla pesquisa bibliográfica, envolvendo livros, artigos científicos, resoluções e decretos pesquisados na biblioteca do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG) - Câmpus Itumbiara e em bases de dados disponíveis na internet. Para isso, os temas abordados neste levantamento bibliográfico focaram em águas subterrâneas, aquíferos, legislação brasileira de regulação da qualidade e uso das águas naturais, parâmetros físico-químicos de qualidade das águas de consumo, formas de captação das águas subterrâneas e orientação para a perfuração de poços. A partir desta pesquisa, obteve-se maior familiaridade com o tema do trabalho, facilitando o trabalho de realização das análises de água e a interpretação dos resultados obtidos.

4.2 COLETA DE AMOSTRAS

Primeiramente, foi feita uma pesquisa informal em dois bairros da zona urbana do município de Itumbiara a partir de visitas em residências destes bairros, em busca de famílias que possuíam poços artesanais para a extração de água subterrânea e que faziam uso desta água para as atividades domésticas, inclusive para consumo humano. A partir desta pesquisa, foram selecionadas duas residências, uma localizada no Bairro Ladário Cardoso de Paula, denominado Bairro A, e outra localizada no Bairro Jardim Liberdade, denominado Bairro B, ambos localizados em áreas periféricas da zona urbana da cidade de Itumbiara, conforme apontado no mapa apresentado na Figura 4.

Feita a seleção dos poços artesanais, foram realizadas três coletas de amostras de água em épocas diferentes do ano nos poços de cada uma destas duas residências, sendo a primeira coleta feita em Julho de 2013 (amostra 1- período de estiagem), a segunda em Setembro de 2013 (amostra 2- período de pouca chuva, mas com ocorrência de chuva nos dias anteriores à coleta) e a terceira em Junho de 2014 (amostra 3 – período de pouca chuva). Tais coletas foram feitas utilizando-se garrafas de polipropileno com tampa, devidamente higienizadas e, após as coletas,

as amostras foram imediatamente conduzidas ao Laboratório de Química do IFG-Câmpus Itumbiara para a realização das análises físico-químicas. Como nem todas as análises puderam ser realizadas no mesmo dia da coleta das amostras, estas foram acondicionadas em refrigerador à temperatura média de 4°C e, antes de prosseguir com as demais análises, as amostras eram retiradas do refrigerador e deixadas por cerca de 20 minutos à temperatura ambiente para atingir temperatura equivalente.

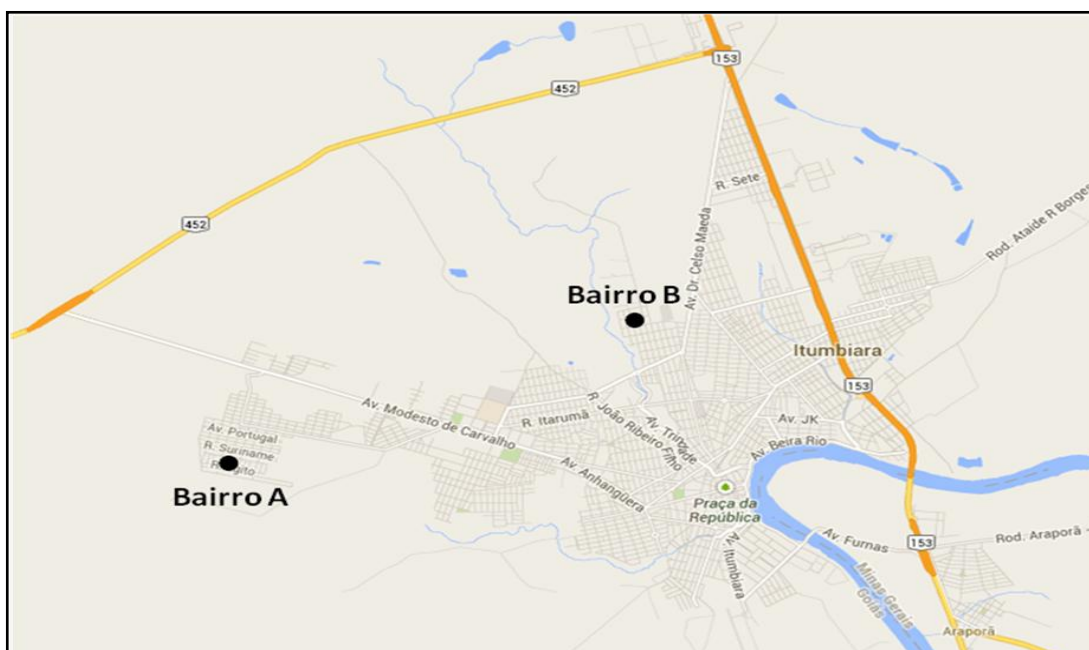


Figura 4 – Mapa da cidade de Itumbiara-GO. Neste mapa, estão identificados os bairros onde foram coletadas as amostras de água, sendo Bairro A – Bairro Ladário Cardoso de Paula e Bairro B – Jardim Liberdade.

Fonte: Google maps. Disponível em: <https://maps.google.com.br/>. Acesso em: 10 de abril de 2014.

Os poços artesanais utilizados para a coleta das amostras apresentam características semelhantes e são representados pelo poço do bairro A (Figura 5).



Figura 5 – Imagens do poço artesanal raso do Bairro A, na cidade de Itumbiara-GO.

Fonte: Acervo próprio do autor.

4.3 ANÁLISE DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DAS AMOSTRAS DE ÁGUA

As análises físico-químicas das amostras de água foram realizadas no Laboratório de Química do IFG – Câmpus Itumbiara. A escolha dos principais parâmetros físico-químicos a serem analisados foi feita tomando-se por base o disposto na Resolução nº 357, do CONAMA. Além disso, na escolha destes parâmetros levou-se em consideração a disponibilidade de equipamentos, reagentes e vidrarias do Laboratório de Química do Câmpus.

Todas as análises foram feitas de acordo com os métodos clássicos para análise de água, rotineiramente utilizados pelo Instituto Adolfo Lutz e descritos no capítulo VIII do livro “Métodos físico-químicos para análise de alimentos” (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008) e também os métodos descritos no livro “*Standard methods for the examination of water and wastewater*”, da *American Public Health Association* (2005).

Deste modo, foram avaliados os parâmetros físico-químicos apresentados a seguir, sendo que a maioria das análises foi feita em triplicata como preconiza os métodos analíticos:

A) Temperatura: A determinação da temperatura da água ocorreu no momento da coleta das amostras (*in loco*) com a utilização de um termômetro de mercúrio (graduação de 0 a 200 °C).

B) pH: A medição do pH foi feita com a utilização de um peagâmetro modelo mPA-210 (MS TecnoPon Instrumentação®, Piracicaba, São Paulo) previamente calibrado com a utilização de soluções-padrão de pH 5,0 e pH 7,0, respectivamente.

C) Turbidez: A determinação da turbidez foi feita com a utilização de um Turbidímetro modelo DJT-WV (Del Lab, Araraquara, São Paulo) previamente calibrado com soluções-padrão de 0,10, 10, 100 e 1.000 NTU.

D) Condutividade elétrica: A medição da condutividade elétrica foi feita com a utilização de um Condutivímetro modelo mCA-150 (MS TecnoPon Instrumentação®, Piracicaba, São Paulo) previamente calibrado com solução-padrão de condutividade igual a 146,9 $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ (microSiemens por centímetro).

E) Sólidos Totais e Sólidos Dissolvidos: Primeiramente, antes de se iniciar as análises de sólidos, uma cápsula de porcelana devidamente limpa foi aferida, por meio de aquecimento por 30 minutos a $550^{\circ}\text{C} \pm 50^{\circ}\text{C}$ em um forno mufla modelo 2000-B (GP Científica, Belo Horizonte, Minas Gerais). Depois de resfriada em dessecador, a cápsula foi pesada em balança analítica modelo mCA-150 (Bel Equipamentos Analíticos, Piracicaba, São Paulo), e a massa obtida foi anotada (m_1). Para a determinação dos sólidos totais, adicionou-se 100 mL de cada amostra de água nas cápsulas de porcelana e aqueceu-as em banho maria a 100°C até completa evaporação. Posteriormente, as cápsulas foram secadas em estufa a $103-105^{\circ}\text{C}$ por 30 minutos e, após resfriamento em dessecador, foram pesadas novamente e a massa obtida foi anotada (m_2). Assim, a concentração de sólidos totais de cada amostra, em miligramas por litro (mg.L^{-1}), foi determinada a partir da equação 1.

$$\text{ST} = \frac{(m_2 - m_1) \cdot 1000}{V_{\text{amostra}}} \quad (\text{Eq. 1})$$

Em que:

ST = Sólidos Totais, em mg.L^{-1} .

m_2 = Massa da cápsula com resíduo (após secagem na estufa), em mg.

m_1 = Massa da cápsula vazia, em mg.

V_{amostra} = Volume da amostra, em mL. Neste caso, foram usados 25 mL.

Para a determinação dos sólidos dissolvidos, 25 mL das amostras de água foram filtradas em filtro de papel (Papel Filtro Quanty, $25\ \mu\text{m}$) e, depois de filtradas, foram colocadas nas cápsulas de porcelana, as quais foram pesadas e a massa obtida foi anotada (m_A). Após secagem das cápsulas com as amostras em estufa a $103-105^{\circ}\text{C}$, estas foram pesadas novamente e a massa obtida foi anotada (m_B). Assim, a concentração de sólidos dissolvidos presentes em cada amostra, em miligramas por litro (mg.L^{-1}), foi determinada a partir da equação 2.

$$\text{SD} = \frac{(m_B - m_A) \cdot 1000}{V_{\text{amostra}}} \quad (\text{Eq. 2})$$

Em que:

SD = Sólidos Dissolvidos, em mg.L^{-1} .

m_B = Massa da cápsula com resíduo (após secagem na estufa), em mg.

m_A = Massa da cápsula vazia, em mg.

$V_{amostra}$ = Volume da amostra, em mL. Neste caso, foram usados 25 mL.

F) Demanda Química de Oxigênio (DQO): Para a determinação da DQO foi utilizado o Método do Refluxo Aberto. Neste método, a maioria da matéria orgânica é oxidada durante a ebulição do íon dicromato ($Cr_2O_7^{2-}$) na presença de ácido sulfúrico (H_2SO_4). A amostra é refluída em solução fortemente ácida com um excesso conhecido de dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$). Após a digestão, realiza-se titulação da amostra com sulfato ferroso amoniacal (FAS) - $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ – para determinar a quantidade de $K_2Cr_2O_7$ consumido e, assim, a quantidade de matéria oxidável é calculada em termos de equivalente de oxigênio. Desta forma, 50,0 mL da amostra de água foram adicionados a um frasco com capacidade de 250 mL, na presença de íons de prata, usados como catalisadores da reação, e 2,5 mL de ácido sulfúrico concentrado. Em seguida, adicionou-se 25 mL de solução de $K_2Cr_2O_7$ de concentração $0,00417 \text{ mol.L}^{-1}$, homogeneizando-se a solução formada que, posteriormente, foi mantida por 2 horas à temperatura de 150°C , para que ocorresse digestão da matéria oxidável. Após a digestão, a amostra foi resfriada até a temperatura ambiente e titulada com solução de sulfato ferroso amoniacal com concentração de $0,025 \text{ mol.L}^{-1}$ na presença do indicador ferroína.

A quantificação da DQO para cada amostra foi feita a partir da equação 3.

$$DQO = \frac{(V_B - V_A) \cdot C_n \cdot 8000}{V_{amostra}} \quad (\text{Eq. 3})$$

Em que:

DQO = Demanda Química de Oxigênio, em mg de $O_2 \cdot L^{-1}$.

V_B = Volume de titulação na amostra em branco.

V_A = Volume titulado na amostra.

C_n = Concentração do sulfato ferroso amoniacal.

8000 = Massa miliequivalente de oxigênio a 1000 mg.L^{-1} .

$V_{amostra}$ = Volume da amostra, em mL. Neste caso, foram usados 50 mL.

G) Oxigênio Dissolvido (OD): A determinação do OD foi feita a partir da metodologia modificada de Winkler, que consiste na preparação da amostra e

posterior reação baseada na volumetria de iodometria. Assim, foram adicionados 2 mL de cloreto manganoso (MnCl_2) 80% (m/v) a 50 mL da amostra de água em um frasco. Posteriormente, foi adicionado 1 mL de Hidróxido de Sódio 30% SR, homogeneizando-se a mistura, que permaneceu em repouso por 5 minutos para que ocorresse a decantação. Depois, foi adicionada uma pitada de iodeto de potássio (KI) e 5 mL de solução de ácido clorídrico (HCl) 50% (v/v). O frasco foi tampado e a solução agitada até completa dissolução do precipitado formado. Uma alíquota de 50 mL da solução formada foi retirada do frasco e titulada com tiossulfato de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$), com concentração de $0,025 \text{ mol.L}^{-1}$, até alcançar a coloração amarela clara. Após alcançar essa coloração, foi adicionado 1 mL de goma de amido 1% (m/m) e prosseguiu-se a titulação até o descoramento total da solução.

A determinação da concentração do OD presente na amostra de água foi feita a partir da relação em que cada mL de tiossulfato de sódio utilizado na titulação equivale a 2 mg.L^{-1} de OD.

H) Dureza: A dureza total da água é dependente principalmente de suas concentrações de cálcio e magnésio, ambas expressas em miligramas por litro (mg.L^{-1}) de carbonato de cálcio (CaCO_3). A determinação da dureza das amostras foi feita utilizando o método de titulação de complexação com o uso do reagente titulante ácido etilenodiaminotetracético (EDTA). Este método se baseia no princípio de que o EDTA e seus sais de sódio formam um complexo quelato solúvel quando adicionado a uma solução de cátions de metais determinados. Assim, uma pequena quantidade do indicador de pH eriocromo-T foi adicionado a 100 mL da amostra de água em pH 10,0-12,0 (obtido a partir da adição de hidróxido de amônio PA) de modo que a mesma apresentasse a coloração vinho (arroxado). A seguir, esta solução foi titulada com uma solução de EDTA $0,01 \text{ mol.L}^{-1}$, de modo a complexar todos os íons cálcio e magnésio, determinando a mudança de coloração da amostra de uma coloração vinho (arroxado) para uma tonalidade azulada (azul claro), marcando o ponto final da titulação. A dureza total da amostra, expressa pela concentração de CaCO_3 pode ser calculada a partir da equação 4.

(Eq. 4)

$$C_{\text{CaCO}_3} = \frac{C_{\text{EDTA}} \cdot V_{\text{EDTA}} \cdot M \cdot 1000}{V_{\text{amostra}}}$$

Em que:

C_{EDTA} = Concentração de EDTA utilizado na titulação (mol.L^{-1}). Neste caso, foi utilizado EDTA $0,01 \text{ mol.L}^{-1}$.

V_{EDTA} = Volume de EDTA utilizado na titulação da amostra (mL).

M = Massa molar do CaCO_3 ($100,09 \text{ g.mol}^{-1}$).

V_{amostra} = Volume da amostra titulada (mL).

I) Cálcio e magnésio: A concentração de cálcio de uma amostra pode ser determinada diretamente, usando-se EDTA, quando o pH é suficientemente elevado para que o magnésio presente na amostra seja precipitado na forma de hidróxido e com o uso de uma substância indicadora que se combine apenas com o cálcio. Vários indicadores apresentam mudança de cor quando todo o cálcio tenha sido complexado pelo EDTA em pH entre 12,0 e 14,0. Neste trabalho foi utilizado o indicador Calcon e, para o cálculo da concentração de Ca^{2+} na amostra, foi utilizada a equação 5.

$$C_{\text{Ca}} = \frac{C_{\text{EDTA}} \cdot V_{\text{EDTA}} \cdot M \cdot 1000}{V_{\text{amostra}}} \quad (\text{Eq. 5})$$

Em que:

C_{Ca} = Concentração de cálcio presente na amostra.

C_{EDTA} = Concentração de EDTA utilizado na titulação (mol.L^{-1}). Neste caso, foi utilizado EDTA $0,01 \text{ mol.L}^{-1}$.

V_{EDTA} = Volume de EDTA utilizado na titulação da amostra (mL).

M = Massa molar do Ca ($40,08 \text{ g.mol}^{-1}$).

V_{amostra} = Volume da amostra titulada (mL).

Tendo em vista que em pH 10, tanto cálcio quanto magnésio estão presentes na amostra de água, e que em pH 12 só está presente o cálcio, para se calcular a concentração de magnésio presente na amostra, utiliza-se a diferença entre o volume de EDTA utilizado na titulação da amostra em pH 10 e aquele utilizado na titulação em pH 12, conforme a equação 6.

$$C_{\text{Mg}} = \frac{C_{\text{EDTA}} \cdot A \cdot M \cdot 1000}{V_{\text{amostra}}} \quad (\text{Eq. 6})$$

Em que:

C_{Mg} = Concentração de magnésio presente na amostra.

C_{EDTA} = Concentração de EDTA utilizado na titulação (mol.L^{-1}). Neste caso, foi utilizado EDTA $0,01 \text{ mol.L}^{-1}$.

A = Diferença entre o volume de EDTA utilizado na titulação em pH 10 e em pH 12 (mL).

M = Massa molar do Mg ($24,31 \text{ g.mol}^{-1}$).

V_{amostra} = Volume da amostra titulada (mL).

5 RESULTADOS

5.1 ANÁLISES DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EM AMOSTRAS DE ÁGUA

Os resultados das análises físico-químicas realizadas no Laboratório de Química do IFG-Câmpus Itumbiara com as amostras de água coletadas nos poços artesanais de dois bairros da zona urbana de Itumbiara-GO são apresentados a seguir.

5.1.1 *Temperatura*

Os resultados das medições de temperatura nas amostras de água dos poços artesanais são apresentados na Tabela 1. Observa-se que não houve muita variação deste parâmetro entre os poços analisados nem entre as diferentes amostras obtidas do mesmo poço, com temperatura entre 24 - 25 °C. Ressalta-se que os padrões de potabilidade brasileiro e da OMS não estabelecem limites máximo e mínimo de temperatura para a água de consumo.

Tabela 1 - Temperatura das amostras de água coletadas nos poços rasos artesanais de dois bairros periféricos de Itumbiara-GO

Amostra	Temperatura (°C)			
	Bairro A		Bairro B	
	Média*	σ^{**}	Média*	σ^{**}
1	24,50	---	25,00	---
2	25,00	---	25,50	---
3	25,00	---	25,00	---

* Valores apresentados representam o resultado de uma única medição realizada com cada amostra de água.

**Desvio padrão - neste caso não foi apresentado, pois foi realizada apenas uma medição.

5.1.2 *pH*

De acordo com os resultados das medições de pH nas amostras de água dos poços artesanais, apresentados na Tabela 2, observa-se que todas as amostras apresentaram pH relativamente baixo, entre 4,68 e 6,03, com as amostras do bairro

B ligeiramente mais ácidas que as amostras do bairro A. Os padrões de potabilidade nacional e da OMS estabelecem um intervalo de pH para águas de consumo entre 6,0 e 9,0.

Tabela 2 - pH das amostras de água coletadas nos poços rasos artesanais de dois bairros periféricos de Itumbiara-GO

Amostra	pH			
	Bairro A		Bairro B	
	Média*	σ^{**}	Média*	σ^{**}
1	5,01	---	4,68	---
2	6,00	0,10	4,98	0,09
3	6,03	0,03	6,06	0,06

* Valores apresentados representam a média de três medições independentes (triplicata) com cada amostra de água.

**Desvio padrão.

--- Análise realizada com apenas uma medição do parâmetro.

5.1.3 Condutividade elétrica

Os resultados das medições da condutividade elétrica nas amostras de água dos poços artesanais, apresentados na Tabela 3, apontam para valores bem superiores deste parâmetro no bairro A em comparação com o bairro B. Este parâmetro não é integrante dos padrões de potabilidade brasileiro, mas geralmente não ultrapassa $100 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ para águas naturais.

Tabela 3 - Condutividade elétrica das amostras de água coletadas nos poços rasos artesanais de dois bairros periféricos de Itumbiara-GO

Amostra	Condutividade elétrica ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$)			
	Bairro A		Bairro B	
	Média*	σ^{**}	Média*	σ^{**}
1	161,00	---	22,30	---
2	176,40	2,40	23,25	0,17
3	194,95	0,21	22,20	0,28

* Valores apresentados representam a média de três medições independentes (triplicata) com cada amostra de água.

**Desvio padrão.

--- Análise realizada com apenas uma medição do parâmetro.

5.1.4 Turbidez

As medições da turbidez das amostras de água dos poços artesanais, apresentadas na Tabela 4, apresentaram valores muito baixos para todas as medições realizadas, denotando a ausência de turvação nas amostras analisadas. No Brasil, a Portaria MS 518 estabelece o limite de turbidez da água potável em 1,0 uT em 95% das amostras coletadas, não podendo exceder o limite de 5,0 uT em amostras pontuais coletadas.

Tabela 4 - Turbidez das amostras de água coletadas nos poços rasos artesanais de dois bairros periféricos de Itumbiara-GO

Amostra	Turbidez (NTU)			
	Bairro A		Bairro B	
	Média*	σ^{**}	Média*	σ^{**}
1	0,53	0,46	0,00	0,00
2	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,16	0,00	0,09	0,13

* Valores apresentados representam a média de três medições independentes (triplicata) com cada amostra de água.

**Desvio padrão.

5.1.5 Sólidos totais e dissolvidos

Os resultados da avaliação do teor de sólidos totais (Tabela 5) e de sólidos dissolvidos (Tabela 6) das amostras de água dos poços artesanais revelaram valores elevados para estes dois parâmetros nas amostras obtidas a partir dos dois bairros analisados. O padrão de potabilidade da água, determinado pela Portaria MS 518, estabelece a concentração máxima de 1.000 mg.L⁻¹ de sólidos totais em amostras de água potável.

Tabela 5 - Teor de sólidos totais das amostras de água coletadas nos poços rasos artesanais de dois bairros periféricos de Itumbiara-GO

Amostra	Sólidos totais (mg.L ⁻¹)			
	Bairro A		Bairro B	
	Média*	σ**	Média*	σ**
1	960,00	0,00	680,00	0,00
2	---	---	---	---
3	865,00	0,00	685,00	0,00

* Valores apresentados representam a média de três medições independentes (triplicata) com cada amostra de água.

**Desvio padrão.

--- Análises não realizadas com a amostra 2.

Tabela 6 - Teor de sólidos dissolvidos das amostras de água coletadas nos poços rasos artesanais de dois bairros periféricos de Itumbiara-GO

Amostra	Sólidos dissolvidos (mg.L ⁻¹)			
	Bairro A		Bairro B	
	Média*	σ**	Média*	σ**
1	400,00	0,00	440,00	0,00
2	---	---	---	---
3	398,05	0,00	387,00	0,00

* Valores apresentados representam a média de três medições independentes (triplicata) com cada amostra de água.

**Desvio padrão.

--- Análises não realizadas com a amostra 2.

5.1.6 Oxigênio dissolvido e Demanda química de oxigênio

Os valores obtidos nas análises de oxigênio dissolvido das amostras de água dos poços artesanais (Tabela 7) foram muito similares entre os bairros A e B nas três amostras analisadas, ressaltando-se que a legislação brasileira não estabelece limites para este parâmetro.

Por outro lado, a determinação da demanda química de oxigênio (DQO) nas amostras de água revelou valores mais elevados para a água do poço do bairro A em relação à água do bairro B em todas as três amostras analisadas, conforme a Tabela 8. Merece atenção os valores relativamente mais elevados observados para

este parâmetro com a amostra 2 obtida nos poços dos dois bairros, ressaltando-se que a legislação brasileira não estipula limites para este parâmetro em águas de consumo.

Tabela 7 - Oxigênio dissolvido das amostras de água coletadas nos poços rasos artesanais de dois bairros periféricos de Itumbiara-GO

Amostra	Oxigênio dissolvido (mg.L ⁻¹)			
	Bairro A		Bairro B	
	Média*	σ**	Média*	σ**
1	7,20	0,00	7,02	0,00
2	7,40	0,00	7,00	0,00
3	7,50	0,00	7,05	0,00

* Valores apresentados representam a média de três medições independentes (triplicata) com cada amostra de água.

**Desvio padrão.

Tabela 8 - Demanda química de oxigênio (DQO) das amostras de água coletadas nos poços rasos artesanais de dois bairros periféricos de Itumbiara-GO

Amostra	DQO (mg.L ⁻¹)			
	Bairro A		Bairro B	
	Média*	σ**	Média*	σ**
1	59,76	0,04	48,40	0,13
2	72,40	1,69	65,20	0,95
3	31,20	0,64	24,80	1,13

* Valores apresentados representam a média de três medições independentes (triplicata) com cada amostra de água.

**Desvio padrão.

5.1.7 Dureza e concentrações de cálcio e magnésio

A análise da dureza das amostras de água provenientes dos dois poços (Tabela 9) revelou que a água proveniente do poço localizado no bairro A apresentou dureza média em torno de 55,00 mg de CaCO₃.L⁻¹ para as três amostras analisadas, o que a classifica como água moderadamente dura. Já a dureza da água proveniente do poço localizado no bairro B apresentou valor bem inferior (média de 25,00 mg de CaCO₃.L⁻¹), o que a classifica como água mole. Observa-se também

que este parâmetro não apresentou grandes variações entre as três amostras analisadas nos dois poços. Os padrões de potabilidade brasileiro e da OMS estabelecem o limite de 500 mg.L^{-1} de CaCO_3 para a dureza da água de abastecimento.

Tabela 9 - Dureza das amostras de água coletadas nos poços rasos artesanais de dois bairros periféricos de Itumbiara-GO

Amostra	Dureza ($\text{mg de CaCO}_3.\text{L}^{-1}$)			
	Bairro A		Bairro B	
	Média*	σ^{**}	Média*	σ^{**}
1	58,05	0,08	26,02	0,07
2	56,72	0,95	25,14	0,22
3	53,40	0,03	27,55	0,35

* Valores apresentados representam a média de três medições independentes (triplicata) com cada amostra de água.

**Desvio padrão.

Ao se analisar o teor de íons cálcio (Tabela 10) e magnésio (Tabela 11), que são os responsáveis pela determinação da dureza da água, observa-se valores bem superiores de cálcio para a água do poço do bairro A em relação à água do poço do bairro B em todas as três amostras analisadas para cada poço. Além disso, houve uma alta concordância entre os resultados das três amostras analisadas para ambos os poços.

Tabela 10 - Concentração de cálcio das amostras de água coletadas nos poços rasos artesanais de dois bairros periféricos de Itumbiara-GO

Amostra	Concentração de cálcio (mg.L^{-1})			
	Bairro A		Bairro B	
	Média*	σ^{**}	Média*	σ^{**}
1	28,06	0,21	16,03	0,14
2	27,55	0,14	17,00	0,03
3	27,06	0,49	17,15	0,91

* Valores apresentados representam a média de três medições independentes (triplicata) com cada amostra de água.

**Desvio padrão.

Por outro lado, os teores de magnésio obtidos para as amostras dos poços dos dois bairros foram bem inferiores aos teores de cálcio, mas muito similares entre os dois poços, conforme Tabela 11.

Tabela 11 - Concentração de magnésio das amostras de água coletadas nos poços rasos artesanais de dois bairros periféricos de Itumbiara-GO

Amostra	Concentração de magnésio (mg.L ⁻¹)			
	Bairro A		Bairro B	
	Média*	σ^{**}	Média*	σ^{**}
1	1,97	0,21	1,34	0,21
2	3,26	0,65	2,80	0,12
3	2,03	0,05	2,01	0,01

* Valores apresentados representam a média de três medições independentes (triplicata) com cada amostra de água.

**Desvio padrão.

6 DISCUSSÃO

As análises dos parâmetros físico-químicos constituem importantes ferramentas na avaliação da qualidade da água de diversos tipos de fontes. Nos tempos atuais, em que há grande preocupação mundial com a ação antrópica sobre o meio ambiente, o monitoramento da qualidade das águas de cursos d'água bem como daquelas provenientes das diversas fontes de água destinadas ao consumo humano, incluindo-se as águas de origem e captação subterrânea, torna-se de suma importância para a avaliação dos impactos gerados nestes ambientes e dos potenciais riscos gerados pelo consumo destas águas sobre a saúde humana. Neste trabalho, foi feita uma avaliação da qualidade das águas obtidas a partir de poços rasos artesanais e destinadas ao consumo humano em dois bairros distintos da região periférica da cidade de Itumbiara-GO, por meio da análise de alguns parâmetros físico-químicos. A motivação para a realização deste trabalho veio da observação de que nas áreas mais periféricas da cidade é comum a utilização destas águas extraídas por meio de poços artesanais pelos moradores, que escavam tais poços sem nenhuma orientação específica e fazem sua manutenção também sem qualquer orientação. A utilização destes poços nestas regiões ocorre em função da carência da água tratada fornecida pelo serviço de abastecimento público, obrigando estes moradores a buscar alternativas para o abastecimento de suas residências, ou ainda como uma alternativa mais barata em relação à água proveniente do abastecimento público, já que muitas das famílias residentes nestas regiões apresentam baixa renda e sofrem dificuldades financeiras. No entanto, os riscos de contaminação destas águas são muito elevados e, por conseguinte, a possibilidade de seu consumo gerar danos à saúde humana também é elevada.

No Brasil, não há muitos estudos avaliando a qualidade da água de origem subterrânea extraída por poços rasos e destinadas ao consumo humano, mas os resultados deste trabalho estão de acordo com outros estudos desta natureza realizados em outras localidades do Brasil. No entanto, a comparação dos resultados ora apresentados com os resultados destes outros estudos pode ser comprometida, em função das profundas diferenças geográficas observadas no território brasileiro, cuja variedade de tipos de solo pode refletir muitas diferenças na composição e nas características da água (TAVARES et al., 2012; ECKHARDT et al., 2009).

Em virtude dos efeitos insignificantes à saúde do consumidor e da extrema dificuldade de alteração na temperatura da água, os padrões de potabilidade brasileiro e da OMS (Organização Mundial da Saúde) não estabelecem temperatura máxima para água de consumo, razão pela qual a Portaria MS 518/2004, do Ministério da Saúde, não apresenta nenhuma referência à temperatura das águas destinadas ao consumo humano (LIBÂNIO, 2010). Nossos resultados, com temperatura das amostras entre 24 e 25°C, estão próximos da temperatura de avaliação de vários parâmetros físico-químicos realizados em águas destinadas ao consumo humano, que corresponde a 25°C.

Com relação ao pH, a referida portaria estabelece que o pH de águas destinadas ao abastecimento público deve estar entre 6,0 e 9,5. Neste sentido, os valores encontrados em nossas análises, que variaram entre 4,68 e 6,06 estão significativamente inferiores aos recomendados pela legislação, caracterizando estas águas como inadequadas ao consumo humano com relação a este parâmetro. Estes baixos valores de pH encontrados em nossas análises podem refletir contaminação das águas provenientes destes poços por algum agente químico, mas isso não pode ser comprovado, em função da não realização de outras análises, como a acidez total e a alcalinidade total das amostras de água. Outra explicação para estes resultados poderia ser a fidedignidade destas medidas, as quais podem apresentar valores alterados, em função de problemas de calibração do aparelho medidor utilizado.

Com relação à condutividade elétrica, parâmetro relacionado à presença e à concentração de íons na água, nossos resultados apontaram valores discrepantes entre as duas amostras analisadas, sendo que a amostra do Bairro A apresentou condutividade elétrica muito superior à apresentada pela amostra do Bairro B. Uma explicação para esta diferença poderia ser a possível contaminação das águas extraídas do poço do Bairro A por fertilizantes, apresentando maior quantidade de íons inorgânicos dissolvidos, já que tal poço se localiza em região mais periférica da cidade, próxima a áreas rurais utilizadas para o cultivo agrícola. Nestas áreas agrícolas se faz ampla utilização de fertilizantes, que podem se infiltrar no solo e contaminar reservatórios subterrâneos de água. A condutividade elétrica não é integrante dos padrões de potabilidade brasileiros, mas se constitui em importante indicador de contaminação da água e, em geral, para águas naturais, seu valor não ultrapassa $100 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ (LIBÂNIO, 2010).

Os resultados obtidos para o parâmetro Turbidez demonstraram que as amostras dos dois poços estavam desprovidas de turvação, correspondendo aos resultados esperados para águas destinadas ao consumo humano. Isto demonstra a ausência de partículas e sólidos em suspensão na água, garantindo que as amostras estão livres de contaminantes desta natureza e, portanto, com relação a este parâmetro, estão adequadas para o consumo humano, já que a Portaria MS 518/2004 estabelece o limite de turbidez da água potável em 1,0 NTU em 95% das amostras coletadas, não podendo exceder o limite de 5,0 NTU em amostras pontuais coletadas (BRASIL, 2004).

Quanto à análise de sólidos totais, nossos resultados demonstraram que a amostra proveniente do Bairro A apresenta valor mais elevado que o observado para a amostra do Bairro B, estando, inclusive, muito próximo ao valor máximo permitido pela Portaria MS 518/2004, que é de 1.000 mg.L^{-1} para água potável. Uma possível explicação para esta maior concentração de sólidos totais na amostra A, em comparação com a amostra B, é o fato de o poço do Bairro A não apresentar suas paredes laterais protegidas por estrutura cimentada, de modo que a água entra em contato direto com o solo, cujos resíduos podem se destacar e entrar em contato com a água, contaminando-a. Por outro lado, o poço do Bairro B apresenta suas paredes laterais revestidas por estrutura cimentada, impedindo contato direto da água com o solo, o que se traduz em menor quantidade de sólidos nas águas provenientes deste poço.

Quanto aos parâmetros Oxigênio Dissolvido (OD) e Demanda Química de Oxigênio (DQO), a legislação brasileira não estabelece limites para estes dois parâmetros em águas de consumo, mas a própria escolha da fonte de água para uso da população, que prioriza fontes menos impactadas, já garante água com concentrações adequadas de oxigênio dissolvido, geralmente entre $2\text{-}5 \text{ mg.L}^{-1}$. Nossos resultados para estes dois parâmetros não apresentaram diferenças significativas entre as amostras provenientes dos dois poços analisados.

No que se refere ao parâmetro dureza, a Resolução 357/2005, do CONAMA, não faz nenhuma referência, uma vez que a dureza da água não interfere de maneira significativa no tipo de uso que se faz dela. Por outro lado, a Portaria MS 518/2004 determina dureza máxima de 500 mg.L^{-1} para águas destinadas ao consumo humano, ainda que este parâmetro não apresente relevância sanitária significativa, de modo que as águas provenientes dos poços analisados neste

trabalho apresentam dureza bem inferior ao máximo estabelecido pela legislação brasileira. Como a dureza indica a concentração de cátions multivalentes em solução na água, especialmente Cálcio (Ca^{+2}) e Magnésio (Mg^{+2}), espera-se valores mais elevados deste parâmetro para águas de origem subterrânea em relação a águas superficiais, e a dureza mais elevada encontrada para a amostra do Bairro A pode ser explicada pela maior concentração de íons cálcio e magnésio encontrados nestas amostras, que foram bem superiores aos encontrados para a amostra do Bairro B. Esta diferença pode refletir diferenças na composição do solo destes dois locais, que pode apresentar naturalmente maior teor destes íons no Bairro A ou ser ainda um reflexo da maior contaminação do solo deste bairro por íons provenientes de fertilizantes agrícolas, como discutido anteriormente para o parâmetro condutividade elétrica.

Para a avaliação da qualidade de águas destinadas ao consumo humano, as análises microbiológicas são fundamentais, de modo que a pesquisa de microrganismos contaminantes em amostras de água constitui uma das principais ferramentas neste tipo de avaliação, já que a contaminação microbiológica deste tipo de água apresenta os maiores riscos à saúde do consumidor (LIBÂNIO, 2010). Nossa proposta inicial de trabalho previa a realização de análises microbiológicas nas amostras de água obtidas dos poços analisados, mas tais análises não puderam ser realizadas, em função da ausência de um Laboratório de Microbiologia no Câmpus Itumbiara, que estivesse minimamente estruturado para a realização destas análises dentro do período de execução deste trabalho. Além disso, também não foi possível o estabelecimento de nenhuma parceria com laboratórios de análises ambientais da cidade, que pudessem permitir a realização destas análises em suas dependências. Neste sentido, tais análises microbiológicas não puderam ser realizadas, o que comprometeu significativamente os resultados deste trabalho.

8 CONCLUSÃO

Diante do exposto, em função dos parâmetros pesquisados, conclui-se que a água proveniente dos dois poços analisados neste estudo apresenta boa qualidade físico-química, estando de acordo com as especificações apontadas pela legislação específica. Porém, as poucas análises realizadas, com a avaliação de pequena quantidade de amostras e sem a realização das análises microbiológicas originalmente propostas impedem a elaboração de conclusões mais precisas, que apontem as reais condições das águas subterrâneas extraídas por meio de poços rasos na área urbana do município de Itumbiara-GO, bem como as possíveis fontes de contaminação, quando houver, de modo que outros trabalhos, com novas análises mais abrangentes, devem ser feitos para se atestar esta qualidade com veracidade, principalmente com relação aos parâmetros microbiológicos.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABAS. Associação Brasileira de Águas Subterrâneas. **Águas subterrâneas, o que são?** Disponível em: <http://www.abas.org/educacao.php>. Acesso em: 16 de maio de 2014.
- ALENCAR, R. D. **Monitoramento da qualidade de água de poços no Calcário Jandaíra e restrições na agricultura irrigada**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural do Semi- Árido. Mossoró-RN, 2007.
- AMARAL, L. A. Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais. **Revista de Saúde Pública**, v. 37, n. 4, p. 510-514, 2003.
- APHA. American Public Health Association. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20^a ed. Washington, DC, 2005. p. 9-140.
- BETTEGA, J. M. P. R.; MACHADO, M. R.; PRESIBELLA, M.; BANISKI, G.; BARBOSA, C. A. Métodos analíticos no controle microbiológico da água para consumo humano. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 5, p. 950-954, 2006.
- BORGHETTI, N. R. B.; BORGHETTI, J. R.; ROSA-FILHO, E. F. **Aquífero Guarani: a verdadeira integração dos países do Mercosul**. Curitiba: GIA Fundação Roberto Marinho, 2004, 214 p.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 18 de março de 2005. Seção 1, p. 58-63.
- _____. Ministério da Saúde. Portaria nº 518, de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 26 de março de 2004. Seção 1. p. 266-270.
- _____. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº 275, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico de características microbiológicas para água mineral natural e água natural. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 23 de setembro de 2005. Seção 1.
- BUZANELLO, E. B.; MARTINHAGO, M. W.; ALMEIDA, M. M.; PINTO, F. G. S. Determinação de coliformes totais e termotolerantes na água do Lago Municipal de Cascavel, Paraná. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 59-60, 2008.

CAPUCCI, E.; MARTINS, A. M.; MANSUR, K. L.; MONSORES, A. L. M. **Poços tubulares e outras captações de água subterrânea**. Rio de Janeiro: SEMADS, 2001, 70p.

CARDOSO, A. L. S. P.; TESSARI, E. N. C.; CASTRO, A. G. M.; KANASHIRO, A. M. I. Pesquisa de *Salmonella* spp., coliformes totais, coliformes fecais e mesófilos em carcaças e produtos derivados de frango. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 67, n. 1, p. 25-30, 2000.

CHAVES, A. **Monitoramento de águas subterrâneas em um empreendimento potencialmente poluidor no município de Santa Maria/RS**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS, 2009.

ECKHARDT, R. R.; DIEDRICH, V. L.; FERREIRA, E. R.; STROHSCHOEN, E.; DEMANA, L. C. Mapeamento e avaliação da potabilidade da água subterrânea do município de Lajeado, RS, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 4, n. 1, p. 58-80, 2009.

GRASSI, M. T. As águas do planeta Terra. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**, ed. especial, p. 31-40, 2001.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Águas. In: _____. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. Cap. VIII, p. 345-408.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em: 28 de maio de 2014.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água**. Campinas: Átomo, 2010. 494 p.

LOPES, R. C. M. S.; BECHTLUFFT. Caracterização físico-química e microbiológica da água da Lagoa da Itaúna Siderúrgica Ltda, do município de Itaúna-MG. **Revista Digital FAPAM**, Pará de Minas, v. 2, n. 2, P. 181-199, 2010.

MOURA, A. C.; ASSUMPÇÃO, R. A. B.; BISCHOFF, J. Monitoramento físico-químico e microbiológico da água do Rio Cascavel durante o período de 2003 a 2006. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 76, n. 1, p. 17-22, 2009.

PEDROZA, A. O. R. M.; CARVALHO, E. M.; MONTEIRO, P. L. A. Aspectos físico-químicos e microbiológicos do Córrego Estiva em Rio Brilhante-MS. **Interbio**, v. 3, n. 1, p. 35-41, 2009.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ITUMBIARA - GOIÁS. Disponível em www.itumbiara.go.gov.br. Acesso em: 16 de Maio de 2014.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUDINISI, J. G. **Águas doces no Brasil**: Capital ecológico, uso e conservação. São Paulo: Escrituras, 2 ed., 2002.

SAMPAT, P. **Expondo a Poluição Freática**. In: Estado do Mundo 2001, WWI.

SANEAMENTO DE GOIÁS S/A - SANEAGO. Disponível em: www.saneago.com.br. Acesso em: 23 de maio de 2014.

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

SILVA, M. P.; CAVALLI, D. R.; OLIVEIRA, T. C. R. M. Avaliação do padrão coliformes a 45° C e comparação da eficiência das técnicas dos tubos múltiplos e Petrifilm EC na detecção de coliformes totais e *Escherichia coli* em alimentos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 2, p. 352-359, 2006.

SILVA, L. L.; GOULART, A. T.; MELO, C.; OLIVEIRA, R. C. W. Avaliação microbiológica, química e físico-química da contaminação no Rio Paranaíba. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 18, n. 34, p. 45-62, 2006.

TAVARES, A. J.; OLIVEIRA, J. J. V.; COSTA, M. V. O.; LIMA, S. L. C.; LIMA, S. L. C.; LIMA, M. A. A. Análise físico-química da água dos poços IPE e IFRN – Campus Apodi. In: **VII CONNEPI – Congresso Norte nordeste de Pesquisa e Inovação**, Palmas-TO, 2012.

APÊNDICE

Apêndice A - Imagens da análise de amostras de água no Laboratório de Química do IFG – Câmpus Itumbiara.

