

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
CÂMPUS DOIS VIZINHOS

KARINE ZINN DA SILVA

**QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA DE
POÇOS RURAIS E URBANOS DE DOIS VIZINHOS, PARANÁ**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

DOIS VIZINHOS - PR
2016

KARINE ZINN DA SILVA

**QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA DE
POÇOS RURAIS E URBANOS DE DOIS VIZINHOS, PARANÁ**

Projeto para trabalho de conclusão do Curso Superior em Ciências Biológicas – Licenciatura, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Dois Vizinhos, como requisito parcial para aprovação na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso 2.

Orientadora: Profa. Dra. Fernanda Ferrari

Coorientador: Thiago Cacção Villa

DOIS VIZINHOS - PR

2016

S586q Silva, Karine Zinn da.
Qualidade físico-química e microbiológica de poços rurais e urbanos de Dois Vizinhos, Paraná. / Karine Zinn da Silva – Dois Vizinhos: [s.n], 2016.
52f.:il.

Orientadora: Fernanda Ferrari.
Co-orient: Thiago Cacção Villa.
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de
Ciências Biológicas. Dois Vizinhos, 2016.
Bibliografia p.45-50

1. Qualidade da água. 2. Poços rurais e urbanos.
I. Ferrari, Fernanda, orient. II. Villa, Thiago Cacção, co-
orient. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná –
Dois Vizinhos. IV. Título

CDD:570



TERMO DE APROVAÇÃO

Título do Trabalho de Conclusão de Curso n.º. 33

Qualidade físico-química e microbiológica da água de poços rurais e urbanos de Dois Vizinhos, Paraná

por

Karine Zinn da Silva

Este trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às **15** horas do dia **09 de dezembro de 2016**, como requisito parcial para obtenção do título de Biólogo (Curso de Ciências Biológicas – Licenciatura, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Dois Vizinhos). O candidato foi arguido pela banca examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a banca examinadora considerou o trabalho **APROVADO**.

(aprovado, aprovado com restrições, ou reprovado)

Prof. Dr. Cleverson Busso
UTFPR-Dois Vizinhos

Profa. Dra. Fernanda Ferrari
Orientador
UTFPR-Dois Vizinhos

Biól. Mestrando Thiago Cacção Villa
UTFPR-Dois Vizinhos

Prof. Dr. Elton Celton de Oliveira
Coordenador do Curso de Ciências
Biológicas
UTFPR-Dois Vizinhos

“O termo de aprovação assinado se encontra na Coordenação do Curso.”

AGRADECIMENTOS

À Deus, primeiramente, pela saúde e condições necessárias para a realização deste trabalho.

À minha família, pelo apoio e incentivo a todo o momento nesta caminhada.

À minha orientadora Fernanda Ferrari, meus sinceros agradecimentos pela sua orientação, amizade, apoio e compreensão em todos os momentos. Também, pela sua dedicação, correções e conhecimentos transpostos, aprendizados os quais levarei para a vida toda.

Ao meu co-orientador Thiago Cacção Villa, pelo apoio, amizade, dedicação, correções no presente trabalho e compartilhamento de seu aprendizado e experiências na área de análise da qualidade da água.

Ao professor Cleverson Busso, pelo apoio e aprendizado. Também, pela participação como membro da banca examinadora.

Aos meus colegas Alex Junior Bachi, João Paulo Martins Miranda e Andrelissa Gorete Castanha.

À UTFPR, pelo ensino gratuito e de qualidade.

Ao Deseg e a todos os proprietários dos poços analisados, pela cooperação e receptibilidade.

“O Senhor é o meu Pastor e nada me faltará”

(Salmos, 23)

RESUMO

SILVA, Karine Z. da. **Qualidade físico-química e microbiológica de poços rurais e urbanos de Dois Vizinhos, Paraná**. 2016. 50f. Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas – Licenciatura), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2016.

A água é essencial e indispensável à vida. Do total de água doce presente na Terra, 97% constitui as águas subterrâneas. A água subterrânea é captada através de poços, e destinada principalmente para o abastecimento da população, para atividades industriais e agrícolas. A água captada por meio de poços, não pode ser considerada pura, pois, possui substâncias dissolvidas, advindas do ar e do solo, dependendo da concentração de tais substâncias e organismos ali presentes, podem apresentar malefícios à saúde humana. Com sua crescente utilização, a água captada por meio de poços está sendo cada vez mais poluída por atividades humanas. Este trabalho teve como objetivo geral a análise físico-química e microbiológica da qualidade da água de poços rurais e urbanos no Município de Dois Vizinhos - PR, através das análises de pH, nitrato, nitrito, cloreto, sulfato, surfactantes, sólidos totais dissolvidos, BTEX e análises microbiológicas. A análise microbiológica foi realizada no laboratório de microbiologia geral da UTFPR – DV, através da técnica de tubos múltiplos e determinação pelo número mais provável, segundo metodologia da Fundação Nacional da Saúde. Para a realização dos ensaios físico-químicos, uma parte de cada amostra, devidamente acondicionadas em caixa térmica, foi encaminhada para o Laboratório de Tecnologias Ambientais e Agrônômicas do Instituto de Tecnologia do Paraná em Curitiba-PR. Outra parte das amostras, foi encaminhada para o laboratório de ecologia geral e de microbiologia geral da UTFPR-DV (para a realização dos ensaios de pH, surfactantes e sólidos totais dissolvidos), baseadas em métodos propostos pelo APHA. Os resultados dos poços que são utilizados para o consumo humano foram comparados aos valores máximos permitidos pela Portaria MS 2914/11. Dentre os parâmetros analisados, a maioria dos poços pesquisados apresentaram-se dentro dos padrões de potabilidade propostos pelo trabalho, com exceção de dois poços urbanos, que apresentaram valores de nitrato acima do máximo permitido, indicando uma possível contaminação antrópica e também dois poços, um rural e outro, urbano, que apresentaram a presença de coliformes totais e *Escherichia coli*. Os resultados obtidos no trabalho demonstram a importância da realização de análises físico-químicas e microbiológicas em águas para consumo humano na região de estudo, visando a preservação da saúde de seus consumidores.

Palavras-chave: Qualidade físico-química da água. Qualidade microbiológica da água. Poços rurais e urbanos.

ABSTRACT

SILVA, Karine Z. da. **Physical-chemical and microbiological quality of rural and urban Wells of Dois Vizinhos, Paraná.** 2016. 50f. Work Completion of course (Graduate Degree in Biological Sciences) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2016.

Water is essential and indispensable to life. Of the total fresh water present on Earth, 97% constitutes groundwater. Ground water is collected through wells, and is mainly used to supply the population, in industrial and agricultural activities. Water abstracted from wells cannot be considered pure because it has dissolved substances from the air and from the soil, depending on the concentration of such substances and organisms present, they may present human health hazards. With its increasing use, water abstracted from Wells is being increasingly polluted by human activities. This work objectives to characterize the physical-chemical and microbiological analysis of the water quality of rural and urban wells in the Municipality of Dois Vizinhos - PR, through pH, nitrate, nitrite, chloride, sulfate, surfactants, total dissolved solids, BTEX and microbiological analysis. The microbiological analysis was performed in the General Microbiology laboratory of UTFPR-DV, using the multiple tubes technique and determination by the most probable number, according to methodology of the National Health Foundation. For performing the physical-chemical tests, a portion of each sample, properly packed in a thermal box, was sent to the Laboratory of Environmental and Agronomic Technologies of the Institute of Technology of Paraná in Curitiba-PR. Another part of the samples, was sent to the General Ecology and General Microbiology Laboratory of UTFPR-DV (for conducting pH, surfactant and total dissolved solids assays), based on methods proposed by APHA. The results of the Wells that are used for human consumption were compared to the maximum values allowed by legislation of MS 2914/11. Among the analyzed parameters, the majority of Wells surveyed presented themselves within the potability standards proposed by the work, with the exception of two urban wells, which presented nitrate values above the maximum allowed, indicating a possible anthropic contamination and also two wells, one rural and another, urban, that presented total coliforms and *Escherichia coli*. The results obtained in the work demonstrate the importance of performing physical-chemical and microbiological analysis in waters for human consumption in the region of study, aiming at preserving the health of its consumers.

Keywords: Physical-chemical quality of water. Microbiological quality of water. Rural and urban wells.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa com os poços cadastrados no SIAGAS em janeiro/2013. Fonte: Agência...(2013).....	16
Figura 2 – Molécula possuindo região polar com carga negativa. Fonte: Daltin (2011)	22
Figura 3 – Mapa da localização dos poços a serem analisados na zona urbana e rural do município de Dois Vizinhos. Fonte: Arquivo pessoal (2016)	26
Figura 4 – Diluições em tubos de ensaio com tubo de Durhan invertido. Fonte: Fontes (2013).....	28
Figura 5 – Visualização dos locais de coleta dos sete poços analisados localizados no município de Dois Vizinhos - PR. Os poços PC, PD e PA localizam-se na área urbana e PM, UA, UG e UM localizam-se na área rural do município. *No poço PC, foi coletado a amostra de água antes de chegar na caixa de água. ** Local de coleta referente à segunda coleta no poço UM. Fonte: Arquivo pessoal (2016)	32
Figura 6 – Amostras para leitura de absorbância. A cor azul indica a presença de surfactantes na amostra pela adição do reagente azul de metileno. Fonte: Arquivo pessoal (2016).....	38
Figura 7 – À esquerda, tubos de ensaio sem a formação de gás no tubo de Durhan, indica teste negativo. À direita, tubo de ensaio apresentando turbidez no meio e formação de gás no tubo de Durhan, indica teste positivo. Fonte: Arquivo pessoal (2016).....	41

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Concentrações de sólidos totais dissolvidos encontrados (em mg/L) nos sete poços analisados. Fonte: Arquivo pessoal (2016).	35
Gráfico 2 – Concentrações de cloreto encontrados (em mg/L), nos sete poços analisados. Fonte: Arquivo pessoal (2016)	36
Gráfico 3 – Concentrações de sulfato encontrados (em mg/L), nos sete poços analisados. Fonte: Arquivo pessoal (2016).	37
Gráfico 4 – Concentrações de nitrato encontrados (em mg/L), nos sete poços analisados. Fonte: Arquivo pessoal (2016)	39
Gráfico 5 – Concentrações de nitrito encontrados (em mg/L), nos sete poços analisados. Fonte: Arquivo pessoal (2016)	40

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Uso e destinação da água subterrânea captada através de poços, em área rural e urbana do município de Dois Vizinhos, PR – 2016. Fonte: Arquivo pessoal (2016).....	33
Quadro 2 – Resultado da contagem pela técnica do NMP para 5 tubos, nos 7 poços analisados. * Resultados referentes à segunda coleta. Fonte: Arquivo pessoal (2016).....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores de pH encontrados nos 7 poços analisados. * Valor do pH referente a segunda coleta - 2016.....	34
---	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 ABASTECIMENTO DE ÁGUA POR MEIO DE POÇOS	15
2.2 QUALIDADE DA ÁGUA.....	17
2.3 ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA	18
2.3.1 Potencial hidrogênionico (pH)	19
2.3.2 Formas de Nitrogênio	19
2.3.2.1 <i>Compostos nitrogenados em águas subterrâneas</i>	21
2.3.3 Surfactantes	22
2.3.4 BTEX	23
2.4 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA.....	24
3 MATERIAIS E MÉTODOS	26
3.1 LOCAL DA COLETA	26
3.2 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA	27
3.2.1 Coleta e transporte das amostras de água para análise microbiológica	27
3.2.2 Análise Microbiológica	27
3.2.2.1 <i>Teste presuntivo</i>	28
3.2.2.2 <i>Teste confirmativo</i>	28
3.3 ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA	29
3.3.1 Coleta e transporte das amostras de água para análise química.....	29
3.3.2 Potencial Hidrogeniônico.....	30
3.3.3 Surfactantes	30
3.3.4 Sólidos totais dissolvidos (STD)	30
3.3.5 Análise de BTEX, nitrato, nitrito, cloreto e sulfato	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1 VISUALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE POÇOS ANALISADOS	32
4.2 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (PH).....	33
4.3 SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS (STD).....	34
4.4 CLORETO (Cl ⁻)	35
4.5 SULFATO (SO ₄ ²⁻)	36
4.6 SURFACTANTES	37
4.7 NITRATO E NITRITO	38
4.8 BTEX.....	40
4.9 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA.....	41
CONCLUSÃO	44
REFERÊNCIAS	45
ANEXOS	51
ANEXO A	51
ANEXO B	52
ANEXO C	52
ANEXO D	52

1 INTRODUÇÃO

A água é o composto inorgânico mais abundante em toda a matéria viva e fundamental para sua manutenção. Na distribuição da água na Terra, 97% formam os mares, 2,2% as geleiras e 0,8% representa a água doce. Entretanto, a fração da água doce subdivide-se em: águas subterrâneas (97%) e água superficial (3%) (SPERLING, 2005).

A água do subsolo sempre foi utilizada para o abastecimento público e para as atividades agrícolas e industriais (HÉLLER; PÁDUA, 2006), sendo de uso crescente e sua captação realizada através de poços.

Entre as vantagens da utilização da água presente no subsolo, geralmente destacam-se as características compatíveis com os padrões de potabilidade (HÉLLER; PÁDUA, 2006; GOMES, 2008), o que gerou o pensamento de que esta água é pura.

A água em seu estado puro não é encontrada na natureza, pois a mesma apresenta diferentes substâncias dissolvidas na sua composição, provenientes do solo e do ar (TELLES, 2013; LENZI; FAVERO; LUCHESE, 2009). Além disso, segundo Héller e Pádua (2006), devido sua crescente utilização, as águas subterrâneas estão sendo mais poluídas por atividades antrópicas, seja pelos efluentes domésticos, pelas atividades agrícolas ou industriais.

Dependendo da substância presente na água, esta pode apresentar riscos para a saúde. Os compostos BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos) indicam uma possível contaminação por derivados de gasolina e apresentam alta toxicidade por serem neurotóxicos e mutagênicos (FERREIRA et al., 2008). A existência de nitrito e nitrato na água pode induzir a formação de substâncias carcinogênicas e a condição clínica da metemoglobina, onde o nitrito induz a oxidação do ferro da hemoglobina, e esta, resulta num pigmento chamado metemoglobina que é incapaz de levar oxigênio para as células individuais do corpo, o que pode causar várias consequências à saúde (PESSUTI, 2013; UHLMAN; ARTIOLA, 2011). A água também pode apresentar microrganismos patogênicos e conseqüentemente, levar à transmissão de doenças.

O tema deste projeto é a análise físico-química e microbiológica da água de poços, onde a maioria deles é utilizada para o consumo humano e dessedentação

animal. Terá como base o referencial teórico e como objeto de estudo, 7 poços distribuídos na área rural e urbana do município de Dois Vizinhos - PR, sendo 6 poços artesianos e 1 poço raso.

O objetivo geral deste projeto foi avaliar a qualidade físico-química e microbiológica da água de poços rurais e urbanos no Município de Dois Vizinhos-PR. Especificamente, foi determinado na água dos poços os seguintes parâmetros: pH, nitrito, nitrato, cloretos, sulfatos, sólidos totais dissolvidos, surfactantes, BTEX e parâmetros microbiológicos. Também, nos poços utilizados para o consumo humano, os resultados foram comparados aos valores máximos permitidos, para a verificação se atendem aos padrões de potabilidade da água para o consumo humano, estabelecidos pela Portaria MS N° 2914/11 de 12 de dezembro de 2011. Os resultados obtidos foram apresentados aos proprietários e/ou responsáveis pelos poços avaliados para conhecimento da qualidade da água.

Para tanto, amostras de água dos três poços da região urbana e quatro poços na área rural foram coletadas no período da manhã e acondicionadas em frascos esterilizados. Para as análises físico-químicas, parte delas foram realizadas no Laboratório de Tecnologias Ambientais e Agrônômicas do Instituto de Tecnologia do Paraná em Curitiba - PR, e parte foram realizadas no laboratório de Ecologia Geral e de Microbiologia Geral da UTFPR - DV, com utilização de metodologia segundo a metodologia proposta pelo "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" (RICE et al., 2012) . A análise microbiológica foi realizada no laboratório de Microbiologia Geral, determinada pela técnica de tubos múltiplos e contagem pela técnica do número mais provável (NMP) para 5 tubos, com o teste presuntivo e confirmativo para os coliformes totais e para coliformes termotolerantes, segundo metodologia proposta pela Fundação Nacional da Saúde (FUNASA).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ABASTECIMENTO DE ÁGUA POR MEIO DE POÇOS

A água, sendo essencial e indispensável à vida, é um direito humano básico e está presente em todos os aspectos do desenvolvimento humano (PROGRAMA..., 2006). Ela é o composto inorgânico mais abundante em toda a matéria viva e fundamental para sua manutenção. Na distribuição da água na Terra, 97% formam os mares, 2,2% as geleiras e 0,8% representa a água doce. Entretanto, a fração da água doce subdivide-se em: água subterrânea (97%) e água superficial (3%). Estes valores ressaltam a grande importância de preservar os recursos hídricos na Terra e evitar possíveis contaminações que tornam a água inviável ao consumo (SPERLING, 2005).

As águas subterrâneas são definidas como “águas que ocorrem naturalmente ou artificialmente no subsolo” (BRASIL, 2008). A água que se encontra no subsolo ocorre em duas zonas, insaturada e saturada. A zona insaturada é formada por ar e água, está na parte superior e estende-se da superfície até a profundidade de um metro a centenas de metros. Já a zona saturada, que ocorre logo abaixo desta última citada, é formada somente por água (TUNDISI; TUNDISI, 2011).

Os poços (rasos ou profundos, tubulares ou escavados), são utilizados para captar a água subterrânea. O uso de águas subterrâneas é crescente e destina-se principalmente ao abastecimento público e para atividades agrícolas e industriais (HÉLLER; PÁDUA, 2006).

A utilização da água subterrânea por intermédio de poços possui várias vantagens. Destacam-se entre elas o fato da água subterrânea não ser interferida por condições climáticas anormais, poder ser explorada no local onde há a demanda de água, geralmente apresentar características compatíveis com os padrões de potabilidade, não acarretar inundação de áreas aproveitáveis na superfície, o prazo de execução de um poço para sua obtenção ser de poucos dias, não estar sujeita a evaporação, entre outras (HÉLLER; PÁDUA, 2006; GOMES, 2008).

No país, as águas subterrâneas geralmente são de boa qualidade, com suas propriedades físico-químicas e bacteriológicas adequadas para o consumo humano. Entretanto, as atividades antrópicas nas últimas décadas, têm comprometido significativamente alguns aquíferos (AGÊNCIA..., 2007).

Os maiores problemas enfrentados relacionado à sua poluição pelas atividades antrópicas, são pelos efluentes domésticos e a carência do sistema de saneamento; atividades agrícolas incluindo, por exemplo, o uso de inseticidas e pesticidas; ou industriais, pela disposição inadequada de resíduos sólidos relacionados a acidentes que contaminam a água e o solo, entre outros problemas enfrentados (AGÊNCIA..., 2007; HÉLLER; PÁDUA, 2006).

As reservas renováveis de água subterrânea no Brasil (suas recargas efetivas) alcançam 42.289 m³/s. Ela vem sendo progressivamente utilizada e estima-se que atende a 30 a 40% da população (BICUDO; TUNDISI; SCHEUENSTUHL, 2010).

Segundo a Agência Nacional de Águas (2013), no ano de 2013 o Brasil possuía um total de 225.868 poços cadastrados no Sistema de Informação de Águas Subterrâneas (SIAGAS), com estimativa de 476.96 poços perfurados no país. Deste total, no estado do Paraná haviam 9.997 poços cadastrados no SIAGAS, tendo como estimativa de 35.024 poços perfurados no estado.

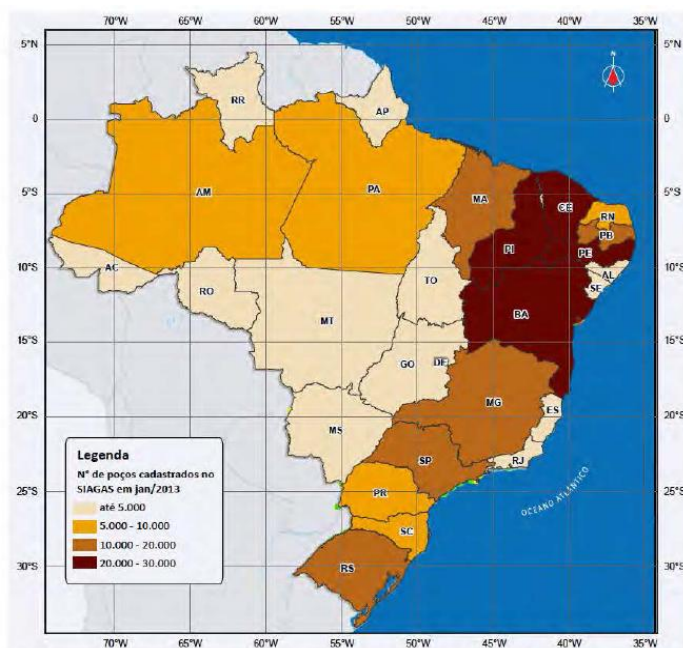


Figura 1: Mapa com os poços cadastrados no SIAGAS em janeiro/2013

Fonte: AGÊNCIA...(2013)

Segundo Zoby (2008), a informação sobre a qualidade da água subterrânea no país ainda encontra-se bastante limitada quanto ao número de parâmetros analisados. São escassos os dados sobre parâmetros de compostos orgânicos relacionados à atividade industrial, nitrato e pesticidas.

Daneluz e Tessaro (2015) analisaram o padrão físico-químico e microbiológico de nascentes e poços rasos de propriedades rurais do Sudoeste do Paraná, e das 90 amostras realizadas, 23 atenderam a legislação vigente, enquanto 67 estavam em desacordo, se apresentando como fator de risco para o consumo humano e animal.

2.2 QUALIDADE DA ÁGUA

Na visão da Engenharia Ambiental, a água, devido à sua propriedade de solvente e capacidade de transportar partículas, incorpora diversas impurezas, as quais definem sua qualidade a partir de determinadas concentrações. Segundo Telles (2013), a água pura, de fórmula H_2O , definida como um líquido incolor, insípido e inodoro, não é encontrada na natureza. Isto principalmente porque praticamente todas as substâncias são solúveis em água, em maior ou menor grau. Segundo Lenzi, Favero e Luchese (2009), as águas naturais possuem substâncias dissolvidas, provenientes do ar e do solo.

A qualidade da água está diretamente ligada à quantidade de água existente para abastecer, dissolver, diluir e transportar as substâncias nela presentes (TELLES, 2013). Sua qualidade resulta da ocorrência de fenômenos naturais, como o escoamento superficial e infiltração da água no solo, e/ou pela interferência antrópica, como despejos domésticos e industriais, uso de defensivos agrícolas, entre outros (SPERLING, 2005).

Segundo Lenzi, Favero e Luchese (2009), desde a antiguidade buscou-se determinar a potabilidade da água. O primeiro parâmetro utilizado foram os sentidos humanos, escolhendo a água mais limpa, de sabor fresco e adocicado.

Com a invenção do microscópio e a descoberta dos microrganismos, que estão presentes em todos os ambientes, percebeu-se a necessidade do tratamento e desinfecção da água, tornando-a potável (LENZI; FAVERO; LUCHESE, 2009).

Atualmente, há uma grande preocupação quanto à qualidade da água, pois pode possuir altos índices de substâncias orgânicas e inorgânicas prejudiciais à saúde humana e ao equilíbrio ecológico. Para a utilização pelos seres vivos, é fundamental que a água apresente condições adequadas. Na avaliação da qualidade da água, são considerados os seus parâmetros químicos, físicos e microbiológicos (TELLES, 2013).

Segundo Telles (2013), no Brasil, o Ministério da Saúde possui a competência de estabelecer procedimentos e responsabilidades relacionados ao controle e vigilância da qualidade da água utilizada para o consumo humano e determinar seu padrão de potabilidade. É considerada água potável aquela que atenda os padrões de potabilidade estabelecidos pela portaria MS 2914/11, não oferecendo riscos à saúde (BRASIL, 2011).

Apesar das águas subterrâneas possuírem uma qualidade natural considerada geralmente boa, as atividades antrópicas têm comprometido cada vez mais os aquíferos, o que torna a questão da qualidade da água subterrânea cada vez mais importante. O Brasil possui déficit no conhecimento de seu potencial hídrico e seus aquíferos e da qualidade destas águas, e há poucos estudos regionais, geralmente concentrados em aquíferos próximos a capitais (AGÊNCIA..., 2007).

2.3 ANÁLISE QUÍMICA DA ÁGUA

As impurezas na água de características químicas são representadas por substâncias orgânicas e substâncias inorgânicas (SPERLING, 2005).

A determinação de tais parâmetros nos indica o padrão de potabilidade da água, definido por Brasil (2011) como um “conjunto de valores permitidos como parâmetro da qualidade da água para consumo humano”, os quais são definidos pela portaria MS 2914/11.

A partir daí, podemos considerar a água como potável, definida por atender o padrão de potabilidade estabelecido pela portaria MS 2914/11 e que não ofereça riscos à saúde (BRASIL, 2011).

2.3.1 Potencial hidrogeniônico (pH)

O pH mede a concentração hidrogeniônica na água, representando o equilíbrio entre íons H^+ e íons OH^- (TELLES, 2013), representando os íons H^+ presentes numa solução. O valor do pH varia entre 0 e 14. O pH 7 é considerado neutro, abaixo de 7 a solução é considerada ácida e acima de 7, alcalina (FUNDAÇÃO..., 2009; QUEIROZ, 2004).

Os responsáveis pela determinação do pH na água são os sólidos e gases dissolvidos. Possui origem natural por exemplo, pela dissolução de rochas, e podem ser originados por ações humanas através de despejos domésticos (oxidação da matéria orgânica) e despejos industriais (SPERLING, 2005).

2.3.2 Formas de Nitrogênio

O nitrogênio molecular (N_2) compõe aproximadamente 80% da atmosfera terrestre (TORTORA; FUNKE; CASE, 2012). O nitrogênio (N) é considerado um dos principais elementos químicos da natureza, indispensável para o metabolismo e constituição da biomassa, e está presente em várias biomoléculas como proteínas, peptídeos e aminoácidos (ESTEVES, 2011; TUNDISI; TUNDISI, 2008).

As principais fontes de N para os ambientes aquáticos se originam da fixação biológica do nitrogênio, chuvas, tempestades atmosféricas com raios, chegada de efluentes domésticos e industriais, pela contribuição de substâncias orgânicas e inorgânicas de ecossistemas ao seu redor, fertilizantes e através da excreção de organismos sob a forma de amônio, uréia ou ácido úrico (ESTEVES, 2011; TUNDISI; TUNDISI, 2008; SPERLING, 2005).

Na água de poços, podemos classificar as formas de nitrogênio nas categorias: N orgânico particulado sob a forma de organismos ou detritos, N orgânico dissolvido e N inorgânico dissolvido, que pode ser encontrado na forma de nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), amônia (NH_3), íon amônio (NH_4^+) e nitrogênio molecular (N_2) (ESTEVES, 2011).

Os principais processos do ciclo do nitrogênio em ambientes aquáticos são: fixação biológica de nitrogênio, amonificação, nitrificação e desnitrificação, descritos a seguir.

Segundo Esteves (2011) e Tortora, Funke e Case (2012), a fixação biológica acontece pela participação de organismos procariontes (algumas espécies de bactérias e cianobactérias) que utilizam o N_2 como fonte de N para seu metabolismo, transformando-os em biomoléculas.

A liberação de amônia pela decomposição microbiana é conhecida como processo de amonificação (TORTORA; FUNKE; CASE, 2012). Segundo Esteves (2011), tal composto caracteriza-se como o produto final da mineralização do nitrogênio orgânico, ou provém da atividade de organismos heterotróficos por reações bioquímicas (sendo a principal reação, a hidrólise da uréia). Porém, no meio aquático, a amônia (NH_3) formada é instável, sendo convertida ao íon amônio (NH_4) por hidratação, em pH entre ácido e neutro.

A nitrificação ocorre em processos aeróbicos e é dividida em duas fases. Na primeira fase, as bactérias *Nitrossomonas* sp. convertem o amônio à nitrito, e na segunda fase, as bactérias *Nitrobacter* sp. convertem o nitrito à nitrato (ESTEVES, 2011; TUNDISI; TUNDISI, 2008; TORTORA; FUNKE; CASE, 2012).

O processo de desnitrificação ocorre principalmente na ausência de O_2 e em condições próximas à anaerobiose. Nele, ocorre o processo inverso da nitrificação, e as bactérias reduzem o nitrato à N_2 , que volta à atmosfera (TUNDISI; TUNDISI, 2008; TORTORA; FUNKE; CASE, 2012).

Em estudos mais atuais, confirma-se que o processo de desnitrificação não é o único processo a fechar o ciclo, formando nitrogênio molecular. Existe o processo *anammox*, que consiste na oxidação do íon amônio em anaerobiose pelo nitrito, formando nitrogênio molecular e duas moléculas de água. Porém, sabe-se muito pouco sobre este processo (ESTEVES, 2011).

2.3.4.1 *Compostos nitrogenados em águas subterrâneas*

Devido à intensa poluição causada pelas diversas ações antrópicas, diversas substâncias nocivas são encontradas nos diferentes meios aquáticos. O nitrato é um dos íons de maior importância sanitária em águas subterrâneas, devido a sua grande toxicidade. Sua presença está geralmente relacionada às atividades agrícolas, sendo originado de agrotóxicos e fertilizantes nitrogenados, irrigação excessiva, excrementos de animais e esgotos sanitários (SANTANA; VICENTINI; CUBA, 2012; NUNES et al., 2012; UHLMAN; ARTIOLA, 2011).

Um dos malefícios causados por esses compostos nitrogenados presentes em quantidades elevadas em águas subterrânea é o risco de metemoglobinemia e à formação potencial de nitrosaminas e nitrosamidas carcinogênicas (ALABURDA; NISHIHARA, 1998).

Segundo Nascimento et al. (2008) a metemoglobinemia reúne alterações congênitas e reações tóxicas a agentes diversos. Ela é uma condição clínica onde o nitrito pode induzir a oxidação do ferro da hemoglobina, e esta, resulta num pigmento chamado metemoglobina que é incapaz de levar oxigênio para as células individuais do corpo. Isto irá causar várias consequências à saúde, como tremores, convulsões, vômitos, entre outros sintomas, os quais podem ocasionar a morte do indivíduo (PESSUTI, 2013; UHLMAN; ARTIOLA, 2011).

Em adultos, enzimas convertem de forma contínua a metemoglobina novamente à hemoglobina, e seus níveis condições normais, não ultrapassam 1 %. Os recém nascidos possuem níveis mais baixos destas enzimas, e seu nível de metemoglobina é geralmente 1 a 2 %. Qualquer valor acima deste nível é considerado metemoglobinemia (MCCASLAND et al., 2012).

Segundo Cantor (1997), pessoas expostas a níveis consideravelmente altos de nitrato, possuem um alto risco de desenvolvimento de câncer, pela conversão do nitrato a nitrito. As nitrosaminas e nitrosamidas são compostos formados por reações entre o nitrito ingerido ou pela redução bacteriana em nitrato com certas substâncias presentes nos alimentos, e estão diretamente ligados à formação de tumor em

experimentos laboratoriais (AMERICAN¹..., 1990 apud ALABURDA; NISHIHARA, 1998).

Mediante todos estes prováveis riscos ocasionados à saúde humana através da ingestão de água contaminada por compostos nitrogenados, a Portaria MS 2914/11, estabelece um valor máximo permitido para o nitrato e o nitrito (expressos em N) presentes em águas que são utilizadas para o consumo humano, sendo 10mg/L para o nitrato e 1 mg/L para o nitrito (BRASIL, 2011).

2.3.5 SURFACTANTES

Os surfactantes (tensoativos aniônicos e catiônicos) são moléculas anfipáticas formadas por uma porção hidrofóbica e outra, hidrofílica. A maioria deles é sintetizada a partir de derivados de petróleo e formam uma classe importante de compostos químicos, muito utilizados na indústria (NITSCHKE; PASTORE, 2002).

Segundo Daltin (2011), a polaridade de uma molécula resulta de suas ligações químicas na sua estrutura, que podem ser polares ou não polares. Para uma região da molécula ser polar, é necessário que haja diferença de eletronegatividade e deslocamento de carga entre os átomos.

Os tensoativos aniônicos são moléculas com a região polar com carga negativa (Figura 2). Também possui átomos de oxigênio na região polar o que aumenta sua polaridade. Isto faz com que eles possuam alta solubilidade em água (DALTIM, 2011). A maior aplicação de surfactantes aniônicos é na produção de detergentes e em campos de solubilização (CROSS, 1998).

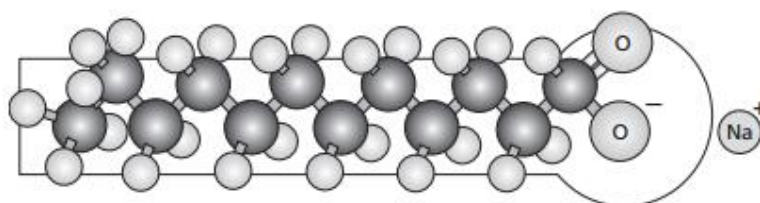


Figura 2 - Molécula possuindo região polar com carga negativa
Fonte: Daltin (2011).

¹AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA). **Water quality and treatment: a handbook of community water supplies**. 4. ed. New York, McGraw Hill, 1990

Os surfactantes são um representante do padrão organoléptico da qualidade da água, conforme estabelecido pela Portaria MS 2914/11, o qual abrange um conjunto de parâmetros que provocam estímulos sensoriais, afetando a aceitação da água para o consumo humano e que não necessariamente implicam riscos à saúde (BRASIL, 2011).

2.3.6 BTEX

O petróleo e seus derivados são considerados os principais contaminantes do meio ambiente, e estes, sofrem aumento em escala mundial de produção, transporte e utilização (MAZZEO, 2009). Nos últimos anos, a contaminação do solo e águas subterrâneas, principalmente por hidrocarbonetos, tem ganhado destaque por afetar grandemente o meio ambiente e pela frequência que tais episódios acontecem (VASCONCELOS et al. 2014).

A gasolina entra no solo por derramamento superficial, vazamentos ou ruptura de bombas. Ao alcançarem as águas subterrâneas, eles são lixiviados para a água e podem facilmente migrar para o estado dissolvido (BAIRD; CANN, 2011).

Segundo Heleno et al. (2010), a contaminação por gasolina está relacionada aos hidrocarbonetos aromáticos, especialmente a mistura BTEX, (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos). Em derramamentos de combustíveis automotivos, os compostos do grupo BTEX são os de maior interesse, pela sua toxicidade e sua mobilidade na subsuperfície (COSTA; NUNES; CORSEUIL, 2009).

Tais compostos apresentam risco à saúde humana, podendo ter efeitos neurotóxicos ou mutagênicos (FERREIRA et al., 2008). Tal afirmação é reafirmada por Mazzeo (2009), que através da realização de testes experimentais, constatou que a mistura BTEX possui potencial genotóxico e mutagênico.

Em derramamento de combustível, uma das principais preocupações é a contaminação de aquíferos que são usados para o consumo humano (COURSEUIL; MARINS, 1998), visto a toxicidade dos compostos BTEX. Perante isto, destaca-se a importância da quantificação destes compostos para o consumo da água proveniente de poços.

2.4 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

Segundo Tortora, Funke e Case (2012), os microrganismos, também chamados de “micróbios”, são formas de vida individualmente muito pequenas, e não são vistas a olho nu. Eles estão presentes em todos os ambientes, inclusive, na água. O grupo é representado por bactérias, fungos, protozoários e algas microscópicas, e também inclui os vírus.

Uma das principais maneiras que a água relaciona-se à saúde humana é como um veículo de microrganismos que podem ser patógenos, transmitindo doenças como por exemplo, a febre tifoide, cólera, entre outros. A presença de microrganismos na água ocorre especialmente devido à contaminação fecal (TORTORA; FUNKE; CASE, 2012; BICUDO; TUNDISI; SCHEUENSTUHL, 2010).

Historicamente, a preocupação sobre a pureza das águas está relacionada com a transmissão de doenças. Assim, foram desenvolvidos testes para determinar a segurança das águas, que também são muito aplicados em alimentos (TORTORA; FUNKE; CASE, 2012). Os padrões de potabilidade da água para o consumo humano também foram estabelecidos pela Portaria MS 2914/11, que indica níveis seguros na presença de microrganismos na água, evitando a maior parte de contaminação e doenças por ela causadas.

A água potável, utilizada para o consumo não deve apresentar microrganismos patogênicos nem possuir bactérias que indicam provável contaminação fecal (exceto algumas amostras definidas pela portaria, analisadas dependendo da quantidade populacional abastecida) representadas tradicionalmente por bactérias denominadas coliformes (FUNDAÇÃO..., 2009).

Coliformes e Streptococcus fecais são usados como indicadores de possível contaminação por esgoto, por estarem presentes em fezes humanas e animais. Sua presença na água indica uma potencial contaminação por bactérias patogênicas vírus e protozoários (TELLES, 2013).

As bactérias do grupo coliforme são divididas em totais e termotolerantes. Os coliformes totais são bactérias do grupo coliforme, gram-negativos, com forma de bacilos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formam esporos, são oxidase-

negativos e capazes de se desenvolver presença de sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam a lactose com produção de ácido, gás e aldeído a $35 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ num período de 24 a 48 horas. Também, podem apresentar atividade da enzima β – galactosidase. Já os coliformes termotolerantes, são um sub-grupo das bactérias do grupo coliforme que fermentam a lactose a $44,5^{\circ}\text{C} \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ em 24 horas, e possuem como principal representante a *Escherichia coli*, de origem fecal, exclusivamente e que é considerado o mais específico indicativo de contaminação fecal e de eventual presença de microrganismos patogênicos (FUNDAÇÃO..., 2014).

Segundo Tortora, Funke e Case (2012), a água que se move abaixo da superfície do solo, passa por uma filtração que remove certa quantidade microrganismos. Com isto, as fontes e água de poços profundos são geralmente de boa qualidade ao consumo.

No entanto, já foi observado que o lençol freático e aquíferos correm risco de contaminação. Freitas e Almeida (1998), por exemplo, analisaram a qualidade da água subterrânea no município de Duque de Caxias - RJ e constataram que muitos mananciais subterrâneos analisados, estavam localizados em situação de risco, sendo que a área apresentava uma grande densidade urbana e demográfica, sem rede de esgoto capaz para um tratamento adequado e muitos domicílios utilizavam fossas e sumidouros e valas negras para destino dos dejetos.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 LOCAL DA COLETA

As coletas das amostras de água analisadas ocorreram em 3 poços na região urbana e 4 poços na área rural do município de Dois Vizinhos - PR. O município em questão apresenta área territorial de 418,9 Km², altitude de 509m e localiza-se na região Sudoeste do Paraná (25°44'01''S e 53°03'26''W).

A localização dos poços está representada na figura 03, onde: PM localiza-se na Fazenda Mazurana; UA, UG e UM na UTFPR campus DV, PC localiza-se no Bairro Nossa Senhora de Lourdes; PD na Rua José de Alencar - Centro Sul e PA, no Bairro São João. A maioria dos poços analisados é utilizada para o consumo humano e à dessedentação animal (exceto PD).

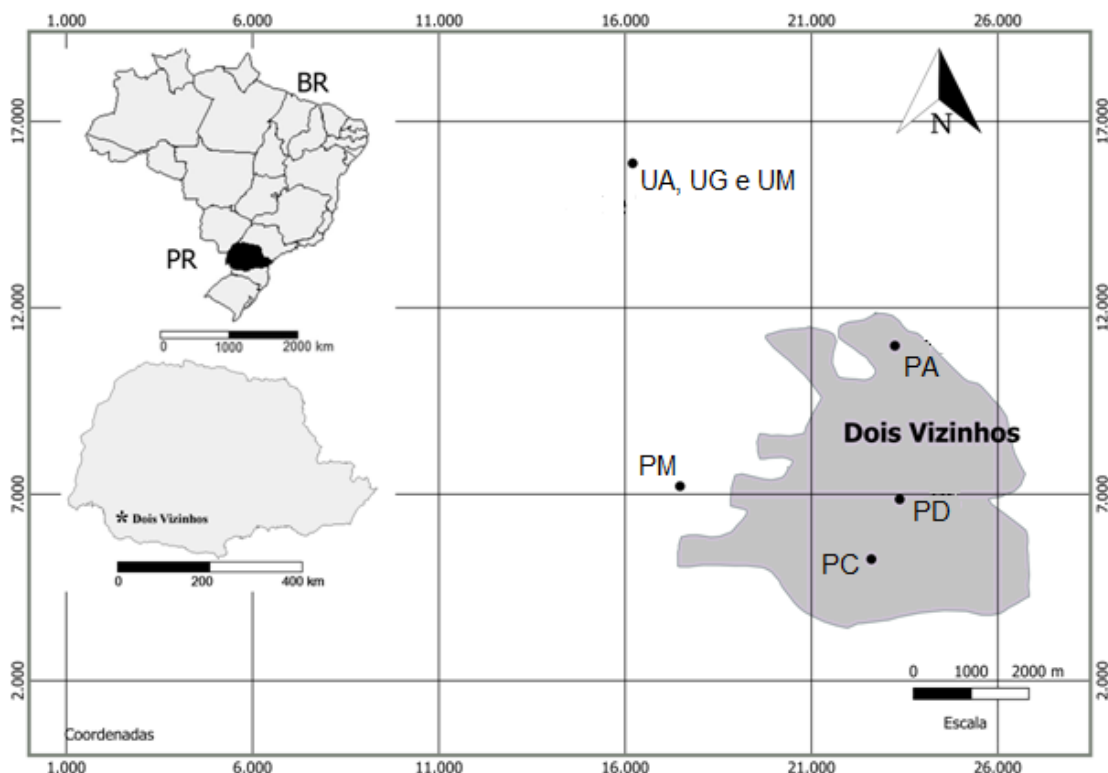


Figura 3 - Mapa da localização dos poços a serem analisados na zona urbana e rural do município de Dois Vizinhos
Fonte: Arquivo pessoal (2016).

3.2 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA

3.2.1 Coleta e transporte das amostras de água para análises microbiológicas

A primeira coleta ocorreu no final do mês de setembro de 2016 e a segunda coleta (somente para os poços PD e UM), ocorreu no mês de novembro de 2016. As amostras de água dos poços foram coletadas no período da manhã e acondicionadas em frascos esterilizados sob alta pressão e temperatura (autoclavados).

O procedimento de coleta seguiu o proposto pela FUNASA, onde o local da coleta foi desinfetado com álcool 70% e em seguida, deixando-se um fluxo constante de água por aproximadamente 2 minutos para posterior coleta. (FUNDAÇÃO..., 2013).

O transporte foi realizado em ambiente resfriado (caixa isotérmica contendo gelo) para o Laboratório de Microbiologia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Dois Vizinhos (UTFPR –DV) e as análises ocorreram no mesmo dia da coleta (FUNDAÇÃO..., 2013; FUNDAÇÃO..., 2014).

3.2.2 Análise Microbiológica

A análise microbiológica foi realizada pela técnica de tubos múltiplos e contagem pela técnica do número mais provável (NMP) para 5 tubos, com realização de teste presuntivo e confirmativo para a determinação da presença de coliformes totais e de coliformes termotolerantes (FUNDAÇÃO..., 2013).

Foi realizado a verificação da combinação dos resultados positivos nas combinações 1:1, 1:10 e 1:100 obtidos no teste confirmativo e os resultados dos poços utilizados para o consumo humano foram analisados segundo a Portaria MS 2914/11.

3.2.2.1 Teste presuntivo

Para realização do teste presuntivo, as amostras foram inicialmente inoculadas em 3 séries de tubos contendo caldo lactose, sendo que cada série foi inoculada com um volume de amostras 10 vezes menor que a anterior (1:1, 1:10, 1:100), e em cada tubo foram inseridos tubos de Durham invertidos. Na sequência, as diluições das amostras foram incubadas (35 – 37°C) por um período de 24/48 horas. Em caso de crescimento positivo para coliformes, com a formação de gás, indica o teste presuntivo positivo. Os tubos positivos no período de 24/48 horas foram novamente inoculados imediatamente nos posteriores tubos confirmativos, de modo a evitar crescimento excessivo de coliformes, e não comprometer os resultados pela redução do pH. Caso não há a formação de gás durante o período de incubação, o exame termina nesta fase e o resultado é considerado negativo (FUNDAÇÃO..., 2013).

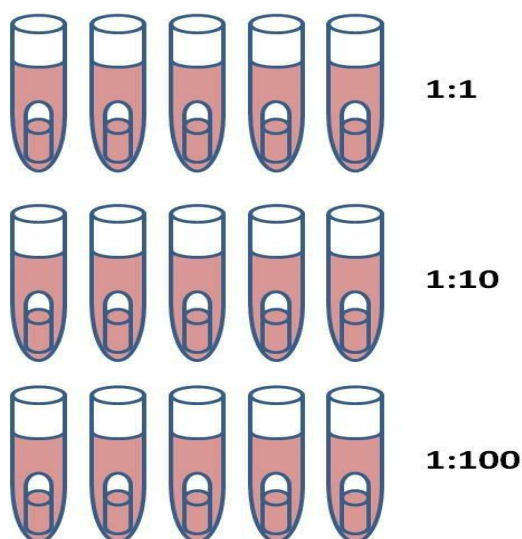


Figura 4 - Diluições em tubos de ensaio com tubo de Durham invertido
Fonte: Fontes (2013)

3.2.2.2 Teste confirmativo

Para a verificação da presença de coliformes totais, o conteúdo amostral foi transferido, utilizando uma alça de platina flambada e fria, para os tubos confirmativos contendo caldo verde brilhante bile a 2% e tubos de Durham invertidos. Após este processo de repicagem e identificação dos tubos, eles foram incubados a 35 – 37°C por período de 24 a 48 horas. Caso apresentasse turbidez e formação de gás neste meio, identifica-se como teste positivo para coliformes totais. Os resultados dos tubos foram expressos em NMP (número mais provável). Para essa determinação, foi verificado a combinação formada através do número de tubos que apresentaram resultado positivo no teste confirmativo, e comparação com a tabela do número mais provável (ANEXO A)(FUNDAÇÃO..., 2013).

Para avaliar coliformes termotolerantes, as amostras dos tubos indicativos da presença de coliformes foram diluídas conforme procedimento padrão. Através de uma alça de platina flambada e fria, foi feita a transferência do conteúdo dos tubos do teste presuntivo, para os tubos contendo o meio EC, os quais foram posteriormente deixados em banho de água por 30 minutos, e em seguida incubados em banho-maria (44,5 – 45°C) por 24 horas. A presença do gás nos tubos de Durham invertidos indica teste positivo, ou seja, há contaminação por coliformes termotolerantes (FUNDAÇÃO..., 2013).

3.3 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA

3.3.1 Coleta e transporte das amostras de água para análise físico-química

As amostras coletadas foram acondicionadas em frascos de polietileno (1 L) e estocadas em caixas térmicas (COMPANHIA..., 2011). No momento da coleta, o frasco de polietileno foi lavado com a água a ser coletada, preenchendo o volume do frasco (FUNDAÇÃO..., 2014).

As amostras foram transportadas até o Laboratório de Ecologia Geral e Microbiologia Geral na UTFPR – DV, onde foram realizadas as análises de pH, surfactantes e sólidos totais dissolvidos. Para a realização dos ensaios no Laboratório de Tecnologia ambientais e Agrônomicas, no TECPAR, as amostras

foram acondicionadas em caixa térmica com gelo e encaminhadas e enviadas via correios.

3.3.2 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH foi determinado pelo método potenciométrico, utilizando um potenciômetro de bancada no mesmo dia da realização da coleta das amostras.

3.3.3 Surfactantes

Foi utilizado o método segundo o “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”, do APHA. Inicialmente, foi preparada uma curva de calibração com uma série de funis de separação com 1 mL, 5 mL 10 mL de solução padrão sal e foi adicionado água reagente para completar 100 mL em cada funil. Cada padrão foi tratado como descrito a seguir (RICE et al, 2012):

Foi transferido 100 mL de amostra em um funil de separação. Ela foi alcalinizada por adição gota a gota de NaOH 1 N, usando um indicador fenolftaleína. Depois, foi removido a cor rósea com a adição gota a gota com solução de ácido sulfúrico 1 N. Em seguida, foi adicionado 10 mL de clorofórmio e 25 mL de reagente azul de metileno. O funil foi agitado por 30 segundos e descansado para as fases se separarem. Seguidamente, foi drenado a camada de clorofórmio e colocado-o em um segundo funil de separação. Esta extração foi repetida por mais duas vezes, usando 10 mL de clorofórmio cada vez. Foi adicionado a solução de lavagem e separado a camada de clorofórmio, que posteriormente, foi realizada a leitura de absorvância da amostra em espectrofotômetro, com comprimento de onda de 652 nm. Os resultados foram calculados mediante curva padrão (RICE et al, 2012).

3.3.4 Sólidos totais dissolvidos (STD)

Para a determinação de sólidos, foram utilizados métodos segundo o “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”, do APHA.

O material foi homogeneizado e posteriormente filtrado em sistema de filtração previamente montado. O volume filtrado de 100 mL foi avolumado em balão volumétrico e transferido para as cápsulas previamente taradas em estufa e levadas em banho-maria até evaporação total do resíduo. Em seguida, as cápsulas com os resíduos foram levadas a estufa (103°-105°C) para obtenção do peso constante. O material foi retirado e acondicionado em dessecador e pesado para a obtenção do peso final (RICE et al., 2012).

3.3.5 Análise de BTEX, nitrato, nitrito, cloreto e sulfato

As amostras para as análises de BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos), nitrato, nitrito, cloreto e sulfato da água coletada, foram acondicionadas em caixa térmica com gelo e enviadas via correios para o Laboratório de Tecnologias Ambientais e Agronômicas do Instituto de Tecnologia do Paraná em Curitiba-PR, para a realização dos ensaios propostos.

As determinações dos orgânicos voláteis (BETX) foram realizadas pela técnica de cromatografia gasosa com espectrômetro de massa acoplado (CG/MS) e os parâmetros cloretos, sulfatos, nitrito e nitrato foram realizados pela técnica de cromatografia iônica (CI).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Visualização e caracterização de poços analisados



Figura 5 - Visualização dos locais de coleta dos sete poços analisados localizados no município de Dois Vizinhos - PR. Os poços PC, PD e PA localizam-se na área urbana e PM, UA, UG e UM localizam-se na área rural do município.

*No poço PC, foi coletado a amostra de água antes de chegar na caixa de água.

** Local de coleta referente à segunda coleta no poço UM.

Fonte: Arquivo pessoal (2016)

Localização	Poço	Uso da água captada
Área Urbana do município de Dois Vizinhos, PR	PD	limpeza doméstica em geral
	PA	consumo humano
	PC	consumo humano
Área Rural do município de Dois Vizinhos, PR	PM	consumo humano
	UA	consumo humano
	UG	consumo humano
	UM	atividades na fazenda da UTFPR-DV

Quadro 1 – Uso e destinação da água subterrânea captada através de poços, em área rural e urbana do município de Dois Vizinhos, PR - 2016

Fonte: Arquivo pessoal (2016).

4.2 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH)

Os valores de pH encontrados nos poços analisados variaram entre 5,4 a 9,9. Para os poços PD e UM, foi realizada uma segunda coleta, e foi verificado pouca (ou nenhuma) variação no pH (Tabela 1). Na Portaria MS 2914/11, é recomendado que no sistema de distribuição o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5. Portanto, verifica-se que a maioria das amostras de água analisada atendeu à legislação vigente.

Resultados semelhantes foram encontrados por Corcóvia e Celligoi (2012), que realizaram uma avaliação preliminar da qualidade da água subterrânea no município de Ibiporã - PR e também obtiveram variação na concentração do pH, os quais, variaram entre 5,89 e 9,57.

Segundo Queiroz (2004), as águas minerais e potáveis de mesa do Brasil apresentam uma variação significativa dos valores de sua concentração hidrogeniônica. Tal afirmação também é colocada pelo Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM (2015), que afirma que o pH das mesmas oscilam entre 4,0 até o máximo de 10,2, representando assim, uma variação significativa.

O Código de águas minerais de 1945 define que “águas potáveis de mesa” são as águas de composição normal vindas de fontes naturais ou de fontes

artificialmente captadas que apresentam condições de potabilidade para a região (BRASIL, 1945).

As águas de pH alcalino ou básico (com $\text{pH} > 7$) atingem maior concentrações nas porções sudeste e sul do país, onde somam mais de 80% do total nacional (QUEIROZ, 2004). Nos resultados, verificamos a maior parte das amostras de água dos poços analisados com pH alcalino.

Tabela 1 - Valores de pH encontrados nos 7 poços analisados. * Valor do pH referente a segunda coleta - 2016

Poço	pH
PD	5,4
PD*	5,5
PA	8,4
PC	7,1
PM	7,2
UA	9,9
UG	8,3
UM	6,9
UM*	6,9

Fonte: Arquivo pessoal (2016).

4.3 SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS (STD)

Os sólidos são representados como toda a matéria que fica como resíduo após processo de secagem, evaporação ou calcinação. Estão presentes na água como sólidos totais, em suspensão, fixos e voláteis (TELLES, 2013). São representantes do padrão organoléptico da potabilidade da água (BRASIL, 2011). Neste trabalho, foi feita a determinação de sólidos totais dissolvidos na água dos poços rurais e urbanos no município de Dois Vizinhos – PR.

Na Portaria MS 2914/11, o valor máximo permitido (VMP) para sólidos dissolvidos totais é de 1000 mg/L. Portanto, observa-se que nos poços analisados,

todos encontram-se dentro do valor máximo permitido para este parâmetro. Sendo que o menor valor encontrado foi no poço UM 26 mg/L, e o maior valor, no poço UA, com 300 mg/L (Gráfico 1).

Corc6via e Celligoi (2012) também constataram n6veis baixos de STD dissolvidos, os quais variaram entre 21 a 253 mg/L, ao realizarem uma avalia76o preliminar da qualidade da 6gua subterr6nea no munic6pio de Ibipor6 - PR. Tamb6m, outros autores, como Zerwes et al. (2015), ao analisarem a qualidade da 6gua de po7os artesianos do munic6pio de Imigrante - RS, obtiveram valores de STD entre valores n6o detectados (nd) e 187,5 mg/L. Tais valores tamb6m indicaram conformidade com o VMP estabelecido pela Portaria MS 2914/11.

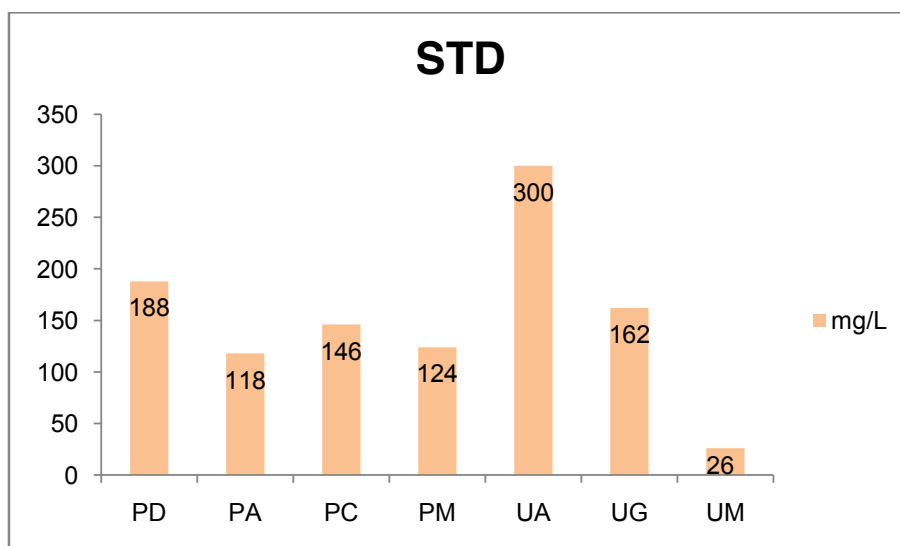


Gráfico 1 - Concentrações de sólidos totais dissolvidos encontrados (em mg/L) nos sete poços analisados

Fonte: Arquivo pessoal (2016).

4.4 CLORETO (Cl⁻)

O cloreto se apresenta nas 6guas subterr6neas advindo da percola76o da 6gua entre o solo e as rochas (COMPANHIA..., 2009). Segundo Telles (2013), eles podem tamb6m advir de esgotos dom6sticos e industriais, e em altas concentra76es, podem possuir propriedade laxativa e conferir sabor salgado 6 6gua.

O VMP para o cloreto, estabelecido pela Portaria MS 2914/11 é de 250 mg/L. Os sete poços analisados apresentaram concentrações de cloreto abaixo deste valor máximo permitido, estando assim, dentro do padrão de potabilidade. O menor valor de cloreto encontrado foi no poço PA com 0,2 mg/L e o maior, no poço PD, com 17,4 mg/L (Gráfico 2).

Zerwes et al. (2015), ao analisar a qualidade da água de poços no RS, também obtiveram valores baixos para o cloreto, os quais oscilaram entre 2,12 a 6,485 mg/L, apresentando-se em conformidade aos parâmetros de potabilidade da água.

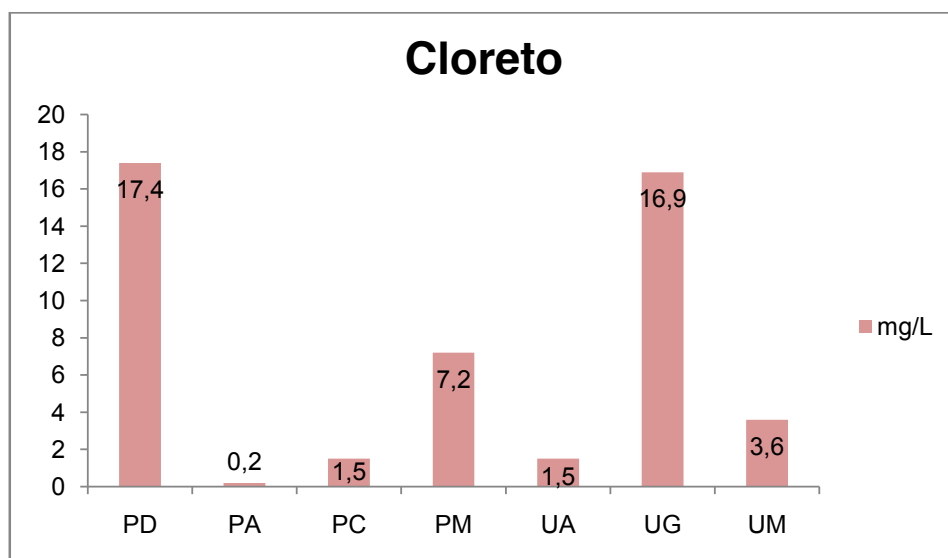


Gráfico 2 - Concentrações de cloreto encontrados (em mg/L), nos sete poços analisados
Fonte: Arquivo pessoal (2016).

4.5 SULFATO (SO_4^{2-})

O sulfato é um íon abundante na natureza. Nas águas subterrâneas, ele surge pela dissolução de solos e rochas (TELLES, 2013) e é representante do padrão organoléptico da potabilidade da água (BRASIL, 2011). Geralmente, as águas subterrâneas do país apresentam uma boa qualidade natural em quase todo o território nacional. A química da água é geralmente controlada basicamente pelas

rochas e sedimentos do aquífero e pelo clima, na dissolução das rochas (BICUDO; TUNDISI; SCHEUENSTUHL, 2010).

A Portaria MS 2914/11 estabelece o VMP para sulfato de 250 mg/L. Verifica-se que os poços analisados apresentaram-se dentro do estabelecido. Também, houve 4 poços (PD, PA, PM e UM) nos quais não foi detectada a presença do analito de estudo na concentração de 0,1mg/L da amostra de água analisada (Gráfico 3). Tais resultados expressam a boa qualidade da água para este íon.

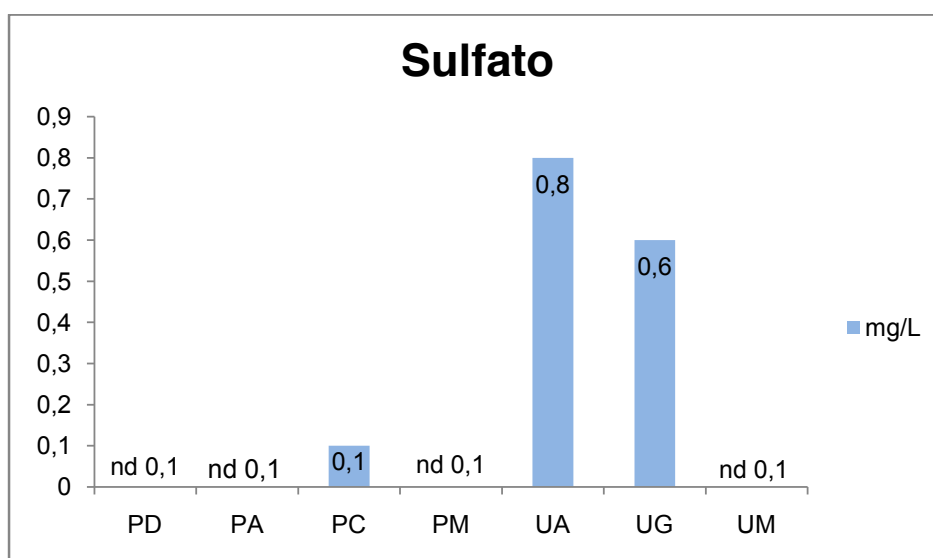


Gráfico 3 - Concentrações de sulfato encontrados (em mg/L), nos sete poços analisados

Fonte: Arquivo pessoal (2016).

4.6 SURFACTANTES

A maioria dos surfactantes são sintetizados a partir de derivados de petróleo, e são largamente utilizados na indústria (NITSCHKE; PASTORE, 2002), sendo que a maior aplicação de surfactantes aniônicos ocorre na produção de detergentes e em campos de solubilização (CROSS, 1998).

A Portaria MS 2914/11 coloca os surfactantes como representantes do padrão organoléptico da qualidade da água, o qual pode afetar a aceitação da água para o consumo humano, porém, não necessariamente implicam riscos á saúde (BRASIL, 2011).

Nos sete poços analisados, não foi detectada a presença de surfactantes na concentração de 0,1 mg/L. A Portaria MS 2914/11 estabelece o valor máximo permitido para surfactantes de 0,5 mg/L, portanto, os resultados apresentados para este parâmetro, estão todos dentro do VMP pela legislação.



Figura 6– Amostras para leitura de absorvância. A cor azul indica a presença de surfactantes na amostra pela adição do reagente azul de metileno
Fonte: Arquivo pessoal (2016).

4.7 NITRATO E NITRITO

Dos valores encontrados para o nitrato, em 2 poços (UA e UG) não foi detectado sua presença em 0,03 mg/L (limítrofe da leitura do cromatógrafo). No restante dos poços analisados, os valores variaram de 0,24 a 45,82 mg/L (Gráfico 4). Já para o nitrito, a maioria dos poços apresentaram valores não detectados em 0,04 mg/L da amostra de água analisada, exceto PA, que apresentou a concentração de nitrito de 0,08 mg/L (Gráfico 5).

A portaria MS 2914/11 considera o nitrato e o nitrito como substâncias químicas que representam riscos para a saúde, e estabelece como VMP para o nitrato 10 mg/L e para o nitrito, 1 mg/L. Dois poços analisados (PD e PC), ambos localizados na área urbana, apresentaram concentrações de nitrato acima do padrão de potabilidade. Porém, apenas o poço PC é utilizado para consumo humano, não estando em conformidade com a legislação vigente. Já para o nitrito, todos estão em conformidade com a legislação vigente.

Os resultados da concentração de nitrato acima dos VMP pela legislação indicam prováveis riscos à saúde, visto que vários trabalhos associam as altas concentrações de nitrato ao aparecimento da metemoglobinemia e à formação potencial de nitrosaminas e nitrosamidas carcinogênicas (FREITAS; BRILHANTE; ALMEIDA, 2001; SILVA; ARAÚJO, 2003; BAIRD; CANN, 2011).

Segundo Freitas et al. (2001), em águas de poços, a alta concentração de nitrato é indicativa de contaminação antropogênica. Seus níveis elevados indicam contaminação pela disposição inadequada de dejetos humanos, industriais e uso de fertilizantes nitrogenados na agricultura (SILVA; ARAÚJO, 2003).

Zerwes et al. (2015), analisaram a qualidade da água de poços artesianos no município de Imigrante - RS e também constataram níveis altos de nitrato para 4 das 10 amostras analisadas. Os valores constatados variaram entre 1,181 a 41,634 mg/L.

Silva e Araújo (2003), ao analisarem a qualidade da água de poços rasos em áreas urbanas de Feira de Santana - BA, constataram um elevado número de amostras com índices de nitrato acima de 10 mg/L. Tais autores colocam que o nitrato é o produto final da estabilização aeróbia do oxigênio, indicando contaminação antiga. Tal afirmação explica a alta concentração de nitrato no poço PD, que mesmo após certo tempo de inativação de fossa na propriedade, apresenta um alto nível de nitrato (45,82 mg/L), apresentando-se mais que 3 vezes acima do VMP estabelecido pela legislação vigente (10 mg/L). Já o poço PC, há uma plantação de flores próxima ao poço, podendo ter influenciado no resultado obtido.

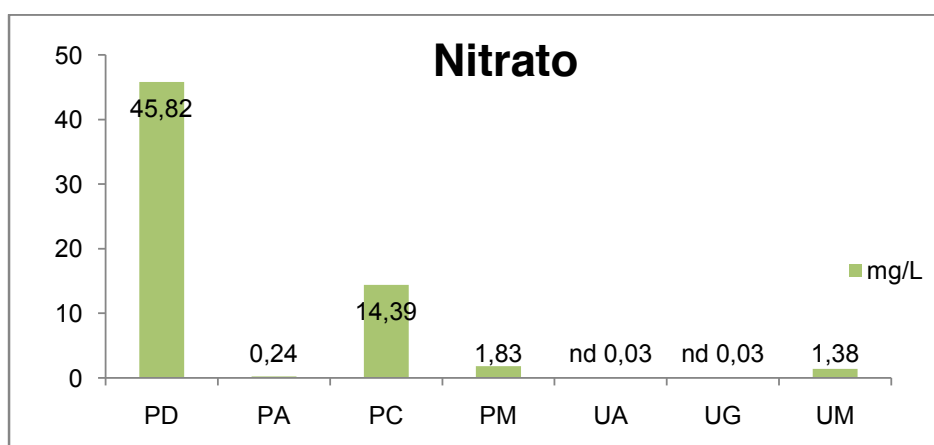


Gráfico 4 - Concentrações de nitrato encontrados (em mg/L), nos sete poços analisados

Fonte: Arquivo pessoal (2016).

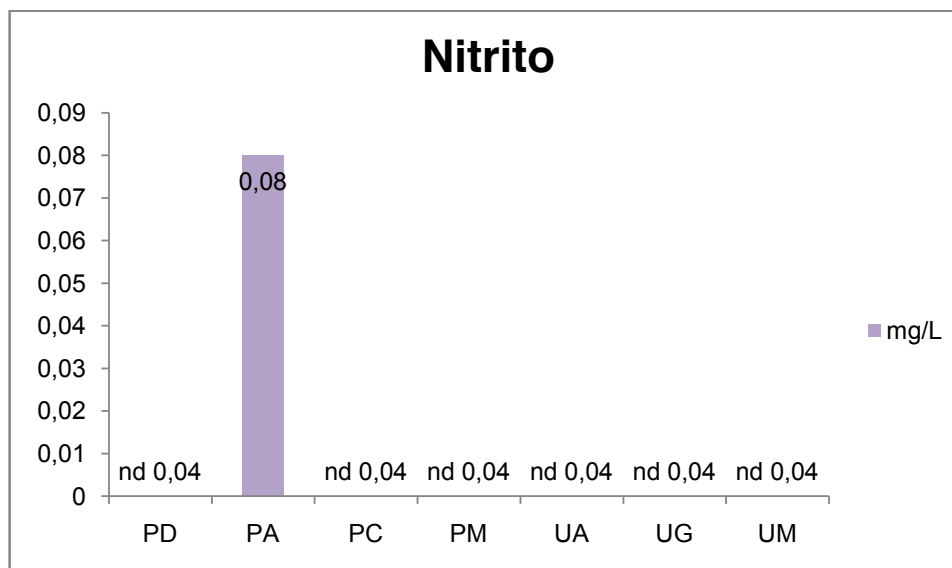


Gráfico 5 - Concentrações de nitrito encontrados (em mg/L), nos sete poços analisados
Fonte: Arquivo pessoal (2016).

4.8 BTEX

A presença da mistura BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos) na água, está relacionada à contaminação por gasolina (HELENO; AFONSO; COUTRIM, 2010) e apresentam grande toxicidade à saúde humana (COSTA; NUNES; CORSEUIL, 2009).

Na análise feita em cromatógrafo gasoso das substâncias voláteis: benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos, não foi detectada a presença de nenhum deles na concentração de 0,01 mg/L da água analisada, nos sete poços onde foram realizadas as coletas.

A portaria 2914/11 estabelece VMP para benzeno de 5 µg/L; toluenos 0,17 mg/L, etilbenzeno 0,2 mg/L e xilenos 0,3 mg/L. Assim, todos os resultados obtidos nas amostras de água analisadas, encontram-se em conformidade com o padrão de potabilidade da água para o consumo humano, e nos indicam que não houve contaminação por combustíveis.

Resultados semelhantes foram obtidos por Lopes (2011), os quais não foi detectado a presença de BTEX para algumas amostras de água subterrânea na cidade de Natal – RN, através dos poços analisados, e outras, que apresentaram o composto, estavam dentro da legislação por ele analisada.

4.9 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

No teste de tubos múltiplos, a formação de gás nos tubos de Durham indica a presença de microrganismos na água (Figura 7), indicando teste positivo (PALUDO, 2010; FUNDAÇÃO..., 2013.). E a soma dos tubos positivos nas três concentrações (1:1; 1:10 e 1:100) nos dão a combinação de tubos positivos para a determinação do NMP (ANEXO A).



Figura 7 - À esquerda, tubos de ensaio sem a formação de gás no tubo de Durham, indica teste negativo. À direita, tubo de ensaio apresentando turbidez no meio e formação de gás no tubo de durhan, indica teste positivo

Fonte: Arquivo pessoal (2016).

Os resultados obtidos na análise microbiológica encontram-se expressos no quadro 2. Dos sete poços urbanos e rurais no município de Dois Vizinhos - PR analisados, PA, PC, PM, UA e UG, os quais são utilizados para o consumo humano, tiveram ausência de coliformes totais e EC nos testes confirmativos, não apresentando nenhum tubo positivo no teste de tubos múltiplos, os quais se apresentaram em conformidade com a Portaria MS 2914/11 e os padrões de potabilidade por ela estabelecidos.

Já os poços PD e UM, apresentaram resultado positivo para coliformes totais e EC. No entanto, na análise do poço PD, o resultado obtido dos tubos positivos no teste confirmativo para coliformes totais e termotolerantes não foi encontrado na tabela do NMP para cinco tubos (ANEXO A). E no poço UM, ocorreu a quebra de um tubo de ensaio no teste confirmativo, inviabilizando o resultado. Assim, foi realizada uma segunda coleta de água destes dois poços, PD e UM, os quais apresentaram novamente tubos positivos, detectando a presença de coliformes totais e termotolerantes na amostra de água analisada.

Poço	Presuntivo de coliformes		Confirmativo de coliformes totais		Confirmativo de coliformes termotolerantes	
	Resultado de tubos positivos	Resultado final (em NMP/100mL)	Resultado de tubos positivos	Resultado final (em NMP/100mL)	Resultado de tubos positivos	Resultado final (em NMP/100mL)
PD*	5-5-0	240 NMP/100 ml	5-5-0	240 NMP/100 ml	5-3-0	80 NMP/100 ml
PA	2-0-0	4 NMP/100 ml	0-0-0	< 2 NMP/100 ml	0-0-0	< 2 NMP/100 ml
PC	0-0-0	< 2 NMP/100 ml	0-0-0	< 2 NMP/100 ml	0-0-0	< 2 NMP/100 ml
PM	1-0-0	2 NMP/100 ml	0-0-0	< 2 NMP/100 ml	0-0-0	< 2 NMP/100 ml
UA	0-0-0	< 2 NMP/100 ml	0-0-0	<2NMP/100 ml	0-0-0	< 2 NMP/100 ml
UG	0-0-0	< 2 NMP/100 ml	0-0-0	< 2 NMP/100 ml	0-0-0	< 2 NMP/100 ml
UM*	5-2-0	50 NMP/100 ml	5-2-0	50 NMP/100 ml	5-2-0	30 NMP/100 ml

Quadro 2–Resultado da contagem pela técnica do NMP para 5 tubos, nos 7 poços analisados

* Resultados referentes à segunda coleta

Fonte: Arquivo pessoal (2016).

Dos sete poços analisados, dois poços (PD e UM) apresentaram resultados positivos para coliformes totais e EC, sendo que PD é utilizado para atividades básicas (ex: limpeza) e o poço UM é utilizado na fazenda da instituição, inclusive para dessedentação animal.

A presença de coliformes no poço PD se justifica pela propriedade ter caixa de gordura próxima ao poço e uma fossa que embora já inativada, provavelmente ainda contribui para o aumento da matéria orgânica e contaminação no poço analisado. Segundo a ANA (2007), a falta de saneamento pode apresentar risco às águas subterrâneas através da infiltração por fossas negras, escoamento superficial e vazamentos na rede de esgoto. Geralmente, seus impactos são altas concentrações de nitrato e presença de microrganismos. Tais resultados foram constatados na análise deste poço (PD).

Resultados semelhantes para poços rasos foram encontrados por Daneluz e Tessaro (2015), que analisaram a qualidade da água de nascentes e poços rasos da região Sudoeste do Paraná e constataram nos poços rasos analisados, que apenas 42,22% destes atenderam aos padrões de potabilidade estabelecidos pela legislação vigente. Os demais poços não apresentaram condições de potabilidade, sendo conseqüentemente, impróprios ao consumo.

Também, ao analisar a qualidade da água de poços artesianos no Sul do Rio Grande do Sul, Colvara et al. (2009) constataram que todas as amostras apresentavam coliformes totais, e 70% estavam contaminadas com coliformes termotolerantes, apresentando riscos à saúde.

Há vários fatores responsáveis pela contaminação da água de poços artesianos, tanto em propriedades rurais como urbanas, dentre eles: a falta de manutenção do reservatório, localização inadequada do poço e falta de higiene e cuidado no consumo da mesma (COLVARA; LIMA; SILVA, 2009).

5 CONCLUSÃO

Diante das análises realizadas, conclui-se que a maioria das amostras de água dos poços analisados apresentou boas propriedades físico-químicas e microbiológicas. Exceto dois poços urbanos que obtiveram altas concentrações de nitrato, indicando possível contaminação antrópica e também, dois poços, um rural e outro, urbano, que apresentaram a presença de coliformes totais e EC. Assim, ressalta-se a importância da análise da qualidade da água de poços devido à contaminação da água subterrânea por atividades antrópicas, principalmente por efluente doméstico, como constatado em um poço raso analisado, localizado na área urbana do município (PD), o qual tinha uma fossa inativada e apresentou um alto nível de nitrato (indicando contaminação antiga no local) e resultados positivos para coliformes totais e termotolerantes.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Panorama do enquadramento dos corpos d'água do Brasil e panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil**. Brasília: agência nacional de águas, 2007.

_____. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**. Brasília: agência nacional de águas, 2013.

ALABURDA, Janete; NISHIHARA, Linda. Presença de compostos de nitrogênios em águas de poço. **Revista Saúde Pública**, São Paulo, v. 32, n.2, p. 160-165, abr. 1998. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-89101998000200009&lng=pt&nrm=iso&userID=-2>. Acesso em: 28 fev. 2016.

BAIRD, Colin; CANN, Michael. **Química Ambiental**. 4 ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

BICUDO, Carlos E. de M.; TUNDISI, José G.; SCHEUENSTUHL; Marcos C. B. (Orgs). **Águas do Brasil: análises estratégicas**. São Paulo: Instituto de Botânica, 2010.

BRASIL. **Código de Águas Minerais**. 1945. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/1937-1946/De17841.htm>. Acesso em: 29 nov. 2016.

_____. **Portaria MS nº 2914 de 12 de dezembro de 2011 (Federal)**. Disponível em: <http://www.cvs.saude.sp.gov.br/zip/Portaria_MS_2914-11.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2016.

_____. **Resolução Conama nº 396 de 2008**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=562>>. Acesso em: 09 mar. 2016.

CANTOR, Kenneth P. Drinking water and cancer. **Cancer Causes & Control**, v. 8, n. 3, p. 292-308, mai. 1997. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1023%2FA%3A1018444902486>>. Acesso em: 15 jun. 2016.

COLVARA, Júlia G.; LIMA, Andréia S. de; SILVA, Wladimir P. da. Avaliação da contaminação de água subterrânea em poços artesianos no sul do Rio Grande do Sul. **Brazilian journal of food technology**, v. 11, n.2, p.11-14, jan. 2009.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Guia nacional de coleta e preservação de amostras**: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. São Paulo: CETESB, 2011.

_____. **Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo**. CETESB: São Paulo: 2009. Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/32/2013/11/variaveis.pdf>>. Acesso em: 08 nov. 2016.

CORCÓVIA, Josilaine A.; CELLIGOI, André. Avaliação preliminar da qualidade da água subterrânea no município de Ibiporã-PR. **Revista de estudos ambientais**, v. 14, n. 2, p. 39-48, 2012. Disponível em: <<http://proxy.furb.br/ojs/index.php/rea/article/view/2926/2074> >. Acesso em: 07 nov. 2016.

CORSEUIL, Henry X.; MARINS, Marcos D. M. Efeitos causados pela mistura de gasolina e álcool em contaminações de águas subterrâneas. **Boletim técnico Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 41, p. 133-138, jul.1998. Disponível em: <<http://vdpf.petrobras.com.br/vdpf/PDFHighlightServlet.svlt?acao=pdf&codigoArtigo=604>>. Acesso em: 01 set. 2016.

COSTA, Ana Hilda R.; NUNES, Cristina C.; CORSEUIL, Henry X. Biorremediação de águas subterrâneas impactadas por gasolina e etanol com o uso de nitrato. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.14, n.2, p. 265-274, abr. 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v14n2/a14v14n2.pdf>>. Acesso em: 01 set. 2016.

CROSS, John (Ed.). **Anionic Surfactantes**: analytical chemistry. 2 ed. v. 73. New York: Marcel Dekker, 1998. Disponível em: <<https://books.google.com.br/> >. Acesso em: 10 nov. 2016.

DALTIN, Decio. **Tensoativos**: química, propriedades e aplicações. São Paulo: Blucher, 2011. Disponível em: <<http://www.usp.br/massa/2014/qfl2453/pdf/Tensoativos-livrodeDecioDaltin-Capitulo1.pdf> >. Acesso em: 10 nov. 2016.

DANELUZ, Débora; TESSARO, Dinéia. Padrão físico-químico e microbiológico da água de nascentes e poços rasos de propriedades rurais da região sudoeste do Paraná. **Instituto Biológico**, São Paulo, v.82, p. 1-5, mai. 2015. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1808-16572015000100301&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 02 jul. 2016.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (DNPM). **Estudo diagnóstico das águas minerais e potáveis de mesa do Brasil**. Brasília: Departamento Nacional de Produção Mineral, 2015.

ESTEVES, Francisco de A. (Coord.) **Fundamentos de Limnologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.

FERREIRA, Sérgio L.; SANTOS, Antônio M.; SOUZA, Gustavo R.; POLITO, Wagner L.; MÓDOLO, Délson L. Análise por cromatografia gasosa de btex nas emissões de motor de combustão interna alimentado com diesel e mistura diesel-biodiesel (b10). **Química Nova**, v. 31, n.3, p. 539-545, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422008000300015>. Acesso em: 21 ago. 2016.

FONTES, Luiz. **Análises de coliformes por tubos múltiplos**. 2013. Disponível em: <<https://bancadapronta.wordpress.com/2013/09/03/analises-de-coliformes-por-tubos-multiplos/>>. Acesso em: 04 jul. 2016.

FREITAS, Marcelo B.; ALMEIDA, Liz Maria de. Qualidade da água subterrânea e sazonalidade de organismos coliformes em áreas densamente povoadas com saneamento básico precário. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. 10, 1998, São Paulo. **Anais...** Disponível em: <<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/issue/view/1188>>. Acesso em: 30 mai. 2016.

FREITAS, Marcelo B.; BRILHANTE, Ogenis M.; ALMEIDA, Liz Maria de. Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v.17, n.3, p.651-660, jun. 2001.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). **Manual prático de análise de água**. 3. ed. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2009. 144 p.

_____. **Manual prático de análise de água**. 4. ed. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2013. 150 p.

_____. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Brasília : Fundação Nacional de Saúde, 2014. 112 p.

GOMES, Marco A. F. (Ed.) **Uso agrícola das áreas de afloramento do aquífero Guarani no Brasil**: implicações para a água subterrânea e propostas de gestão com enfoque agroambiental. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008.

HELENO, Fernanda F., LIMA, Aniel C.; AFONSO, Robson J. C. F.; COUTRIM, Mauricio X. Otimização e validação de métodos analíticos para determinação de bTEX em água utilizando extração por headspace e microextração em fase sólida. **Química Nova**, v. 33, n. 2, p. 329-336, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422010000200019>. Acesso em: 21 ago. 2016.

HÉLLER, Léo; PÁDUA, Valter Lúcio de (Orgs.). **Abastecimento de água para consumo humano**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006.

LENZI, Ervim; FAVERO, Luzia O. B.; LUCHESE, Eduardo B. **Introdução à química da água**: ciência, vida e sobrevivência. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

LOPES, VerushkaSymonne de M. **Avaliação preliminar da contaminação por BTEX, em água subterrânea de poços tubulares, no município de Natal/RN**. 2011. 70 f. Dissertação (mestrado) – Centro de Tecnologia, Programa de pós-graduação em engenharia de produção, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011.

MAZZEO, Dânia Elisa C. **Avaliação dos efeitos citotóxicos, genotóxicos e mutagênicos do BTEX, antes e após o processo de biorremediação por microrganismos, utilizando os sistemas teste de *Allium cepa* e cultura de células de mamífero**. 2009. 143 f. Dissertação (mestrado) - Instituto de Biociências de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2009. Disponível em: <http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/87730/mazzeo_dec_me_rcla.pdf?sequence=1>. Acesso em: 28 out. 2016.

MCCASLAND, Margaret; TRAUTMANN, Nancy M.; PORTER, Keith S.; WAGENET, Robert J. **Nitrate**: health effects in drinking water. 2012. Disponível em: <<http://psep.cce.cornell.edu/facts-slides-self/facts/nit-heef-grw85.aspx>>. Acesso em: 02 mar. 2016.

NASCIMENTO, Tatiana S.; PEREIRA, Rodrigo Otávio L. P.; MELLO, Humberto Luiz D. de. COSTA, José. Metahemoglobinemia: del diagnóstico al tratamiento. **Revista Brasileira de Anestesiologia**, Campinas, v. 58, n. 6, p. 661-664, dez. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-70942008000600011>. Acesso em: 29 mai. 2016.

NITSCHKE, Marcia; PASTORE, Gláucia Maria. Biossurfactantes: propriedades e aplicações. **Química Nova**, São Paulo, v.25, n.5, p.772-776, 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422002000500013>. Acesso em: 10 nov. 2016.

NUNES, Marcos Leandro A.; GOMES, Josiane de B.; WEBLER, Alberto D.; ANDRADE, Leonardo R.; MARCHETTO, M. Comprometimento da qualidade da água subterrânea por nitratos. **Revista Nucleus**, Ituverava, v.9, n.1, p. 63-72, abr. 2012. Disponível em: <<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3988088>>. Acesso em: 27 fev. 2016.

PALUDO, Diego. **Qualidade da água nos poços artesanais do município de Santa Clara do Sul**. 2010. 75 f. Monografia (graduação) – Curso de Química Industrial, Centro Universitário Univates, Lajeado, 2010.

PESSUTI, Fernando. **Metemoglobinemias tóxicas**. 2013. Disponível em: <<http://www.imeds.com.br/fernandopessuti/artigo/23247-metemoglobinemias-toxicas>>. Acesso em: 27 fev. 2016.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. Relatório do Desenvolvimento Humano 2006. **A água para lá da escassez: poder, pobreza e a crise mundial da água**. New York: PNUD, 2006. 1101p.

QUEIROZ, Emanuel T. de. **Águas Minerais do Brasil: Distribuição, Classificação e Importância Econômica**. Brasília: Departamento Nacional de Produção Mineral, 2004.

RICE, Eugene W.; BAIRD, Rodger B.; EATON, Andrew D. CLESCERI, Lenore S. (Eds). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 22 ed. EUA: APHA, 2012.

SANTANA, André T.; VICENTINI, Calebe F.; CUBA, Renata M. F. Avaliação da presença de nitrato e coliformes em águas subterrâneas de Presidente Prudente – SP. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, São Paulo, v. 8, n. 12, p.187-195, nov. 2012. Disponível em: <http://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum_ambiental/article/view/364/373>. Acesso em: 27 fev. 2016.

SILVA, Rita de Cássia A. da.; ARAÚJO, Tânia Maria de. Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). **Ciência e Saúde Coletiva**, São Paulo, v.8, n.4, p.1019-1028, 2003.

SPERLING, Marcos V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2005, v 1.

TELLES, Dirceu D. (Org.) **Ciclo ambiental da água: da chuva à gestão**. São Paulo: Blucher, 2013.

TORTORA, Gerard J.; FUNKE, Berdell R.; CASE, Christine L. **Microbiologia**. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012.

TUNDISI, José G.; TUNDISI, Takako M. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de textos, 2008.

_____. **Recursos Hídricos no Século XXI**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

UHLMAN, Kristine; ARTIOLA, Janick F. Nitrate contamination potential in arizona groundwater: implications for drinking water wells. **The University of Arizona Cooperative Extension**, Jul. 2011. Disponível em:
<<http://extension.arizona.edu/sites/extension.arizona.edu/files/pubs/az1536.pdf>>.
Acesso em: 02 mar. 2016.

VASCONCELOS, Bianca da S.; LADISLAU, Maria de L.; SANTOS, Martins dos.; VILELA, Maria Manuela de O. P.; CARVALHO, Tatiana D. de; FONSECA, Fernando Luiz A.; SILVA, Odair R.; JUNQUEIRA, Virginia B. C.; AZZALIS, Ligia A.; SOLDÁ, Pedro Luiz. Áreas contaminadas por postos de combustível e medidas de remediação no município de São Bernardo do Campo. **Saúde e Meio Ambiente**, v. 3, n. 1, p. 73-83, jan. 2014.

ZERWES, Cristian Mateus; SECCHI, Mariela Inês; CALDERAN, Thanabi B.; BORTOLI, Jaqueline de; TONETTO, Jaqueline F.; TOLDI, Maicon; OLIVEIRA, Conceição de; SANTANA, Eduardo R. R. de. Análise da qualidade da água de poços artesianos do município de Imigrante, Vale do Taquari/RS. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 37, n.4, p. p. 651-663, set. 2015.

ZOBY, José L. G. Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. 15., 2008, São Paulo. **Anais...** Disponível em:
<<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/issue/view/1178/showToc>>.
Acesso em: 27 mai. 2016.

ANEXO

ANEXO A - Tabela do Número mais provável (NMP) com limite de confiança de 95% para combinações de resultados positivos quando são usados cinco tubos em cada diluição (10 ml, 1,0 ml e 0,1 ml).

Combinação de positivos	NMP/100 ml	Limites	
		Inferior	Superior
0-0-0	< 2	-	-
0-0-1	2	1,0	10
0-1-0	2	1,0	10
0-2-0	4	1,0	17
1-0-0	2	1,0	11
1-0-1	4	1,0	19
1-1-0	4	1,0	19
1-1-1	6	2,0	18
1-2-0	6	2,0	18
2-0-0	4	1,0	17
2-0-1	7	2,0	20
2-1-0	7	2,0	21
2-1-1	9	2,0	24
2-2-0	9	2,0	29
2-2-1	12	3,0	29
2-3-0	8	2,0	24
2-3-1	11	4,0	29
2-3-2	11	4,0	29
2-3-3	14	6,0	39
2-3-4	14	6,0	39
2-3-5	17	7,0	40
4-0-0	12	3,0	29
4-0-1	17	7,0	49
4-1-0	17	7,0	46
4-1-1	21	9,0	59
4-1-2	26	12	67
4-2-0	22	9,0	56
4-2-1	26	12	69
4-2-2	27	12	67
4-2-3	32	19	77
4-4-0	24	16	80
5-0-0	12	9	96
5-0-1	30	10	110
5-0-2	40	20	140
5-1-0	30	10	120
5-1-1	30	20	150
5-1-2	60	30	180
5-2-0	30	20	170
5-2-1	70	30	210
5-2-2	90	40	230
5-2-3	80	30	250
5-2-4	110	40	300
5-2-5	140	60	360
5-2-6	170	80	410
5-4-0	120	30	390
5-4-1	170	70	480
5-4-2	210	100	560
5-4-3	280	120	690
5-4-4	350	160	820
5-5-0	240	100	940
5-5-1	300	100	1200
5-5-2	300	200	2000
5-5-3	900	300	2900
5-5-4	1600	600	3700
5-5-5	≥1600	-	-

Fonte: American...² (1985 apud FUNDAÇÃO..., 2006,p.22).

²AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 16 ed. Washington: APHA, 1985.

ANEXO B - Tabela da Portaria 2914/11 do Ministério da Saúde com padrão organoléptico da potabilidade da água para consumo humano.

Parâmetro	CAS	Unidade	VMP ⁽¹⁾
Alumínio	7429-90-5	mg/L	0,2
Amônia (como NH ₃)	7664-41-7	mg/L	1,5
Cloreto	16887-00-6	mg/L	250
Cor Aparente ⁽²⁾		uH	15
1,2 diclorobenzeno	95-50-1	mg/L	0,01
1,4 diclorobenzeno	106-46-7	mg/L	0,03
Dureza total		mg/L	500
Etilbenzeno	100-41-4	mg/L	0,2
Ferro	7439-89-6	mg/L	0,3
Gosto e odor ⁽³⁾		Intensidade	6
Manganês	7439-96-5	mg/L	0,1
Monoclorobenzeno	108-90-7	mg/L	0,12
Sódio	7440-23-5	mg/L	200
Sólidos dissolvidos totais		mg/L	1000
Sulfato	14808-79-8	mg/L	250
Sulfeto de hidrogênio	7783-06-4	mg/L	0,1
Surfactantes (como LAS)		mg/L	0,5
Tolueno	108-88-3	mg/L	0,17
Turbidez ⁽⁴⁾		uT	5
Zinco	7440-66-6	mg/L	5
Xilenos	1330-20-7	mg/L	0,3

Fonte: Brasil (2011).

ANEXO C - Tabela da Portaria 2914/11 do Ministério da Saúde com padrão de potabilidade para substâncias químicas inorgânicas que representam risco à saúde.

Parâmetro	CAS ⁽¹⁾	Unidade	VMP ⁽²⁾
INORGÂNICAS			
Antimônio	7440-36-0	mg/L	0,005
Arsênio	7440-38-2	mg/L	0,01
Bário	7440-39-3	mg/L	0,7
Cádmio	7440-43-9	mg/L	0,005
Chumbo	7439-92-1	mg/L	0,01
Cianeto	57-12-5	mg/L	0,07
Cobre	7440-50-8	mg/L	2
Cromo	7440-47-3	mg/L	0,05
Fluoreto	7782-41-4	mg/L	1,5
Mercúrio	7439-97-6	mg/L	0,001
Níquel	7440-02-0	mg/L	0,07
Nitrato (como N)	14797-55-8	mg/L	10
Nitrito (como N)	14797-65-0	mg/L	1
Selênio	7782-49-2	mg/L	0,01
Urânio	7440-61-1	mg/L	0,03

Fonte: Brasil (2011).

ANEXO D - Tabela da Portaria 2914/11 do Ministério da Saúde com padrão microbiológico da água para consumo humano.

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

Fonte: Brasil (2011).