



Universidade Federal do Triângulo Mineiro
Instituto de Ciências Tecnológicas e Exatas
Programa de Mestrado Profissional em Inovação Tecnológica

Carolina Guimarães Resende Gobbo

**Avaliação da potabilidade das águas e dos impactos ambientais macroscópicos
das nascentes em Uberaba, Minas Gerais**

Uberaba
2014

Carolina Guimarães Resende Gobbo

Avaliação da potabilidade das águas e dos impactos ambientais macroscópicos das nascentes em Uberaba, Minas Gerais

Trabalho de Conclusão do Curso de Mestrado apresentado como requisito para o exame de qualificação do Programa de Mestrado Profissional em Inovação Tecnológica da Universidade Federal do Triângulo Mineiro.

Orientadora: Profa. Dra. Mônica Hitomi Okura
Co-orientadora: Profa. Dra. Márcia Helena Pontieri

Uberaba

2014

Catálogo na fonte: Biblioteca da Universidade Federal do Triângulo Mineiro

G512a Gobbo, Carolina Guimarães Resende
Avaliação da potabilidade das águas e dos impactos ambientais macroscópicos das nascentes em Uberaba, Minas Gerais / Carolina Guimarães Resende Gobbo. -- 2014.
112 f. : il., fig., graf., tab.

Dissertação (Mestrado Profissional em Inovação Tecnológica) -- Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, MG, 2014

Orientadora: Prof^ª Dr^ª Mônica Hitomi Okura

Coorientadora: Prof^ª Dr^ª Márcia Helena Pontieri

1. Água - Análise. 2. Água potável. 3. Rios. 4. Impacto ambiental. I. Okura, Mônica Hitomi. II. Universidade Federal do Triângulo Mineiro. III. Título.

CDU 543.3

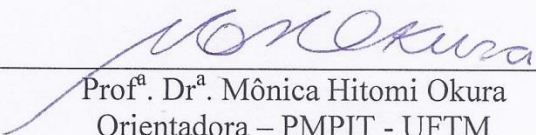
CAROLINA GUIMARÃES RESENDE

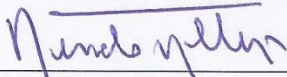
AVALIAÇÃO DA POTABILIDADE DAS ÁGUAS E DOS IMPACTOS
AMBIENTAIS MACROSCÓPICOS DAS NASCENTES EM UBERABA,
MINAS GERAIS

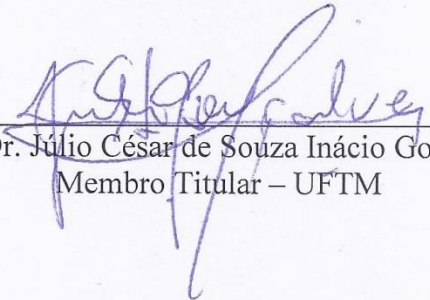
Trabalho de conclusão apresentado ao
Programa de Mestrado Profissional em
Inovação Tecnológica da Universidade
Federal do Triângulo Mineiro, como requisito
para obtenção do título de mestre.

Uberaba, 25 de março de 2014

Banca Examinadora:


Prof. Dr.ª Mônica Hitomi Okura
Orientadora – PMPIT - UFTM


Prof. Dr. Renato Farias do Valle Junior
Membro titular – IFTM


Prof. Dr. Júlio César de Souza Inácio Gonçalves
Membro Titular – UFTM

Dedico este trabalho à minha família, pelo amor, incentivo e dedicação incondicionais; ao Bruno, por todo amor, compreensão e companheirismo; e aos meus familiares e amigos pelo apoio e carinho ao longo da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Em especial à Profa. Dra. Mônica Hitomi Okura, pelos valiosos ensinamentos, pela orientação, disponibilidade, dedicação e impecável ajuda na condução deste trabalho.

À Profa. Dra. Márcia Helena Pontieri, co-orientadora, pela ajuda e pelos ensinamentos transmitidos no laboratório.

Aos meus pais, por me transmitirem os valores da dignidade e do conhecimento e pela dedicação incondicional ao longo de toda a minha vida.

Aos meus irmãos, pelo carinho, incentivo e inspiração.

Ao Bruno, pelo amor, apoio, incentivo e compreensão.

Aos meus amigos, pela convivência, carinho e constante apoio.

À UFTM e ao ICTE por possibilitarem o meu aprimoramento profissional.

À CAPES pelo apoio financeiro e oportunidade de concretização deste Mestrado.

Aos professores: Dr. Renato Farias do Valle Junior, Dr. Nelson Diniz Velasco, Dr. Julio Cesar de Souza Inácio Gonçalves e Dra. Ana Carolina Borella Marfil Anhê, por aceitarem participar da minha banca examinadora e contribuírem na minha formação acadêmica.

Aos professores: Dr. Mário Sérgio da Luz, Dr. Julio Cesar de Souza Inácio Gonçalves e Dra. Ana Carolina Borella Marfil Anhê por suas contribuições e sugestões no exame de qualificação.

Ao corpo docente do Mestrado Profissional em Inovação Tecnológica da UFTM pela transmissão de valores e conhecimentos.

Aos demais professores, que em todos os momentos contribuíram para a minha aprendizagem.

Ao corpo de funcionários da UFTM, pela colaboração e convivência.

Ao Departamento de Vigilância Ambiental em Saúde da Secretaria Municipal de Saúde por ceder a relação das nascentes de Uberaba e os respectivos dados de monitoramento.

Por fim, a todos que de algum modo contribuíram para a minha formação.

“Até que o sofrimento lhe ensine, o homem não avaliará o verdadeiro valor da água.”

LORD BYRON (1788 – 1824), Poeta Inglês.

RESUMO

A boa qualidade da água destinada ao consumo humano é essencial para a saúde da população, pois, quando contaminada, a água torna-se veículo de transmissão de várias doenças. As nascentes (também denominadas bicas ou minas) são as águas provenientes do aquífero freático que afloram naturalmente no terreno ou através de drenos, que tornam a água disponível para captação. As nascentes localizadas na zona urbana sofrem uma série de impactos ambientais, o que influencia a qualidade biológica, física e química da água. Uma parcela da população de Uberaba consome, ocasionalmente, água *in natura* proveniente das nascentes. Portanto, a avaliação da qualidade das águas das nascentes de Uberaba é de suma importância para a saúde pública. Nesse contexto, este trabalho teve como objetivos a avaliação da potabilidade destas águas, através da análise dos parâmetros de pH, turbidez, cor aparente, coliformes totais e *Escherichia coli* em um período de 6 meses (entre fevereiro e julho de 2013) e a avaliação dos impactos ambientais macroscópicos nas nascentes do município, a fim de analisar o grau de preservação das mesmas. Os resultados revelaram que as 10 nascentes avaliadas são impróprias para o consumo humano segundo o padrão de potabilidade vigente, principalmente em relação aos padrões microbiológicos, pois todas elas apresentaram contaminação por *Escherichia coli* em, no mínimo, três meses analisados. As análises de *Escherichia coli* revelaram índices preocupantes, pois a potabilidade da água depende da ausência desta bactéria. Já em relação aos parâmetros físico-químicos, de todas as 60 amostras, houve apenas um resultado de turbidez acima do Valor Máximo Permitido estabelecido pela Portaria 2914 do Ministério da Saúde. Os resultados da análise do Índice de Impacto Ambiental Macroscópico em Nascentes constataram que 9 nascentes apresentaram grau de preservação ruim ou péssimo. As alterações antrópicas são responsáveis pela degradação das nascentes e podem interferir na potabilidade de suas águas.

Palavras-chave: Potabilidade. Água de nascentes. Impacto ambiental. Saúde Pública.

ABSTRACT

The good quality of water intended for human consumption is essential for the health of the general population because, when contaminated, water becomes a vehicle for the transmission of various diseases. Spring water from aquifers either flow naturally to the surface or through drains that make it available for consumption. Springs located in urban areas are adversely impacted by environmental problems, which affect the biological, physical, and chemical properties of the water. A portion of the population of Uberaba occasionally consumes water directly from springs without any treatment. Hence, the assessment of the quality of spring water in Uberaba is very important for the public health. Within this context, this study aimed to assess the potability of spring water in Uberaba by analyzing several parameters including pH, turbidity, color, coliforms and *Escherichia coli* for a period of 6 months (between February and July 2013) and to determine the environmental impact on those springs. Results showed that water from all 10 springs analyzed is unsuitable for human consumption considering current standards of water potability, particularly with respect to microbiological contamination, since all locations showed presence of *Escherichia coli* in at least three of the months analyzed. Contamination by *Escherichia coli* reached high levels, which is particularly concerning since water potability is determined by the absence of this bacteria. With respect to the physical and chemical properties of the water analyzed, of all 60 samples tested, only one presented turbidity above maximum levels allowed by ruling #2914 of the Ministry of Public Health. The results of the analysis of the environmental impact on those springs showed that environmental damage was severe and that human activity was the main cause of the deterioration of those springs and of the adverse impact on the potability of their water.

Keywords: Potability. Spring water. Environmental impact. Public Health.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Distribuição de água doce superficial no mundo e nas Américas.....	20
Figura 2 – Desenho esquemático dos aquíferos freático e artesiano.....	22
Figura 3 – Contaminação das águas subterrâneas.....	24
Figura 4 – Distribuição das bactérias e dos indicadores de contaminação fecal.....	32
Figura 5 – Precipitações média e total mensais em Uberaba durante o período de coletas.....	46
Figura 6 – Mapa da localização das nascentes de Uberaba-MG.....	47
Figura 7 – Frequência de contaminação das nascentes por coliformes totais (C.T.) e <i>Escherichia coli</i> (E.C.).....	51
Figura 8 – Frequência de contaminação das nascentes em relação aos meses avaliados....	52
Figura 9 – Porcentagem de nascentes em relação ao grau de preservação.....	54
Figura 10 – Nascente Tancredo Neves.....	57
Figura 11 – Nascente MG 190 I.....	59
Figura 12 – Nascente Maringá.....	60
Figura 13 – Nascente Av. Leopoldino de Oliveira.....	61
Figura 14 – Nascente Conjunto Silvério Cartafina.....	63
Figura 15 – Nascente São Cristóvão.....	64
Figura 16 – Nascente Av. Santana Borges.....	65
Figura 17 – Nascente Beija-Flor I.....	66
Figura 18 – Nascente Universitário.....	67
Figura 19 – Nascente Univerdecidade.....	69

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Padrão Microbiológico da água para consumo humano segundo a Portaria 2914/MS.....	28
Quadro 2 – Impactos ambientais urbanos e suas consequências para a dinâmica das nascentes.....	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Quantificação da análise dos parâmetros macroscópicos.....	44
Tabela 2 – Classificação das nascentes quanto aos impactos macroscópicos.....	44
Tabela 3 – Nascentes de Uberaba e respectivas posições georreferenciadas.....	46
Tabela 4 – Resultados das análises de parâmetros físicos e químicos das águas das nascentes em 2013.....	48
Tabela 5 – Resultados das análises microbiológicas das nascentes em 2013.....	50
Tabela 6 – Resultados das análises dos parâmetros macroscópicos e classificação das nascentes quanto à classe e ao grau de preservação.....	52
Tabela 7 – Resultados da classificação de potabilidade das amostras de água das nascentes, obtidas em cada coleta quanto ao padrão microbiológico e físico-químico e sua classificação final.....	56

LISTA DE SIGLAS

ANA – Agência Nacional das Águas
APHA – American Public Health Association
BDMEP – Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
DST – Defined Substrate Technology
EPA – US Environmental Protection Agency
EPAMIG – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Uberaba
FRC – Fatores de Risco Contaminante
GPS – Global Positioning System
GDWQ – Guidelines for Drinking-Water Quality
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IIAM – Índice de Impacto Ambiental Macroscópico em Nascentes
INMET – Instituto Nacional de Meteorologia
MS – Ministério da Saúde
MUG – 4-metilumbeliferil- β -D-glucuronídeo
NMP – Número Mais Provável
OMS – Organização Mundial da Saúde
ONPG – orto-nitrofenil- β -D-galactopiranosídeo
ONU – Organização das Nações Unidas
THM – Trihalometanos
UFC – Unidades Formadoras de Colônias
UFTM – Universidade Federal do Triângulo Mineiro
UNICEF – The United Nations Children's Fund
VMP – Valor Máximo Permitido
WHO – World Health Organization

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
1.1 OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS.....	18
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	19
2.1 PANORAMA DA DISPONIBILIDADE DE ÁGUA DOCE	19
2.2 ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	21
2.3 SAÚDE PÚBLICA E QUALIDADE DA ÁGUA.....	24
2.4 LEGISLAÇÃO	26
2.5 QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA	29
2.5.1 Coliformes totais	31
2.5.2 Coliformes termotolerantes	31
2.5.3 Escherichia coli	32
2.6 QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA	33
2.6.1 Potencial hidrogeniônico (pH)	33
2.6.2 Cor.....	34
2.6.3 Turbidez	35
2.7 QUALIDADE DA ÁGUA DE NASCENTES	36
2.8 IMPACTOS AMBIENTAIS EM NASCENTES	37
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	40
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	40
3.2 SELEÇÃO E LOCALIZAÇÃO DAS NASCENTES DE USO PÚBLICO	40
3.3 PLUVIOSIDADE NO PERÍODO DAS COLETAS	41
3.4 COLETA DE AMOSTRAS.....	41
3.5 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS.....	41
3.6 ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS	42
3.6.1 Potencial hidrogeniônico (pH)	42
3.6.2 Turbidez	43
3.6.3 Cor aparente	43

3.7 ÍNDICE DE IMPACTO AMBIENTAL MACROSCÓPICO EM NASCENTES – IIAM	43
3.8 MEDIÇÃO DA VAZÃO	44
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	46
4.1 PLUVIOSIDADE DURANTE O PERÍODO DE ESTUDO.....	46
4.2 MAPEAMENTO DAS NASCENTES	46
4.3 ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS	48
4.4 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA	50
4.5 AVALIAÇÃO DA POTABILIDADE DAS NASCENTES	52
4.6 ÍNDICE DE IMPACTO AMBIENTAL MACROSCÓPICO EM NASCENTES – IIAM	54
4.7 AVALIAÇÃO DAS NASCENTES.....	57
4.7.1 Nascente 1 – Tancredo Neves	57
4.7.2 Nascente 2 – MG 190 I	58
4.7.3 Nascente 3 – Maringá.....	59
4.7.4 Nascente 4 – Av. Leopoldino de Oliveira.....	61
4.7.5 Nascente 5 – Conjunto Silvério Cartafina.....	62
4.7.6 Nascente 6 – São Cristóvão.....	63
4.7.7 Nascente 7 – Av. Santana Borges	65
4.7.8 Nascente 8 – Beija-Flor I	66
4.7.9 Nascente 9 – Universitário	67
4.7.10 Nascente 10 – Univerdecidade.....	68
5. CONCLUSÃO.....	70
REFERÊNCIAS	72
APÊNDICE A – SUGESTÃO DE QUESTIONÁRIO A SER APLICADO NAS UNIDADES DE SAÚDE	77
APÊNDICE B – DADOS RELATIVOS ÀS COLETAS.....	81
APÊNDICE C – ADAPTAÇÃO DO ÍNDICE DE IMPACTO AMBIENTAL MACROSCÓPICO EM NASCENTES – IIAM	87
ANEXO A – TRATAMENTO DOMICILIAR DE ÁGUA.....	90

ANEXO B – DADOS METEOROLÓGICOS	91
ANEXO C – DADOS DE MONITORAMENTO DAS NASCENTES PELA PREFEITURA DE UBERABA.....	96

1 INTRODUÇÃO

Imprescindível para a vida na Terra, a água é um recurso natural renovável, porém, grande parte da água doce disponível já apresenta algum grau de degradação de sua qualidade, principalmente das águas superficiais. A escassez e o racionamento de água doce em várias regiões do planeta, inclusive no Brasil, e a expressiva poluição dos mananciais nos alertam para a importância da preservação e do monitoramento da qualidade dos recursos hídricos, principalmente das fontes de abastecimento público.

Considera-se a oferta de água para abastecimento público um dos grandes problemas do século XXI, pois estimativas da Organização das Nações Unidas (ONU), projetam que, até 2050, a população mundial passará de 9 bilhões de pessoas, cuja maioria estará concentrada em áreas urbanas. Atualmente, 2,5 bilhões de pessoas no mundo carecem de acesso à água potável e de saneamento básico, o que favorece o aparecimento de surtos de doenças de veiculação hídrica (BRASIL, 2011a; UNICEF; WHO, 2008).

A água doce superficial é a alternativa de abastecimento mais facilmente acessível à população. O crescimento desordenado da população fez com que a demanda por água de boa qualidade aumentasse nas últimas décadas, ocasionando simultaneamente a poluição nos sistemas hídricos, pois ao mesmo tempo em que as águas superficiais são a principal fonte de abastecimento, são também o principal corpo receptor dos esgotos.

Neste contexto, a água subterrânea vem se tornando, cada vez mais, uma fonte alternativa de abastecimento devido, sobretudo, à sua grande disponibilidade e à qualidade, geralmente, superior à das águas superficiais, pois os processos de filtração e autodepuração do subsolo promovem a sua purificação. Segundo a Agência Nacional das Águas (ANA), as águas subterrâneas disponibilizam água potável para uma população estimada em 2 bilhões de pessoas (BRASIL, 2011a).

As águas subterrâneas são classificadas em aquíferos freático e artesianos. O aquífero artesianos encontra-se confinado entre duas camadas impermeáveis, a uma profundidade maior em relação ao aquífero freático, que se localiza próximo à superfície. O lençol freático pode aflorar naturalmente na superfície do terreno através das nascentes (também denominadas minas ou bicas), ou através de drenos que tornam a água disponível para captação. Embora o aquífero freático seja mais susceptível à contaminação e às variações climáticas, é frequente a sua utilização por populações que não tem acesso ao sistema de abastecimento público (DI BERNARDO; SABOGAL PAZ, 2008).

As nascentes localizadas na zona urbana sofrem uma série de impactos ambientais, como a impermeabilização do solo, a substituição da cobertura vegetal, a presença de resíduos (lixo, esgoto), o que acarreta a descaracterização, a redução da qualidade da água e da vazão e, até mesmo, o desaparecimento das nascentes. Contudo, a proteção à nascente, apenas pontualmente, não impede a contaminação de suas águas, que são o resultado da dinâmica das águas subterrâneas.

A contaminação das águas subterrâneas é causada, predominantemente, pelos destinos incorretos dos esgotos em fossas, tanques sépticos e lagoas de estabilização; pelos vazamentos de postos de combustíveis; pela disposição inadequada de resíduos sólidos em lixões; e pelos vazamentos das redes coletoras de esgoto no lençol freático. Tal contaminação é preocupante, uma vez que a lenta renovação das águas subterrâneas e a sua menor taxa de autodepuração fazem com que a restauração da qualidade das águas subterrâneas seja extremamente lenta (HELLER; PÁDUA, 2010; LIBÂNIO, 2010; SILVA; ARAÚJO, 2003).

É comum a utilização das águas das nascentes por parte da população para diversas finalidades, dentre elas, o consumo humano, pois são geralmente consideradas de boa qualidade sanitária. A população recorre à utilização destas águas em períodos de intermitência no fornecimento de água ou de desabastecimento público e também visando à economia. Entretanto, vários estudos demonstraram alto grau de contaminação destas águas com agentes patogênicos e substâncias tóxicas, provenientes de atividades antrópicas, que causam risco à saúde da população consumidora (FARIA, 2006; GASPAROTTO, 2011; RODRÍGUEZ GARCÍA et al., 2003; TEIXEIRA, 2003; YOUN-JOO; BREINDENBACH, 2005).

A boa qualidade da água destinada ao consumo humano é essencial para a saúde da população, pois, quando contaminada, a água torna-se veículo de transmissão de várias doenças e responsável por surtos epidêmicos. As principais doenças relacionadas à ingestão de água contaminada são: diarreia, cólera, febre tifoide, hepatite, salmonelose, poliomielite, gastroenterite, giardíase e criptosporidiose.

As doenças de veiculação hídrica são causadas principalmente por microrganismos patogênicos originados pela contaminação fecal da água. A detecção de agentes patogênicos em uma amostra é extremamente difícil devido às suas baixas concentrações. Desta forma, as análises dos indicadores de contaminação fecal tornaram-se amplamente difundidas para a avaliação da qualidade microbiológica da água, por serem alternativas rápidas e econômicas. Atualmente, recomenda-se o uso de *Escherichia coli* como indicador de contaminação fecal, por representar a potencialidade da água na transmissão de doenças.

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), 80% das diarreias agudas no mundo estão relacionadas ao uso de água imprópria para consumo e à falta de saneamento básico, especialmente em locais com precárias condições de vida, que provocam mortes em 1,5 milhões de pessoas ao ano. Como possuem transmissão pela rota fecal-oral, algumas dessas doenças apresentam grande potencial de disseminação, principalmente em locais com falta de saneamento básico (SÃO PAULO, 2009).

As águas dos mananciais destinados ao consumo humano exigem atenção tanto das autoridades sanitárias quanto dos consumidores. A Portaria 2914 do Ministério da Saúde (MS) dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. De acordo com esta Portaria, toda água destinada ao consumo humano deve obedecer ao padrão de potabilidade vigente, o qual define os valores máximos permitidos para as características físicas, químicas, bacteriológicas, organolépticas e radioativas (BRASIL, 2011b).

As soluções alternativas coletivas de abastecimento de água são definidas pela Portaria 2914/MS como sendo a modalidade de abastecimento coletivo destinada a fornecer água potável, com ou sem canalização e sem rede de distribuição. Nesta modalidade estão enquadradas as nascentes, que, de acordo com a Portaria, devem ser analisadas mensalmente por meio dos parâmetros cor, turbidez, pH, coliformes totais e *Escherichia coli* (indicador de contaminação fecal) (BRASIL, 2011b).

Uma parcela da população de Uberaba consome, ocasionalmente, água *in natura* proveniente das nascentes. Portanto, a avaliação da qualidade das águas das nascentes de Uberaba é de suma importância para a saúde pública. Espera-se que o presente trabalho possa contribuir com dados, informações e sugestões que apresentem subsídios aos Órgãos Municipais de Saúde Pública e de Meio Ambiente, tanto no sentido de promoverem possíveis ações de intervenção nas nascentes, quanto no de incentivar a educação ambiental e sanitária da população. Tais medidas podem concorrer para diminuir ou eliminar os riscos de veiculação de doenças hídricas.

1.1 OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS

Objetivo Geral: Avaliar a potabilidade das águas e os impactos ambientais nas nascentes localizadas em Uberaba, Minas Gerais.

Objetivos específicos:

- a) Avaliar as qualidades físico-químicas e microbiológicas das águas das nascentes de acordo com a legislação vigente de potabilidade, a Portaria 2914/MS (BRASIL, 2011b);
- b) Avaliar os impactos ambientais ocorridos nas nascentes, através da aplicação do Índice de Impacto Ambiental Macroscópico em Nascentes – IIAM;
- c) Analisar a qualidade ambiental das nascentes e seus respectivos graus de preservação;
- d) Realizar o mapeamento das nascentes estudadas quanto à sua localização em Uberaba.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 PANORAMA DA DISPONIBILIDADE DE ÁGUA DOCE

Atualmente, considera-se que a quantia de 1.386 milhões de km³ de água existente na Terra tenha permanecido aproximadamente constante nos últimos 500 milhões de anos. A aparente abundância da água na natureza talvez explique, em parte, o histórico descaso e negligência dos homens perante a degradação dos recursos hídricos. Porém, de toda água existente na Terra apenas uma pequena parcela pode ser utilizada para o abastecimento, pois 97,5% correspondem às águas dos mares e oceanos e apenas 2,5% deste total sejam de água doce, divididos da seguinte forma: 68,9% formam as geleiras e calotas polares, 29,9% constituem as águas subterrâneas, 0,9% representam a umidade dos solos e a água dos pântanos e somente 0,3% deste total corresponde às águas doces dos rios e lagos, ou seja, está prontamente acessível para utilização (REBOUÇAS; BRAGA; TUNDISI, 2006; VICTORINO, 2007).

A água doce superficial é a alternativa de abastecimento mais facilmente disponível às populações, embora a tecnologia de potabilização da água por meio da dessalinização possua a tendência de crescer. Algumas cidades como Riad (Arábia Saudita), Barcelona (Espanha) e Cingapura são total ou parcialmente abastecidas por captação de água do mar. Enquanto as calotas polares, correspondentes à maior porcentagem de água doce, são praticamente inaproveitáveis para fins de abastecimento, a água subterrânea vem se tornando, cada vez mais, uma alternativa de abastecimento devido principalmente à sua grande disponibilidade. Grande parte dos países europeus é predominantemente abastecida, por vezes na sua totalidade como a Lituânia e a Dinamarca, por meio de aquíferos subterrâneos (LIBÂNIO, 2010).

“O abastecimento público de água em termos de quantidade e qualidade é uma preocupação crescente da humanidade, em função da escassez do recurso água e da deterioração da qualidade dos mananciais” (BRASIL, 2006b, p. 18). Nas últimas décadas, a demanda por água de boa qualidade tem aumentado significativamente em razão do crescimento desordenado da população, o que vem provocando a poluição sistemática dos recursos hídricos. A poluição dos mananciais devido à ocupação urbana e às atividades industriais, agrícolas e pecuárias são a consequência mais evidente deste crescimento populacional (PINTO et al., 2009).

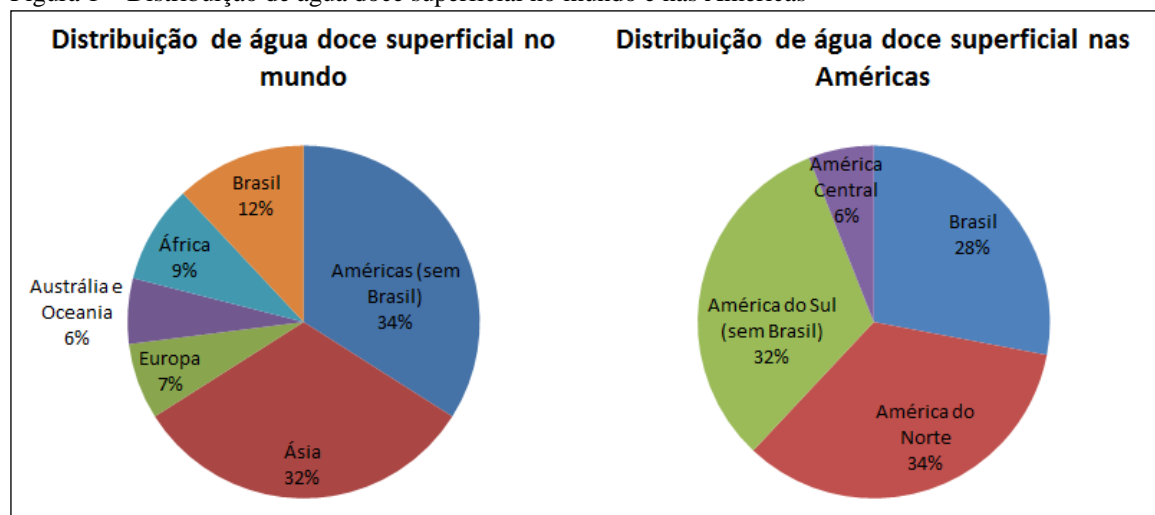
As principais fontes de poluição ou de contaminação da água são os esgotos domésticos e industriais sem tratamento lançados nos corpos d'água, o chorume dos lixões e

dos aterros sanitários que se infiltra nos aquíferos subterrâneos, os defensivos agrícolas arrastados pela chuva para os rios e lagos e os produtos tóxicos lançados nas águas pelos garimpos (BETTEGA et al., 2006). É necessária a distinção entre os termos poluição e contaminação: a poluição indica alterações prejudiciais ao meio aquático e, quando estas alterações colocam em risco a saúde do ser humano ou dos elementos da biota que dele fazem uso, a poluição passa a denominar-se contaminação. Deste modo, um corpo d'água pode estar poluído, sem necessariamente estar contaminado; mas a contaminação de origem antrópica sempre está associada à poluição (LIBÂNIO, 2010).

A oferta de água para abastecimento público é considerada um dos grandes problemas do século XXI, ressaltando-se que, atualmente, 1,4 bilhão de pessoas não têm acesso à água de boa qualidade. Estima-se que, em 2050, 4 bilhões de pessoas sofrerão cronicamente de escassez de água (AUGUSTO et al., 2012; PORTO et al., 2011). O desperdício e a poluição da água aliados à sua desigualdade de distribuição geográfica justificam os dados acima mencionados.

Segundo Victorino (2007), cerca de 80 países enfrentam escassez e problemas de abastecimento, sendo a situação crítica na Ásia, onde 60% da população mundial vivem com apenas 32% da água doce disponível, e nos países árabes, onde vivem 4,5% da população mundial, que são beneficiados com somente 0,43% dos recursos hídricos. Libânio (2010) ressalta também a situação constantemente dramática vivida pela população africana, superior a 350 milhões de pessoas (estimativa de 2006), que possui uma reserva de apenas 9% das águas superficiais mundiais, situação agravada pela má distribuição destes recursos no continente africano. A Figura 1 ilustra a distribuição da água doce superficial no mundo e nas Américas, destacando-se o Brasil como importante reservatório deste recurso.

Figura 1 – Distribuição de água doce superficial no mundo e nas Américas



Fonte: Adaptado de Di Bernardo; Sabogal Paz (2008).

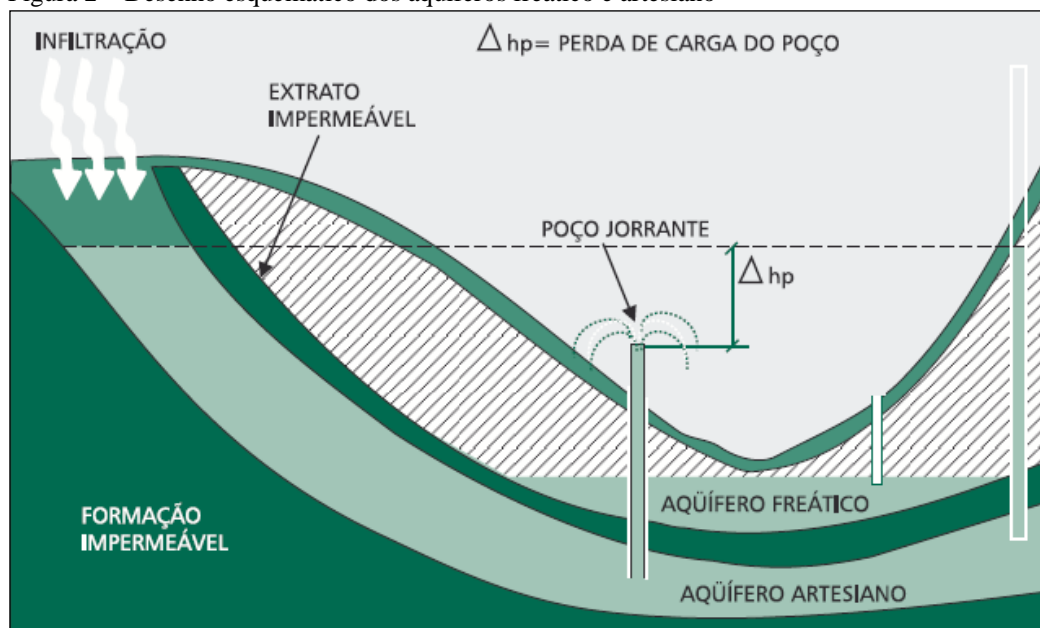
Frente ao cenário global, muitas vezes comum, de escassez de água, o Brasil é um país privilegiado em termos de disponibilidade hídrica, pois apresenta 2,8% da população mundial enquanto possui 12% das reservas mundiais de água doce e 28% do total presente no continente americano. O Brasil é considerado rico em relação à vazão média por habitante (33.000 m³/hab.ano), porém apresenta grande variação espacial e temporal das vazões dos cursos d'água. As desigualdades de disponibilidade hídrica também ocorrem no Brasil, onde 74% da água estão na Bacia Amazônica, que apresenta a menor densidade demográfica do país (5% da população brasileira), enquanto o restante do país, com 95% da população dispõem de 26% dos recursos hídricos brasileiros. O consumo médio de água no Brasil é aproximadamente 350 m³/hab.ano (AUGUSTO et al., 2012; DI BERNARDO; SABOGAL PAZ, 2008).

2.2 ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

As águas que se encontram no subsolo são denominadas águas subterrâneas e são classificadas em aquífero freático ou artesiano (Figura 2). O aquífero freático, também denominado livre ou não confinado, constitui o lençol situado acima de uma formação impermeável, encontrando-se próximo à superfície do terreno e submetido à pressão atmosférica. Apresenta a desvantagem de não fornecer grandes vazões e depender das variações climáticas. O aquífero artesiano (confinado ou cativo) localiza-se entre duas camadas impermeáveis, a uma profundidade maior em relação ao aquífero freático, e está submetido a uma pressão maior que a atmosférica. As condições climáticas pouco ou nada interferem em suas características e o aproveitamento destas águas ocorre através de poços profundos (BRASIL, 2006b; DI BERNARDO; SABOGAL PAZ, 2008).

A zona de recarga do aquífero freático abrange, praticamente, toda a sua extensão, sendo assim susceptível à poluição e à contaminação difusas, decorrentes da percolação de lixiviados de origem sanitária. Neste tipo de fonte, a concentração de sólidos dissolvidos pode ser elevada, principalmente, pela presença de metais e íons que conferem dureza à água. Já a zona de recarga do aquífero artesiano restringe-se a uma pequena área, somente no contato da formação geológica impermeável com a superfície do terreno, reduzindo assim a sua possibilidade de contaminação. Embora o aquífero freático seja mais vulnerável à contaminação, a utilização de água proveniente deste aquífero é mais frequentemente utilizada, pois apresenta baixo custo e facilidade de perfuração (DI BERNARDO; SABOGAL PAZ, 2008; LIBÂNIO, 2010).

Figura 2 – Desenho esquemático dos aquíferos freático e artesiano



Fonte: Brasil (2006b).

Os mananciais utilizados para o abastecimento público podem ser superficiais ou subterrâneos, dependendo da facilidade de obtenção e da qualidade da água. Devido à escassez e à poluição das águas superficiais em algumas regiões, a água subterrânea vem se transformando, cada vez mais, em uma fonte alternativa de abastecimento nas zonas urbanas e rurais. Esta fonte alternativa beneficia, principalmente, as populações que não têm acesso à rede de abastecimento público ou aqueles que têm um fornecimento público deficiente e irregular (GASPAROTTO, 2011; PORTO et al., 2011).

Segundo Rohden et al. (2009, p.2200), “as águas subterrâneas são consideradas mundialmente uma fonte imprescindível de água para o consumo humano [...]”. Em alguns países e continentes, o abastecimento é efetuado, majoritariamente, por este tipo de fonte, destacando-se: Índia (80%), Europa (75%), Estados Unidos da América (51%), Ásia/Pacífico (31%) e América do Sul (29%). Os mananciais subterrâneos são fundamentais para 19% da população brasileira que os utilizam para consumo humano, geralmente, através de instalações precárias de captação, o que pode acarretar a contaminação desta água (DI BERNARDO; SABOGAL PAZ, 2008; RAMÍREZ et al., 2009; RHEINHEIMER et al., 2010).

De acordo com Porto et al. (2011), os mananciais subterrâneos são geralmente uma fonte potencial de água de boa qualidade, pois os processos de filtração e depuração do subsolo promovem a purificação da água. A qualidade da água subterrânea é, geralmente, superior à da água superficial referente ao padrão bacteriológico, físico-químico e também quanto à turbidez. Porém, várias pesquisas acerca da qualidade físico-química e

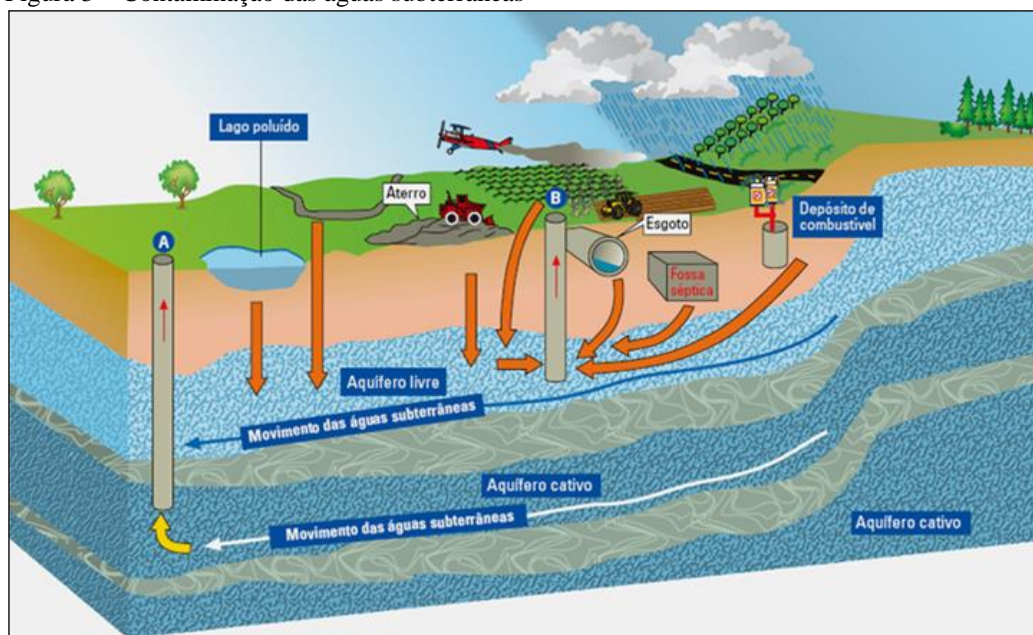
microbiológica das águas subterrâneas mostraram um alto grau de contaminação (EGWARI; ABOABA, 2002; LESSER-CARRILLO et al., 2011; RAMÍREZ et al., 2009; RHEINHEIMER et al., 2010; RODRÍGUEZ GARCÍA et al., 2003; YOUN-JOO; BREINDENBACH, 2005).

As águas subterrâneas, provenientes do aquífero freático, podem aflorar espontaneamente na superfície do terreno por meio das nascentes, também denominadas minas ou bicas, ou podem apresentar uma tubulação pela qual a água torna-se disponível para a captação. Geralmente, escoam durante todo o ano e possuem pequenas vazões, inferiores a 2 L/s, com menor vazão na época de estiagem e maior na época das chuvas. As águas das nascentes são comumente consideradas, em seu estado natural, de boa qualidade sanitária e certos grupos populacionais têm por hábito consumir esta água por considerá-la pura. Porém, esta água pode estar contaminada por substâncias químicas e agentes patogênicos, causando uma série de doenças (DI BERNARDO; SABOGAL PAZ, 2008; FARIA, 2006; RODRÍGUEZ GARCÍA et al., 2003).

A poluição ou a contaminação das águas subterrâneas são causadas por diversos fatores, podendo ter origem pontual ou difusa, natural ou antropogênica e urbana ou agrícola. O destino final do esgoto doméstico e industrial em fossas, tanques sépticos e lagoas de estabilização; a disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos e industriais em lixões e aterros; a disposição de efluentes diretamente no solo; os vazamentos de postos de combustíveis e de lavagem; a modernização da agricultura com a fertirrigação e os agrotóxicos; e o vazamento das redes coletoras de esgoto das cidades representam as fontes de contaminação das águas subterrâneas por bactérias, vírus e parasitas patogênicos, substâncias orgânicas e inorgânicas (LIBÂNIO, 2010; SILVA; ARAÚJO, 2003). A Figura 3 ilustra as fontes de contaminação, acima descritas, das águas subterrâneas, representadas pelo aquífero artesiano ou cativo e também pelo aquífero freático ou livre, mais propenso à contaminação por encontrar-se próximo à superfície do terreno.

Embora os aquíferos subterrâneos sejam menos vulneráveis à poluição em relação aos mananciais superficiais, as águas subterrâneas apresentam um agravante dos efeitos da poluição. A lenta renovação das águas nos aquíferos aliada à sua menor taxa de autodepuração faz com que os efeitos da deterioração da qualidade da água possam continuar se manifestando, mesmo sanadas as fontes de contaminação, ou seja, uma vez contaminada, a qualidade da água subterrânea dificilmente é restaurada. A autodescontaminação por mecanismos naturais pode levar centenas de anos (HELLER; PÁDUA, 2010; LIBÂNIO, 2010).

Figura 3 – Contaminação das águas subterrâneas



Fonte: Oliveira (2009).

2.3 SAÚDE PÚBLICA E QUALIDADE DA ÁGUA

A garantia de água para o consumo humano segundo padrões de potabilidade é questão relevante para a saúde pública, uma vez que a água é veículo de transmissão de diversas enfermidades. A água potável, além de ser limpa e transparente, não deve conter microrganismos ou substâncias que possam causar doenças nos seres humanos. Todavia, boa parte da água doce disponível no planeta já se encontra em algum estágio de contaminação, não sendo considerada, portanto, potável e necessitando, assim, de algum tipo de tratamento (GASPAROTTO, 2011; SILVA; ARAÚJO, 2003).

A possibilidade de transmissão de doenças de veiculação hídrica está intrinsicamente associada às qualidades físicas, químicas, biológicas e radioativas da água. Porém, as doenças infecciosas causadas pela contaminação da água por bactérias, vírus, protozoários e helmintos constituem o mais frequente e disseminado risco à saúde. Secundariamente, o acometimento destas doenças está relacionado com a idade, o estado de saúde e as condições de higiene da população exposta (BRASIL, 2006a; DANIEL, 2001).

Durante séculos, a humanidade não relacionou a qualidade da água com a transmissão de doenças, sendo considerada pura a água limpa, clara, sem sabor ou odor. Ainda não havia tecnologia necessária para que se soubesse que a estética agradável não significava a ausência de microrganismos patogênicos e substâncias químicas prejudiciais à saúde. Contudo, existem registros sobre a compreensão da associação entre a saúde e a água para consumo humano, datados de tempos remotos em algumas culturas. Na Grécia Antiga, Hipócrates (460-377

a.C.) já afirmava que a influência da água sobre a saúde era muito grande e fazia menção à importância da escolha dos mananciais de abastecimento. Também na Índia, há aproximadamente 4 mil anos atrás, havia um documento para sistematizar o tratamento da água, que orientava a população à fervura ou à exposição da água ao sol, ao uso de peças de cobre aquecidas que deveriam ser mergulhadas na água, complementando com filtração e resfriamento posterior em potes de cerâmica (HELLER; PÁDUA, 2010; PÁDUA, 2009).

Somente no final do século XIX, a água foi reconhecida como meio de transmissão de doenças. Durante uma epidemia de cólera em Londres em 1854, o médico John Snow comprovou, empiricamente, sua teoria de que a água seria o meio de transmissão da cólera ao ser humano, após o mapeamento das mortes e o descobrimento da maior proporção de mortalidade nas moradias abastecidas por água proveniente de uma fonte contaminada. Mas a compreensão quanto aos mecanismos de transmissão de doenças infecciosas, de acordo com os conhecimentos científicos modernos, ocorreu só após as descobertas de Pasteur e Koch, que deram origem à microbiologia. Após os estudos de Snow e de Pasteur, sucederam-se a identificação e a classificação dos agentes patogênicos causadores de diversas doenças de veiculação hídrica, como a febre tifoide (1880), a cólera (1884), a disenteria (1898) e a febre paratifoide (1900) (DANIEL, 2001; HELLER; PÁDUA, 2010; LIBÂNIO, 2010).

Atualmente sabe-se que as doenças causadas por bactérias, vírus, protozoários e helmintos estão intrinsecamente associadas à qualidade da água consumida e às medidas de saneamento. As doenças de transmissão hídrica resultam, preponderantemente, do ciclo de contaminação fecal-oral e são responsáveis por vários surtos epidêmicos, representando elevada taxa de mortalidade em indivíduos com baixa resistência, especialmente crianças menores de 5 anos e idosos. A gravidade da infecção varia intrinsecamente com a virulência do patógeno, com a dose infecciosa e com a resistência imunológica do indivíduo (DANIEL, 2001; PORTO et al., 2011; SILVA; ARAÚJO, 2003).

Estima-se que 80% das doenças e um terço dos óbitos nos países em desenvolvimento provêm do consumo de água contaminada. A diarreia atualmente afeta mais de 500 milhões de pessoas por ano e algumas doenças hídricas erradicadas acabam reaparecendo, como a cólera que ressurgiu em 1991, em 27 países do continente americano, provocando mais de 1 milhão de casos até 1997 (VICTORINO, 2007).

As principais doenças de transmissão hídrica (causadas pela ingestão de água contaminada) são provocadas: por bactérias, como cólera, febre tifoide, febre paratifoide, salmonelose e doenças diarreicas agudas; por vírus, como hepatite A; por protozoários, como amebíase, giardíase e criptosporidiose; e por helmintos, como ascaridíase e tricuriíase (VON

SPERLING, 2011). Os sintomas mais comuns destas doenças são náuseas, vômitos, cólicas abdominais, diarreia líquida e, em alguns casos, febre. A duração da infecção geralmente persiste por um dia até uma semana, podendo causar quadros mais graves e até óbito, principalmente em crianças, gestantes, idosos e pessoas imunocomprometidas (SÃO PAULO, 2009).

Além das doenças provocadas por agentes biológicos, já descritas, é objeto de crescente preocupação a presença de agentes químicos na água e os efeitos crônicos e agudos que podem provocar. Esses agentes tem ocorrência natural ou podem se originar de processos industriais, da ocupação humana, do uso agrícola ou do próprio processo de tratamento de água e de material das instalações de abastecimento, que ficam em contato com a água. É importante destacar que a cada ano um novo número de substâncias é sintetizado, tornando difícil avaliar o efeito que pode acarretar sobre a saúde e a capacidade dos processos de tratamento em removê-las (HELLER; PÁDUA, 2010, p.50).

A garantia ao consumo de água potável para a população constitui-se em ação eficaz de prevenção das doenças causadas pela água, pois o consumo de água contaminada tem sido associado a diversos problemas de saúde e a surtos de epidemias gastrointestinais. Desta forma, a qualidade da água para consumo humano é uma necessidade universal, exigindo controle e vigilância contínua por parte das autoridades sanitárias e atenção por parte dos consumidores em geral (BRASIL, 2011b; MORMUL et al., 2006; SILVA; ARAÚJO, 2003).

2.4 LEGISLAÇÃO

Até o final do século XIX, apenas a aparência física da água era relevante para sua qualificação em termos de potabilidade. Em 1900, já havia nos Estados Unidos, aproximadamente, 3 mil sistemas de abastecimento de água, o que contribuiu para a ocorrência de inúmeros surtos de doenças de transmissão hídrica. Já a partir do século XX, com o avanço dos conhecimentos científicos e após os diversos surtos de doenças hídricas, desenvolveram-se recursos técnicos, e mais tarde legais, que traduziam as características de potabilidade da água. Assim, em 1914, foi instaurada nos Estados Unidos a primeira regulamentação de qualidade da água em nível federal, porém, incluía somente o padrão bacteriológico (LIBÂNIO, 2010).

Na década de 50, a Organização Mundial de Saúde (OMS) promoveu as primeiras iniciativas de elaboração de diretrizes relativas à potabilidade da água: o Standards of Drinking-Water Quality and Methods of Examination Applicable to European Countries e o International Standards for Drinking-Water. O padrão europeu estabelecia padrões rigorosos

de qualidade da água, enquanto as diretrizes internacionais propunham padrões mínimos, passíveis de serem alcançados por todos os países. Após as sucessivas edições dos *International Standards for Drinking-Water* (1958, 1963 e 1971), a OMS publicou pela primeira vez o *Guidelines for Drinking-Water Quality* (GDWQ) em 1983, com diretrizes relativas à qualidade da água para consumo humano e destinado a todos os países, sem distinção econômica ou tecnológica. Atualmente, o GDWQ é uma das publicações mundiais de maior importância em relação à potabilidade da água e de sua interação com a saúde pública. O guia é regularmente revisado, tomando como base novos conhecimentos científicos, e está em sua quarta edição, publicada em 2011 (BENETTI, 2011; PÁDUA, 2009).

As diretrizes da OMS (GDWQ), juntamente com as normas de potabilidade dos Estados Unidos, têm servido, tanto no Brasil, quanto mundialmente, como referência para a formulação ou atualização dos padrões de qualidade da água para consumo humano (PÁDUA, 2009).

A Portaria 56, primeira norma brasileira de qualidade da água, foi editada em 1977 e desde então vem passando, periodicamente, por revisões visando à sua constante atualização e à incorporação de novos conhecimentos, fruto dos avanços científicos conquistados em termos de tratamento, controle e vigilância da qualidade da água e de avaliação de risco à saúde. A Portaria 2914 do Ministério da Saúde de 2011, atualmente em vigor, é a quinta versão desta norma, aumentando os padrões de substâncias químicas que representam riscos à saúde e o padrão organoléptico de 74 substâncias/características da água (Portaria 518/MS de 2004) para 87 (RIBEIRO, 2012).

A Portaria 2914/MS dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, aplicando-se à água proveniente de sistema ou de solução alternativa de abastecimento. De acordo com a Portaria, toda água para consumo humano, fornecida coletivamente, deve passar por processo de desinfecção ou cloração; sendo que as águas provenientes de manancial superficial devem ser também submetidas a processo de filtração. Segundo o Art. 3º, “toda água destinada ao consumo humano, por meio de sistema ou solução alternativa de abastecimento de água, deve ser objeto de controle e vigilância da qualidade da água”. Assim, é preciso garantir informações à população acerca da qualidade da água e dos riscos à saúde inerentes ao seu consumo (BRASIL, 2011b).

O sistema de abastecimento de água é a instalação composta por um conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, desde a zona de captação até as ligações prediais, destinada à

produção e ao fornecimento coletivo de água potável, por meio de rede de distribuição. Já a solução alternativa coletiva de abastecimento de água é definida pela Portaria 2914/MS como sendo a “modalidade de abastecimento coletivo destinada a fornecer água potável, com captação subterrânea ou superficial, com ou sem canalização e sem rede de distribuição” (BRASIL, 2011b). Estão inseridas na modalidade de solução alternativa coletiva, águas provenientes de nascentes, poços, fontes, veículos transportadores de água, entre outros.

Segundo a Portaria 2914/MS, o fornecimento de água para consumo humano por meio de solução alternativa coletiva de abastecimento não será autorizada pela autoridade municipal de saúde pública quando houver rede de distribuição de água, exceto em situações de emergência ou de intermitência no fornecimento de água. Nestas situações, ainda assim, é necessário que a solução alternativa de abastecimento seja cadastrada e autorizada pela Secretaria Municipal de Saúde, mediante avaliação e aprovação dos seguintes critérios: nomeação do responsável técnico habilitado pela operação da solução alternativa coletiva; outorga de uso, emitida por órgão competente, quando aplicável; e laudo de análise dos parâmetros de qualidade da água, previstos na Portaria 2914/MS (BRASIL, 2011b).

Segundo a Portaria 2914/MS, os padrões mínimos a serem monitorados para o controle da qualidade da água de solução alternativa de abastecimento (nascentes) são cor, turbidez, coliformes totais, *Escherichia coli* e cloro residual livre. O Quadro 1 apresenta o padrão microbiológico da água para consumo humano.

Quadro 1 – Padrão Microbiológico da água para consumo humano segundo a Portaria 2914/MS

Tipo de água		Parâmetro		VMP ¹
Água para consumo humano		<i>Escherichia coli</i> ²		Ausência em 100 mL
Água tratada	Na saída do tratamento	Coliformes totais ³		Ausência em 100 mL
	No sistema de distribuição (reservatórios e rede)	Coliformes totais ⁴	Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem menos de 20.000 habitantes	Apenas uma amostra, entre as amostras examinadas no mês, poderá apresentar resultado positivo
			Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem a partir de 20.000 habitantes	Ausência em 100 mL em 95% das amostras examinadas no mês

(1) Valor máximo permitido; (2) indicador de contaminação fecal; (3) indicador de eficiência de tratamento; (4) indicador de integridade do sistema de distribuição (reservatório e rede).

Fonte: Brasil (2011b).

2.5 QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA

As doenças de veiculação hídrica são transmitidas pela rota fecal-oral e são causadas principalmente por microrganismos patogênicos de origem entérica de animais homeotermos. Assim, os patógenos são excretados nas fezes de indivíduos infectados (humanos ou animais) e acabam contaminando os corpos d'água. Posteriormente, os patógenos são ingeridos através de água ou alimentos contaminados, transmitindo a infecção a outras pessoas (AMARAL et al., 2003). Tendo em vista que o consumo de água contaminada por microrganismos patogênicos é responsável por vários surtos epidêmicos, a avaliação da qualidade microbiológica da água é de fundamental importância para a saúde pública (BRASIL, 2006a; PORTO et al., 2011; RODRÍGUEZ GARCÍA et al., 2003; YOUN-JOO; BREINDENBACH, 2005).

Segundo a OMS (1995b), os microrganismos patogênicos que representam um grave risco à saúde, quando presentes na água para consumo humano, são as bactérias: *Salmonella* spp., *Shigella* spp., *Escherichia coli* patogênica, *Vibrio cholerae*, *Yersinia enterocolitica*, *Campylobacter jejuni* e *Campylobacter coli*; os vírus: Adenovírus, Enterovírus, vírus da hepatite A e B, vírus de Norwalk e Rotavírus; e os protozoários: *Entamoeba histolytica*, *Giardia* spp. e *Cryptosporidium* spp. A maioria destes patógenos está presente no mundo inteiro, porém o *Vibrio cholerae* existe apenas em algumas regiões, provocando geralmente graves surtos de cólera.

A dose infecciosa e a persistência do patógeno na água são fatores relevantes para a transmissibilidade das doenças hídricas. Os microrganismos patogênicos e os parasitas, quando são eliminados do organismo de seu hospedeiro, vão perdendo progressivamente sua viabilidade e infecciosidade e, após certo tempo, deixam de ser detectáveis. Entretanto, os diversos organismos apresentam capacidade de resistência variável aos efeitos adversos do meio ambiente como temperatura, nutrientes e radiação solar ultravioleta. Os vírus e parasitas em suas formas inativas (ovos, cistos e oocistos) não se multiplicam em água, já algumas bactérias podem multiplicar-se na água em condições ambientais favoráveis (BRASIL, 2006b; OMS, 1995a).

A detecção dos microrganismos patogênicos na água é geralmente onerosa, complexa e morosa, devido às suas baixas concentrações em uma amostra d'água. Por esta razão, tradicionalmente é utilizada a identificação dos organismos indicadores de contaminação fecal na avaliação da qualidade microbiológica da água. Assim, os organismos indicadores são predominantemente não patogênicos, mas dão uma satisfatória indicação de quando a água

está contaminada por fezes e de sua potencialidade de transmitir doenças (BRASIL, 2006a; DE-NAVIA; ESTUPIÑÁN-TORRES, 2006; VON SPERLING, 2011)

São necessárias algumas características para um microrganismo ser considerado um indicador de contaminação fecal ideal: ser aplicável a todos os tipos de água; estar universalmente presente e em grande número nas fezes de animais homeotermos; ter uma população mais numerosa do que outros patógenos no meio ambiente; possuir resistência igual ou maior a outros microrganismos patogênicos; e ser de rápida e fácil detecção por uma metodologia simples e barata. Porém, não existe um indicador de contaminação fecal ideal, mas sim alguns organismos que se aproximam destas condições, como as bactérias do grupo coliforme que são amplamente utilizadas para tal finalidade (BETTEGA et al., 2006; FRANCO; LANDGRAF, 2008; OMS, 1995a).

As bactérias do grupo coliforme estão presentes no intestino humano e de animais de sangue quente e são eliminados nas fezes em números elevados ($10^6/g$ a $10^8/g$). Os principais indicadores de contaminação fecal são os coliformes totais, os coliformes termotolerantes e a *Escherichia coli* (BRASIL, 2006b; YOUN-JOO; BREINDENBACH, 2005).

A detecção de coliformes totais, termotolerantes e *Escherichia coli* pode ser realizada quantitativamente ou qualitativamente (teste de presença ou ausência). As técnicas utilizadas são o método dos tubos múltiplos e a contagem em membrana filtrante e em substrato cromogênico. Os resultados são apresentados em termos de Unidades Formadoras de Colônias por 100 mL (UFC/100 mL) quando empregada a técnica da membrana filtrante e de Número Mais Provável por 100 mL (NMP/100 mL) quando utilizada a técnica dos tubos múltiplos e do substrato cromogênico. O método do substrato cromogênico tem como vantagens a apresentação do resultado em 24 horas e a determinação simultânea de coliformes totais e *Escherichia coli*, dispensando ensaios confirmatórios. Porém, apresenta intervalo de confiança de 95% (LIBÂNIO, 2010).

A prática do controle microbiológico da água fundamentada na ausência de organismos indicadores de contaminação fecal, principalmente do grupo coliformes, para a garantia sanitária da água é amplamente difundida devido à inexecutabilidade do monitoramento dos diversos patógenos existentes na água natural. Porém, os coliformes só são efetivos como indicadores de desinfecção e inativação de bactérias, eles não garantem a ausência de outros agentes patogênicos mais resistentes que as bactérias, como os vírus e os parasitas (DANIEL, 2001; PÁDUA, 2009).

2.5.1 Coliformes totais

Os coliformes totais são bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativos e capazes de se desenvolver na presença de sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam a lactose com produção de ácido, gás e aldeído a $35,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$ em 24 a 48 h (DI BERNARDO; SABOGAL PAZ, 2008).

Os coliformes totais são predominantemente compostos por bactérias pertencentes aos gêneros *Escherichia*, *Enterobacter*, *Citrobacter* e *Klebsiella*. Porém, os gêneros *Enterobacter*, *Citrobacter* e *Klebsiella* podem ser encontrados tanto nas fezes quanto no meio ambiente (em águas ricas em nutrientes, solos e materiais em decomposição). Assim, a presença de coliformes totais na água não indica, necessariamente, a contaminação fecal ou ocorrência de agentes patogênicos (FRANCO; LANDGRAF, 2008).

Os coliformes totais não devem ser utilizados como indicadores de contaminação fecal, mas no caso específico de abastecimento de água potável, os coliformes podem ser usados como indicadores de eficiência do tratamento da água e da integridade do sistema de distribuição. A água tratada não deve conter coliformes totais e quando são detectados, sugerem tratamento inadequado, contaminação posterior ao tratamento (possivelmente no sistema de distribuição de água) ou quantidade excessiva de nutrientes (OMS, 1995a; VON SPERLING, 2011).

2.5.2 Coliformes termotolerantes

Os coliformes termotolerantes, antigamente denominados coliformes fecais, correspondem aos coliformes totais que continuam a fermentar lactose com produção de gás, quando incubados a temperaturas de 44 a $45,5^\circ\text{C}$. Este grupo compreende o gênero *Escherichia* e, em menor grau, espécies de *Klebsiella*, *Enterobacter* e *Citrobacter*. Os coliformes termotolerantes, com exceção da *Escherichia coli*, também podem ser encontrados no meio ambiente (FRANCO; LANDGRAF, 2008; OMS, 1995a).

Os coliformes termotolerantes não são recomendados para a avaliação criteriosa da exposição da água à poluição fecal, pois este grupo também inclui bactérias de vida livre. Pesquisas estimam que 15% dos testes positivos para coliformes termotolerantes não estão relacionados à *Escherichia coli*, mas às espécies dos gêneros *Klebsiella*, *Enterobacter* e *Citrobacter*. Embora os coliformes termotolerantes sejam de simples detecção, sua utilização como indicador de poluição fecal em águas tem importância secundária, principalmente em países tropicais e subtropicais nos quais os coliformes termotolerantes podem ser encontrados

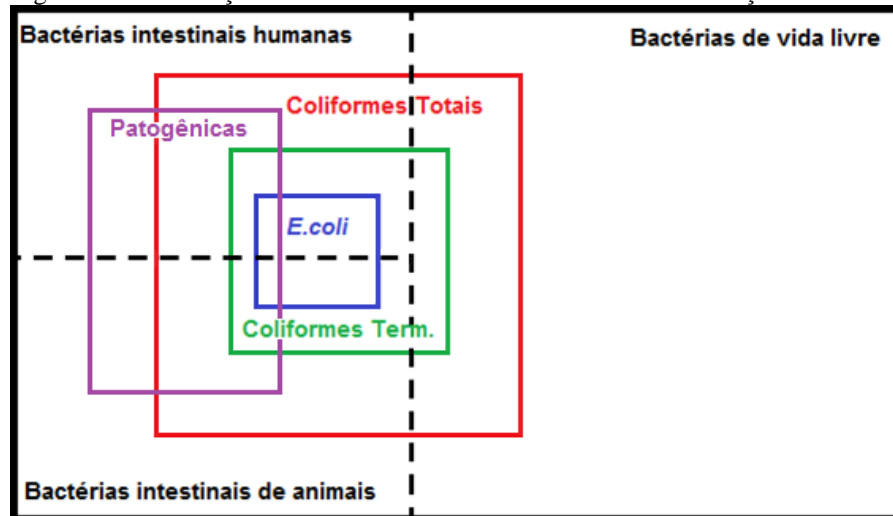
nas vegetações próximas aos cursos d'água, sem ter relação direta com a contaminação fecal (DI BERNARDO; SABOGAL PAZ, 2008).

2.5.3 *Escherichia coli*

A *Escherichia coli* é uma bactéria do grupo coliforme que fermenta a lactose e o manitol, com produção de ácido e gás a $44,5 \pm 0,2^\circ\text{C}$ por 24 h. A *Escherichia coli* produz indol a partir do triptofano, é oxidase negativa, não hidrolisa a ureia e apresenta atividade das enzimas β -galactosidase e β -glucuronidase (BRASIL, 2006a).

A *Escherichia coli* é a principal bactéria do grupo coliformes termotolerantes, encontra-se de forma abundante nas fezes humanas e animais e é o único indicador que garante a contaminação exclusivamente fecal, diferentemente dos coliformes totais e termotolerantes que também incluem bactérias de vida livre (VON SPERLING, 2011). A Figura 4 ilustra as bactérias indicadoras de contaminação fecal do grupo coliforme e as características acima descritas.

Figura 4 – Distribuição das bactérias e dos indicadores de contaminação fecal



Fonte: Adaptado de Von Sperling (2011).

O uso da *Escherichia coli* como indicador de contaminação de origem fecal em água foi proposto em 1892 e, atualmente, é considerado o mais específico indicador de contaminação fecal recente e de eventual presença de microrganismos patogênicos. Os métodos fluorogênicos desenvolvidos recentemente tornaram rápida e simples a detecção laboratorial de *Escherichia coli*. A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (Environmental Protection Agency – EPA) recomenda a utilização da *Escherichia coli* para fins de avaliação da qualidade da água ao invés da utilização dos coliformes termotolerantes,

antigamente muito usados para a qualificação da água (BRASIL, 2006a; FRANCO; LANDGRAF, 2008; YOUN-JOO; BREINDENBACH, 2005).

A *Escherichia coli* é habitante normal do intestino e a maioria não é patogênica, porém existem algumas linhagens que são comprovadamente patogênicas, causando doenças gastrointestinais e infecções urinárias. Esta bactéria é encontrada em esgotos, efluentes tratados e águas naturais sujeitas à contaminação fecal recente por seres humanos, atividades agropecuárias, animais selvagens e pássaros. Sua detecção na água para consumo humano é perigosa e requer atenção imediata; contudo, a bactéria é suscetível aos desinfetantes normalmente utilizados nas estações de tratamento de água (DI BERNARDO; SABOGAL PAZ, 2008; VON SPERLING, 2011).

2.6 QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA

O monitoramento da qualidade físico-química da água é imprescindível, principalmente, para as fontes de abastecimento, pois pode ocasionar riscos à população consumidora. Parâmetros físicos, como turbidez, cor aparente e cor verdadeira, embora não causem perigo direto à população, aumentam as condições para o aparecimento de microrganismos patogênicos e de subprodutos de desinfecção da água. Os parâmetros químicos correspondem a substâncias orgânicas e inorgânicas, agrotóxicos, metais pesados e subprodutos de desinfecção presentes na água, dependendo de sua toxicidade, podem gerar efeitos agudos ou crônicos na população consumidora (DI BERNARDO; SABOGAL PAZ, 2008).

Segundo a Portaria 2914/MS, os parâmetros físicos e químicos analisados neste estudo (pH, cor e turbidez) são os parâmetros essenciais para o controle de qualidade da água de uma solução alternativa de abastecimento, como as nascentes. Cada parâmetro possui suas particularidades e permite a caracterização de certo aspecto da qualidade da água. Esta Portaria designa Valores Máximos Permitidos (VMP) para cada parâmetro de qualidade da água para consumo humano (BRASIL, 2011b).

2.6.1 Potencial hidrogeniônico (pH)

O pH representa a concentração de íons hidrogênio (H^+), indicando a condição de alcalinidade, neutralidade ou acidez de um meio líquido. Calculado em escala antilogarítmica, o pH varia de 0 a 14. As condições são ácidas quando o pH é menor que 7, neutras quando o pH é 7 e básicas quando o pH é maior que 7. O valor do pH interfere tanto na solubilidade das

substâncias, quanto na distribuição das formas livres e ionizadas dos compostos químicos. Além disso, o pH define o potencial de toxicidade de vários elementos (BRASIL, 2006b).

As variações de pH podem ter origem natural, causadas pela oxidação de matéria orgânica, dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera e pela fotossíntese, ou origem antropogênica, ocasionadas pelos despejos domésticos e industriais em mananciais. Este parâmetro é utilizado frequentemente na caracterização das águas de abastecimento brutas e tratadas e na caracterização de corpos d'água (VON SPERLING, 2011).

Segundo a OMS (1995a), o pH ótimo varia de acordo com a composição da água, situando-se geralmente entre 6,5 e 9,5. A Portaria 2914/MS recomenda que o intervalo de pH para águas de abastecimento seja mantido na faixa entre 6,0 e 9,5, visando minimizar problemas de corrosão e incrustação no sistema de distribuição (BRASIL, 2011b). Valores extremos de pH são raros em corpos d'água e estão geralmente relacionados a graves casos de contaminação. O pH pode gerar efeitos negativos na saúde dos consumidores, pois há casos de pessoas que apresentaram irritação nos olhos, na pele e nas mucosas após serem expostos a águas com valores de pH inferiores a 4 ou superiores a 11. O pH pode prejudicar, indiretamente, a saúde do consumidor ao influenciar a eficiência da desinfecção da água e o controle dos microrganismos (DI BERNARDO; SABOGAL PAZ, 2008).

2.6.2 Cor

A cor da água pode resultar da presença de íons metálicos naturais (ferro e manganês), matéria orgânica e inorgânica, plâncton e resíduos industriais. A cor de uma amostra de água está associada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la, devido à presença de sólidos dissolvidos, principalmente material em estado coloidal (dimensões inferiores a 1 μm) orgânico (ácidos húmicos e fúlvicos) e inorgânico (compostos de ferro e manganês e resíduos industriais). A cor aparente define-se como aquela que sofre interferência tanto das substâncias em solução quanto dos materiais em suspensão presentes na água. Já a cor verdadeira não sofre interferência das partículas suspensas na água, sendo obtida após filtração ou centrifugação da amostra (APHA, 2012; HELLER; PÁDUA, 2010).

A intensidade da cor da água é determinada comparando-se a amostra com um padrão cobalto-platina e o resultado é apresentado em unidades de cor (uC) ou unidade Hazen (uH). As águas naturais geralmente apresentam intensidades de cor variando entre 0 e 200 uH, sendo que valores inferiores a 10 unidades são praticamente imperceptíveis. Para atender ao atual padrão de potabilidade, o valor máximo permitido de cor aparente é de 15 uH (BRASIL, 2006b; 2011b).

A intensidade da cor da água também está relacionada com a concentração de carbono orgânico presente no ambiente aquático. Estes compostos orgânicos são provenientes, em maior parte, da decomposição da matéria orgânica predominantemente vegetal e do metabolismo de microrganismos presentes no solo; e, em menor parte, das atividades antrópicas. Sua importância como parâmetro de qualidade de água adquiriu relevância quando, no início da década de 70, evidenciou-se que na desinfecção de águas coloridas havia a formação de subprodutos potencialmente cancerígenos – os trihalometanos (THM) – derivados da complexação do cloro com a matéria orgânica em solução. A matéria orgânica também pode acarretar sabor e odor às águas, interferir na remoção de ferro e manganês e propiciar condições de crescimento bacteriano na rede de distribuição (LIBÂNIO, 2010).

2.6.3 Turbidez

“A turbidez pode ser definida como uma medida do grau de interferência à passagem da luz através do líquido. A alteração à penetração da luz na água decorre da presença de material em suspensão [...]” (BRASIL, 2006b, p.46). De forma simplificada, a turbidez representa a transparência da água, sendo expressa por meio de unidades de turbidez (uT), também denominadas unidades nefelométricas (UNT). A turbidez das águas naturais é causada por fragmentos de argila, silte, plâncton, microrganismos e matéria orgânica e inorgânica particulada, podendo ter origem natural ou antropogênica. A importância mundial da turbidez como parâmetro de monitoramento da água deve-se, principalmente, à simplicidade e à rapidez da determinação e ao baixo custo do equipamento – turbidímetro ou nefelômetro – utilizado na medição (LIBÂNIO, 2010; VON SPERLING, 2011).

A turbidez natural das águas superficiais frequentemente está compreendida na faixa de 3 a 500 uT e é inferior a 1 uT nas águas subterrâneas. Valores de turbidez em torno de 8 uT são visualmente imperceptíveis e, para efeitos de aceitação para o consumo humano, a Portaria 2914/MS define que a turbidez da água não deve ultrapassar 5 uT. Do ponto de vista sanitário, ela pode gerar risco indireto à saúde dos consumidores. Tal afirmação fundamenta-se na influência da turbidez nos processos usuais de desinfecção, minimizando assim, a ação do desinfetante. Valores elevados de turbidez atuam como escudo, protegendo os microrganismos patogênicos dos efeitos da desinfecção e estimulando o crescimento bacteriano na rede de distribuição. A turbidez da água bruta é um dos principais parâmetros para a seleção da tecnologia de tratamento da água (BRASIL, 2006b; 2011b; HELLER; PÁDUA, 2010).

2.7 QUALIDADE DA ÁGUA DE NASCENTES

Pesquisas têm sido feitas acerca da qualidade da água de nascentes, também conhecidas como bicas ou minas, pois sua frequente utilização para consumo humano pode afetar a saúde de todos que a consomem. Geralmente, o fator mais preocupante da qualidade destas águas são os aspectos microbiológicos, como pode ser observado na maioria dos estudos. Porém, parâmetros físicos, químicos e ecotoxicológicos também constituem aspectos importantes na caracterização de sua qualidade.

Gasparotto (2011) estudou os parâmetros físicos, químicos, microbiológicos e ecotoxicológicos de oito nascentes urbanas de Piracicaba, São Paulo, durante doze meses. Em relação à avaliação microbiológica, as águas de todas as nascentes avaliadas apresentaram contaminação por coliformes totais em pelo menos um dos meses analisados; e apenas uma nascente não estava contaminada com *Escherichia coli*. De acordo com a legislação vigente, o autor concluiu que todas as nascentes são inapropriadas para consumo humano conforme os resultados microbiológicos.

Mormul et al. (2006) avaliaram as condições microbiológicas e a potabilidade da água de três nascentes localizadas na Favela São Francisco na cidade de Campo Mourão, Paraná. Nesta favela, a população não possuía saneamento básico e utilizava a água das nascentes sem nenhum tipo de tratamento. Os resultados dos estudos mostraram que as três nascentes estavam contaminadas com coliformes totais e termotolerantes e a água era imprópria para consumo. As famílias que utilizavam estas águas estavam propensas a contrair diversas enfermidades.

Faria (2006) caracterizou a qualidade da água de doze bicas de uso público em Taubaté, São Paulo. Quatro bicas não apresentaram condições de potabilidade do ponto de vista microbiológico. Considerando as análises de *Escherichia coli*, as melhores condições de potabilidade ocorreram na época seca e as piores, na época chuvosa. O autor salientou que não foi verificado nenhum tipo de monitoramento das bicas pelas autoridades sanitárias, colocando em risco a saúde da população.

Youn-Joo e Breindenbach (2005) estudaram a qualidade microbiológica das águas de nascentes das zonas recreativas montanhosas, localizadas em Seul na Coreia do Sul, com a finalidade de avaliar os possíveis riscos do consumo da água pelos visitantes. As densidades de coliformes totais e *Escherichia coli* foram medidas durante a primavera e o verão de 2002. Os coliformes totais foram detectados em todas as amostras e seu valor médio de densidade foi de 228 UFC/mL. Já a *Escherichia coli* foi encontrada em 68% das amostras, sendo que sua densidade média variou entre 0 UFC/mL e 15 UFC/mL em todas as amostras. Os autores

concluíram que a presença de *Escherichia coli* nas nascentes constitui um risco à saúde da população consumidora desta água, principalmente se a água não sofrer nenhum tipo de tratamento.

Rodríguez García et al. (2003) estudaram 13 nascentes urbanas e 25 nascentes rurais em Sigüenza, Espanha, com o objetivo de avaliar a potabilidade das nascentes em duas estações distintas do ano, segundo características sensoriais e parâmetros físico-químicos e microbiológicos. As amostras de água foram coletadas em junho de 2001 e fevereiro de 2002. Também foi realizado um estudo dos fatores de risco contaminante (FRC) das nascentes de acordo com a sua localização. A contaminação microbiológica foi encontrada em 44,7% das nascentes e a contaminação físico-química em 13,1%. Somente 47,4% das nascentes foram consideradas potáveis em todas as coletas. Os fatores de risco contaminante mais frequentes foram: zonas de pastoreio, proximidade com águas residuais, presença de ervas daninhas e entulho próximo à nascente.

Teixeira (2003) pesquisou os impactos relacionados ao abastecimento de água em áreas de invasão em Juiz de Fora, Minas Gerais, investigando crianças entre um e cinco anos. Os resultados dos estudos mostraram que o uso de água de sistema público implicava em 61% de diminuição da ocorrência de casos de parasitoses de transmissão feco-oral (presença de *Giardia lamblia*, *Entamoeba histolytica*, *Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichiura*, *Enterobius vermicularis* ou *Hymenolepis nana*) e 60% de diminuição de casos de diarreia, se comparados com o uso de água de mina ou nascente; e também 40% menos casos de diarreia se comparado com o uso de água de poços domiciliares.

Moura et al. (2009) avaliaram a qualidade da água de oito minas utilizadas pela população de Uberaba, Minas Gerais. Todas as minas apresentaram contaminação por coliformes totais e quatro minas apresentaram contaminação por coliformes termotolerantes. Constatou-se que das oito minas analisadas, seis (75%) eram impróprias para consumo, principalmente em relação às qualidades microbiológicas. Os autores indicaram que pelo menos um dos tratamentos – filtração e cloração, filtração e fervura ou filtração e ozonização – fosse realizado com a água das minas antes de serem ingeridas.

2.8 IMPACTOS AMBIENTAIS EM NASCENTES

De acordo com a Resolução 001 do Conselho Nacional de Meio Ambiente, “considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas [...]” que afetam, direta ou indiretamente: a saúde, a segurança e o bem-

estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e a qualidade dos recursos ambientais (CONAMA, 1986).

Franco (2001) afirma que tanto o conceito de impacto ambiental quanto o de poluição são antropocêntricos, uma vez que estão fundamentados nas ações humanas sobre o meio ambiente. Assim, dada a grande variedade de interações entre parâmetros ambientais e ecossistemas, não é possível estabelecer um modelo generalizado de impacto ambiental.

Segundo Felipe e Magalhães Júnior (2012), o principal impacto ambiental na zona urbana, que acarreta a descaracterização ou até mesmo o desaparecimento das nascentes, é a extensa impermeabilização do solo. Há uma série de impactos decorrentes da urbanização em um sistema hídrico, como: o aumento da densidade demográfica, que amplia a demanda dos recursos hídricos e a poluição dos mesmos; e o aumento da densidade das construções, que impermeabiliza o solo e modifica o sistema de drenagem.

Por conseguinte, as principais consequências das intervenções urbanas na dinâmica das nascentes são o comprometimento da qualidade da água e as alterações de vazão, que podem, em casos extremos, causar a redução do fluxo de água, a transformação em nascente temporária, sua migração para um local à jusante (devido ao rebaixamento do lençol freático) e, até mesmo, o desaparecimento da nascente (FELIPPE; MAGALHÃES JÚNIOR, 2012). O Quadro 2 apresenta os impactos ambientais urbanos e suas consequências para as nascentes.

Quadro 2 – Impactos ambientais urbanos e suas consequências para a dinâmica das nascentes

Impactos	Consequências gerais para o sistema hídrico	Consequências para as nascentes
Impermeabilização do solo.	Redução da recarga dos aquíferos; Aumento da quantidade e da velocidade do escoamento superficial; Intensificação dos processos erosivos e aumento da carga sedimentar.	Descaracterização; Redução da vazão; Desaparecimento.
Resíduos (esgoto, lixo, combustível, entre outros).	Poluição das águas subterrâneas.	Redução da qualidade da água.
Retirada da água subterrânea.	Rebaixamento do nível freático.	Redução da vazão; Desaparecimento.
Substituição da cobertura vegetal.	Intensificação dos processos erosivos; Diminuição da retenção de água.	Descaracterização; Redução da vazão; Desaparecimento.
Construções.	Drenagem de nascentes; Aterramento das nascentes.	Descaracterização; Desaparecimento.
Ilha de calor.	Alteração no padrão de chuvas; Alteração no padrão de recarga do aquífero.	Alteração da vazão.

Fonte: Adaptado de Felipe; Magalhães Júnior (2012).

Como as nascentes constituem-se o resultado da dinâmica das águas em subsuperfície, proteger pontualmente as nascentes não garante nem a manutenção de seu equilíbrio hidrológico, nem as suas qualidades físico-químicas e microbiológicas. Assim sendo, as alterações nos volumes da água subterrânea e nas áreas superficiais à montante das nascentes são potencialmente impactantes à sua dinâmica (FELIPPE; MAGALHÃES JÚNIOR, 2009).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo foi realizado na cidade de Uberaba, situada na região do Triângulo Mineiro, Estado de Minas Gerais, geograficamente localizada a uma latitude de 19°45'27" S, longitude 47°55'36" W e sua altitude média é de 764 m. Uberaba possui uma área total de 4.540 km², sendo 256 km² de área urbana. O clima da região é considerado tropical chuvoso, com inverno frio e seco e verão quente e úmido, classificado como Aw pelo método de Köppen. A precipitação anual é de 1576 mm (média) e a temperatura média anual é de 22,6°C (UBERABA, 2009).

O município de Uberaba faz parte do Planalto Arenítico Basáltico da Bacia do Paraná, tendo a topografia caracterizada por relevo plano ligeiramente ondulado na maioria absoluta do município, sendo fortemente ondulado em pequenas manchas de solos podzólicos. A geologia da região constitui-se por rochas sedimentares (arenito) do período cretáceo de formação Bauru. Os solos são classificados, predominantemente, como latossolo roxo distrófico e latossolo vermelho amarelo texturas média e latossolo vermelho amarelo textura argilosa. A vegetação típica é o cerrado, porém, encontra-se altamente degradado. Na hidrografia de Uberaba, destaca-se o Rio Uberaba, principal fonte de abastecimento de água para a população. Além deste, também tem destaque no município os rios Grande (no qual deságua o Rio Uberaba), Araguari, Claro, Tijuco, Uberabinha, entre outros (UBERABA, 2009).

Em 2010, Uberaba possuía população de 295.988 habitantes e densidade demográfica de 65,43 hab/km². As taxas de morbidades hospitalares em 2010 foram de 1.225 pessoas, sendo que 202 (16,5%) foram ocasionados por doenças infecciosas e parasitárias (IBGE, 2010).

3.2 SELEÇÃO E LOCALIZAÇÃO DAS NASCENTES DE USO PÚBLICO

O Departamento de Controle de Zoonoses da Secretaria Municipal de Saúde cedeu uma relação de 18 nascentes para o presente estudo. Ao realizar visita aos locais das nascentes, contatou-se que algumas se encontravam inacessíveis e outras, em zona rural, sendo, portanto, descartadas. Assim, a partir da relação inicial de 18 nascentes, foram selecionadas 10, levando-se em consideração a acessibilidade ao local e a maior procura pela população. O Departamento de Controle de Zoonoses monitora as nascentes, através das

análises de pH e turbidez e das análises qualitativas de coliformes totais e *Escherichia coli* (presença/ausência), duas vezes ao ano.

Para realizar o mapeamento referente às nascentes estudadas, foi utilizada a tecnologia Global Positioning System (GPS) através do receptor de GPS portátil Garmin® eTrex® H, marcando cada nascente em relação à sua latitude e longitude. Após a coleta das posições georreferenciadas das nascentes, foi confeccionado o mapa utilizando o aplicativo ArcGIS® 9, com uma licença do ArcMap® 9.3.1, da ESRI®.

3.3 PLUVIOSIDADE NO PERÍODO DAS COLETAS

Os dados de pluviosidade correspondentes ao período de coletas, de fevereiro a julho de 2013, foram adquiridos do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) que coleta os dados pluviométricos na Estação Meteorológica Convencional, localizada na Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) em Uberaba (INMET, 2013).

3.4 COLETA DE AMOSTRAS

As 10 nascentes foram analisadas em 6 coletas, realizadas mensalmente entre fevereiro e julho de 2013, totalizando 60 amostras. Este período compreendeu três estações do ano: verão (18 de fevereiro), outono (21 de março, 23 de abril e 21 de maio) e inverno (27 de junho e 17 de julho), correspondendo tanto a épocas secas, quanto a épocas chuvosas. Em todas as 6 coletas, foram realizadas as análises físico-químicas e microbiológicas propostas. As amostras foram avaliadas no local da coleta, mediante o uso de equipamentos portáteis, e no Laboratório de Química e de Microbiologia da Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM).

Para as análises microbiológicas, as amostras foram coletadas em recipientes de vidro com capacidade para 600 mL de água, previamente esterilizados, e acondicionados em caixas isotérmicas até o momento da análise, realizada logo após o término da coleta. Para a análise física, foram utilizados recipientes de polietileno de 600 mL. As amostras foram sempre coletadas no período da manhã, sendo todos os frascos devidamente identificados.

3.5 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

Foi realizada a análise qualitativa (presença/ausência) de coliformes totais e *Escherichia coli* pelo método dos substratos cromogênicos (Colilert®).

O Colilert® utiliza a tecnologia do substrato definido (Defined Substrate Technology – DST®) para a detecção simultânea de coliformes totais e *Escherichia coli*. Atualmente, é o método mais utilizado, tanto para a qualificação quanto para a quantificação de coliformes totais e *Escherichia coli*, devido à sua facilidade, rapidez e sensibilidade (detecta um único coliforme ou *Escherichia coli* por amostra). Este método é aprovado pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA), entre outras organizações internacionais, e é referendada no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012; FARIA, 2006).

O método se baseia na utilização de dois substratos ativos, o orto-nitrofenil- β -D-galactopiranosídeo (ONPG) e o 4-metilumbeliferil- β -D-glucuronídeo (MUG) para a detecção de coliformes totais e *Escherichia coli*, respectivamente. Os coliformes totais produzem a enzima β -galactosidase para hidrolisar o ONPG e, com isso, a amostra de água passa de incolor a amarela, indicando resultado positivo para coliformes totais. Já a *Escherichia coli*, produz a enzima β -glucuronidase para metabolizar o MUG, formando um composto fluorescente sob a luz ultravioleta (GASPAROTTO, 2011).

Para a realização do experimento foram colocados 100 mL de amostra de água em vidros previamente esterilizados (em autoclave) e, em seguida, o reagente Colilert® foi adicionado e manualmente homogeneizado. A incubação das amostras foi feita em estufa a 35°C por 24 horas. Ao término do período de incubação, foi realizada a leitura dos resultados: a coloração transparente indicava ausência de coliformes totais e de *Escherichia coli* na água, a coloração amarela indicava a presença de coliformes totais e a fluorescência sob a luz ultravioleta indicava a presença de *Escherichia coli* na água.

3.6 ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

As metodologias adotadas em cada análise foram realizadas conforme especificado em Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012). Os parâmetros turbidez e pH foram medidos *in situ* no momento da coleta de água, com equipamentos portáteis. Já a cor verdadeira foi medida em laboratório.

3.6.1 Potencial hidrogeniônico (pH)

A medição do pH foi realizada pelo método potenciométrico, considerado padrão, pois é praticamente isento de interferentes. O equipamento portátil utilizado foi o aparelho Digimed® DM 22, previamente calibrado com soluções tampão padrão de pH. O eletrodo foi colocado nas amostras de água, medindo diretamente o pH.

3.6.2 Turbidez

A turbidez foi avaliada por meio do equipamento portátil turbidímetro HANNA® modelo HI 93703, previamente calibrado com soluções padrões de 0 UNT e de 10 UNT. A amostra de água foi colocada na cubeta, cujas paredes externas foram limpas e secas para evitar qualquer interferência, e depois a cubeta foi inserida no turbidímetro. Em seguida foi feita a leitura do resultado da turbidez, expresso em Unidade de Turbidez (uT).

3.6.3 Cor aparente

As medidas de cor aparente foram realizadas em espectrofotômetro HACH® modelo DR 2010, utilizando o Programa 120 – Color (Pt-Co) APHA, no comprimento de onda de 455 nanômetros. As análises foram realizadas no laboratório, com as amostras em temperatura ambiente. Os resultados foram expressos pela Unidade Hazen ($1 \text{ uH} = 1 \text{ mg.L}^{-1} \text{ Pt-Co}$).

3.7 ÍNDICE DE IMPACTO AMBIENTAL MACROSCÓPICO EM NASCENTES – IIAM

Os impactos ambientais foram avaliados neste trabalho através da interpretação do Índice de Impacto Ambiental Macroscópico em Nascentes (IIAM) elaborado por Gomes et al. (2005), que se baseou na Classificação do Grau de Impacto de Nascentes do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos de Portugal e no Guia de Avaliação da Qualidade das Águas da Rede de Águas. O IIAM foi revisado e aprimorado por Felipe e Magalhães Júnior (2009; 2012) e Paraguaçu et al. (2010), que consideraram a proposta de classificação do grau de impacto ambiental nas nascentes simples, prática e com resultados satisfatórios.

A técnica consiste na avaliação macroscópica (sensorial) e comparativa de alguns parâmetros, considerados elementos-chave, para a identificação dos impactos ambientais nas nascentes e para, posteriormente, verificar a qualificação do grau de preservação em que se encontram.

Assim, foram escolhidos 13 parâmetros, adaptados para a realidade encontrada nas nascentes de Uberaba, que foram qualificados em bom, médio e ruim e, depois, convertidos em uma pontuação (Tabela 1). A somatória dos valores creditados a cada parâmetro consiste no Índice de Impacto Ambiental Macroscópico. O máximo valor do índice neste trabalho é 39 (quando todos os parâmetros são considerados bons) e o mínimo índice é 13 (quando todos os parâmetros são considerados ruins).

Tabela 1 – Quantificação da análise dos parâmetros macroscópicos

Parâmetro Macroscópico	Qualificação – Pontuação		
	Ruim – 1	Médio – 2	Bom – 3
Cor da água	Escura	Clara	Transparente
Lixo ao redor	Muito	Pouco	Não há
Materiais flutuantes	Muito	Pouco	Não há
Esgoto	Visível	Provável	Não detectado
Vegetação	Ausente (ambiente antropizado)	Alta degradação	Baixa degradação
Uso por humanos/animais	Constante	Esporádico	Não há
Proteção do local	Sem proteção	Com proteção, mas com acesso	Com proteção e sem acesso
Acessibilidade ao local	Fácil	Difícil	Sem acesso
Proximidade com a calçada	Muito	Pouco	Sem acesso
Proximidade com residências ou estabelecimentos	Menos de 10 m	Entre 10 e 20 m	Mais de 20 m
Tipo de área de inserção	Ausente	Propriedade privada	Parques ou áreas protegidas
Proteção da captação	Sem proteção	Drenos cobertos	Caixa de captação
Contaminação fecal visível	Próximo	Distante	Não há

Fonte: Adaptado de Gomes et al. (2005).

Posteriormente, a somatória foi distribuída em intervalos de classe, em uma tabela classificatória, que indica o grau de preservação e a classe em que cada nascente está enquadrada (Tabela 2).

Tabela 2 – Classificação das nascentes quanto aos impactos macroscópicos

Classe	Grau de Preservação	Pontuação Final*
A	Ótimo	37 – 39
B	Bom	34 – 36
C	Razoável	31 – 33
D	Ruim	28 – 30
E	Péssimo	Abaixo de 28

(*) Pontuação final baseada na somatória dos pontos obtidos na quantificação da análise macroscópica.

Fonte: Gomes et al. (2005).

3.8 MEDIÇÃO DA VAZÃO

Foi utilizado o Método Direto para a medição de vazão, no qual se calcula o tempo necessário para que o líquido preencha completamente um reservatório com volume conhecido. Sua aplicação se limita a pequenas descargas, tais como as nascentes. A medição das vazões foi realizada no mês de julho. Como as 10 nascentes possuem uma vazão relativamente variável, foram utilizados 3 recipientes com volumes de 600 mL, 1 L e 11 L, sendo escolhido no momento da medição o recipiente com o volume que melhor se enquadrava na vazão a ser medida. Após a escolha do recipiente, foram feitas 3 medidas de

tempo em cada nascente para a maior precisão da vazão. Utilizou-se a Equação 1 para medir a vazão.

$$Q = V \div t \quad (1)$$

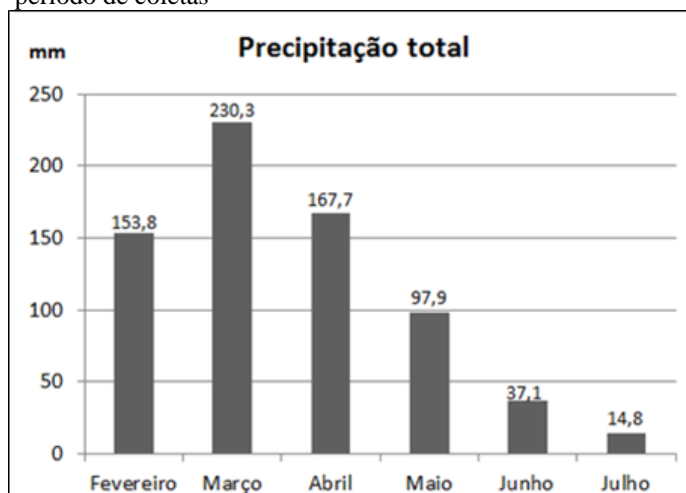
Em que: Q é a vazão em L/s, V é o volume em L e t é o tempo em segundos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 PLUVIOSIDADE DURANTE O PERÍODO DE ESTUDO

A partir dos dados pluviométricos de Uberaba, obtidos do INMET, foi elaborado o gráfico de precipitação total mensal ilustrado na Figura 5. Os meses de fevereiro, março e abril correspondem à época chuvosa, enquanto junho e julho correspondem à época seca e maio ao período de transição entre ambas.

Figura 5 – Precipitação total mensal em Uberaba durante o período de coletas



4.2 MAPEAMENTO DAS NASCENTES

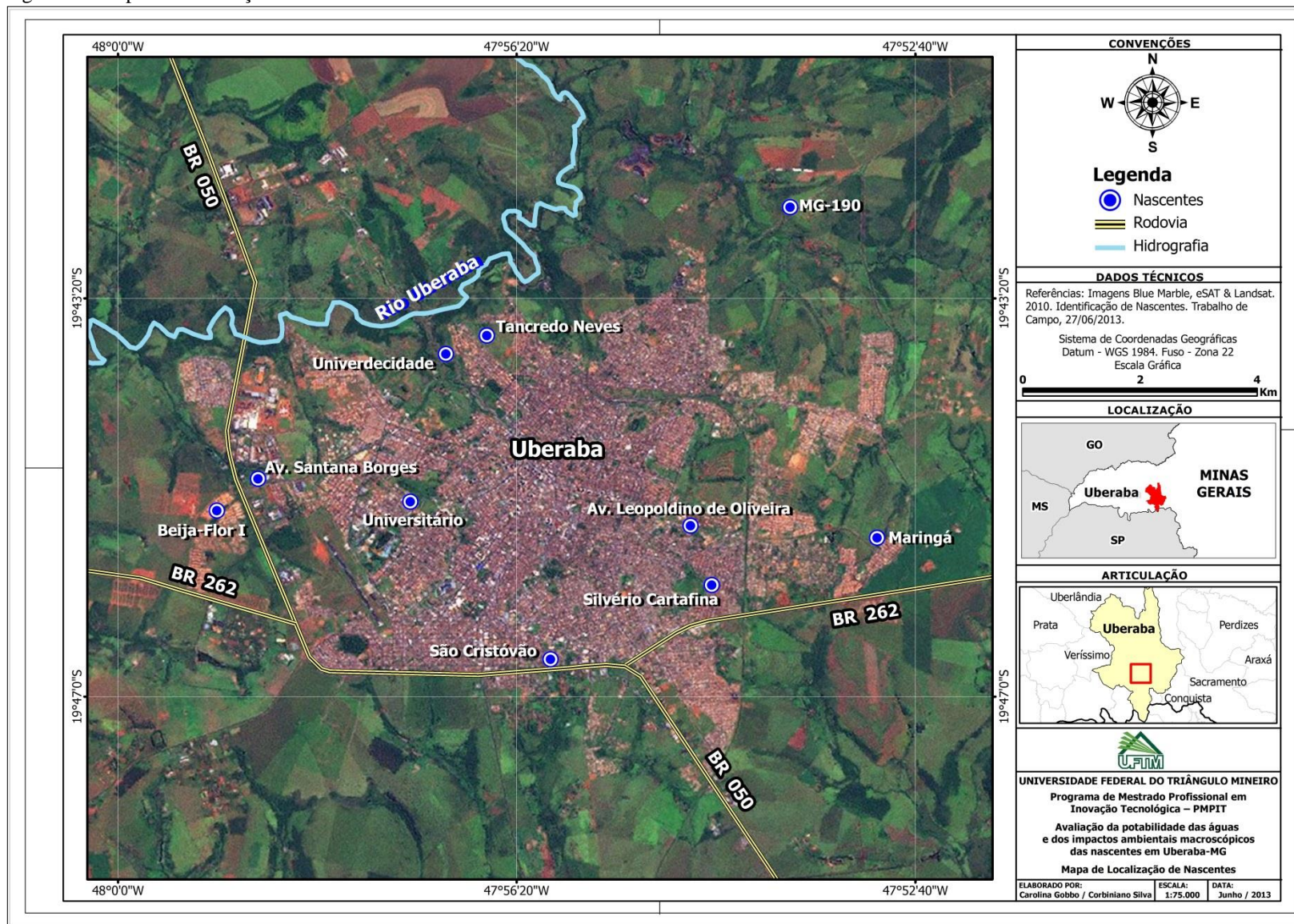
A Tabela 3 apresenta o georreferenciamento das 10 nascentes estudadas.

Tabela 3 – Nascentes de Uberaba e respectivas posições georreferenciadas

	Nascente	Latitude	Longitude
1	Tancredo Neves	19°43'40,5"	47°56'36,5"
2	MG 190 I	19°42'29,7"	47°53'49,1"
3	Maringá	19°45'32,2"	47°53'01,2"
4	Av. Leopoldino de Oliveira	19°45'25,5"	47°54'44,1"
5	Conjunto Silvério Cartafina	19°45'58,3"	47°54'32,4"
6	São Cristóvão	19°46'39,3"	47°56'01,4"
7	Av. Santana Borges	19°44'59,7"	47°58'42,8"
8	Beija-Flor I	19°45'17,2"	47°59'05,5"
9	Universitário	19°45'12,3"	47°57'18,7"
10	Univerdecidade	19°43'50,7"	47°56'59,1"

O mapa das localizações das nascentes de Uberaba, confeccionado a partir de suas posições georreferenciadas, está representado na Figura 6. Nota-se que a maioria das nascentes está localizada nas zonas periféricas da cidade, com exceção da Nascente Universitário. Tal fato ocorre pela intensa impermeabilização do solo na zona central da cidade, que modifica o sistema de drenagem e acarreta o desaparecimento das nascentes.

Figura 6 – Mapa da localização das nascentes de Uberaba-MG



4.3 ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Os resultados das análises físicas e químicas estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Resultados das análises de parâmetros físicos e químicos das águas das nascentes em 2013

Nascente 1	Mês	Parâmetros			Nascente 2	Mês	Parâmetros		
		pH	Turbidez uT	Cor aparente uH			pH	Turbidez uT	Cor aparente uH
Tancredo Neves	Fev.	5,61	0,04	2	MG 190 I	Fev.	5,97	0,00	3
	Mar.	5,73	0,78	8		Mar.	7,33	0,72	1
	Abr.	6,44	0,00	1		Abr.	7,37	0,00	1
	Maio	5,97	0,07	1		Maio	6,96	0,00	2
	Jun.	5,99	0,00	4		Jun.	6,71	0,47	4
	Jul.	6,14	1,13	0		Jul.	6,67	0,43	1
Nascente 3	Mês	Parâmetros			Nascente 4	Mês	Parâmetros		
		pH	Turbidez uT	Cor aparente uH			pH	Turbidez uT	Cor aparente uH
Maringá	Fev.	5,78	0,43	3	Leopoldino de Oliveira	Fev.	5,75	0,00	3
	Mar.	6,10	0,96	2		Mar.	5,88	0,17	2
	Abr.	6,49	0,01	2		Abr.	6,16	0,00	1
	Maio	6,07	0,29	4		Maio	6,12	0,00	3
	Jun.	6,50	1,45	6		Jun.	6,97	0,01	2
	Jul.	6,05	1,83	2		Jul.	6,91	1,02	1
Nascente 5	Mês	Parâmetros			Nascente 6	Mês	Parâmetros		
		pH	Turbidez uT	Cor aparente uH			pH	Turbidez uT	Cor aparente uH
Silvério Cartafina	Fev.	5,21	0,00	1	São Cristóvão	Fev.	5,25	0,00	4
	Mar.	5,41	0,45	1		Mar.	5,47	0,52	0
	Abr.	5,76	1,20	2		Abr.	5,63	0,15	1
	Maio	5,80	0,00	2		Maio	5,65	0,34	2
	Jun.	5,69	0,07	1		Jun.	5,63	1,30	3
	Jul.	5,80	0,34	2		Jul.	5,70	1,04	2
Nascente 7	Mês	Parâmetros			Nascente 8	Mês	Parâmetros		
		pH	Turbidez uT	Cor aparente uH			pH	Turbidez uT	Cor aparente uH
Santana Borges	Fev.	6,05	0,13	6	Beija-Flor I	Fev.	5,83	0,00	1
	Mar.	6,27	0,00	2		Mar.	5,79	0,00	2
	Abr.	6,55	0,00	2		Abr.	5,78	0,00	3
	Maio	6,34	0,52	0		Maio	5,84	0,00	0
	Jun.	6,23	0,37	2		Jun.	6,05	0,22	1
	Jul.	6,27	1,43	3		Jul.	5,71	0,28	3
Nascente 9	Mês	Parâmetros			Nascente 10	Mês	Parâmetros		
		pH	Turbidez uT	Cor aparente uH			pH	Turbidez uT	Cor aparente uH
Universitário	Fev.	5,36	0,00	1	Univerdecidade	Fev.	6,40	0,00	3
	Mar.	5,79	0,00	3		Mar.	6,83	0,00	5
	Abr.	5,84	1,61	2		Abr.	7,17	1,11	3
	Maio	5,75	0,96	1		Maio	7,17	1,55	5
	Jun.	5,71	1,13	1		Jun.	7,13	4,61	11
	Jul.	5,55	0,66	9		Jul.	6,90	9,75	11

Nota: O resultado em negrito está acima do VMP definido pela legislação vigente de potabilidade.

Não há uma definição de intervalo de pH padrão pela Portaria 2914/MS; apenas no sistema de distribuição de água a Portaria recomenda que o pH seja mantido na faixa entre 6,0 e 9,5, visando minimizar problemas de corrosão e incrustação (BRASIL, 2011b).

Quando exposta a águas com valores de pH inferiores a 4 ou superiores a 11, a população pode apresentar irritação nos olhos, nas peles e nas mucosas. O pH também pode, indiretamente, prejudicar a saúde do consumidor, pois influencia no controle dos microrganismos e na eficiência da desinfecção da água (DI BERNARDO; SABOGAL PAZ, 2008).

Em relação ao pH das amostras de água analisadas, nota-se que a maioria das nascentes apresentou pH ácido, com exceção das nascentes 2 e 10, que apresentaram pH básico, respectivamente, em 2 e 3 meses analisados. O menor valor encontrado foi 5,21 (nascente 5, em fevereiro) e o maior foi 7,37 (nascente 2, em abril).

O pH é uma das variáveis ambientais mais complexas, pois é influenciado por vários fatores físico-químicos, sendo de difícil interpretação (GASPAROTTO, 2011). Contatou-se uma variação nos valores de pH tanto entre as nascentes quanto nos meses analisados, reforçando a ideia de complexidade deste parâmetro.

Conforme estabelece a Portaria 2914/MS, o VMP para turbidez é 5 uT e para cor aparente, 15 uH. Não houve nenhum resultado de cor aparente em desacordo com a legislação vigente de potabilidade. Em relação ao parâmetro turbidez, somente a nascente 10, em julho, apresentou um resultado acima do VMP, estando em desacordo com a Portaria 2914/MS (BRASIL, 2011b). Talvez tenha sido apenas um caso pontual, visto que todas as outras análises de turbidez nesta nascente apresentaram resultados dentro do limite estabelecido pela legislação vigente (GASPAROTTO, 2011).

A turbidez deve-se à presença de matéria particulada em suspensão na água, tal como matéria orgânica e inorgânica, fitoplâncton e outros microrganismos. Geralmente, a turbidez da água bruta apresenta variações sazonais significativas entre períodos de chuva e estiagem. Valores de turbidez abaixo de 8 uT, em geral, são imperceptíveis visualmente. Porém, por causa da possível presença de microrganismos, recomenda-se que a turbidez seja tão baixa quanto possível. A turbidez natural das águas subterrâneas frequentemente é inferior a 1 uT. (HELLER; PÁDUA, 2010). Observou-se que a maioria dos resultados de turbidez foi menor do que 1 uT (77%), com exceção da nascente 10, cujos maiores valores apresentaram um resultado acima do VMP da Portaria 2914/MS (BRASIL, 2011b).

Assim, segundo o padrão físico-químico, apenas a nascente 10 é imprópria para consumo humano.

4.4 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

A Tabela 5 expõe os resultados das análises microbiológicas qualitativas (presença/ausência de coliformes totais e *Escherichia coli*) das nascentes em 2013. No presente estudo, observou-se que as águas de todas as nascentes avaliadas apresentaram alto índice de contaminação por coliformes totais e *Escherichia coli*, durante o período de coletas, no decorrer de 2013. A água é considerada potável quando há a ausência de *Escherichia coli*, bactéria indicadora de contaminação fecal, nas amostras e sua presença indica que a água é imprópria para consumo humano.

Tabela 5 – Resultados das análises microbiológicas das nascentes em 2013

Nascente	Fevereiro		Março		Abril		Maio		Junho		Julho	
	C.T.	E.C.	C.T.	E.C.	C.T.	E.C.	C.T.	E.C.	C.T.	E.C.	C.T.	E.C.
1	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	A
2	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
3	P	P	P	P	P	P	P	P	A	A	P	P
4	P	P	P	P	P	P	P	P	P	A	P	P
5	P	P	P	P	P	P	P	P	P	A	P	P
6	A	A	P	P	P	P	P	P	A	A	P	P
7	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
8	P	P	P	P	P	P	P	P	P	A	P	A
9	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	A
10	P	P	P	P	P	P	P	A	P	A	P	A

C.T.: Coliformes totais; E.C.: *Escherichia coli*; P: presença do microrganismo; A: ausência do microrganismo.

A Figura 7 representa a frequência de contaminação microbiológica encontrada em cada nascente estudada. Considerando os coliformes totais, ocorreu 100% de contaminação, ou seja, houve contaminação em todos os 6 meses avaliados (entre fevereiro e julho de 2013) nas nascentes 1, 2, 4, 5, 7, 9 e 10. As nascentes 3 e 8 apresentaram contaminação por coliformes totais em 5 meses (83,33% das análises) e a nascente 6 apresentou contaminação em 4 meses (66,67% das análises).

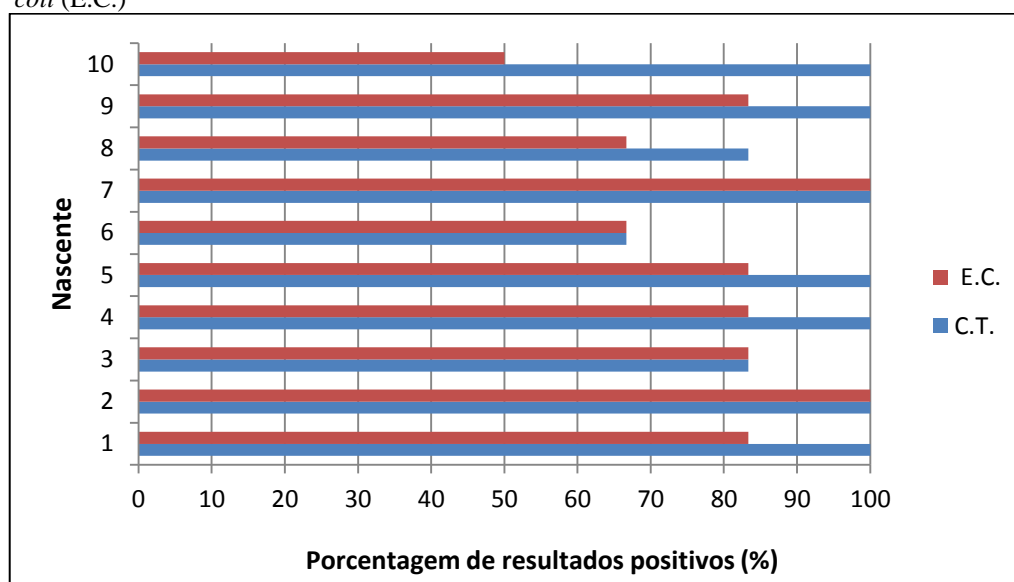
Já em relação à *Escherichia coli*, as nascentes 2 e 7 apresentaram a maior taxa de contaminação, ocorrida em 100% das análises realizadas entre fevereiro e julho de 2013. As nascentes 1, 3, 4, 5 e 9 apresentaram contaminação em 5 meses (83,33% das análises), as nascentes 6 e 8 estavam contaminadas em 4 meses (66,67% das análises) e a nascente 10, que apresentou o menor índice de contaminação por *Escherichia coli*, esteve contaminada em 3 meses (50% das análises).

Gasparotto (2011) estudando os parâmetros microbiológicos de oito nascentes urbanas de Piracicaba, São Paulo, durante doze meses, também constatou um alto índice de contaminação destas águas por coliformes totais e *Escherichia coli*. Todas as nascentes avaliadas apresentaram contaminação por coliformes totais, sendo que em seis delas houve

contaminação em 100% das análises. Em relação à *Escherichia coli*, sete nascentes estavam contaminadas e uma nascente apresentou contaminação por este microrganismo em 100% dos meses analisados.

Em estudo sobre a qualidade microbiológica das águas de 19 nascentes localizadas em Seul na Coreia do Sul, Youn-Joo e Breindenbach (2005) detectaram coliformes totais em 100% das amostras e *Escherichia coli* em 78% das mesmas. Já Gomes et al. (2002) estudaram a qualidade da água de sete nascentes naturais de uso público nos municípios de Sorocaba e Votorantim no Estado de São Paulo e constataram a presença de coliformes totais em 100% e coliformes termotolerantes em 85,7% das amostras analisadas. Assim, observa-se nestes estudos que é comum a contaminação microbiológica das águas das nascentes e o seu consumo constitui um risco à saúde da população.

Figura 7 – Frequência de contaminação das nascentes por coliformes totais (C.T.) e *Escherichia coli* (E.C.)

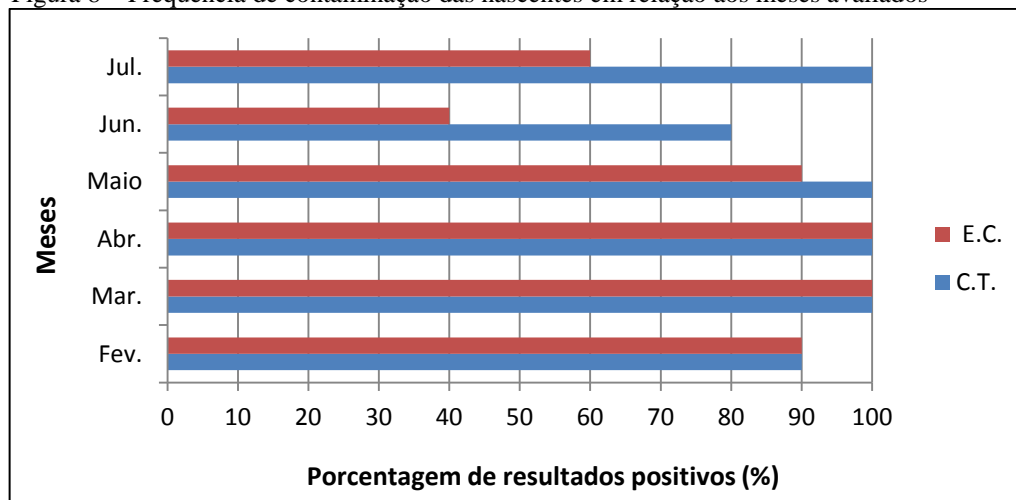


A Figura 8 demonstra a frequência de contaminação das nascentes em relação aos meses avaliados. No que concerne às épocas das coletas, apenas os meses de junho e julho apresentaram menor porcentagem de contaminação por *Escherichia coli*, pois se tratam de períodos secos, como pode ser observado na Figura 5. Provavelmente, a pluviosidade pode ter interferido na contaminação das nascentes por *Escherichia coli*. Mas, em relação à contaminação por coliformes totais, não houve interferência da pluviosidade, já que em maio e julho, considerados meses secos, todas as nascentes apresentaram contaminação.

Segundo Faria (2006), as variações das condições climáticas interferem na potabilidade da água. A época chuvosa favorece a contaminação das bicas pela presença de *Escherichia coli*, principalmente quando no entorno das bicas há presença de animais, pastos,

córregos e atividades agrícolas e industriais. A autora observou piores condições de potabilidade das bicas nas coletas realizadas na época chuvosa e o inverso na época da seca. Resultados semelhantes foram encontrados por Amaral et al. (2003), Nogueira et al. (2003) e Jacintho (2001) que constataram a interferência do clima na qualidade da água, pois os períodos quentes e úmidos favoreceram o aumento dos percentuais de amostras de água consideradas não potáveis.

Figura 8 – Frequência de contaminação das nascentes em relação aos meses avaliados



4.5 AVALIAÇÃO DA POTABILIDADE DAS NASCENTES

A Tabela 6 apresenta os resultados de potabilidade de cada amostra de água analisada, assim como a classificação de potabilidade das nascentes em relação aos parâmetros microbiológicos e físico-químicos e a classificação final de cada nascente.

Tabela 6 – Resultados da classificação de potabilidade das amostras de água das nascentes, obtidas em cada coleta quanto ao padrão microbiológico e físico-químico e sua classificação final

Nascentes		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Padrão Microbiológico	Fev.	NP	NP	NP	NP	NP	P	NP	NP	NP	NP
	Mar.	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
	Abr.	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
	Maio	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	P
	Jun.	NP	NP	P	P	P	P	NP	P	NP	P
	Jul.	P	NP	NP	NP	NP	NP	NP	P	P	P
	Classificação:	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
Padrão Físico-Químico	Fev.	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
	Mar.	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
	Abr.	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
	Maio	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
	Jun.	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
	Jul.	P	P	P	P	P	P	P	P	P	NP
	Classificação:	P	P	P	P	P	P	P	P	P	NP
Classificação Final:	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	

P: Potável; NP: Não Potável.

Em relação ao padrão microbiológico, todas as nascentes foram classificadas como não potáveis. A análise microbiológica das 60 amostras de água comprovou que 48 não eram potáveis, o que corresponde a 80% dos resultados. Já em relação ao padrão físico-químico, apenas a nascente 10 não foi classificada como potável, por apresentar um resultado de turbidez acima do VMP pela legislação de potabilidade vigente.

Quanto à classificação final de potabilidade, considerando-se tanto o padrão microbiológico quanto o físico-químico, todas as nascentes não são potáveis, principalmente em relação às qualidades microbiológicas (contaminação da água por *Escherichia coli*). Tal confirmação gera uma grande preocupação quanto à saúde da população consumidora destas águas, visto que todas as nascentes avaliadas são impróprias para consumo humano de acordo com a Portaria 2914/MS.

Várias pesquisas efetuadas sobre a potabilidade da água de nascentes, geralmente constataam algum tipo de contaminação, sobretudo microbiológica, o que inviabiliza a utilização destas águas para consumo humano. Mormul et al. (2006) verificaram que as águas das três nascentes utilizadas pela população da Favela São Francisco na cidade de Campo Mourão-PR não eram potáveis, pois estavam contaminadas com coliformes totais e termotolerantes. Rodríguez García et al. (2003) avaliaram a potabilidade de 13 nascentes urbanas e 25 nascentes rurais em Sigüenza, Espanha e constataram que somente 47,4% das nascentes foram consideradas potáveis em todas as coletas. Houve contaminação físico-química em 13,1% das nascentes e contaminação microbiológica em 44,7%.

Em estudo da qualidade da água de doze nascentes de Piracicaba, São Paulo constatou-se a contaminação por coliformes totais em todas as nascentes e coliformes termotolerantes em onze delas. A população consumidora das águas das nascentes era geralmente de baixo nível socioeconômico e preferia estas águas devido às melhores características sensoriais (ausência de odor de cloro) e à economia (MELLADO, 2008).

Grande parte da população tem por hábito, necessidade, ou até mesmo por uma tendência cultural, utilizar as águas das nascentes para consumo humano por considerá-la pura. Contrariando esse hábito cultural, verificou-se que a água, mesmo com aparência cristalina, muitas vezes não é adequada para o consumo humano, podendo causar uma série de doenças. Moura et al. (2009) aconselham que seja realizado algum tipo de tratamento doméstico destas águas, como a filtração, a cloração e/ou a fervura, antes de serem ingeridas. Faz-se necessária, portanto, a orientação da população que faz uso das águas das nascentes quanto ao seu risco e à necessidade de tratamento.

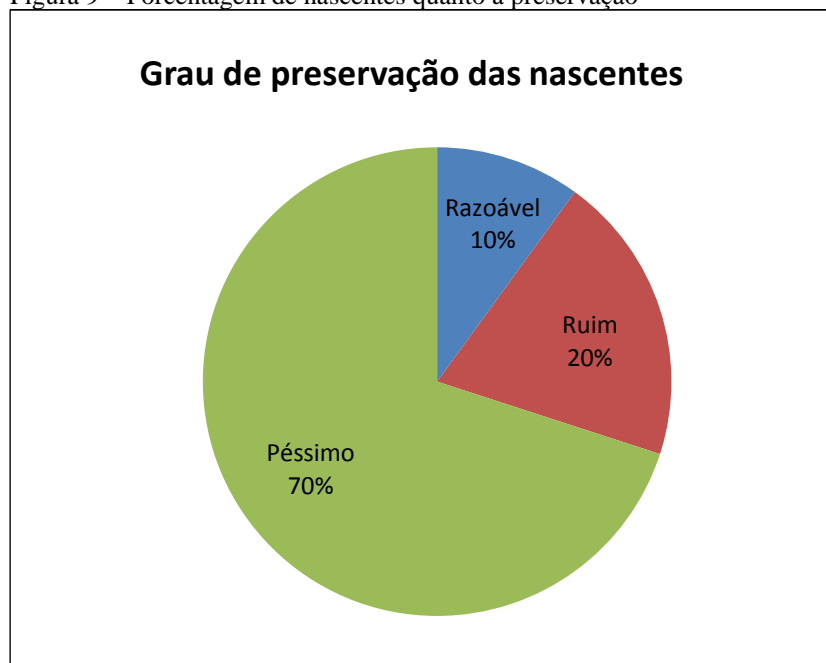
4.6 ÍNDICE DE IMPACTO AMBIENTAL MACROSCÓPICO EM NASCENTES – IIAM

Os resultados das análises dos parâmetros macroscópicos e a classificação de cada nascente estudada quanto à classe e ao grau de preservação estão expressos na Tabela 7. Os parâmetros e as porcentagens, salientados em negrito na tabela, foram os fatores que mais contribuíram para a degradação da qualidade ambiental das nascentes.

Utilizando o IIAM é possível constatar que a maioria das nascentes (70%) se enquadra na classe E, ou seja, as nascentes estão com um péssimo grau de preservação. Os parâmetros que mais concorreram para a degradação das nascentes são: o uso por humanos e animais, que frequentemente poluem o local; a presença de lixo no entorno; a ausência de vegetação (ambiente totalmente antropizado) ou a sua alta degradação; a falta de proteção do local da nascente; a acessibilidade e a proximidade com a calçada, que aumentam a visitação e a utilização de suas águas; e o tipo de área em que está inserida.

A Figura 9 mostra a classificação das nascentes quanto ao grau de preservação. Apenas a nascente 3 (Maringá) enquadrou-se em um grau razoável de preservação (Classe C). As nascentes 1 (Tancredo Neves) e 8 (Beija-Flor I) apresentaram resultado ruim (Classe D) enquanto as sete nascentes restantes, um péssimo estado de preservação (Classe E).

Figura 9 – Porcentagem de nascentes quanto à preservação



Gomes et al. (2005) utilizaram o IIAM para avaliar os impactos ambientais macroscópicos em 16 nascentes localizadas em Uberlândia e constataram oito nascentes com grau de preservação ruim ou péssimo, quatro nascentes apresentaram grau de preservação razoável e as quatro restantes foram enquadradas nas classes A ou B (graus de preservação

ótimo ou bom). Observou-se que a falta de proteção da área e a proximidade com residências foram os principais parâmetros que influenciaram na intensificação dos impactos ambientais sofridos nessas nascentes, pois eles favoreceram que outros parâmetros ocorressem, como a presença de lixo ao redor; a presença de materiais flutuantes; o uso por humanos e animais; e a degradação e antropização da vegetação.

Os resultados encontrados por Gomes et al. (2005) nas nascentes de Uberlândia são sensivelmente melhores do que os resultados encontrados no presente trabalho, enquanto 50% das nascentes localizadas em Uberlândia apresentaram graus de preservação ruim ou péssimo, este índice foi de 90% nas nascentes estudadas em Uberaba. Além disso, enquanto 25% das nascentes estudadas em Uberlândia apresentaram graus de preservação ótimo ou bom, nenhuma nascente estudada neste trabalho foi enquadrada nestas classes de preservação. Entretanto, houve semelhança entre os estudos em relação aos parâmetros que influenciaram na degradação das nascentes, como a falta de proteção da nascente, o uso por humanos e animais, a presença de lixo ao redor, a antropização da vegetação e a facilidade de acesso.

As bicas avaliadas por Faria (2006) em Taubaté apresentaram alguns fatores comuns indicativos de degradação como: condições precárias (em algumas bicas faltava alvenaria para sustentação); presença de animais; falta de manutenção da limpeza (nas bicas e ao seu redor); presença de material reciclável, de lixo doméstico, de material orgânico em decomposição e de entulhos; presença, às vezes de água parada e de córregos com esgoto; e vestígios de que o local era utilizado para higiene pessoal. Realidade esta semelhante à das nascentes estudadas em Uberaba, pois todas essas condições foram encontradas em uma ou mais nascentes.

Tabela 7 – Resultados das análises dos parâmetros macroscópicos e classificação das nascentes quanto à classe e ao grau de preservação

Parâmetros	Nascentes										Porcentagem de índices		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ruins	Médios	Bons
Cor da água	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	0%	10%	90%
Lixo ao redor	2	3	2	1	2	1	2	3	1	1	40%	40%	20%
Materiais flutuantes	3	3	3	3	3	3	2	3	3	2	0%	20%	80%
Esgoto	3	3	3	3	2	2	3	3	2	3	0%	30%	70%
Vegetação (preservação)	2	2	3	2	1	2	2	2	1	2	20%	70%	10%
Uso por humanos/animais	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	90%	10%	0%
Proteção do local	2	1	1	2	1	1	1	2	1	1	70%	30%	0%
Acessibilidade ao local	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	90%	10%	0%
Proximidade com a calçada	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	80%	10%	10%
Proximidade com residências ou estabelecimentos	3	3	3	2	1	1	3	2	1	3	30%	20%	50%
Tipo de área de inserção	3	1	3	2	1	1	1	1	1	1	70%	10%	20%
Proteção da captação	1	2	3	1	2	1	2	3	3	1	40%	30%	30%
Contaminação fecal visível	2	3	3	1	1	1	3	3	3	3	30%	10%	60%
Total	30	27	31	23	20	19	26	28	22	22	-	-	-
Classe	D	E	C	E	E	E	E	D	E	E	-	-	-
Grau de preservação	Ruim	Péssimo	Razoável	Péssimo	Péssimo	Péssimo	Péssimo	Ruim	Péssimo	Péssimo	-	-	-

4.7 AVALIAÇÃO DAS NASCENTES

4.7.1 Nascente 1 – Tancredo Neves

A Nascente 1 localiza-se em um grande terreno no Bairro Tancredo Neves e seu acesso se faz pela Rua Irineu Neiva Ferro (Figura 10). A nascente foi enquadrada na classe D (grau de preservação ruim) pelo IIAM. A vazão, medida na coleta de julho, mês considerado seco, foi de 0,330 L/s.

Figura 10 – Nascente Tancredo Neves



A área apresenta-se cercada, porém, possui uma passarela de acesso, protegida apenas por um arame, por onde é possível a entrada de humanos e animais. Há também uma trilha para se chegar à nascente. A vegetação em seu entorno está com um alto grau de devastação, sendo composta predominantemente por pastagem e há uma grande área cujo solo encontra-se sem proteção, devido à erosão.

A nascente não possui nenhum tipo de proteção de captação, a água escoar superficialmente pelo terreno até chegar à tubulação pela qual se torna disponível. A utilização por humanos é caracterizada pelo depósito de lixo doméstico e pela trilha que leva à nascente. Moradores locais relataram que há pessoas que buscam água desta nascente em

garrafas e galões para consumo próprio. Há também a utilização da nascente por animais, pois na maioria das visitas era frequente a presença de gado pastando na área, assim como de fezes.

A água apresentou-se transparente e sem nenhum tipo de materiais flutuantes, embora haja lixo ao redor da nascente. O local situa-se distante de residências e estabelecimentos e não foi detectada proximidade com rede de esgoto. A acessibilidade ao local foi caracterizada como difícil, por encontrar-se distante da calçada e ser necessário percorrer um terreno abandonado para o acesso à passarela de entrada da nascente e só pessoas que conhecem a região sabem da sua existência.

A Nascente Tancredo Neves não pode ser considerada potável de acordo com o padrão microbiológico da legislação vigente de potabilidade de água, que designa a ausência de *Escherichia coli* nas amostras, pois a bactéria foi detectada em 5 coletas. Quanto aos padrões físico-químicos, em nenhuma coleta houve um resultado acima dos VMP para turbidez (5 uT) e para cor aparente (15 uH), estabelecidos pela Portaria 2914/MS (BRASIL, 2011b).

4.7.2 Nascente 2 – MG 190 I

A Nascente 2 localiza-se à margem direita da estrada MG-190 no sentido Uberaba/Nova Ponte a aproximadamente 2 Km da saída da cidade (Figura 11). A nascente enquadra-se na classe E (grau de preservação péssimo) segundo o IIAM. A vazão, de 0,017 L/s medida na coleta de julho, foi a menor entre todas as nascentes.

A nascente é muito conhecida no município devido à sua grande procura pela população. Tal fato foi comprovado em todas as 6 visitas ao local, onde havia pessoas buscando água. Embora a nascente se localize ao lado da estrada e não possua nenhum tipo de proteção, sendo facilmente acessível a pessoas e animais, não apresentou lixo no seu entorno.

A vegetação está com um alto grau de degradação, sendo composta predominantemente por espécies herbáceas e arbustivas. A captação da água do lençol freático ocorre através de uma tubulação, que torna a água disponível ao uso. A água apresentou-se transparente e sem nenhum tipo de materiais flutuantes. O local encontra-se distante de residências e estabelecimentos e não foi detectada proximidade com rede de esgoto. Porém, em uma área acima da nascente, encontra-se um depósito de lixo, o que pode contribuir para a poluição do lençol freático e, conseqüentemente, para a degradação da qualidade das águas.

Figura 11 – Nascente MG 190 I



Em relação aos padrões físico-químicos, em nenhuma coleta houve um resultado acima dos VMP para turbidez e para cor aparente, estabelecidos pela legislação vigente de potabilidade. Porém, a Nascente MG 190 I não apresentou potabilidade em 100% das análises microbiológicas, o que causa grande preocupação quanto à saúde da população consumidora destas águas, uma vez que é a nascente mais utilizada pela população de Uberaba. Acredita-se que o depósito de lixo à montante da nascente esteja contribuindo para a contaminação do lençol freático e, conseqüentemente, das suas águas.

4.7.3 Nascente 3 – Maringá

A Nascente 3 localiza-se em uma praça na Rua Geraldo Ferraresi no Conjunto Maringá II (Figura 12). A nascente foi a que apresentou o melhor grau de preservação, sendo enquadrada na classe C (grau de preservação razoável) pelo IIAM. Também foi a nascente que apresentou a maior vazão, de 1,660 L/s, medida na coleta de julho. A água apresentou-se transparente e sem nenhum tipo de materiais flutuantes.

A nascente, conhecida como Mina D'água Maringá, foi inaugurada em 2003 e está localizada próximo à praça. O local é de fácil acessibilidade, pois há uma ponte entre a praça

e a nascente e está próximo tanto à calçada, quanto às residências. Há constante visitação ao local por humanos e animais e, durante algumas visitas, foram observadas pessoas transportando água em galões.

Figura 12 – Nascente Maringá



A nascente encontra-se em uma área de vegetação arbórea, com bom estado de conservação. A nascente é protegida por uma caixa de captação das águas provenientes do lençol freático. A nascente está inserida numa área visando sua preservação. Embora haja na

praça uma placa proibindo o descarte de lixo no local, observaram-se sacos plásticos no entorno da nascente.

A Nascente Maringá não pode ser considerada potável de acordo com o padrão microbiológico da legislação vigente de potabilidade de água, pois apresentou presença de *Escherichia coli* em 5 meses analisados. Quanto aos padrões físico-químicos, em nenhuma coleta houve um resultado acima dos VMP para turbidez e para cor aparente, estabelecidos pela Portaria 2914/MS (BRASIL; 2011b).

4.7.4 Nascente 4 – Av. Leopoldino de Oliveira

A Nascente 4 localiza-se na Avenida Leopoldina de Oliveira, no Bairro Nossa Senhora Aparecida (Figura 13). A nascente foi enquadrada na classe E (grau de preservação péssimo) pelo IIAM. A vazão, medida na coleta de julho, foi de 0,067 L/s.

Figura 13 – Nascente Av. Leopoldino de Oliveira



A área apresenta-se murada, porém é acessível através de uma abertura no muro, provavelmente para facilitar a entrada no local, junto à calçada. Estima-se entre 10 e 20 metros a proximidade com residências e estabelecimentos, contudo há uma barraca para vender verduras e legumes ao lado do terreno.

Embora em nenhuma visita ao local tenham sido encontradas pessoas utilizando a água da nascente, pressupõe-se que a população carente a utilize para higiene e consumo próprio, em vista do lixo em seu entorno (roupas, aparelho de barbear, copo plástico). Em algumas visitas ao local, percebeu-se também o uso da nascente por animais bovinos, assim como a presença de fezes.

A área possui vegetação antropizada formada por pastagem em todo o entorno da nascente. Não há proteção da captação, a nascente inicia-se na encosta de um pequeno barranco e forma um pequeno acúmulo inicial de água, que depois escorre pela tubulação adaptada para a sua captação. A água apresentou-se transparente e sem nenhum tipo de materiais flutuantes. Não foi observada rede de esgoto nas proximidades.

A Nascente Leopoldino de Oliveira não pode ser considerada potável de acordo com o padrão microbiológico, pois só na coleta do mês de junho apresentou ausência de *Escherichia coli* nas amostras de água. Em relação aos parâmetros físico-químicos, em nenhuma coleta houve um resultado acima dos VMP para turbidez e para cor aparente, estabelecidos pela legislação de potabilidade.

4.7.5 Nascente 5 – Conjunto Silvério Cartafina

A Nascente 5 localiza-se na Rua Prof. Leôncio Ferreira Amaral, no Conjunto Silvério Cartafina (Figura 14). A nascente enquadra-se na classe E (grau de preservação péssimo) de acordo com o IIAM. A vazão, medida na coleta de julho, foi de 0,250 L/s.

A nascente localiza-se em uma área totalmente antropizada, de fácil acesso, ao lado da calçada. Provavelmente, foi canalizada devido às construções realizadas em todo o bairro onde está inserida. O local encontra-se próximo a estabelecimentos e residências, situando-se ao lado da Igreja Sagrada Família. A água apresentou-se transparente e sem materiais flutuantes, mas por localizar-se em bairro densamente povoado, é provável a presença de esgoto doméstico na nascente.

A nascente é utilizada por humanos e animais, o que foi constatado em algumas visitas ao local, onde foi encontrado lixo em seu entorno (roupas, garrafas, papetes vazios de droga, plásticos). Como o bairro localiza-se em zona periférica da cidade e é local de tráfico

de drogas, acredita-se que a nascente seja usada tanto como banheiro (forte odor de urina no local e presença de fezes), quanto para a captação de água para beber.

Figura 14 – Nascente Conjunto Silvério Cartafina



Em relação aos padrões físico-químicos, em nenhuma coleta houve um resultado acima dos VMP para turbidez e cor aparente, estabelecidos pela Portaria 2914/MS (BRASIL; 2011b). Porém, a Nascente Conjunto Silvério Cartafina não pode ser considerada potável, pois apresentou presença de *Escherichia coli* em 5 meses analisados.

4.7.6 Nascente 6 – São Cristóvão

A Nascente 6 localiza-se na Rua José Marajó de Carvalho, na Vila São Cristóvão, próximo à BR-050 (Figura 15). A nascente foi enquadrada na classe E (grau de preservação péssimo) pelo IIAM. A vazão, medida na coleta de julho, foi de 0,083 L/s.

A nascente encontra-se em um terreno abandonado e está canalizada. Embora seja de fácil acesso e próxima à calçada, apenas pessoas que conhecem a região sabem da sua existência, por estar escondida no meio da vegetação. Mesmo assim, o depósito de lixo ao seu redor (roupas, comida, copos plásticos, sacolas plásticas) indica a sua utilização por humanos.

Assim como a Nascente Silvério Cartafina, a Vila São Cristóvão pertence à zona periférica da cidade e é conhecido local de usuários de drogas. Um morador local relatou que essas pessoas frequentemente usam a nascente para higienização e também consomem suas águas. Pelas fezes encontradas no entorno da nascente, observou-se ser frequentada também por animais.

Figura 15 – Nascente São Cristóvão



A vegetação está com um alto grau de degradação, sendo composta predominantemente por espécies herbáceas e arbustivas. A água apresentou-se transparente e sem nenhum tipo de materiais flutuantes. Porém, é provável a presença de esgoto doméstico, pois toda a zona à montante da nascente encontra-se um bairro com alto índice de construções.

A Nascente São Cristóvão não pode ser considerada potável de acordo com o padrão microbiológico, pois houve presença de *Escherichia coli*, bactéria indicadora de contaminação fecal, em 4 dos 6 meses analisados. Quanto aos parâmetros físico-químicos, em nenhuma coleta houve um resultado acima dos VMP para turbidez e para cor aparente, estabelecidos pela legislação vigente de potabilidade, a Portaria 2914/MS (BRASIL, 2011b).

4.7.7 Nascente 7 – Av. Santana Borges

A Nascente 7 localiza-se à margem da Avenida Dona Maria Santana Borges, próximo ao viaduto de acesso ao Bairro Beija-Flor I (Figura 16). A nascente enquadra-se na classe E (grau de preservação péssimo) segundo o IIAM. A vazão, medida na coleta de julho, foi de 0,020 L/s.

A vegetação encontra-se antropizada, sendo composta predominantemente por espécies herbáceas. Captada através de uma pequena tubulação, a água apresentou-se transparente, embora contivesse material flutuante preso dentro da mesma. O local está distante de residências e estabelecimentos e não foi observada proximidade com rede de esgoto.

O local é de fácil acessibilidade, ao lado da calçada, mas não foi detectado o uso por humanos nas visitas, provavelmente, por a nascente apresentar pouquíssima vazão e não ser muito conhecida. Também não foi observada sua utilização por animais. Contudo, próximo à nascente há presença de lixo, devido ao escoamento de água no meio-fio.

Figura 16 – Nascente Av. Santana Borges



Em relação aos padrões físico-químicos, em nenhuma coleta houve um resultado acima dos VMP para turbidez e para cor aparente, estabelecidos pela legislação de potabilidade. Entretanto, a Nascente Av. Santana Borges não foi considerada potável em 100% das análises microbiológicas, que indicaram presença de *Escherichia coli* na água.

4.7.8 Nascente 8 – Beija-Flor I

A Nascente 8 localiza-se na Rua Olímpia Cândida de Castro no Bairro Beija-Flor I (Figura 17). A nascente foi enquadrada na classe D (grau de preservação ruim) pelo IIAM. A vazão, medida na coleta de julho, foi de 0,140 L/s.

Figura 17 – Nascente Beija-Flor I



A nascente encontra-se em área cercada, porém com acesso, ao lado da calçada e situa-se próximo a estabelecimentos e residências. Há constante utilização da nascente, principalmente, por moradores da região, o que foi constatado em visitas ao local. Animais também usam a nascente para dessedentação. Como não foi encontrado lixo ao redor da nascente, pressupõe-se, que seus usuários tenham uma maior conscientização ambiental.

No entorno da nascente, a vegetação encontra-se degradada, sendo composta por gramíneas. No entanto, a nascente está margeada por uma área preservada, composta por vegetação arbórea. A nascente é protegida por uma caixa de captação e suas águas apresentaram-se transparentes e sem materiais flutuantes. Não foi detectada a presença de esgoto doméstico.

A Nascente Beija-Flor I não pode ser considerada potável de acordo com o padrão microbiológico, pois apresentou presença de *Escherichia coli* em 4 dos 6 meses analisados. Em relação aos parâmetros físico-químicos, em nenhuma coleta houve um resultado acima dos VMP para turbidez e para cor aparente, estabelecidos pela Portaria 2914/MS (BRASIL, 2011b).

4.7.9 Nascente 9 – Universitário

A Nascente 9 localiza-se na esquina da Avenida Maranhão com a Avenida Pedro Salomão, no Bairro Universitário (Figura 18). A nascente foi enquadrada na classe E (grau de preservação péssimo) pelo IIAM. A vazão, medida na coleta de julho, foi de 0,166 L/s.

Figura 18 – Nascente Universitário



A Nascente do Bairro Universitário é a mais próxima à zona central da cidade e muito conhecida pela população uberabense. Ela localiza-se na calçada, em uma área totalmente antropizada e de fácil acesso. A nascente possui uma caixa de captação da água proveniente do lençol freático, que se apresentou transparente e sem materiais flutuantes.

O local encontra-se próximo a estabelecimentos e residências. É frequente a sua utilização por humanos e animais. Em visitas ao local, constatou-se que a população carente utiliza a nascente para lavar roupa, tomar banho e beber água. Há muito lixo no seu entorno (roupas, mochila, desodorante, sacolas plásticas), mas não detectada a presença de esgoto doméstico em suas proximidades.

A nascente não pode ser considerada potável de acordo com o padrão microbiológico, pois houve presença de *Escherichia coli* em 5 meses. Em relação aos parâmetros físico-químicos, em nenhuma coleta houve resultado acima dos VMP para turbidez e para cor aparente, estabelecidos pela legislação de potabilidade.

4.7.10 Nascente 10 – Univerdecidade

A Nascente 10 localiza-se na Avenida Dr. Randolpho Borges Júnior na Univerdecidade (Figura 19). A nascente foi enquadrada na classe E (grau de preservação péssimo) pelo IIAM. A vazão, medida na coleta de julho, foi de 0,020 L/s.

A nascente não possui nenhum tipo de proteção de captação, a água escoia superficialmente pela encosta do terreno até chegar a uma garrafa adaptada para captá-la. A vegetação em seu entorno encontra-se com um alto grau de degradação e é composta predominantemente por vegetação herbácea e arbustiva, mas existe uma área mais preservada, composta por vegetação arbórea, à montante da nascente. No local por onde a água escoia, o solo encontra-se sem proteção, devido à erosão causada pelo carreamento do solo, cujas partículas comprometem a transparência da água.

A nascente encontra-se ao lado da calçada e é acessada através de passarelas. A área situa-se distante de estabelecimentos e residências e não foi detectada proximidade com rede de esgoto. A sua utilização por humanos e animais é caracterizada por resíduos e pelo depósito de lixo no entorno do local.

A Nascente Univerdecidade foi considerada imprópria para consumo humano em 4 coletas. De acordo com o padrão microbiológico, a nascente não foi considerada potável em 3 meses (fevereiro, março e abril), por apresentar *Escherichia coli* nas amostras de água. Já, em relação aos parâmetros físico-químicos, a água não se apresentou potável na coleta de julho,

pois o valor de turbidez encontrado (9,75 uT) ultrapassou o VMP estabelecido pela Portaria 2914/MS de 5 uT (BRASIL, 2011b).

Figura 19 – Nascente Univerdecidade



Percebe-se, pelos dados de turbidez e cor aparente, que houve um aumento acentuado destes dois parâmetros nos meses de junho e julho. Atribui-se este aumento à retirada da vegetação no entorno da nascente pela prefeitura, o que deixou o solo sem proteção e contribuiu para o carreamento das partículas de solo pela água.

5. CONCLUSÃO

Concluiu-se com o presente estudo que todas as 10 nascentes avaliadas em Uberaba são impróprias para o consumo humano segundo o padrão de potabilidade vigente, principalmente em relação aos padrões microbiológicos, pois todas as nascentes apresentaram contaminação por *Escherichia coli* em, no mínimo, três meses analisados.

A análise do Índice de Impacto Ambiental Macroscópico em Nascentes (IIAM) constatou que 9 nascentes apresentaram grau de preservação ruim ou péssimo. As alterações antrópicas são responsáveis pela degradação das nascentes e podem interferir na potabilidade de suas águas.

Os fatores que mais contribuíram para a degradação da qualidade ambiental das nascentes foram: o uso por humanos e animais, que frequentemente poluem o local; a presença de lixo no entorno; a alta degradação da vegetação ou a sua ausência; a falta de proteção do local da nascente; a acessibilidade e a proximidade com a calçada, que aumentam a visitação e a utilização de suas águas; e o tipo de área em que estão inseridas.

As nascentes localizam-se, geralmente, em áreas densamente urbanizadas e sofrem acentuada interferência antropogênica, o que influencia a qualidade biológica, física e química da água. Consequentemente, verificou-se expressiva contaminação do lençol freático em diferentes zonas da cidade em decorrência do elevado índice de contaminação da água das nascentes por *Escherichia coli*.

Considerando-se que todas as nascentes avaliadas são impróprias para consumo humano e comumente utilizadas pela população de Uberaba, é indispensável que os órgãos públicos responsáveis adotem medidas urgentes em relação a esta importante questão de saúde pública.

Visando diminuir ou eliminar os riscos de veiculação de doenças hídricas, sugere-se que os Órgãos Municipais de Saúde Pública e de Meio Ambiente:

- Adotem possíveis ações de intervenção nas nascentes, com a adequada limpeza e manutenção do local e a colocação de placas indicativas de contaminação destas águas e do risco de transmissão de doenças;
- Promovam campanhas de educação ambiental e sanitária para: conscientizar a população quanto ao risco do consumo das águas das nascentes urbanas sem tratamento; orientar as pessoas a substituírem o seu consumo pela água tratada, proveniente do sistema de abastecimento público; e ensinar a população sobre a necessidade de tratamento destas águas para consumo humano, em períodos de racionamento, desabastecimento ou

intermitência na distribuição de água tratada, quando as águas das nascentes constituem uma solução alternativa de abastecimento (Anexo A);

- Apliquem questionário nas Unidades de Saúde em pacientes com doenças diarreicas e gastrointestinais com o objetivo de identificar uma possível correlação entre o consumo das águas das nascentes e a incidência destas doenças (Apêndice A).

REFERÊNCIAS

- AMARAL, L. A. et al. Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais. *Revista Saúde Pública*, São Paulo, v. 37, n. 4, ago. 2003.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 22 ed. Washington: APHA, 2012.
- AUGUSTO, L. G. S. et al. O contexto global e nacional frente aos desafios do acesso adequado à água para consumo humano. *Ciência & Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 17, n. 6, jun. 2012.
- BENETTI, A. D. *Guidelines for Drinking Water Quality*. Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v. 16, n. 4, dez. 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522011000400002&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 22 jul. 2013.
- BETTEGA, J. M. P. R. et al. Métodos analíticos no controle microbiológico da água para consumo humano. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 30, n. 5, p. 950-954, out. 2006.
- BRASIL. Agência Nacional das Águas (ANA); Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). *Cuidando das águas: soluções para melhorar a qualidade dos recursos hídricos*. Brasília: ANA, 2011a. 154p.
- BRASIL. Ministério da saúde. Água tratada ajuda a prevenir doenças diarreicas. Portal da Saúde, 11 jul. 2013. Disponível em: <<http://portalsaude.saude.gov.br/index.php/profissional-e-gestor/vigilancia/noticias-vigilancia/7651->>. Acesso em: 14 jan. 2014.
- BRASIL. Ministério da saúde. Cuidar da água que se consome evita doenças. Portal da Saúde, 24 jan. 2011. Disponível em: <<http://portalsaude.saude.gov.br/index.php/cidadao/principal/agencia-saude/noticias-antiores-agencia-saude/4847->>. Acesso em: 14 jan. 2014.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria MS no 2914. Brasília, 2011b.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. *Boas práticas no abastecimento de água: procedimentos para minimização dos riscos à saúde*. Brasília: Ministério da Saúde, 2006a. 252p.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. *Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano*. Brasília: Ministério da Saúde, 2006b. 212p.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução no 001 de 23 de janeiro de 1986. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 17 fev. 1986. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>>. Acesso em 25 jul. 2013.
- DANIEL, L. A. (Coord.). *Processos de desinfecção e desinfetantes alternativos na produção de água potável*. São Carlos: ABES, 2001. 139p.

DE-NAVIA, S. L. A.; ESTUPINAN-TORRES, S. M. Calidad bacteriológica del agua del Humedal de Jaboque, Bogotá, Colombia. *Caldasia*, Bogotá, v. 28, n. 1, jun. 2006. Disponível em: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-52322006000100007&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 14 jan. 2013.

DI BERNARDO, L.; SABOGAL PAZ, L. P. Seleção de tecnologias de tratamento de água. São Carlos: Ldibe, 2008. v.1. 878 p.

EGWARI, L; ABOABA, O. Environmental impact on the bacteriological quality of domestic water supplies in Lagos, Nigeria. *Revista Saúde Pública*, São Paulo, v. 36, n. 4, ago. 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-89102002000400019&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 14 jan. 2013.

FARIA, A. L. Condições ambientais e características de potabilidade de bicas de uso público da cidade de Taubaté-SP. 2006. 87 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade de Taubaté, Taubaté, 2006.

FELIPPE, M. F.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. Consequências da ocupação urbana na dinâmica das nascentes em Belo Horizonte. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE MIGRAÇÕES, 6., 2009, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: Associação Brasileira de Estudos Populacionais, 2009.

FELIPPE, M. F.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. Impactos ambientais macroscópicos e qualidade das águas em nascentes de parques municipais em Belo Horizonte-MG. *Geografias*, Belo Horizonte, v. 8, n. 2, p.8-23, jul./dez. 2012.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. Microbiologia dos alimentos. São Paulo: Atheneu, 2008. 182 p.

FRANCO, M. A. R. Planejamento ambiental para a cidade sustentável. 2. ed. São Paulo: Annablume, 2001. 294 p.

GASPAROTTO, F. A. Avaliação ecotoxicológica e microbiológica de nascentes urbanas no município de Piracicaba-SP. 2011. 90p. Dissertação (Centro de Energia Nuclear na Agricultura) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

GOMES, A. H. et al. Pesquisa de *Cryptosporidium* sp. Em águas de fontes naturais e comparação com análises bacteriológicas. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, São Paulo, v. 61, n. 1, p.59-63, 2002.

GOMES, P. M.; MELO, C.; VALE, V. S. Avaliação dos impactos ambientais em nascentes na cidade de Uberlândia-MG: análise macroscópica. *Sociedade & Natureza*, Uberlândia, v. 17, n. 32, p.103-120, jun. 2005.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. (Org.). Abastecimento de água para consumo humano. 2. ed. Belo Horizonte: Editora Ufmg, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Senso Uberaba 2010. IBGE, 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 29 out. 2012.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. BANCO DE DADOS METEOROLÓGICOS PARA ENSICO E PESQUISA – BDMEP. Série histórica de dados meteorológicos de Uberaba-MG. INMET, 2013. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acesso em: 14 ago. 2013.

JACINTHO, A. C. B. Qualidade higiênico-sanitária, teor de nitratos, nitritos e cromo (total e hexavalente) em água de consumo humano em propriedades rurais e suburbanas no município de Franca/São Paulo. 2001. 77p. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal, 2001.

LESSER-CARRILLO, L. E. et al. Balance hídrico y calidad del agua subterránea en el acuífero del Valle del Mezquital, México central. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, México, v. 28, n. 3, dez. 2011. Disponível em: <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1026-87742011000300001&lng=es&nrm=iso>. Acesso em: 14 jan. 2013.

LIBÂNIO, M. Fundamentos de qualidade e tratamento de água. 3. ed. Campinas: Editora Átomo, 2010. 494 p.

MELLADO, P. H. G. Qualidade e consumo das águas de nascentes (bicas) de Piracicaba-SP. 2008. 48p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Metodista de Piracicaba, Piracicaba, 2008.

MORMUL, R. P. et al. Avaliação da qualidade da água em nascentes da Favela São Francisco de Campo Mourão/PR. *Revista de Saúde e Biologia*, Campo Mourão, v.1, n.1, p. 35-40, 2006.

MOURA, R. S. et al. Qualidade da água de minas em área urbana na cidade de Uberaba (MG). *Revista Baiana de Saúde Pública*. v.33, n.2, p. 85-96, abr/jun. 2009. Disponível em: <<http://inseer.ibict.br/rbsp/index.php/rbsp/article/view/208>>. Acesso em: 28 nov. 2012.

NOGUEIRA, G. et al. Microbiological quality of drinking water of urban and rural communities, Brazil. *Revista de Saúde Pública*, São Paulo, v.37, n.2, p. 232-236, 2003.

OLIVEIRA, S. Recursos Geológicos: Águas Subterrâneas. 2009. Disponível em: <<http://e-porteflio.blogspot.com.br/2009/05/recursos-geologicos-aguas-subterraneas.html>>. Acesso em nov. 2012.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Guías para la calidad del agua potable. Recomendaciones. 2 ed. Ginebra, 1995a. v. 1, 195p.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Guías para la calidad del agua potable. Vigilancia y control de los abastecimientos de agua a la comunidade. 2 ed. Ginebra, 1995b. v.3.

PÁDUA, V.L. (Coord.). Remoção de microrganismos emergentes e microcontaminantes orgânicos no tratamento de água para consumo humano. Rio de Janeiro: ABES, 2009. 392p.

PARAGUAÇÚ, L. et al. Influência da urbanização na qualidade das nascentes de parques municipais em Belo Horizonte – MG. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 8., 2010, Recife. Anais... Recife: UGB, 2010.

PINTO, D. B. F. et al. Qualidade da água do Ribeirão Lavrinha na Região do Alto Rio Grande – MG, Brasil. *Revista Ciência e Agrotecnologia*. v.33, n.4, p.1145-1152, jul/ago. 2009.

PORTO, M. A. L. et al. Coliformes em água de abastecimento de lojas fast-food da Região Metropolitana de Recife (PE, Brasil). *Revista Ciência & Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 16, n. 5, p.2653-2658, 2011.

RAMÍREZ, E. et al. Calidad microbiológica del acuífero de Zacatepec, Morelos, México. *Revista Internacional Contaminación Ambiental*, México, v. 25, n. 4, nov. 2009. Disponível em: <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992009000400005 &lng=es&nrm=iso>. Acesso em: 14 jan. 2013.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. 3. ed. São Paulo: Escrituras, 2006. 748p.

RHEINHEIMER, D. S. et al. Qualidade de águas subterrâneas captadas em fontes em função da presença de proteção física e de sua posição na paisagem. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 30, n. 5, out. 2010.

RIBEIRO, M. C. M. Nova portaria de potabilidade da água: busca de consenso para viabilizar a melhoria da qualidade da água potável no Brasil. *Revista DAE (Departamento de Água e Esgoto)*, São Paulo, n. 189, maio/ago. 2012.

RODRIGUEZ GARCIA, R. et al. Calidad del agua de fuentes de manantial en la zona básica de salud de Sigüenza. *Revista Española de Salud Pública*, Madrid, v. 77, n. 3, p.423-432, jun. 2003. Disponível em: <http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57272003000300012&lng=es&nrm=iso>. Acesso em: 14 jan. 2013.

ROHDEN, F. et al. Monitoramento microbiológico de águas subterrâneas em cidades do Extremo Oeste de Santa Catarina. *Revista Ciência & Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 14, n. 6, dez. 2009 .

SÃO PAULO. Secretaria de Estado de Saúde de São Paulo. Coordenadoria de Controle de Doenças. Centro de Vigilância Epidemiológica. Doenças relacionadas à água ou de transmissão hídrica: perguntas e respostas e dados estatísticos. São Paulo, 2009, 25p. Disponível em: <ftp://ftp.cve.saude.sp.gov.br/doc_tec/hidrica/doc/dta09_pergresp.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2012.

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

TEIXEIRA, J. C. Associação entre cenários de saneamento e indicadores de saúde em crianças: estudo em áreas de assentamento anormal em Juiz de Fora - MG. 2003. 278p. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.

UBERABA. Secretaria de Desenvolvimento Econômico e Turismo. Uberaba em dados. 2009. Disponível em: http://www.uberaba.mg.gov.br/portal/acervo/desenvolvimento_

economico/arquivos/uberaba_em_dados/Edicao_2009/capitulo_01.pdf. Acesso em: 6 jan. 2013.

UNITED NATIONS CHILDREN'S FUND (UNICEF); WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation. Progress on Drinking Water and Sanitation: Special Focus on Sanitation. New York: UNICEF; Geneva: WHO, 2008.

VICTORINO, C. J. A. Planeta Água morrendo de sede: uma visão analítica na metodologia do uso e abuso dos recursos hídricos. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007. 101p.

VON SPERLING, M. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. 3. ed. v. 1 Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Belo Horizonte: DESA (Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental) UFMG, 2011.

YOUN-JOO, A.; BREINDENBACH, G. P. Monitoring *Escherichia coli* and total coliforms in natural spring water as related to recreational mountain areas. Environmental Monitoring and Assessment, New York, v.102, n.1, p.131-137, 2005.

APÊNDICE A – SUGESTÃO DE QUESTIONÁRIO A SER APLICADO NAS UNIDADES DE SAÚDE

Questionário a ser aplicado nas Unidades de Saúde em pacientes com doenças gastrointestinais e diarreicas:**1) Modo de aplicação do questionário:**

- Auto aplicado
 Aplicado por entrevistador

2) Unidade de Saúde do atendimento:

3) Idade do paciente:

_____ anos

4) Sexo:

- Feminino
 Masculino

5) Onde reside?

Cidade: _____ Estado: _____

Zona Rural

Zona Urbana. Bairro: _____

6) Quantas pessoas vivem em sua residência?

_____ pessoas

7) Qual doença diarreica ou gastrointestinal foi diagnosticada?

8) Foi diagnosticada a causa desta doença?

Sim: _____

Não

8) Quais são os sintomas?

Cólicas abdominais

Febre

Diarreia

Náuseas

Vômitos

Outros: _____

9) Outras pessoas da sua família já apresentaram os sintomas acima?

Sim: _____. Qual(is) sintoma(s)? _____

Não

10) Você ou sua família já procuraram atendimento médico em outras ocasiões pelos mesmos sintomas?

Sim: _____. Qual a frequência? _____

Não

10) De onde provém a água que você consome em sua casa?

Sistema de abastecimento público (CODAU)

Cisterna

Água de galão

Poço artesiano

Outros tipos: _____

11) Você consome ou já consumiu água de minas, bicas ou nascentes?

Sim: _____. De qual (local)? _____

Não

12) Por que você consome essas águas?

13) Você utiliza filtro doméstico ou fervura da água em sua casa?

Sim: _____

Não

Outra forma de desinfecção da água: _____

14) Você tem conhecimento que a água pode transmitir doenças?

Sim

Não

15) Como você adquiriu esta informação?

Escola

Televisão

Internet

Unidades de saúde

Outras: _____

16) Você considera importante a Educação Ambiental e Sanitária da população quanto às doenças transmitidas pela água e à necessidade de tratamento da água para consumo humano?

Sim

Não

APÊNDICE B – DADOS RELATIVOS ÀS COLETAS

Coleta dia: 18 de fevereiro de 2013

Estação do ano: verão

Pluviosidade: 0,0 mm

	Bica	Horário da coleta	Tempo	pH	Turbidez (uT)	Cor aparente (uH)	Coliformes totais	<i>Escherichia coli</i>
1	Bica Tancredo Neves	08:10	Nublado	5,61	0,04	2	Presença	Presença
2	Bica Univerdecidade	12:15	Sol	6,40	0,00	3	Presença	Presença
3	Bica MG 190 I	08:45	Nublado	5,97	0,00	3	Presença	Presença
4	Bica Maringá	09:05	Nublado	5,78	0,43	3	Presença	Presença
5	Bica Conjunto Silvério Cartafina	09:55	Nublado	5,21	0,00	1	Presença	Presença
6	Bica Av. Leopoldino de Oliveira	09:30	Nublado	5,75	0,00	3	Presença	Presença
7	Bica Beija-Flor I	11:25	Sol	5,83	0,00	1	Presença	Presença
8	Bica São Cristóvão\	10:20	Nublado	5,25	0,00	4	Ausência	Ausência
9	Bica Universitário	11:45	Sol	5,36	0,00	1	Presença	Presença
10	Bica Av. Santana Borges	11:15	Sol	6,05	0,13	6	Presença	Presença

Coleta dia: 21 de março de 2013

Estação do ano: outono

Pluviosidade: 3,7 mm

	Bica	Horário da coleta	Tempo	pH	Turbidez (uT)	Cor aparente (uH)	Coliformes totais	<i>Escherichia coli</i>
1	Bica Tancredo Neves	7:59	Nublado	5,73	0,78	8	Presença	Presença
2	Bica Univerdecidade	8:25	Nublado	7,33	0,72	1	Presença	Presença
3	Bica MG 190 I	8:45	Chuva fraca	6,10	0,96	2	Presença	Presença
4	Bica Maringá	9:12	Chuva fraca	5,88	0,17	2	Presença	Presença
5	Bica Conjunto Silvério Cartafina	9:40	Nublado	5,41	0,45	1	Presença	Presença
6	Bica Av. Leopoldino de Oliveira	10:03	Nublado	5,47	0,52	0	Presença	Presença
7	Bica Beija-Flor I	10:40	Nublado	6,27	0,00	2	Presença	Presença
8	Bica São Cristóvão	10:47	Nublado	5,79	0,00	2	Presença	Presença
9	Bica Universitário	11:15	Nublado	5,79	0,00	3	Presença	Presença
10	Bica Av. Santana Borges	12:45	Nublado	6,83	0,00	5	Presença	Presença

Coleta dia: 23de abril de 2013

Estação do ano: outono

Pluviosidade: 0,0 mm

	Bica	Horário da coleta	Tempo	pH	Turbidez (uT)	Cor aparente (uH)	Coliformes totais	<i>Escherichia coli</i>
1	Bica Tancredo Neves	9:03	Sol	6,44	0,00	1	Presença	Presença
2	Bica Univerdecidade	9:22	Sol	7,37	0,00	1	Presença	Presença
3	Bica MG 190 I	9:40	Sol	6,49	0,01	2	Presença	Presença
4	Bica Maringá	10:07	Sol	6,16	0,00	1	Presença	Presença
5	Bica Conjunto Silvério Cartafina	10:24	Sol	5,76	1,20	2	Presença	Presença
6	Bica Av. Leopoldino de Oliveira	10:31	Sol	5,63	0,15	1	Presença	Presença
7	Bica Beija-Flor I	11:02	Sol	6,55	0,00	2	Presença	Presença
8	Bica São Cristóvão	11:10	Sol	5,78	0,00	3	Presença	Presença
9	Bica Universitário	11:27	Sol	5,84	1,61	2	Presença	Presença
10	Bica Av. Santana Borges	12:25	Sol	7,17	1,11	3	Presença	Presença

Coleta dia: 21 de maio de 2013

Estação do ano: outono

Pluviosidade: 0,0 mm

	Bica	Horário da coleta	Tempo	pH	Turbidez (uT)	Cor aparente (uH)	Coliformes totais	<i>Escherichia coli</i>
1	Bica Tancredo Neves	9:20	Sol	5,97	0,07	1	Presença	Presença
2	Bica Univerdecidade	9:50	Sol	6,96	0,00	2	Presença	Presença
3	Bica MG 190 I	10:10	Sol	6,07	0,29	4	Presença	Presença
4	Bica Maringá	10:20	Sol	6,12	0,00	3	Presença	Presença
5	Bica Conjunto Silvério Cartafina	10:45	Sol	5,80	0,00	2	Presença	Presença
6	Bica Av. Leopoldino de Oliveira	11:05	Sol	5,65	0,34	2	Presença	Presença
7	Bica Beija-Flor I	11:20	Sol	6,34	0,52	0	Presença	Presença
8	Bica São Cristóvão	11:35	Sol	5,84	0,00	0	Presença	Presença
9	Bica Universitário	11:55	Nublado	5,75	0,96	1	Presença	Presença
10	Bica Av. Santana Borges	9:03	Sol	7,17	1,55	5	Presença	ausência

Coleta dia: 27 de junho de 2013

Estação do ano: inverno

Pluviosidade: 13 mm

	Bica	Horário da coleta	Tempo	pH	Turbidez (uT)	Cor aparente (uH)	Coliformes totais	<i>Escherichia coli</i>
1	Bica Tancredo Neves	7:10	Chuva fraca	5,99	0,00	4	Presença	Presença
2	Bica Univerdecidade	7:40	Chuva fraca	6,71	0,47	4	Presença	Presença
3	Bica MG 190 I	08:00	Neblina	6,50	1,45	6	Ausência	Ausência
4	Bica Maringá	08:10	Neblina	6,97	0,01	2	Presença	Ausência
5	Bica Conjunto Silvério Cartafina	08:40	Nublado	5,69	0,07	1	Presença	Ausência
6	Bica Av. Leopoldino de Oliveira	09:00	Nublado	5,63	1,30	3	Ausência	Ausência
7	Bica Beija-Flor I	09:15	Chuva fraca	6,23	0,37	2	Presença	Presença
8	Bica São Cristóvão	09:30	Chuva fraca	6,05	0,22	1	Presença	Ausência
9	Bica Universitário	09:45	Nublado	5,71	1,13	1	Presença	Presença
10	Bica Av. Santana Borges	06:50	Chuva fraca	7,13	4,61	11	Presença	Ausência

Coleta dia: 17 de julho de 2013

Estação do ano: inverno

Pluviosidade: 0,0 mm

	Bica	Horário da coleta	Tempo	pH	Turbidez (uT)	Cor aparente (uH)	Coliformes totais	<i>Escherichia coli</i>
1	Bica Tancredo Neves	07:40	Sol	6,14	1,13	0	Presença	Ausência
2	Bica Univerdecidade	08:10	Sol	6,67	0,43	1	Presença	Presença
3	Bica MG 190 I	08:40	Sol	6,05	1,83	2	Presença	Presença
4	Bica Maringá	09:00	Sol	6,91	1,02	1	Presença	Presença
5	Bica Conjunto Silvério Cartafina	09:30	Sol	5,80	0,34	2	Presença	Presença
6	Bica Av. Leopoldino de Oliveira	09:55	Sol	5,70	1,04	2	Presença	Presença
7	Bica Beija-Flor I	10:20	Sol	6,27	1,43	3	Presença	Presença
8	Bica São Cristóvão	10:35	Sol	5,71	0,28	3	Presença	Ausência
9	Bica Universitário	11:00	Sol	5,55	0,66	9	Presença	Ausência
10	Bica Av. Santana Borges	07:10	Sol	6,90	9,75	11	Presença	Ausência

**APÊNDICE C – ADAPTAÇÃO DO ÍNDICE DE IMPACTO AMBIENTAL
MACROSCÓPICO EM NASCENTES – IIAM**

A adaptação do Índice de Impacto Ambiental Macroscópico em Nascentes (IIAM) consiste na técnica da avaliação macroscópica (sensorial) e comparativa de alguns parâmetros, considerados elementos-chave, para a identificação dos impactos ambientais e para a qualificação do grau de preservação das nascentes. Aos parâmetros considerados de maior relevância para o IIAM, em função de sua importância para a conformação global da qualidade ambiental das nascentes, aplicou-se peso 2. Foram escolhidos 13 parâmetros, adaptados para a realidade encontrada nas nascentes de Uberaba, que foram qualificados em bom, médio e ruim e, depois, convertidos em uma pontuação:

Quantificação da análise dos parâmetros macroscópicos e respectivos pesos				
Parâmetro Macroscópico	Peso	Qualificação – Pontuação		
		Ruim – 1	Médio – 2	Bom – 3
Cor da água	1	Escura	Clara	Transparente
Lixo ao redor	1	Muito	Pouco	Não há
Materiais flutuantes	1	Muito	Pouco	Não há
Esgoto	1	Visível	Provável	Não detectado
Vegetação	2	Ausente (ambiente antropizado)	Alta degradação	Baixa degradação
Uso por humanos/animais	2	Constante	Esporádico	Não há
Proteção do local	1	Sem proteção	Com proteção, mas com acesso	Com proteção e sem acesso
Acessibilidade ao local	2	Fácil	Difícil	Sem acesso
Proximidade com a calçada	1	Muito	Pouco	Sem acesso
Proximidade com residências ou estabelecimentos	1	Menos de 10 m	Entre 10 e 20 m	Mais de 20 m
Tipo de área de inserção	2	Ausente	Propriedade privada	Parques ou áreas protegidas
Proteção da captação	1	Sem proteção	Drenos cobertos	Caixa de captação
Contaminação fecal visível	1	Próximo	Distante	Não há

Fonte: Adaptado de Gomes et al. (2005).

A acessibilidade ao local da nascente e o tipo de área em que está inserida são fatores que constituem pré-requisitos para a maior utilização das nascentes por humanos e animais que, conseqüentemente, intensificam a degradação da área (lixo, fezes, desmatamento). A preservação da vegetação também constitui um parâmetro fundamental para a classificação das nascentes quanto ao grau de preservação.

Nesta adaptação do IIAM, o máximo valor do índice é 51 (quando todos os parâmetros são considerados bons) e o mínimo índice é 17 (quando todos os parâmetros são considerados ruins). A somatória foi distribuída em novos intervalos de classe, que indicam o grau de preservação e a classe em que cada nascente está enquadrada:

Classificação das nascentes quanto aos impactos macroscópicos		
Classe	Grau de Preservação	Pontuação Final*
A	Ótimo	47 – 51
B	Bom	42 – 46
C	Razoável	37 – 41
D	Ruim	32 – 36
E	Péssimo	Abaixo de 31

(*) Pontuação final baseada na somatória dos pontos obtidos na quantificação da análise macroscópica.

Fonte: Adaptado de Gomes et al. (2005).

Os resultados da análise dos parâmetros macroscópicos e a classificação de cada nascente estudada quanto à classe e ao grau de preservação, utilizando o Índice de Impacto Ambiental Macroscópico em Nascentes adaptado em relação aos pesos dos parâmetros:

Resultados da adaptação do IIAM quanto às análises dos parâmetros macroscópicos e classificação das nascentes de Uberaba

Parâmetros	Peso	Nascentes									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cor da água	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2
Lixo ao redor	1	2	3	2	1	2	1	2	3	1	1
Materiais flutuantes	1	3	3	3	3	3	3	2	3	3	2
Esgoto	1	3	3	3	3	2	2	3	3	2	3
Vegetação (preservação)	2	4	4	6	4	2	4	4	4	2	4
Uso por humanos/animais	2	2	2	2	2	2	2	4	2	2	2
Proteção do local	1	2	1	1	2	1	1	1	2	1	1
Acessibilidade ao local	2	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Proximidade com a calçada	1	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1
Proximidade com residências ou estabelecimentos	1	3	3	3	2	1	1	3	2	1	3
Tipo de área de inserção	2	6	2	6	4	2	2	2	2	2	2
Proteção da captação	1	1	2	3	1	2	1	2	3	3	1
Contaminação fecal visível	1	2	3	3	1	1	1	3	3	3	3
Total		38	32	39	29	24	24	32	33	26	27
Classe		C	D	C	E	E	E	D	D	E	E
Grau de preservação		Razoável	Ruim	Razoável	Péssimo	Péssimo	Péssimo	Ruim	Ruim	Péssimo	Péssimo

ANEXO A – TRATAMENTO DOMICILIAR DE ÁGUA

Tratamento domiciliar de água para consumo humano		
<ul style="list-style-type: none"> • Filtrar a água utilizando filtro doméstico, ou coar com coador de papel ou pano limpo; • Na impossibilidade de filtrar ou coar a água: colocar a água em um vasilhame limpo e deixar decantar (descer o material em suspensão) até que fique limpa. Após a água decantar, coletar a água da parte de cima do vasilhame e colocar em outra vasilha limpa onde será realizado o tratamento da água; • Colocar duas gotas de solução de hipoclorito de sódio a 2,5% para cada litro de água. Aguardar 30 minutos antes de beber a água; • Outra forma de tratamento da água é a fervura. Para isso, ferver a água durante cinco minutos. Marque os cinco minutos após o início da fervura/ebulição; • Acondicionar adequadamente a água tratada em recipientes limpos e devidamente fechados. • Se for possível, utilizar todos os métodos de purificação: filtração, fervura e cloração (hipoclorito de sódio 2,5%) para depois consumir a água. 		
Água	Hipoclorito de sódio (2,5%)	Modo de higienização
1 litro	2 gotas	<ul style="list-style-type: none"> • Para cada litro de água para consumo humano, adicionar duas gotas de hipoclorito de sódio (2,5%); • Deixar repousar por 30 minutos.
20 litros	1 colher de chá	
200 litros	1 colher de sopa	
1000 litros	2 copinhos (descartáveis) de café	

Fonte: Ministério da Saúde (BRASIL, 2011; 2013).

ANEXO B – DADOS METEOROLÓGICOS

Data	Precipitação (mm)	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Umidade relativa do ar (%)
01/02/2013	5,20	30,10	20,60	84,75
02/02/2013	0,20	29,30	20,80	88,75
03/02/2013	13,30	29,70	18,40	78,50
04/02/2013	0,80	30,30	20,60	83,00
05/02/2013	6,50	28,30	19,60	89,50
06/02/2013	19,40	28,70	19,20	75,75
07/02/2013	2,20	25,50	20,80	84,00
08/02/2013	0,00	26,90	19,60	88,50
09/02/2013	20,60	24,90	19,20	92,00
10/02/2013	1,80	30,30	19,20	86,00
11/02/2013	4,70	31,70	19,60	81,25
12/02/2013	0,00	32,90	19,40	73,75
13/02/2013	0,00	31,70	20,00	79,50
14/02/2013	0,00	33,70	21,00	71,50
15/02/2013	0,00	34,70	19,80	65,75
16/02/2013	0,00	33,90	22,00	74,50
17/02/2013	21,80	30,50	20,00	81,50
18/02/2013	0,00	31,50	22,00	87,00
19/02/2013	0,00	31,10	19,60	86,75
20/02/2013	5,30	32,70	20,40	76,25
21/02/2013	6,70	31,10	18,60	73,25
22/02/2013	0,00	30,70	19,00	86,25
23/02/2013	35,20	30,30	19,00	83,75
24/02/2013	7,80	31,50	18,60	71,00
25/02/2013	0,00	29,30	19,00	78,25
26/02/2013	0,00	30,50	19,80	80,75
27/02/2013	1,60	30,70	20,80	78,50
28/02/2013	0,70	30,30	20,40	85,75
01/03/2013	17,50	28,10	19,80	95,00
02/03/2013	17,20	28,10	20,00	89,25
03/03/2013	0,20	31,90	19,20	78,25
04/03/2013	0,00	30,90	19,80	84,50
05/03/2013	10,00	32,70	19,60	76,25
06/03/2013	1,60	32,70	21,00	78,50
07/03/2013	0,00	34,50	20,80	83,75
08/03/2013	9,70	33,10	21,40	81,50
09/03/2013	0,50	31,10	19,80	88,75
10/03/2013	26,60	32,50	19,60	80,25
11/03/2013	0,00	32,70	20,80	74,75

12/03/2013	0,00	33,50	21,00	72,75
13/03/2013	1,10	32,50	20,60	70,75
14/03/2013	4,60	33,90	21,60	79,25
15/03/2013	17,60	31,20	20,00	82,25
16/03/2013	24,80	31,30	21,40	75,25
17/03/2013	0,00	33,30	19,00	69,00
18/03/2013	0,00	31,10	20,00	89,25
19/03/2013	17,70	26,30	18,60	92,00
20/03/2013	62,50	24,90	18,80	90,00
21/03/2013	3,70	25,90	20,80	86,75
22/03/2013	0,20	30,10	19,80	81,25
23/03/2013	0,00	31,90	20,20	76,50
24/03/2013	2,60	29,50	18,80	88,50
25/03/2013	3,00	27,70	19,20	84,25
26/03/2013	0,00	27,50	20,20	91,50
27/03/2013	3,40	26,10	20,40	91,25
28/03/2013	4,10	29,10	17,20	68,00
29/03/2013	0,00	28,70	15,40	76,75
30/03/2013	0,00	27,30	20,00	77,75
31/03/2013	1,70	28,90	20,20	83,75
01/04/2013	0,00	31,90	20,00	72,00
02/04/2013	0,00	31,50	19,80	74,00
03/04/2013	0,80	28,10	20,20	89,75
04/04/2013	4,10	30,10	19,60	89,00
05/04/2013	28,40	29,50	19,40	88,25
06/04/2013	1,80	30,10	19,60	83,75
07/04/2013	44,80	29,50	17,80	87,25
08/04/2013	0,00	31,90	18,80	79,75
09/04/2013	0,00	29,50	19,40	83,50
10/04/2013	11,60	25,90	19,80	88,00
11/04/2013	10,10	27,30	19,20	85,75
12/04/2013	7,90	28,30	21,00	84,50
13/04/2013	45,00	22,50	18,80	95,25
14/04/2013	13,20	26,70	18,40	85,00
15/04/2013	0,00	27,30	18,60	79,75
16/04/2013	0,00	27,30	12,60	78,25
17/04/2013	0,00	28,10	11,00	74,25
18/04/2013	0,00	29,70	10,80	69,25
19/04/2013	0,00	30,20	13,40	76,00
20/04/2013	0,00	28,90	12,60	71,50
21/04/2013	0,00	28,70	14,20	62,25
22/04/2013	0,00	24,90	16,00	64,50
23/04/2013	0,00	26,10	13,20	62,25

24/04/2013	0,00	28,50	12,80	67,50
25/04/2013	0,00	27,70	16,40	72,75
26/04/2013	0,00	29,90	14,80	72,00
27/04/2013	0,00	29,30	15,80	73,25
28/04/2013	0,00	25,50	16,00	63,00
29/04/2013	0,00	28,90	15,20	71,25
30/04/2013	0,00	30,50	14,40	70,25
01/05/2013	0,00	31,50	13,20	69,00
02/05/2013	0,00	31,10	16,20	69,50
03/05/2013	0,00	30,50	17,20	69,75
04/05/2013	0,00	30,70	15,20	71,00
05/05/2013	0,00	30,30	14,00	65,75
06/05/2013	0,00	26,70	13,80	80,25
07/05/2013	0,00	26,50	11,40	61,25
08/05/2013	0,00	25,70	6,20	73,50
09/05/2013	0,00	29,70	6,20	66,50
10/05/2013	0,00	30,50	9,80	60,50
11/05/2013	0,00	29,90	16,60	64,75
12/05/2013	0,00	29,30	15,60	66,25
13/05/2013	0,00	29,50	13,60	70,75
14/05/2013	0,00	29,70	16,00	77,00
15/05/2013	6,20	29,10	16,80	73,50
16/05/2013	0,00	31,50	16,00	71,25
17/05/2013	0,00	30,30	16,00	60,25
18/05/2013	0,00	28,70	17,20	59,75
19/05/2013	0,00	29,50	18,00	67,50
20/05/2013	3,90	29,10	18,80	77,00
21/05/2013	0,00	28,90	15,20	76,75
22/05/2013	0,00	30,70	16,60	76,50
23/05/2013	0,00	29,30	16,00	80,00
24/05/2013	0,00	22,90	14,60	89,00
25/05/2013	0,00	26,30	15,40	73,00
26/05/2013	0,00	27,70	15,20	71,25
27/05/2013	2,00	29,50	17,60	75,75
28/05/2013	7,50	29,30	17,40	74,50
29/05/2013	32,60	19,70	16,20	92,50
30/05/2013	44,40	21,10	16,00	90,00
31/05/2013	1,30	25,70	13,20	80,00
01/06/2013	0,00	29,30	14,80	76,00
02/06/2013	0,00	28,90	17,60	80,75
03/06/2013	12,00	19,70	17,00	93,00
04/06/2013	1,20	26,90	12,20	72,00
05/06/2013	0,00	26,70	14,20	76,75

06/06/2013	0,00	28,30	15,40	78,50
07/06/2013	0,90	29,30	14,00	72,75
08/06/2013	0,00	29,10	13,40	70,75
09/06/2013	0,00	27,30	13,80	65,25
10/06/2013	0,00	28,10	14,40	75,25
11/06/2013	1,00	27,70	16,60	71,00
12/06/2013	0,00	28,90	14,60	71,75
13/06/2013	0,00	29,70	14,60	69,25
14/06/2013	0,00	29,30	12,80	72,25
15/06/2013	0,00	29,10	11,80	69,00
16/06/2013	0,00	29,30	14,00	63,00
17/06/2013	3,70	25,30	16,00	88,25
18/06/2013	4,00	30,10	13,00	75,25
19/06/2013	0,00	29,90	14,60	66,75
20/06/2013	0,00	29,90	15,40	67,25
21/06/2013	0,00	29,10	15,80	60,00
22/06/2013	0,00	27,10	16,60	81,25
23/06/2013	0,00	30,10	16,40	74,00
24/06/2013	0,00	29,30	16,80	69,75
25/06/2013	1,30	27,50	18,40	70,25
26/06/2013	0,00	27,70	18,00	79,00
27/06/2013	13,00	26,50	16,80	86,00
28/06/2013	0,00	28,90	16,80	77,25
29/06/2013	0,00	29,90	16,20	74,75
30/06/2013	0,00	30,90	16,20	66,50
01/07/2013	0,00	30,00	14,80	72,00
02/07/2013	14,00	27,70	14,80	75,25
03/07/2013	0,00	26,90	16,20	62,75
04/07/2013	0,00	25,10	15,80	64,50
05/07/2013	0,00	26,90	15,00	70,25
06/07/2013	0,00	27,90	14,20	64,50
07/07/2013	0,00	28,90	12,40	61,50
08/07/2013	0,00	27,10	9,00	59,25
09/07/2013	0,00	27,50	9,60	50,50
10/07/2013	0,00	27,30	12,80	61,25
11/07/2013	0,00	26,70	12,80	62,75
12/07/2013	0,00	26,90	13,80	61,50
13/07/2013	0,00	27,90	14,60	66,00
14/07/2013	0,00	29,50	14,20	62,25
15/07/2013	0,00	28,30	13,00	67,50
16/07/2013	0,00	28,10	10,40	68,75
17/07/2013	0,00	29,70	9,40	63,50
18/07/2013	0,00	30,50	11,80	65,00

19/07/2013	0,00	30,70	14,80	70,25
20/07/2013	0,00	30,30	17,20	63,75
21/07/2013	0,00	31,50	17,40	59,00
22/07/2013	0,00	30,10	14,60	66,50
23/07/2013	0,60	20,10	12,40	89,00
24/07/2013	0,00	14,70	9,20	90,25
25/07/2013	0,20	18,10	10,00	84,50
26/07/2013	0,00	24,30	5,00	69,50
27/07/2013	0,00	28,30	4,80	55,25
28/07/2013	0,00	28,50	5,40	59,75
29/07/2013	0,00	30,10	4,40	54,00
30/07/2013	0,00	29,90	7,60	49,25
31/07/2013	0,00	29,50	11,60	52,75

Fonte: Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa – BDMEP (INMET, 2013).

ANEXO C – DADOS DE MONITORAMENTO DAS NASCENTES PELA PREFEITURA DE UBERABA

Nascente 1: Mina D'Água Vila Militar (Tancredo Neves)

Local: Abaixo do Residencial Tancredo Neves, Vila Militar

Coleta	Chuva nas 24h anteriores	Coliformes totais	<i>Escherichia coli</i>	Turbidez (uT)	pH	Própria para consumo humano
23/01/2008	Não	Ausente	Ausente	0,00	5,88	Sim
17/11/2008	Não	Presente	Ausente	0,00	5,85	Sim
12/05/2009	Não	Presente	Ausente	0,00	5,90	Sim
09/12/2009	Sim	Presente	Ausente	0,00	7,86	Sim
30/06/2010	Não	Presente	Presente	0,00	-	Não
17/01/2011	Sim	Presente	Presente	0,00	5,43	Não
22/02/2011	Sim	Ausente	Ausente	0,00	6,32	Sim*
12/05/2011	Não	Ausente	Ausente	0,00	7,35	Sim
07/02/2012	Não	Presente	Ausente	0,00	-	Sim
13/12/2012	Sim	Presente	Ausente	0,84	5,54	Sim
09/07/2013	Não	Presente	Ausente	0,00	-	-

Fonte: Vigilância Ambiental em Saúde

*Própria para consumo humano, após medidas sanitárias.

Nascente 2: Mina D'Água MG 190-I

Local: Rodovia MG-190, lado direito da pista, sentido Uberaba/Nova Ponte

Coleta	Chuva nas 24h anteriores	Coliformes totais	<i>Escherichia coli</i>	Turbidez (uT)	pH	Própria para consumo humano
23/01/2008	Não	Presente	Ausente	0,00	5,95	Sim
17/11/2008	Não	Presente	Presente	2,24	6,01	Não
13/05/2009	Não	Presente	Ausente	0,00	6,37	Sim
02/12/2009	Sim	Ausente	Ausente	0,00	8,10	Sim
30/06/2010	Não	Presente	Ausente	0,00	-	Sim
17/01/2011	Sim	Presente	Ausente	0,00	6,05	Sim
22/02/2011	Sim	Presente	Ausente	0,00	7,00	Sim*
11/05/2011	Não	Presente	Ausente	0,28	8,09	Sim
02/02/2012	Sim	Presente	Presente	0,28	-	Não
05/12/2012	Não	Presente	Ausente	0,28	6,03	Sim
02/07/2013	Sim	Ausente	Ausente	0,00	-	-

Fonte: Vigilância Ambiental em Saúde

*Própria para consumo humano, após medidas sanitárias.

Nascente 3: Mina D'Água Maringá**Local:** Rua Geraldo Ferraresi, Conjunto Maringá II

Coleta	Chuva nas 24h anteriores	Coliformes totais	<i>Escherichia coli</i>	Turbidez (uT)	pH	Própria para consumo humano
23/01/2008	Não	Presente	Presente	0,00	5,60	Não
12/05/2009	Não	Presente	Ausente	0,00	5,92	Sim
09/12/2009	Sim	Presente	Presente	0,00	8,05	Não
29/06/2010	Não	Ausente	Ausente	0,00	-	Sim
17/01/2011	Sim	Presente	Presente	0,00	5,41	Não
22/02/2011	Sim	Presente	Ausente	0,00	6,25	Sim*
12/05/2011	Não	Presente	Ausente	0,84	7,60	Sim
08/02/2012	Não	Presente	Ausente	0,00	-	Sim
09/07/2013	Não	Presente	Ausente	0,56	-	-

Fonte: Vigilância Ambiental em Saúde

*Própria para consumo humano, após medidas sanitárias.

Nascente 4: Mina D'Água Avenida Leopoldino de Oliveira

Local: Avenida Leopoldino de Oliveira, abaixo da Saneub, Jardim Europa

Coleta	Chuva nas 24h anteriores	Coliformes totais	<i>Escherichia coli</i>	Turbidez (uT)	pH	Própria para consumo humano
16/01/2008	Sim	Presente	Ausente	0,00	5,93	Sim
17/11/2008	Não	Presente	Presente	0,00	5,69	Não
12/05/2009	Não	Presente	Ausente	0,00	5,93	Sim
09/12/2009	Sim	Presente	Presente	0,00	7,02	Não
29/06/2010	Não	Presente	Presente	0,00	-	Não
19/01/2011	Sim	Presente	Presente	0,00	5,70	Não
24/02/2011	Sim	Presente	Presente	0,00	5,70	Não
12/05/2011	Não	Presente	Ausente	0,56	6,72	Sim
08/02/2012	Não	Presente	Presente	0,00	-	Não
10/12/2012	Sim	Presente	Presente	0,28	5,68	Não
09/07/2013	Não	Presente	Ausente	0,00	-	-

Fonte: Vigilância Ambiental em Saúde

Nascente 5: Mina D'Água Conjunto Silvério Cartafina

Local: Rua Prof. Leôncio Ferreira Amaral, ao lado da Igreja Sagrada Família, Conjunto Silvério Cartafina

Coleta	Chuva nas 24h anteriores	Coliformes totais	<i>Escherichia coli</i>	Turbidez (uT)	pH	Própria para consumo humano
23/01/2008	Não	Presente	Presente	0,00	5,40	Não
17/11/2008	Não	Presente	Ausente	0,00	5,56	Sim
12/05/2009	Não	Presente	Ausente	0,00	5,50	Sim
09/12/2009	Sim	Presente	Presente	0,00	6,92	Não
29/06/2010	Não	Presente	Presente	0,00	-	Não
19/01/2011	Sim	Presente	Presente	0,00	5,20	Não
24/02/2011	Sim	Presente	Presente	0,00	5,20	Não
12/05/2011	Não	Presente	Presente	0,00	6,20	Não
08/02/2012	Não	Presente	Presente	0,00	-	Não
10/12/2012	Sim	Presente	Presente	0,00	5,29	Não
09/07/2013	Não	Presente	Ausente	0,00	-	-

Fonte: Vigilância Ambiental em Saúde

Nascente 6: Mina D'Água São Cristóvão**Local:** No final da Rua José Marajó de Carvalho, Bairro São Cristóvão

Coleta	Chuva nas 24h anteriores	Coliformes totais	<i>Escherichia coli</i>	Turbidez (uT)	pH	Própria para consumo humano
16/01/2008	Sim	Presente	Presente	0,00	5,46	Não
13/11/2008	Não	Presente	Ausente	0,00	5,49	Sim
11/05/2009	Não	Presente	Ausente	0,00	5,49	Sim
10/12/2009	Sim	Presente	Ausente	0,00	6,09	Sim
27/06/2010	Não	Presente	Presente	0,00	-	Não
18/01/2011	Sim	Presente	Presente	0,00	5,30	Não
23/02/2011	Sim	Presente	Presente	0,00	5,72	Não
10/05/2011	Não	Presente	Ausente	0,00	6,16	Sim
08/02/2012	Não	Presente	Presente	0,56	-	Não
09/07/2013	Não	Ausente	Ausente	0,00	-	-

Fonte: Vigilância Ambiental em Saúde

Nascente 7: Mina D'Água Avenida Santana Borges

Local: No final da Avenida Santana Borges, Distrito Industrial I

Coleta	Chuva nas 24h anteriores	Coliformes totais	<i>Escherichia coli</i>	Turbidez (uT)	pH	Própria para consumo humano
17/01/2008	Não	Presente	Ausente	0,00	6,26	Sim
12/11/2008	Não	Presente	Ausente	0,00	6,21	Sim
11/05/2009	Não	Presente	Ausente	0,00	6,22	Sim
08/12/2009	Sim	Presente	Ausente	0,00	7,80	Sim
27/06/2010	Não	Presente	Presente	0,00	-	Não
18/01/2011	Sim	Presente	Ausente	0,00	6,02	Sim
23/02/2011	Sim	Presente	Ausente	0,00	6,62	Sim*
10/05/2011	Não	Presente	Ausente	0,28	6,68	Sim
01/02/2012	Não	Presente	Ausente	0,28	-	Sim
03/12/2012	Não	Presente	Ausente	0,84	6,10	Sim
10/07/2013	Não	Presente	Ausente	0,00	-	-

Fonte: Vigilância Ambiental em Saúde

*Própria para consumo humano, após medidas sanitárias.

Nascente 8: Mina D'Água Beija-Flor I

Local: Rua Olímpia Cândida de Castro, Beija-Flor I

Coleta	Chuva nas 24h anteriores	Coliformes totais	<i>Escherichia coli</i>	Turbidez (uT)	pH	Própria para consumo humano
17/01/2008	Não	Presente	Presente	0,00	5,47	Não
12/11/2008	Não	Presente	Presente	0,00	5,49	Não
11/05/2009	Não	Presente	Presente	0,00	5,71	Não
08/12/2009	Sim	Presente	Presente	0,00	5,80	Não
27/06/2010	Não	Presente	Presente	0,00	-	Não
18/01/2011	Sim	Presente	Presente	0,00	6,02	Não
23/02/2011	Sim	Presente	Ausente	0,00	6,70	Sim*
10/05/2011	Não	Presente	Presente	0,00	6,80	Não
01/02/2011	Não	Presente	Presente	0,00	-	Não
03/12/2012	Não	Presente	Presente	0,00	5,37	Não
10/07/2013	Não	Presente	Presente	0,00	-	-

Fonte: Vigilância Ambiental em Saúde

*Própria para consumo humano, após medidas sanitárias.

Nascente 9: Mina D'Água Universitário

Local: Av. Maranhão esquina com Av. Pedro Salomão, Bairro Universitário

Coleta	Chuva nas 24h anteriores	Coliformes totais	<i>Escherichia coli</i>	Turbidez (uT)	pH	Própria para consumo humano
23/01/2008	Não	Presente	Presente	0,00	5,77	Não
13/11/2008	Não	Presente	Presente	0,00	5,68	Não
11/05/2009	Não	Presente	Presente	0,00	5,76	Não
10/12/2009	Sim	Presente	Presente	0,00	7,00	Não
27/06/2010	Não	Presente	Presente	0,00	-	Não
19/01/2011	Sim	Presente	Presente	0,00	5,60	Não
24/02/2011	Sim	Presente	Presente	0,00	5,60	Não
24/02/2011	Sim	Presente	Presente	0,00	5,60	Não
10/05/2011	Não	Presente	Ausente	0,00	6,71	Sim
07/02/2012	Não	Presente	Ausente	0,00	-	Sim
10/12/2012	Não	Presente	Ausente	0,00	5,33	Sim
10/07/2013	Não	Presente	Presente	0,00	-	-

Fonte: Vigilância Ambiental em Saúde

*Própria para consumo humano, após medidas sanitárias.

Nascente 10: Mina D'Água Univerdecidade

Local: Avenida Leopoldino de Oliveira, Univerdecidade

Coleta	Chuva nas 24h anteriores	Coliformes totais	<i>Escherichia coli</i>	Turbidez (uT)	pH	Própria para consumo humano
23/01/2008	Não	Presente	Presente	0,00	6,47	Não
12/05/2009	Não	Presente	Presente	0,00	7,30	Não
12/05/2009	Não	Presente	Ausente	0,00	5,93	Sim
09/12/2009	Sim	Presente	Presente	0,00	7,95	Não
30/06/2010	Não	Presente	Presente	0,00	-	Não
17/01/2011	Sim	Presente	Presente	0,00	6,70	Não
22/02/2011	Sim	Presente	Presente	0,00	6,70	Não
12/05/2011	Não	Presente	Ausente	0,28	6,95	Sim
07/02/2012	Não	Presente	Presente	0,00	-	Não
10/12/2012	Sim	Presente	Presente	0,00	5,53	Não
09/07/2013	Não	Presente	Presente	5,31	-	-

Fonte: Vigilância Ambiental em Saúde

Nascente 11: Mina D'Água MG 190-II

Local: Rodovia MG-190, lado esquerdo da pista, sentido Uberaba/Nova Ponte

Coleta	Chuva nas 24h anteriores	Coliformes totais	<i>Escherichia coli</i>	Turbidez (uT)	pH	Própria para consumo humano
23/01/2008	Não	Presente	Presente	0,00	6,02	Não
17/11/2008	Não	Ausente	Ausente	0,00	5,91	Sim
13/05/2009	Não	Ausente	Ausente	0,00	5,87	Sim
02/12/2009	Sim	Ausente	Ausente	0,00	8,00	Sim
30/06/2010	Não	Presente	Ausente	0,00	-	Sim
17/01/2011	Sim	Presente	Ausente	0,00	5,50	Sim
22/02/2011	Sim	Ausente	Ausente	0,00	6,15	Sim*
11/05/2011	Não	Ausente	Ausente	0,00	7,30	Sim
02/02/2012	Sim	Presente	Ausente	0,28	-	Sim
05/12/2012	Não	Presente	Ausente	0,00	6,10	Sim
02/07/2013	Sim	Ausente	Ausente	0,00	-	-

Fonte: Vigilância Ambiental em Saúde

*Própria para consumo humano, após medidas sanitárias.

Nascente 12: Mina D'Água Fazenda Pedra Branca

Local: Rodovia MG-190, 4,5 km após Santa Rosa

Coleta	Chuva nas 24h anteriores	Coliformes totais	<i>Escherichia coli</i>	Turbidez (uT)	pH	Própria para consumo humano
23/01/2008	Não	Presente	Ausente	0,00	5,62	Sim
17/11/2008	Não	Presente	Presente	0,00	5,77	Não
13/05/2009	Não	Presente	Ausente	0,00	5,90	Sim
02/12/2009	Sim	Presente	Presente	20,97	7,75	Não
30/06/2010	Não	Presente	Presente	0,00	-	Não
17/01/2011	Sim	Presente	Presente	0,80	5,31	Não
22/02/2011	Sim	Presente	Ausente	0,00	6,20	Sim *
11/05/2011	Não	Presente	Ausente	0,28	7,36	Sim
02/02/2012	Sim	Presente	Ausente	0,28	-	Sim
05/12/2012	Não	Presente	Ausente	0,56	5,77	Sim
02/07/2013	Sim	Presente	Presente	0,00	-	-

Fonte: Vigilância Ambiental em Saúde

*Própria para consumo humano, após medidas sanitárias.

Nascente 13: Mina D'Água MG-427

Local: Rodovia MG-427, 6,5 km de Uberaba

Coleta	Chuva nas 24h anteriores	Coliformes totais	<i>Escherichia coli</i>	Turbidez (uT)	pH	Própria para consumo humano
17/01/2008	Não	Presente	Ausente	0,00	5,80	Sim
13/11/2008	Não	Presente	Presente	0,00	5,92	Não
11/05/2009	Não	Presente	Ausente	0,00	5,93	Sim
08/12/2009	Sim	Presente	Presente	0,00	8,40	Não
27/06/2010	Não	Ausente	Ausente	0,00	-	Sim
23/02/2011	Sim	Presente	Presente	0,00	6,74	Não
10/05/2011	Não	Presente	Ausente	0,84	7,98	Sim
01/02/2012	Não	Presente	Ausente	0,28	-	Sim

Fonte: Vigilância Ambiental em Saúde

Nascente 14: Mina D'Água Mário Franco

Local: Na mata abaixo do Residencial Mário Franco

Coleta	Chuva nas 24h anteriores	Coliformes totais	<i>Escherichia coli</i>	Turbidez (uT)	pH	Própria para consumo humano
17/01/2008	Não	Presente	Presente	0,00	5,48	Não
12/11/2008	Não	Presente	Ausente	0,00	5,54	Sim
11/05/2009	Não	Presente	Ausente	0,00	5,67	Sim
08/12/2009	Sim	Presente	Ausente	0,00	8,39	Sim
27/06/2010	Não	Presente	Presente	0,00	-	Não
18/01/2011	Sim	Presente	Presente	0,00	5,00	Não
23/02/2011	Sim	Presente	Presente	0,00	6,30	Não

Fonte: Vigilância Ambiental em Saúde

Nascente 15: Mina D'Água Centro Social Urbano

Local: Rua Alameda das Acácias, Leblon

Coleta	Chuva nas 24h anteriores	Coliformes totais	<i>Escherichia coli</i>	Turbidez (uT)	pH	Própria para consumo humano
16/01/2008	Sim	Presente	Presente	0,00	6,02	Não
13/11/2008	Não	Presente	Presente	0,00	5,91	Não
12/05/2009	Não	Presente	Ausente	0,00	5,70	Sim
10/12/2009	Sim	Presente	Presente	0,00	6,43	Não
29/06/2010	Não	Presente	Presente	0,00	-	Não
19/01/2011	Sim	Presente	Presente	0,00	5,50	Não
10/05/2011	Não	Presente	Presente	0,28	6,60	Não

Fonte: Vigilância Ambiental em Saúde

Nascente 16: Mina D'Água Cidade Ozanan II**Local:** Nos fundos do aeroporto atrás da Real Expresso e Graal, Cidade Ozanan

Coleta	Chuva nas 24h anteriores	Coliformes totais	<i>Escherichia coli</i>	Turbidez (uT)	pH	Própria para consumo humano
17/01/2008	Não	Presente	Ausente	0,00	6,09	Sim
13/11/2008	Não	Presente	Presente	0,00	6,02	Não
11/05/2009	Não	Presente	Presente	0,00	5,96	Não
08/12/2009	Sim	Presente	Ausente	0,00	8,09	Sim

Fonte: Vigilância Ambiental em Saúde

Nascente 17: Mina D'Água Alfredo Freire**Local:** Rua Eduardo Tahan, Bairro Alfredo Freire

Coleta	Chuva nas 24h anteriores	Coliformes totais	<i>Escherichia coli</i>	Turbidez (uT)	pH	Própria para consumo humano
17/01/2008	Não	Presente	Ausente	0,00	6,80	Sim

Fonte: Vigilância Ambiental em Saúde

Nascente 18: Mina D'Água Elza Amuí IV

Local: Na mata do Elza Amuí IV

Coleta	Chuva nas 24h anteriores	Coliformes totais	<i>Escherichia coli</i>	Turbidez (uT)	pH	Própria para consumo humano
17/01/2008	Não	Presente	Presente	0,00	5,69	Não

Fonte: Vigilância Ambiental em Saúde

Nascente 19: Mina D'Água João Prata

Local: Rua João Prata, 521, Bairro Estados Unidos

Coleta	Chuva nas 24h anteriores	Coliformes totais	<i>Escherichia coli</i>	Turbidez (uT)	pH	Própria para consumo humano
16/01/2008	Sim	Presente	Ausente	0,00	5,67	Sim

Fonte: Vigilância Ambiental em Saúde