



**Faculdade de Ciências**

**Departamento de Química**

**Curso de Licenciatura em Química Industrial**

**Trabalho de Licenciatura**

**Avaliação da qualidade da água potável dos furos consumida nos bairros Albasine, Ferroviário e Maxaquene da Cidade de Maputo**



**Autor:** Arlindo Francisco Nguenha

Maputo, 08 de Abril de 2025



**Faculdade de Ciências**

**Departamento de Química**

**Curso de Licenciatura em Química Industrial**

**Trabalho de Licenciatura**

**Avaliação da qualidade da água potável dos furos consumida nos bairros Albasine, Ferroviário e Maxaquene da Cidade de Maputo**



**Autor:** Arlindo Francisco Nguenha

**Supervisor:** Prof. Doutor Eutilério F.C. Chaúque

**Co-supervisora:** Mestre Ana Maria

Maputo, 08 de Abril de 2025

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho aos meus pais, irmãos e a minha filha Shaynara Arlindo Nguenha. A vossa presença durante esta jornada tornou tudo simples. **MUITO OBRIGADO!**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus que me deu energia e benefícios para concluir esse curso.

Agradeço aos meus pais, Francisco Nguenha e Florinda Sabão que me incentivaram todos os anos que estive na faculdade.

Aos meus irmãos, Jaime, Olinda, Clara, Aventina, Laurinda, Olívia e a minha filha Shaynara Arlindo Nguenha pelo apoio, motivação, confiança, conselhos, críticas, carinho e amizade prestados, que foram determinantes para mim nessa jornada.

Aos meus supervisores, Prof. Doutor Eutilério Chauque e à Mestre Ana Maria, por terem aceite o desafio de me orientar, pelos conhecimentos e experiência transmitidos, dedicação e simpatia desde o primeiro momento até à recta final da realização do presente trabalho.

A todo o corpo docente da Universidade Eduardo Mondlane, Faculdade de Ciências, Departamento de Química, pelos conhecimentos e experiência transmitidos durante o período da minha formação.

Aos funcionários do LNHAÁ pela recepção e possibilidade de realização dos ensaios laboratoriais, ensinamentos, companheirismo, ensinamentos, conselhos, entre outros.

Aos meus colegas de formação, em especial, ao lic. Pier Taiane, lic. Nuro Josine, lic. Zeca Cumbi, Martinho Bento, lic. Alberto Maelua, Lúcio Manhiça, Luís de Sousa, e o lic. Custódio Samuel, pelas orientações dadas, conhecimentos, experiência, apoio e amizade durante o período de formação e por todos os momentos que passamos juntos em busca de um mesmo sonho.

A todos que directa ou indirectamente contribuíram positivamente por um simples gesto, dando orientações, conselhos, palavras de encorajamento, votos de sucesso para que a realização desse trabalho se tornasse possível. A todos, o meu MUITO OBRIGADO!

## DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu, Arlindo Francisco Nguenha, declaro por minha honra que o presente trabalho é resultado da pesquisa bibliográfica e das experiências laboratoriais por mim realizadas com a orientação dos meus supervisores, e que nunca foi apresentado na sua essência para obtenção de qualquer grau académico, estando indicadas no texto e no capítulo das referências bibliográficas todas as fontes por mim consultadas.

Maputo, 08 de Abril de 2025

Autor

---

(Arlindo Francisco Nguenha)

## RESUMO

A água potável é um recurso essencial à vida e por vezes, um factor determinante para o desenvolvimento socioeconómico, para a produção de energia, alimentos e para a construção de ecossistemas saudáveis. Também é essencial para fazer frente às alterações climáticas, servindo como elo crucial entre a sociedade e o meio ambiente.

Dentro desse contexto, o presente estudo teve como objectivo avaliar a qualidade da água dos furos consumida nos bairros Albasine, Ferroviário e Maxaquene da Cidade de Maputo.

O estudo teve o seu início com a caracterização das actividades desenvolvidas nos bairros Albasine, Ferroviário e Maxaquene que contribuem para a contaminação das águas subterrâneas que são, nomeadamente: exposição de resíduos sólidos no solo, lançamento de esgotos, actividades agrícolas, vias de transporte e cemitérios.

De seguida, fez-se a colheita das amostras e determinou-se os parâmetros físico-químicos da água dos furos consumida nos bairros Albasine, Ferroviário e Maxaquene da Cidade de Maputo, onde as análises foram feitas em triplicado e os resultados foram submetidos ao tratamento estatístico considerando um nível de confiança de 95%.

De acordo com os resultados experimentais todos os métodos apresentaram uma boa precisão, excepto para os furos do bairro Albasine onde o RSD do teor de amónio nos furos B e C foi de 14, 29% e de 16,67%, respectivamente. Igualmente a precisão do método para a determinação de nitratos na água do furo C não foi muito boa (com um RSD de 50%). Os elevados valores de RSD para a determinação do teor de amónio na água dos furos B e C, e na determinação do teor de nitratos na água do furo C, podem ter ocorrido devido a um erro experimental durante a marcha laboratorial.

De um modo geral, com base nos resultados dos parâmetros físico-químicos realizados para se avaliar a qualidade da água dos furos consumida nos bairros Albasine, Ferroviário e Maxaquene da Cidade de Maputo, pode-se concluir que a água dos furos é apropriada para o consumo humano de acordo com os dados fornecidos pelo INNOQ.

**Palavras-chave:** Águas subterrâneas, qualidade da água dos furos, Cidade de Maputo.

## ÍNDICE DE CONTEÚDOS

DEDICATÓRIA .....	i
AGRADECIMENTOS .....	ii
DECLARAÇÃO DE HONRA.....	iii
RESUMO .....	iv
1. Introdução .....	1
1.1. Objectivos .....	2
1.1.1. Objectivo geral .....	2
1.1.2. Objectivos específicos.....	2
1.2. Perguntas de pesquisa .....	2
1.3. Justificativa da escolha do tema.....	2
1.4. Metodologia .....	3
2. Revisão Bibliográfica .....	4
2.1. Ciclo hidrológico .....	4
2.2. Fontes de água.....	5
2.3. Águas subterrâneas .....	5
2.3.1. Aquíferos e sua classificação .....	5
2.3.2. Contaminação das águas subterrâneas .....	6
2.4. Parâmetros de controlo de qualidade de água para o consumo humano.....	7

2.4.1. Parâmetros físicos .....	7
2.4.2. Parâmetros químicos .....	7
2.5. Métodos de análise.....	10
3. Parte experimental .....	17
3.1. Actividades desenvolvidas nos bairros Albasine, Ferroviário e Maxaquene que contribuem para a contaminação das águas subterrâneas .....	17
4. Apresentação dos resultados.....	19
5. Discussão dos resultados .....	22
6. Conclusões e recomendações .....	30
6.1. Conclusões .....	30
6.2. Recomendações.....	30
Referências bibliográficas.....	32

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo A:</b> Tabelas e curvas de calibração para a determinação de nitratos .....	B
<b>Anexo B:</b> Tabelas e curvas de calibração para a determinação do teor de amónio .....	C
<b>Anexo C:</b> Tabelas e curvas de calibração para a determinação do teor de sulfatos.....	D
<b>Anexo D:</b> Curva de calibração para a determinação de ferro total.....	E
<b>Anexo E:</b> Resultados das análises dos parâmetros físico-químicos da água dos furos consumida nos bairros Albasine, Ferroviário e Maxaquene.....	F
<b>Anexo F:</b> Valores recomendáveis de parâmetros referentes à qualidade de água para fins de consumo doméstico.....	I

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ciclo hidrológico.....	4
<b>Figura 2.</b> Fórmula estrutural de EDTA.....	13
<b>Figura 3.</b> Incidência e emissão da radiação.....	14
<b>Figura 4.</b> Componentes de um espectrofotómetro de feixe simples.....	16
<b>Figura 5.</b> Resultados experimentais do pH dos furos dos bairros Albasine, Ferroviário e Maxaquene.....	22
<b>Figura 6.</b> Resultados experimentais do teor de nitratos dos furos dos bairros Albasine, Ferroviário e Maxaquene.....	23
<b>Figura 7.</b> Resultados experimentais do teor de nitritos dos furos dos bairros Albasine, Ferroviário e Maxaquene.....	23
<b>Figura 8.</b> Resultados experimentais do teor de amónio dos furos dos bairros Albasine, Ferroviário e Maxaquene.....	24
<b>Figura 9.</b> Resultados experimentais do teor de sulfatos dos furos dos bairros Albasine, Ferroviário e Maxaquene.....	25
<b>Figura 10.</b> Resultados experimentais da condutividade dos furos dos bairros Albasine, Ferroviário e Maxaquene.....	25
<b>Figura 11.</b> Resultados experimentais do teor de alcalinidade dos furos dos bairros Albasine, Ferroviário e Maxaquene.....	26
<b>Figura 12.</b> Resultados experimentais do teor de dureza total da água dos furos dos bairros Albasine, Ferroviário e Maxaquene.....	27
<b>Figura 13.</b> Resultados experimentais do teor de cloretos da água dos furos dos bairros Albasine, Ferroviário e Maxaquene.....	27
<b>Figura 14.</b> Resultados experimentais do teor de ferro total da água dos furos dos bairros Albasine, Ferroviário e Maxaquene.....	28

**Figura 15.** Resultados experimentais do teor de turbidez da água dos furos dos bairros Albasine, Ferroviário e Maxaquene.....28

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Parâmetros e métodos de análise.....	18
<b>Tabela 2.</b> Resultados das análises laboratoriais da qualidade de água para os furos do bairro Albasine.....	19
<b>Tabela 3.</b> Resultados das análises laboratoriais da qualidade de água para os furos do bairro Ferroviário.....	20
<b>Tabela 4.</b> Resultados das análises laboratoriais da qualidade de água para os furos do bairro Maxaquene.....	21

## GLOSSÁRIO DE SIGLAS E ACRÓNIMOS

**EDTA:** Ácido etileno diaminotetracético

**INNOQ:** Instituto Nacional de Normalização de Qualidade

**LNHAA:** Laboratório Nacional de Higiene de Águas e Alimentos

**mg/L:** Miligrama por litro

**nm:** Nanometros

**NTU:** Unidade Nefelométrica de Turvação

**ONU:** Organização das Nações Unidas

**RSD:** Desvio Padrão Relativo

**UV-Vis:** Ultravioleta - visível

**WHO:** *World Health Organization*

**μS/cm:** Microsiemens por centímetro

## 1. Introdução

A água potável é um recurso essencial à vida e por vezes, um factor determinante para o desenvolvimento socioeconómico, para a produção de energia, alimentos e para a construção de ecossistemas saudáveis. Também é essencial para fazer frente às alterações climáticas, servindo como elo crucial entre a sociedade e o meio ambiente (Ferraro, 2008; Benjmel *et al.*, 2020).

Este líquido precioso está no centro do desenvolvimento sustentável e diz respeito à promessa central do objectivo 6 da Agenda 2030 para o Desenvolvimento, que defende o acesso universal e equitativo à água potável e ao saneamento até 2030 (Lousada *et al.*, 2024). Segundo a ONU, o acesso a água de boa qualidade varia fortemente de acordo com o local em que uma população vive. Os países africanos e muitos países asiáticos possuem as piores condições, variando entre 40 e 50% a parcela da população total em cada país sem possibilidade de obter água potável (Borges *et al.*, 2017).

Em Moçambique os problemas de disponibilidade de água para o consumo humano e saneamento básico continuam sendo um desafio longe do fim pois, o aumento da demanda e escassez da água nas fontes superficiais devido ao crescimento populacional, bem como a rápida expansão geográfica da zona urbana sem o devido acompanhamento pelo sistema formal de abastecimento de água, leva à exploração das fontes de águas subterrâneas por um grande número de operadores privados (Rodrigues, *et al.*, 2020). Contudo, o aquífero do Grande Maputo é propenso à poluição, pois a mesma pode ocorrer devido a práticas agrícolas, fossas sépticas, infiltração de efluentes industriais, fugas da rede de esgoto e galerias de águas pluviais, poluição por água salina proveniente do mar em aquíferos costeiros, por aterros sanitários, lixeiras entre outros (Tamele Jr. *et al.*, 2017).

Em muitas zonas urbanas de Moçambique as águas subterrâneas são uma importante fonte de água para o uso doméstico (Langa, 2016). Sendo assim, o presente trabalho teve como objectivo avaliar a qualidade da água potável dos furos consumida nos bairros Albasine, Ferroviário e Maxaquene da Cidade de Maputo.

## **1.1. Objectivos**

### **1.1.1. Objectivo geral**

- ❖ Avaliar a qualidade da água potável dos furos consumida nos bairros Albasine, Ferroviário e Maxaquene da Cidade de Maputo.

### **1.1.2. Objectivos específicos**

- ❖ Caracterizar as actividades desenvolvidas nos bairros Albasine, Ferroviário e Maxaquene da Cidade de Maputo que contribuem para a contaminação das águas subterrâneas;
- ❖ Determinar os parâmetros físico-químicos da qualidade da água potável dos furos consumida nos bairros Albasine, Ferroviário e Maxaquene da Cidade de Maputo;
- ❖ Comparar a qualidade da água potável dos furos consumida nos bairros Albasine, Ferroviário e Maxaquene da Cidade de Maputo com as normas da qualidade de água para o consumo humano estabelecidas pelas autoridades moçambicanas.

## **1.2. Perguntas de pesquisa**

- ❖ Qual é a qualidade da água potável dos furos consumida nos bairros Albasine, Ferroviário e Maxaquene na Cidade de Maputo?
- ❖ Os parâmetros físico-químicos da água potável dos furos consumida nos bairros Albasine, Ferroviário e Maxaquene na Cidade de Maputo estão em conformidade com os padrões de potabilidade exigidos pela legislação moçambicana?

## **1.3. Justificativa da escolha do tema**

Actualmente, um dos grandes problemas na degradação dos recursos hídricos subterrâneos tem sido o crescimento populacional, através das diversas actividades potenciais de contaminação da água executadas sem quaisquer medidas de prevenção, tais como a falta de sistema de saneamento adequado, as actividades agrícolas com o uso de pesticidas e fertilizantes, lixeiras, mineração, instalações industriais, vazamentos de óleo em postos de combustíveis e a contaminação por poços abandonados (Silveira, 2017). Tendo em conta o exposto acima, o presente trabalho pretende avaliar a qualidade da água potável dos furos consumida nos bairros Albasine, Ferroviário e Maxaquene da Cidade de Maputo. Os resultados permitirão propor medidas as autoridades responsáveis com vista a estabelecer medidas correctivas bem

como contribuir para a conscientização dos fornecedores particulares de água dos furos para o consumo humano acerca do perigo existente no fornecimento deste líquido precioso sem qualidade desejada para o consumo humano.

#### **1.4. Metodologia**

A realização do presente trabalho obedeceu a seguinte metodologia:

##### **a) Revisão bibliográfica**

A pesquisa bibliográfica consistiu na consulta de manuais, revistas, artigos científicos, dissertações e publicações disponíveis na internet sobre os aspectos que caracterizam a qualidade da água e os métodos de análise para os parâmetros identificados.

##### **b) Amostragem e parte experimental**

A amostragem e a parte experimental consistiu na selecção do material para amostragem, deslocação para os locais de estudo, colecta das amostras e sua conservação até a realização das análises físico-químicas. Na análise das amostras foram determinados os seguintes parâmetros: pH, cloretos, nitatos, nitritos, amónia, temperatura, dureza total, sulfatos, alcalinidade, condutividade, turbidez, ferro total.

##### **c) Resultados, tratamento estatístico e elaboração do relatório final**

Os resultados obtidos foram submetidos ao cálculo da média, coeficiente de variação, intervalo de confiança e conseqüente interpretação e discussão dos mesmos. Finalmente, com os resultados obtidos e juntamente com a revisão bibliográfica, foi possível elaborar o presente trabalho.

## 2. Revisão Bibliográfica

### 2.1. Ciclo hidrológico

O Ciclo hidrológico pode ser definido como uma sequência fechada de fenómenos naturais pelos quais a água passa da atmosfera ao globo terrestre, na fase líquida ou sólida, e volta novamente a ela, na fase de vapor. A energia necessária para que o ciclo hidrológico se mantenha provém da energia solar (Feitosa *et al.*, 2008).

O ciclo hidrológico não tem um início nem um fim, no entanto, para o descrever é usual definir um ponto de início, por exemplo, a atmosfera. O vapor de água existente na atmosfera, transportado pela circulação atmosférica alimenta as nuvens a partir das quais se forma a precipitação, fundamentalmente sob a forma de chuva e neve (Feitosa *et al.*, 2008).

A água precipitada na superfície terrestre segue vários caminhos: uma parte é evaporada durante a queda; a outra parte é interceptada (plantas, casas, entre outros) sendo também evaporada; uma outra parte dá lugar ao escoamento superficial que se dirige para os rios que por sua vez alimentam os lagos e oceanos donde é evaporada; outra parte infiltra-se, humedece o solo que também é fonte de evaporação, alimenta as plantas através das quais volta à atmosfera por transpiração, alimenta as plantas através das quais volta à atmosfera por transpiração, ou alimenta os aquíferos que por sua vez alimentam os cursos de água donde será também evaporada, fechando-se assim o ciclo (Feitosa *et al.*, 2008). A Figura 1 resume os principais processos do ciclo hidrológico.

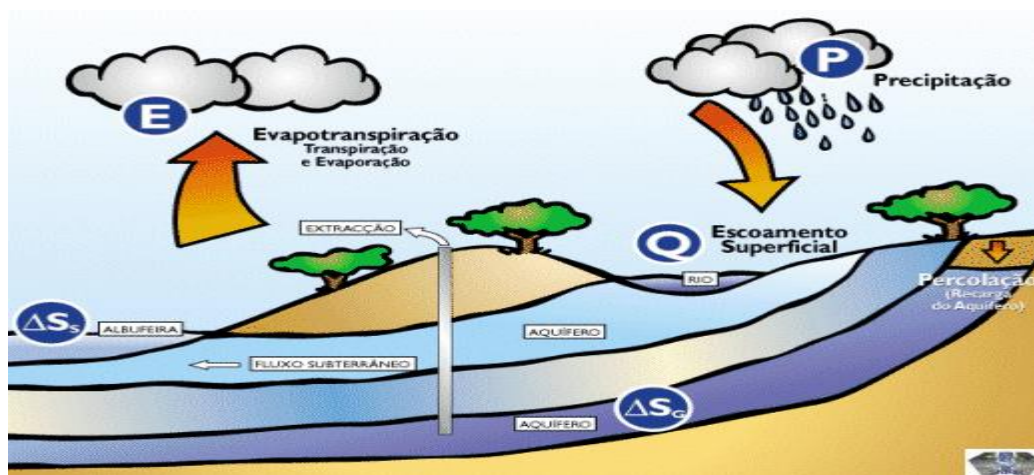


Figura 1. Ciclo hidrológico (Feitosa *et al.*, 2008).

## 2.2. Fontes de água

O homem possui dois tipos de fontes para seu abastecimento que são as águas superficiais (rios, lagos, canais, entre outros) e subterrâneas (lençóis subterrâneos). Efectivamente essas fontes não estão sempre separadas, pois em seu deslocamento pela crosta terrestre a água que em determinado local é superficial pode ser subterrânea em uma próxima etapa e até voltar a ser superficial posteriormente. As águas de superfície são as de mais fácil captação e por isso havendo, pois, uma tendência a que sejam mais utilizadas no consumo humano (Tundisi, 2003). No entanto temos que menos de 5% da água doce existente no globo terrestre encontram-se disponíveis superficialmente, ficando o restante armazenado em reservas subterrâneas. Logicamente que nem toda água armazenada no subsolo pode ser retirada em condições economicamente viáveis, principalmente a localizada em profundidades excessivas e confinada entre formações rochosas (Guimarães, 2007).

## 2.3. Águas subterrâneas

As águas subterrâneas constituem o segundo maior reservatório de água doce do planeta terra e o seu estudo reveste-se de grande interesse para as mais diversas actividades humanas. Em vastas áreas do globo, as águas utilizadas são exclusivamente subterrâneas, captadas através de nascentes naturais, poços, furos, entre outros (Aboo, 2013).

Em sentido mais restrito, a água subterrânea é aquela que se encontra abaixo da superfície freática, ou seja, na zona de saturação. Na maioria das vezes, a água subterrânea não necessita de tratamento para o seu consumo, devido ao processo de filtragem natural do subsolo (Foster *et al.*, 2002). A qualidade das águas subterrâneas muitas das vezes depende de vários factores tais como as condições do aquífero, litologia da região onde se encontra, a sua velocidade de circulação, qualidade da água de infiltração e o movimento de substâncias transportadas pela mesma (Aboo, 2013).

### 2.3.1. Aquíferos e sua classificação

Segundo Bastos (2013), um aquífero é um reservatório subterrâneo de água, caracterizado por camadas ou formações geológicas suficientemente permeáveis, constituído de rochas sedimentares ou rochas maciças compactas, capazes de armazenar e transmitir água. Os aquíferos podem ser classificados:

i) **Quanto à pressão**

- ❖ **Aquífero livre ou freático:** é aquele que é constituído por uma formação geológica permeável e superficial, totalmente aflorante em toda a sua extensão, e limitado na base por uma camada impermeável. A superfície superior da zona saturada está em equilíbrio com a pressão atmosférica, com a qual se comunica livremente (Bastos, 2013);
  
- ❖ **Aquífero confinado ou artesianos:** é constituído por uma formação geológica permeável, confinada entre duas camadas impermeáveis ou semipermeáveis. A pressão da água no topo da zona saturada é maior do que a pressão atmosférica naquele ponto, o que faz com que a água ascenda no poço para além da zona aquífera (Bastos, 2013).

ii) **Quanto a porosidade**

- ❖ **Aquífero poroso ou sedimentar:** ocorre nas chamadas rochas sedimentares e constitui o mais importante aquífero pelo grande volume de água que armazena e por sua ocorrência em grandes áreas. Uma particularidade desse tipo de aquífero é a sua porosidade quase sempre homogeneamente distribuída, permitindo que a água flua para qualquer direcção, em função tão-somente dos diferenciais de pressão hidrostática ali existente (Kpegli *et al.*, 2022);
- ❖ **Aquífero fracturado ou fissurado:** é formado por rochas ígneas, metamórficas ou cristalinas, duras e maciças, onde a circulação da água se faz nas fracturas, fendas e falhas, abertas devido ao movimento tectónico (Kpegli *et al.*, 2022);
- ❖ **Aquífero cárstico:** é um dos aquíferos formados em rochas carbonáticas. Constitui um tipo peculiar de aquífero fracturado, onde as fracturas, devido à dissolução do carbonato pela água, podem atingir aberturas muito grandes (cavernas), criando verdadeiros rios subterrâneos (Kpegli *et al.*, 2022).

### 2.3.2. Contaminação das águas subterrâneas

A água além de ser um dos principais distribuidores de contaminantes ambientais, também é uma das principais rotas de exposição de contaminantes ao homem. A poluição da água pode ser causada por contaminantes naturais ou resultantes das actividades humanas (Borges *et al.*, 2017). Os contaminantes dessas fontes entram nos sistemas aquáticos principalmente através de bombeamento e/ou vazamentos de esgotos e efluentes brutos de estabelecimentos agrícolas, industriais e comerciais em sistemas de

drenagem urbana e corpos de água adjacentes; sistemas urbanos de drenagem de águas pluviais; lixiviados e escoamentos de locais de resíduos sólidos, drenagem ácida de minas e bacias hidrográficas contaminadas (Anthonj *et al.*, 2018).

## **2.4. Parâmetros de controlo de qualidade de água para o consumo humano**

Segundo a WHO (2017), os parâmetros de controlo de qualidade da água são divididos em físicos, químicos e microbiológicos. Mas neste trabalho serão analisados apenas os parâmetros físicos e químicos.

### **2.4.1. Parâmetros físicos**

#### **❖ Temperatura**

A temperatura é um parâmetro importante na análise da qualidade de água para o consumo humano, pois ela afecta a taxa das reacções químicas e biológicas, assim como a solubilidade dos gases, dentre os quais o O<sub>2</sub> e o H<sub>2</sub>S (Salamandane *et al.*, 2021).

#### **❖ Condutividade eléctrica**

A condutividade representa iões dissolvidos na água que conduzem a corrente eléctrica o que significa quanto maior forem os iões mais possibilidade e maior condução eléctrica. A condutividade com altos valores do limite máximo admissível pode indicar de mineralização (poluição) e corrosividade da água (Salamandane *et al.*, 2021).

#### **❖ Turbidez**

A turbidez pode ser definida como uma medida do grau de interferência à passagem da luz através do líquido. A mesma é provocada por partículas em suspensão que na maior parte do tempo são invisíveis para o olho nu por serem partículas muito finas, ou por lançamentos de esgotos domésticos ou industriais nos corpos de água (Salamandane *et al.*, 2021).

### **2.4.2. Parâmetros químicos**

#### **❖ pH**

O pH representa a concentração de iões de hidrogénio, indicando a condição de acidez, alcalinidade ou neutralidade da água. Os constituintes responsáveis são os sólidos e gases dissolvidos de origem natural

provenientes da dissolução de rochas, absorção de gases na atmosfera, oxidação da matéria orgânica e fotossíntese, mas também, pode ser de origem antropogénica resultantes de despejos domésticos e industriais (Terra & Rossi, 2005). Este parâmetro é muito importante em diversas etapas de tratamento de água como coagulação, desinfecção, controlo da corrosão e remoção da dureza. É também utilizado na caracterização de águas de abastecimento (bruta e tratada), águas residuais e no controlo da operação de estação de água (Vasconcelos *et al.*, 2011).

#### ❖ Nitratos

Os iões nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) são produzidos no sistema aquático pela matéria orgânica a partir do processo de nitrificação, que é a principal fonte/forma de nitrogénio. O excesso de nitrogénio acrescentado as culturas agrícolas via fertilizantes é uma fonte de contaminação tanto da água superficial como subterrânea (que pode atingir concentrações elevadas), que é resultado da perda de nitrato por lixiviação em solos (Parron *et al.*, 2011).

#### ❖ Sulfatos

Iões sulfatos ocorrem geralmente em águas naturais e em águas residuais. As elevadas concentrações de sulfatos na água natural, é geralmente causada pela lixiviação de depósitos naturais de sulfato de sódio ou sulfato de magnésio (FUNASA, 2013).

#### ❖ Nitritos

O nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) é um estado de oxidação intermediário de nitrogénio, e pode ocorrer tanto pela oxidação como pela redução do amónio e nitrato respectivamente, que ocorrem em águas naturais, em estações de tratamento de esgotos e sistemas de distribuição de água. O nitrito raramente é encontrado com altas concentrações em águas potáveis (Parron *et al.*, 2011).

#### ❖ Amónio

O ião amónio ( $\text{NH}_4^+$ ) é um catião formado pela protonação da amónia ( $\text{NH}_3$ ) e que ocorre em baixos teores nas águas naturais, devido ao processo de degradação biológica da matéria orgânica. Este encontra-

se mais concentrado em esgotos e efluentes industriais. A temperatura, o pH, a alcalinidade, entre outros, influenciam na toxicidade do amônio (Parron *et al.*, 2011).

#### ❖ **Alcalinidade**

Segundo Heller (2006), a alcalinidade é causada por sais alcalinos, principalmente de sódio e cálcio. Mede a capacidade da água de neutralizar os ácidos fortes até um determinado pH; em teores elevados, pode proporcionar sabor desagradável à água. Tem influência nos processos de tratamento da água. A alcalinidade é devida principalmente à presença de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos, sendo que os compostos mais comuns são os seguintes:

- i) Hidróxidos de cálcio ou de magnésio;
- ii) Carbonatos de cálcio ou de magnésio;
- iii) Bicarbonatos de cálcio ou de magnésio;
- iv) Bicarbonatos de sódio ou de potássio.

#### ❖ **Dureza total**

A dureza total é a soma de cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) e é tida como uma medida da capacidade da água de precipitar sabão. O sabão é precipitado principalmente pela presença de iões cálcio e magnésio. Outros catiões, como por exemplo, ferro, manganês e zinco, podem precipitar o sabão; porém, geralmente estão presentes na água na forma de complexos, frequentemente com constituintes orgânicos, e na sua participação na dureza da água é mínima (Silveira, 2017).

O cálcio e magnésio estão presentes na água, principalmente nas seguintes formas: - bicarbonatos de cálcio e de magnésio designa-se por dureza temporária; - Sulfatos de cálcio e de magnésio designa-se por dureza permanente. Em concentrações elevadas consomem muito sabão na limpeza em geral, deixam resíduos insolúveis e causam corrosão e incrustações nas tubulações, tradicionalmente, a dureza exprime a capacidade de a água reagir com sabões. Actualmente, utiliza-se o método de titulação com EDTA (ácido etileno diaminotetracético), para analisar dureza. Classificação das águas, em termos de dureza (em  $\text{CaCO}_3$ ) (Silveira, 2017):

- i) Menor que 50 mg/L CaCO<sub>3</sub> - água mole;
- ii) Entre 50 e 150 mg/L CaCO<sub>3</sub> - água com dureza moderada;
- iii) Entre 150 e 300 mg/L CaCO<sub>3</sub> - água dura;
- iv) Maior que 300 mg/L CaCO<sub>3</sub> - água muito dura.

#### ❖ Cloretos

O cloreto é um dos aniões presentes em grande quantidade na água, e pode dar uma ideia do seu grau de salinidade. A sua presença na água é devida à contaminação por águas de esgotos, dissolução de minerais ou da intrusão de águas do mar. O cloreto provoca sabor salgado na água, sendo o cloreto de sódio o mais restritivo por provocar sabor em concentrações da ordem de 250mg/L, valor este que é tomado como padrão de potabilidade (Filho, 2018).

#### ❖ Ferro

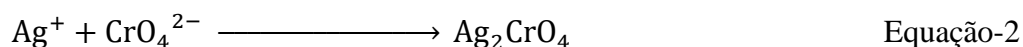
A origem do ferro está ligada a lixiviação dos solos, contaminantes industriais e ao contacto da água com tubulações metálicas por isso é um elemento bastante comum nas águas subterrâneas (Filho, 2018). As fontes de ferro são minerais escuros (máficos) como: magnetita, biotita, pirita, entre outros. Em ambientes oxidantes o Fe<sup>2+</sup> passa a Fe<sup>3+</sup> dando origem ao hidróxido férrico, que é insolúvel e se precipita, atingindo fortemente a água (Parron *et al.*, 2011).

## 2.5. Métodos de análise

#### ❖ Método de Mohr

De acordo com Nieweglowski (2006), no método de Mohr, uma solução contendo iões cloreto é titulada com uma solução de nitrato de prata (AgNO<sub>3</sub>) na presença de uma pequena quantidade de indicador cromato de potássio (K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>), de cor amarela. O ponto final da titulação é identificado por uma mudança de coloração da solução, resultado da reacção entre os iões cromato com os iões prata para formar o precipitado de cromato de prata (Ag<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>), de cor vermelha e pouco solúvel, conforme ilustram as equações 1 e 2:

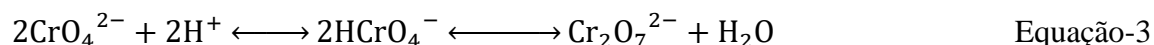




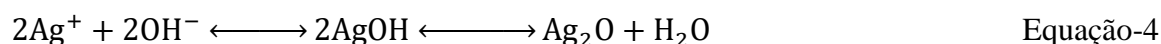
Porém, existem factores importantes a serem considerados no método de Mohr, a saber (Nieweglowski, 2006):

### a) O pH da solução

A titulação deve ser conduzida em meio neutro ou levemente básico e em pH entre 6,5 e 9. Em soluções ácidas o cromato reage com os iões hidrogénio formando o hidrogenocromato ( $\text{HCrO}_4^-$ ) e dicromato ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ) (equação 3) ocasionando a diminuição da concentração do  $\text{CrO}_4^{2-}$  e, conseqüentemente, o indicador deixa de funcionar ou há um erro considerável na determinação do ponto de equivalência:



Por outro lado, em um pH superior a 9, ocorrerá a precipitação do hidróxido de prata, que posteriormente se decompõe em  $\text{Ag}_2\text{O}$  e água (equação 4):



### b) Concentração do indicador

No que diz respeito à concentração do indicador, recomenda-se usar uma solução de cromato de potássio mais diluída que a solução de cloreto a ser titulada, uma vez que em elevada concentração dá à solução a ser titulada uma cor vermelha muito forte, tornando difícil observar o início da precipitação do cromato de prata (Nieweglowski, 2006).

#### ❖ Fotometria de chama

A fotometria de chama é a mais simples das técnicas analíticas baseadas em espectroscopia atômica. Nesse caso, a amostra contendo cátions metálicos é inserida em uma chama e analisada pela quantidade de radiação emitida pelas espécies atômicas ou iônicas excitadas (Braga, 2014). Os elementos ao receberem energia de uma chama geram espécies excitadas que, ao retornarem para o estado fundamental, libertam parte da energia recebida na forma de radiação, em comprimentos de onda característicos para cada elemento químico (Okumura *et al*, 2004).

### ❖ **Potenciometria**

A potenciometria é um método de rotina usado na determinação do pH em diferentes matrizes. A determinação do pH através deste método baseia-se na contribuição de Nerst que atentou que quando um metal é colocado em contacto com uma solução que contenha seus iões, estabelece-se um potencial entre o eléctrodo e a solução, que pode ser medido comparando-se com um eléctrodo de referência (sendo o mais empregado, o eléctrodo de calomelano saturado) e medindo-se a força electromotriz do sistema resultante através de um voltímetro com a escala aferida em valores de pH (Sambo, 2010).

### ❖ **Condutimetria**

A conductimetria baseia-se em medidas da condutividade ou condutância eléctrica das soluções iónicas. A condução da electricidade está relacionada com a migração de iões negativos e positivos, quando se aplica uma diferença de potencial entre dois eléctrodos mergulhados na solução electrolítica. Os iões negativos migram para o eléctrodo positivo e os iões positivos para o eléctrodo negativo. A condutância de uma solução iónica depende da natureza dos iões, ou seja, da carga, da mobilidade dos iões e do número de iões presentes. A condutância ou CE, é medida pelo conductímetro (FNDS, 2020).

### ❖ **Turbidimetria**

A turbidimetria baseia-se no fenómeno do espalhamento da radiação electromagnética por partículas em suspensão com dimensões de 1 nm a 1µm. Quando se faz passar um feixe de radiação através de uma suspensão não absorvente, uma parte deste feixe de radiação é espalhada e isto faz com que ocorra uma atenuação na potência do feixe incidente. A turbidimetria utiliza a medida da atenuação na potência do feixe incidente, relacionando com a concentração da espécie química em suspensão (Romeiro, 2012).

### ❖ **Titulometria**

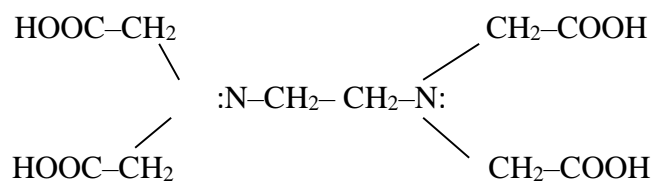
A titulometria é um método analítico clássico de análise química que é efectuada fazendo-se reagir uma solução de concentração rigorosamente conhecida (solução-padrão) geralmente contida numa bureta com a solução de concentração desconhecida (anólito). A titulometria divide-se em três grupos que são: volumetria (medida de volume); gravimetria (medida de massa); colométrica (medida da corrente eléctrica) (Alexeév, 2000).

A volumetria classifica-se de acordo com o tipo de reacção ocorrida durante a análise (Vogel, 1992):

- i) **Neutralização:** quando ocorre uma reacção de neutralização, ou seja, uma reacção entre uma substância ácida (um ácido ou um sal ácido) e uma substância básica (uma base ou um sal básico).
- ii) **Complexação:** quando ocorre a formação de complexo.
- iii) **Oxi-redução:** quando ocorre uma reacção de oxi-redução, ou seja, com transferência de electrões de uma substância para outra.
- iv) **Precipitação:** quando ocorre a formação de um precipitado.

### Complexiometria com EDTA

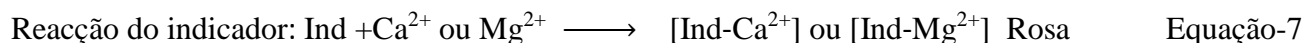
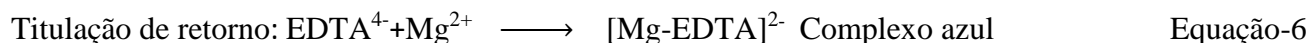
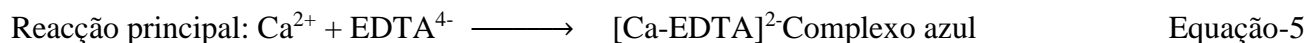
Segundo Alexeév (2000), nesta titulação usa-se o ácido etileno diamina tetra acético, mais conhecido por EDTA, como agente titulante ou complexante. O EDTA, é um ácido tetraprótico, cuja fórmula de sua estrutura é:



**Figura 2.** Fórmula estrutural de EDTA.

O EDTA é um ligante hexadentado, formando complexos, sempre na proporção 1:1, com grande número de cátions, por exemplo com  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Ba^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Co^{2+}$  e com outros polivalentes, ou mesmo com alguns monovalentes. Os complexos de EDTA têm a grande vantagem de serem estáveis, solúveis e de se formarem rapidamente. Na volumetria de complexação, utilizam-se indicadores com características orgânicas para detenção do ponto de viragem, sendo que estes compostos quando combinados com o ião metálico, originam compostos de diferentes cores e estas cores diferem da cor própria do indicador e estes são chamados metacrómicos (Alexeév, 2000).

Na titulação de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  nas amostras são usados os seguintes indicadores: Cálcon (na titulação de  $\text{Ca}^{2+}$ ), frisar que também pode se usar a Murexida isto na falta de Cálcon; Negro de ericromo T (na titulação de  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ ) (Vogel *et al.*, 2002). Nesta titulação ocorrem três reacções:



### ❖ Espectrofotometria de absorção molecular na região do UV-Vis

A análise de uma amostra por espectrofotometria de absorção molecular na região do UV-Vis, fundamenta-se no ataque químico fortemente ácido e a quente da mesma, visando extrair o seu conteúdo. Em seguida, procede-se à formação de um complexo colorido entre os reagentes complexantes, cuja absorvância é medida num espectrofotómetro na região do UV-Vis a um comprimento de onda específico (Santos, 2008).

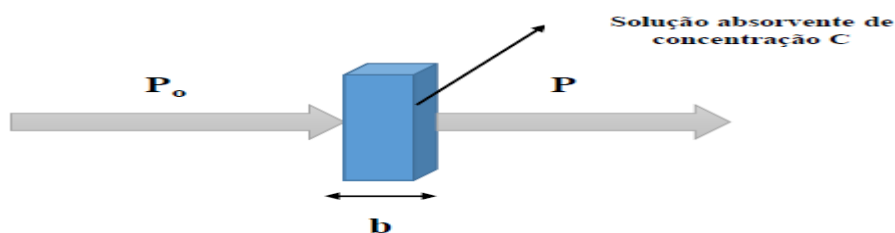
#### a) Princípio de absorção e lei de Lambert-Beer

A espectrofotometria de absorção molecular baseia-se na medida da radiação electromagnética absorvida pelas moléculas na região do comprimento de onda compreendido entre 200-800 nm. A solução absorvente está geralmente contida numa célula transparente tendo um percurso óptico “b”. Normalmente, a concentração “C” de um anólito absorvente está relacionada linearmente com a absorvância segundo a relação abaixo (equação 8) conhecida como lei de Lambert-Beer (Skoog *et al.*, 2005):

$$A = -\log \frac{P}{P_0} = \log \frac{P_0}{P} = \varepsilon \cdot b \cdot C \quad \text{Equação-8}$$

onde: A-absorvância;  $\varepsilon$ -absorção molar; b-percurso óptico (cm); C-concentração;  $P_0$  – feixe incidente; e P-feixe emergente.

A Figura 3 ilustra o processo de absorção e emissão da radiação electromagnética.



**Figura 3.** Incidência e emissão da radiação (Skoog *et al.*, 2005).

Conforme a lei de Lambert-Beer, a absorção da radiação electromagnética depende da população de moléculas e é directamente proporcional à concentração do anólito na solução (Skoog *et al.*, 2005).

### **Limitações da lei de Lambert-Beer**

A lei de Lambert-Beer tem as seguintes limitações (Skoog *et al.*, 2005):

- ❖ A lei é válida somente para descrever o comportamento da absorção de meios contendo concentrações do anólito relativamente baixas;
- ❖ Em altas concentrações (normalmente maiores que 0,01 M), a distância média entre as moléculas responsáveis pela absorção diminui até ao ponto de cada molécula afectar a distribuição de carga na vizinhança e, conseqüentemente, altera a capacidade das moléculas de absorver a radiação a um determinado comprimento de onda;
- ❖ A absorção molar pode alterar com a variação do índice de refração (depende do meio).

### **b) Desvios químicos e instrumentais**

De acordo Skoog *et al.* (2005), a lei de Lambert-Beer tem os seguintes desvios químicos e instrumentais:

#### **i) Desvios químicos**

- ❖ Pureza e estabilidade dos reagentes;
- ❖ Alta concentração da solução (0,01 M);
- ❖ Variações do pH;
- ❖ Interação química do soluto com reagentes de análise ou impurezas.

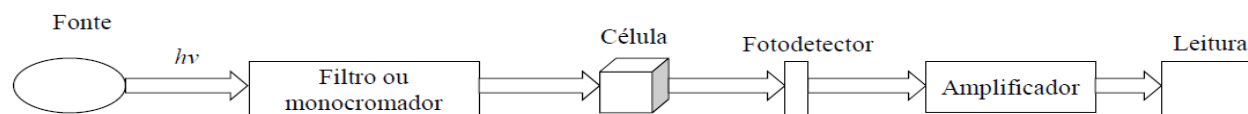
#### **ii) Desvios instrumentais**

- ❖ Desgaste nos fotodetectores;

- ❖ Troca de lâmpada por outra não correspondente;
- ❖ Pó sobre a ampola da lâmpada;
- ❖ Uso de filtros de outros aparelhos. Cada vez que se troca um filtro, o instrumento deverá ser recalibrado;
- ❖ Uso de tubos de vidro comum ao invés de cuvetas especialmente fabricadas para o aparelho;
- ❖ Perda de calibração do comprimento de onda e flutuações da fonte de radiação.

### c) Instrumentação

Instrumentos para medir a absorção da radiação UV-Vis são constituídos basicamente por fonte da luz (lâmpada de filamento de tungsténio, lâmpada de tungsténio-halogénio ou lâmpada de arco de deutério), selector de comprimento de onda (monocromador), recipiente para amostra (cuvetas ou células), transdutor de radiação (fotodetector), processador de sinal e dispositivo de leitura (computador) (Skoog *et al.*, 2005). A Figura 4 ilustra o esquema de um espectrofotómetro molecular UV-Vis.



**Figura 4.** Componentes de um espectrofotómetro de feixe simples (Skoog *et al.*, 2005).

A luz proveniente de uma fonte contínua passa por um monocromador que selecciona uma estreita faixa de comprimento de onda do feixe incidente. Essa luz monocromática passa pela amostra de um certo comprimento de onda e a energia radiante da amostra é detectada por um detector de luz, de seguida amplificada e por fim medida e lida num dispositivo de leitura (Skoog *et al.*, 2005).

### **3. Parte experimental**

#### **3.1. Actividades desenvolvidas nos bairros Albasine, Ferroviário e Maxaquene que contribuem para a contaminação das águas subterrâneas**

Segundo Muchimbane (2010), as actividades desenvolvidas nos bairros Albasine, Ferroviário e Maxaquene que contribuem para a contaminação das águas subterrâneas nos mesmos bairros e em outras regiões do Grande Maputo são:

##### **i) Exposição de resíduos sólidos no solo**

As actividades industriais e municipais produzem diariamente grandes quantidades de resíduos sólidos que são armazenados em aterros ou mesmo lançados na superfície. O lixo enterrado está sujeito a produzir, sob efeito das percolações dos excessos da água de chuva, um líquido contaminante, o chorume.

##### **ii) Lançamento de esgotos**

É feito sobre ou abaixo da superfície, e constitui uma das principais causas da contaminação da água subterrânea no mundo, uma vez que só é preciso que existam pessoas a simplesmente viver.

##### **iii) Actividades agrícolas**

O uso de fertilizantes e pesticidas é responsável pela degradação da qualidade da água subterrânea em áreas de cultivo intenso, por esses serem utilizados todos os anos, o excesso acabara por infiltrar se e alcançar o nível freático.

##### **iv) Vias de transporte**

Os acidentes que envolvem o transporte de substâncias perigosas podem ocorrer a qualquer momento, e o manejo e disposição das mesmas após o acidente pode gerar uma carga contaminante no subsolo, ameaçando assim a qualidade das águas subterrâneas existentes nos aquíferos.

##### **v) Cemitérios**

A prática de enterrar cadáveres humanos e de animais gera uma carga contaminante microbiológica que apesar de ser pequena e poder ser reduzida com a utilização de túmulos impermeáveis ou resistentes a

corrosão, deve se ter muita atenção principalmente por ser uma prática feita todos os dias em inúmeras culturas.

#### ❖ Parâmetros e métodos de análise

A Tabela 1 apresenta os parâmetros determinados na água dos furos consumida nos bairros Albasine, Ferroviário e Maxaquene, bem como os respectivos métodos de análise.

**Tabela 1.** Parâmetros e métodos de análise.

<b>Parâmetro</b>	<b>Método de análise</b>
<b>Temperatura</b>	Termometria – NMA B11
<b>Turbidez</b>	Turbidimetria – NMA B12
<b>pH</b>	Potenciometria –NMA B05
<b>Condutividade</b>	Condutimetria – NMA B02
<b>Cloretos</b>	Volumetria – NMA C17
<b>Alcalinidade</b>	Potenciometria – NMA C11
<b>Dureza total</b>	Volumetria – NMA C13
<b>Ferro total</b>	Método de tiocianato – NMA C22
<b>Amoníaco</b>	Método de reagente de Nessler – NMA C05
<b>Nitritos</b>	Método de ácido sulfanílico e $\alpha$ -naftilamina – NM C06
<b>Nitratos</b>	Método do ácido fenol – dissulfónico – NMA C07
<b>Sulfatos</b>	Método turbidímetro NMA C21

Fonte: LNHA.

#### 4. Apresentação dos resultados

No presente capítulo são apresentados os resultados das análises laboratoriais dos parâmetros físico-químicos para a potabilidade de água para fins de consumo humano. As análises foram feitas em triplicado e os resultados foram submetidos ao tratamento estatístico considerando um nível de confiança de 95%. E em função do grau de liberdade achou-se os valores críticos a partir de tabelas de distribuição normal. As Tabelas 2, 3 e 4 apresentam os resultados do estudo obtidos a partir das análises laboratoriais da qualidade da água para as principais fontes de água para o consumo humano.

**Tabela 2.** Resultados das análises laboratoriais da qualidade de água para os furos do bairro Albasine.

<b>Bairro Albasine</b>						
<b>Parâmetro</b>	<b>Furo A</b>		<b>Furo B</b>		<b>Furo C</b>	
	<b>Intervalo de confiança</b>	<b>RSD (%)</b>	<b>Intervalo de confiança</b>	<b>RSD (%)</b>	<b>Intervalo de confiança</b>	<b>RSD (%)</b>
<b>pH</b>	6,70 ± 0,00	0,00	6,50 ± 0,00	0,00	6,82 ± 0,02	0,15
<b>Nitratos (mg/L)</b>	2,82 ± 0,02	0,35	0,62 ± 0,00	0,00	0,02 ± 0,02	50
<b>Nitritos (mg/L)</b>	2,09 ± 0,00	0,00	1,38 ± 0,02	0,72	2,09 ± 0,02	0,48
<b>Amónio (mg/L)</b>	0,06 ± 0,00	0,00	0,07 ± 0,02	14,29	0,012 ± 0,01	16,67
<b>Sulfatos (mg/L)</b>	24,00 ± 2,48	4,17	25,00 ± 0,00	0,00	23,31 ± 0,02	0,04
<b>Temperatura (°C)</b>	25,00 ± 0,00	0,00	26,50 ± 0,25	0,38	27,00 ± 0,00	0,00
<b>Condutividade (µS/cm)</b>	61,02 ± 0,05	0,03	75,00 ± 0,00	0,00	60,00 ± 0,00	0,00
<b>Alcalinidade (mg/L)</b>	70,01 ± 0,00	0,00	72,08 ± 0,07	0,04	71,09 ± 0,13	0,08
<b>Dureza (mg/L CaCO<sub>3</sub>)</b>	100,00 ± 0,00	0,00	200,08 ± 0,05	0,01	150,02 ± 0,02	0,01
<b>Cloretos (mg/L)</b>	17,72 ± 0,00	0,00	13,00 ± 0,00	0,00	15,04 ± 0,00	0,00
<b>Ferro total (mg/L)</b>	0,0017 ± 0,00	0,00	0,00 ± 0,00	0,00	0,00 ± 0,00	0,00
<b>Turbidez (NTU)</b>	0,00 ± 0,00	0,00	0,00 ± 0,00	0,00	0,00 ± 0,00	0,00

De acordo com os resultados experimentais apresentados na Tabela 2, para os furos do bairro Albasine, pode-se concluir que os métodos usados para a determinação dos parâmetros de potabilidade de água apresentaram uma precisão muito boa em ambos os furos, excepto para a determinação do teor de amónio nos furos B e C, onde o RSD é de 14, 29% e de 16,67%, respectivamente. Igualmente a precisão

do método

para a

determinação de nitratos na água do furo C não foi muito boa (com um RSD de 50%). Os elevados valores de RSD para a determinação do teor de amónio na água dos furos B e C, e na determinação do teor de nitratos na água do furo C, podem ter ocorrido devido a um erro experimental durante a marcha laboratorial.

**Tabela 3.** Resultados das análises laboratoriais da qualidade de água para os furos do bairro Ferroviário.

Bairro Ferroviário						
Parâmetro	Furo A		Furo B		Furo C	
	Intervalo de confiança	RSD (%)	Intervalo de confiança	RSD (%)	Intervalo de confiança	RSD (%)
pH	6,70 ± 0,00	0,00	6,88 ± 0,00	0,00	6,92 ± 0,00	0,00
Nitratos (mg/L)	1,81 ± 0,00	0,00	1,95 ± 0,05	1,03	2,13 ± 0,00	0,00
Nitritos (mg/L)	0,46 ± 0,00	0,00	0,38 ± 0,00	0,00	0,48 ± 0,00	0,00
Amónio (mg/L)	0,04 ± 0,00	0,00	0,08 ± 0,00	0,00	0,06 ± 0,00	0,00
Sulfatos (mg/L)	30,35 ± 0,02	0,03	29,00 ± 0,00	0,00	30,83 ± 0,09	0,11
Temperatura (°C)	21,28 ± 0,25	0,48	22,05 ± 0,04	0,07	22,12 ± 0,00	0,00
Condutividade (µS/cm)	85,01 ± 0,00	0,00	86,10 ± 0,12	0,06	84,79 ± 0,08	0,04
Alcalinidade (mg/L)	67,00 ± 0,00	0,00	68,00 ± 0,00	0,00	69,00 ± 2,48	1,45
Dureza (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	98,00 ± 0,00	0,00	95,00 ± 2,48	1,05	100,01 ± 0,02	0,01
Cloretos (mg/L)	12,14 ± 0,02	0,08	14,09 ± 0,00	0,00	13,30 ± 0,11	0,34
Ferro total (mg/L)	0,003 ± 0,00	0,00	0,005 ± 0,00	0,00	0,005 ± 0,00	0,00
Turbidez (NTU)	0,00 ± 0,00	0,00	0,00 ± 0,00	0,00	0,00 ± 0,00	0,00

Das amostras analisadas, conforme os resultados apresentados na Tabela 3, a precisão dos métodos usados para a determinação dos parâmetros de qualidade de água para o consumo humano no bairro Ferroviário foi muito boa, variando de 0,00% a 1,45%.

**Tabela 4.** Resultados das análises laboratoriais da qualidade de água para os furos do bairro Maxaquene.

<b>Bairro Maxaquene</b>						
<b>Parâmetro</b>	<b>Furo A</b>		<b>Furo B</b>		<b>Furo C</b>	
	<b>Intervalo de confiança</b>	<b>RSD (%)</b>	<b>Intervalo de confiança</b>	<b>RSD (%)</b>	<b>Intervalo de confiança</b>	<b>RSD (%)</b>
<b>pH</b>	7,32 ± 0,00	0,00	7,34 ± 0,02	0,14	7,25 ± 0,00	0,00
<b>Nitratos (mg/L)</b>	2,31 ± 0,02	0,43	2,25 ± 0,00	0,00	2,38 ± 0,00	0,00
<b>Nitritos (mg/L)</b>	0,03 ± 0,00	0,00	0,00 ± 0,00	0,00	0,01 ± 0,00	0,00
<b>Amónio (mg/L)</b>	0,05 ± 0,00	0,00	0,03 ± 0,00	0,00	0,04 ± 0,00	0,00
<b>Sulfatos (mg/L)</b>	23,15 ± 0,00	0,00	21,08 ± 0,00	0,00	24,22 ± 0,02	0,04
<b>Temperatura (°C)</b>	25,10 ± 0,05	0,08	26,01 ± 0,00	0,00	26,20 ± 0,00	0,00
<b>Condutividade (µS/cm)</b>	50,00 ± 0,00	0,00	48,26 ± 0,02	0,02	51,33 ± 0,00	0,00
<b>Alcalinidade (mg/L)</b>	74,00 ± 0,00	0,00	75,00 ± 2,48	1,33	73,00 ± 0,00	0,00
<b>Dureza (mg/L CaCO<sub>3</sub>)</b>	78,00 ± 0,00	0,00	80,18 ± 0,04	0,02	79,80 ± 0,04	0,02
<b>Cloretos (mg/L)</b>	16,21 ± 0,00	0,00	15,02 ± 0,00	0,00	15,44 ± 0,04	0,02
<b>Ferro total (mg/L)</b>	0,00 ± 0,00	0,00	0,006 ± 0,00	16,67	0,00 ± 0,00	0,00
<b>Turbidez (NTU)</b>	0,00 ± 0,00	0,00	0,00 ± 0,00	0,00	0,00 ± 0,00	0,00

Conforme indica a Tabela 4, a precisão dos métodos usados para a determinação de cada um dos parâmetros para a análise da potabilidade de água do bairro Maxaquene, foi muito boa para as três fontes de água, excepto no furo B para a determinação do ferro total onde obteve-se um RSD de 16,67%, provavelmente devido a um erro experimental.

## 5. Discussão dos resultados

Esta secção apresenta a discussão dos resultados experimentais obtidos na determinação da qualidade de água dos furos dos bairros Albasine, Ferroviário e Maxaquene para o consumo humano. A seguir são apresentados os gráficos de cada parâmetro analisado, sendo que os mesmos foram construídos a partir das Tabelas 2, 3 e 4. Os resultados obtidos foram comparados com os resultados fornecidos pelo INNOQ (anexo F) para a potabilidade de água para o consumo humano.

### ❖ pH

O gráfico representado pela Figura 5 foi construído com base nos resultados das Tabelas 2, 3 e 4, onde estão indicados os intervalos de confiança do pH para os furos dos bairros Albasine, Ferroviário e Maxaquene.

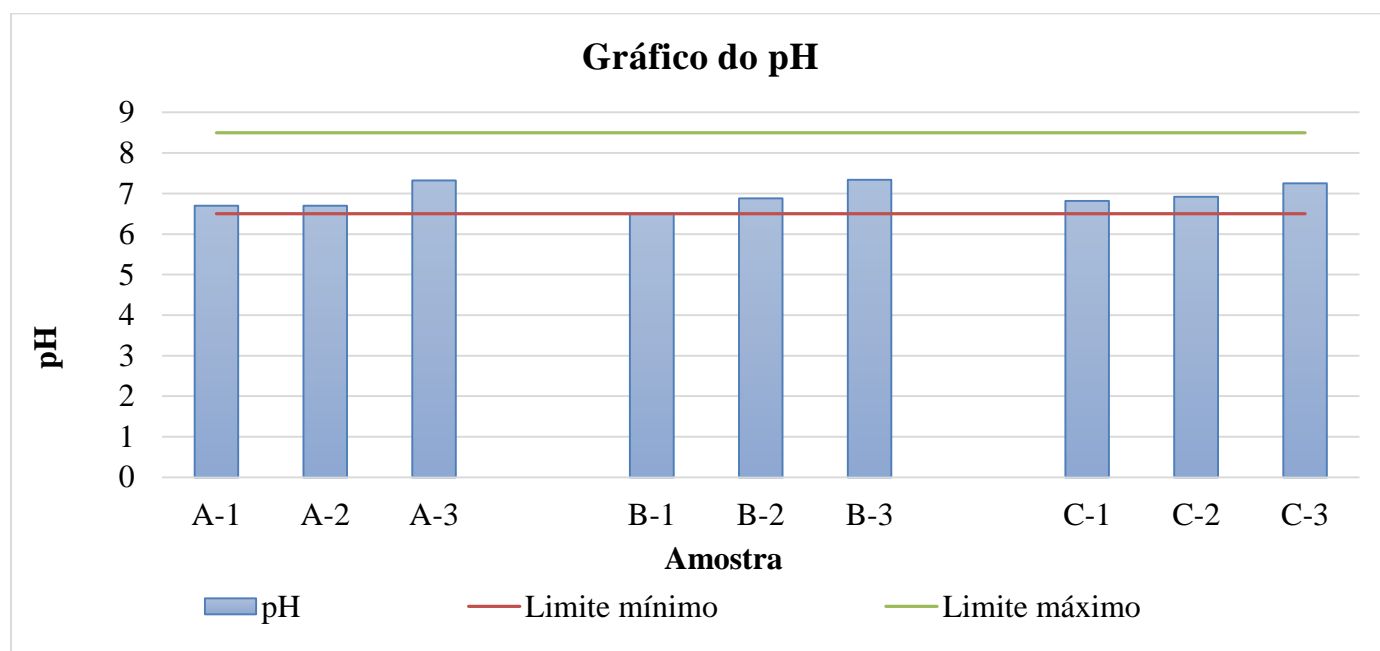


Figura 5. Resultados experimentais do pH dos furos dos bairros Albasine, Ferroviário e Maxaquene.

De acordo com o gráfico da Figura 5, há uma ligeira variação do pH da água dos furos dos bairros Albasine, Ferroviário e Maxaquene, porém os valores de pH estão dentro dos limites recomendados pelo INNOQ, onde o grau de restrição varia de 6,5 a 8,5.

### ❖ Teor de nitratos

O gráfico da Figura 6 apresenta os teores de nitratos da água de furos consumida nos bairros Albasine, Ferroviário e Maxaquene.

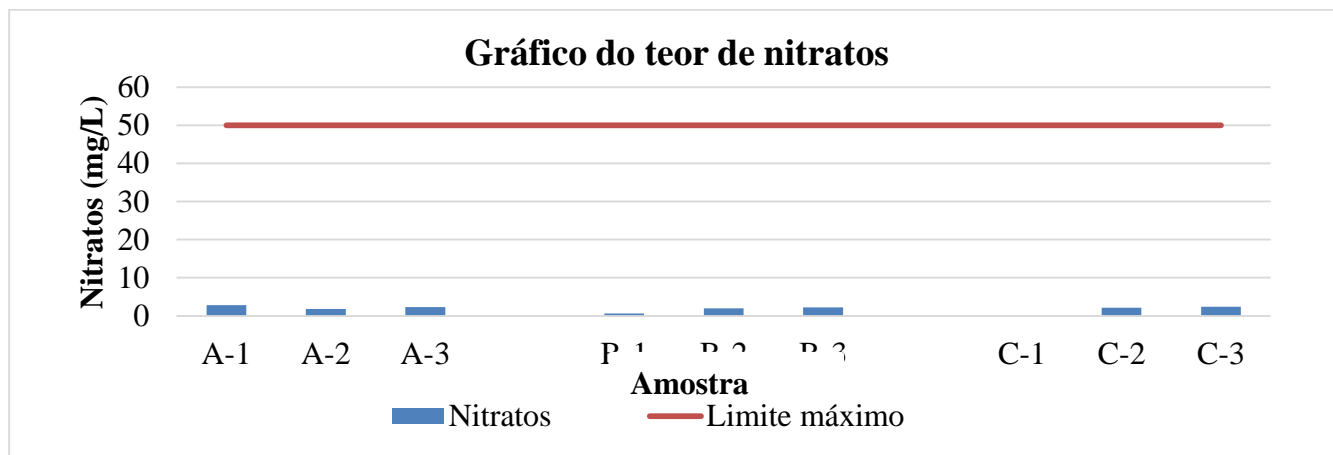


Figura 6. Resultados experimentais do teor de nitratos dos furos dos bairros Albasine, Ferroviário e Maxaquene.

Conforme os resultados obtidos experimentalmente, a água consumida nos bairros Albasine, Ferroviário e Maxaquene apresentam teores de nitratos dentro dos parâmetros estabelecidos pelo INNOQ.

### ❖ Teor de nitritos

A Figura 7 apresenta os resultados obtidos durante a determinação do teor de nitritos da água dos furos consumida nos bairros Albasine, Ferroviário e Maxaquene.

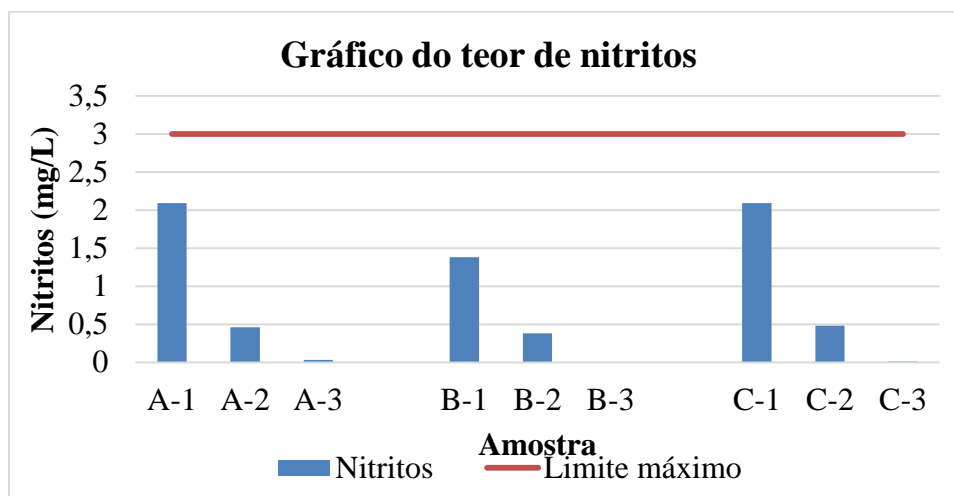
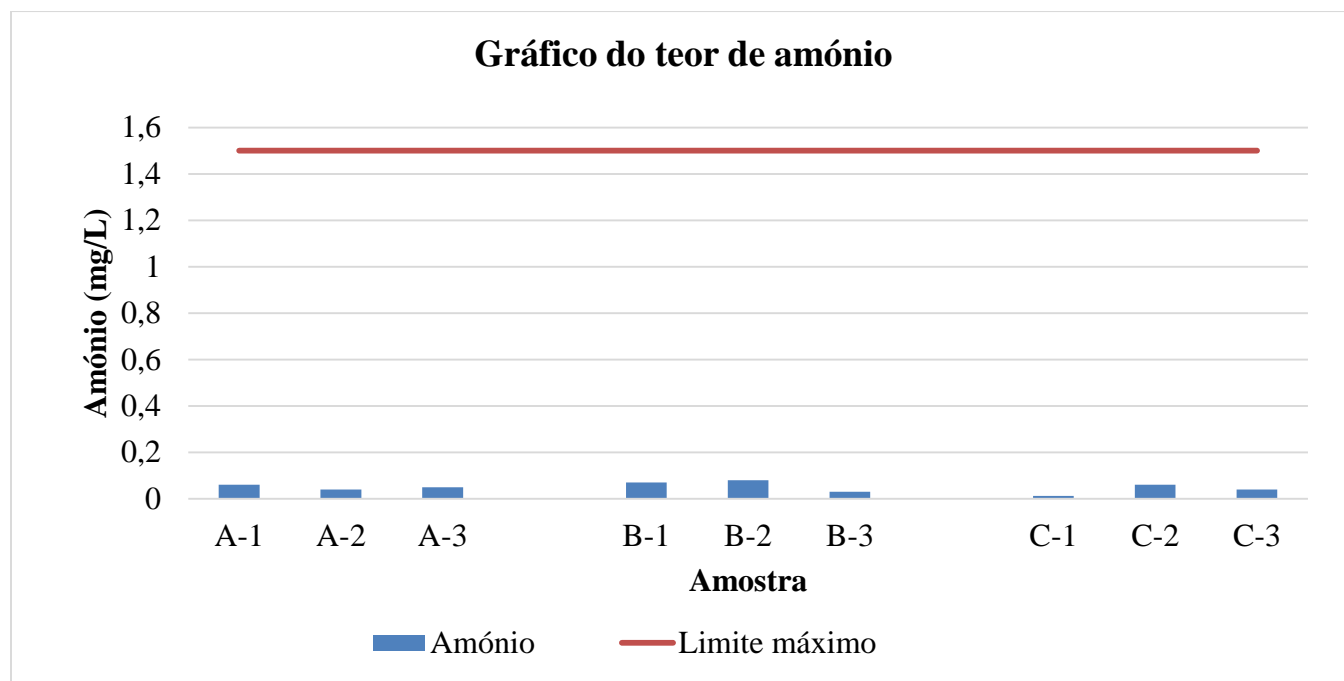


Figura 7. Resultados experimentais do teor de nitritos dos furos dos bairros Albasine, Ferroviário e Maxaquene.

### ❖ Teor de amónio

A Figura 8 apresenta os resultados obtidos durante a determinação do teor de amónio da água dos furos consumida nos bairros Albasine, Ferroviário e Maxaquene.



**Figura 8.** Resultados experimentais do teor de amónio dos furos dos bairros Albasine, Ferroviário e Maxaquene.

A amónia é uma substância que pode constituir um risco a saúde humana, sendo um componente nitrogenado que pode estar presente naturalmente em águas subterrâneas, como resultado da decomposição da matéria orgânica em estado avançado.

Tendo em conta os resultados apresentados na Figura 5, podemos concluir que a água dos furos dos bairros Albasine, Ferroviário e Maxaquene apresentam teores de amónio dentro dos limites estabelecidos pelo INNOQ.

### ❖ Teor de sulfatos

A Figura 9 apresenta os resultados obtidos durante a determinação do teor de sulfatos da água dos furos consumida nos bairros Albasine, Ferroviário e Maxaquene.

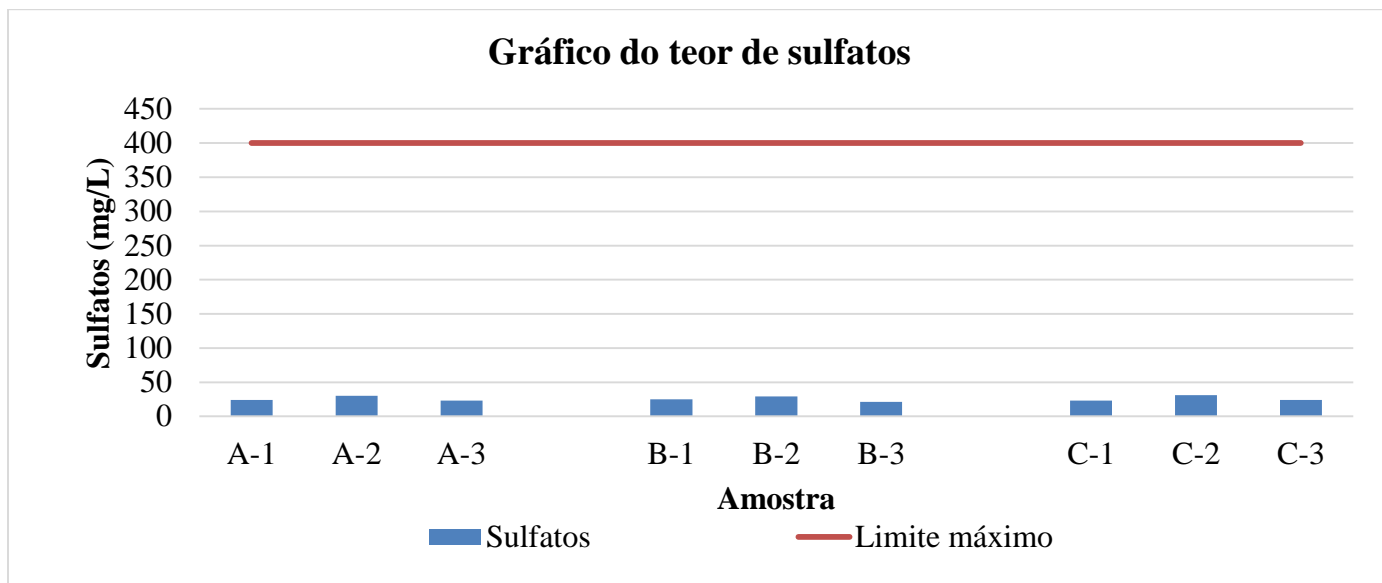


Figura 9. Resultados experimentais do teor de sulfatos dos furos dos bairros Albasine, Ferroviário e Maxaquene.

De acordo com os resultados apresentados na Figura 9, a água dos furos consumida nos bairros Albasine, Ferroviário e Maxaquene apresentam teores de sulfatos dentro dos limites estabelecidos pelo INNOQ, sendo um dos requisitos de potabilidade de água para o consumo humano.

#### ❖ Condutividade

A Figura 10 apresenta os resultados obtidos durante a determinação do teor de sulfatos da água dos furos consumida nos bairros Albasine, Ferroviário e Maxaquene.

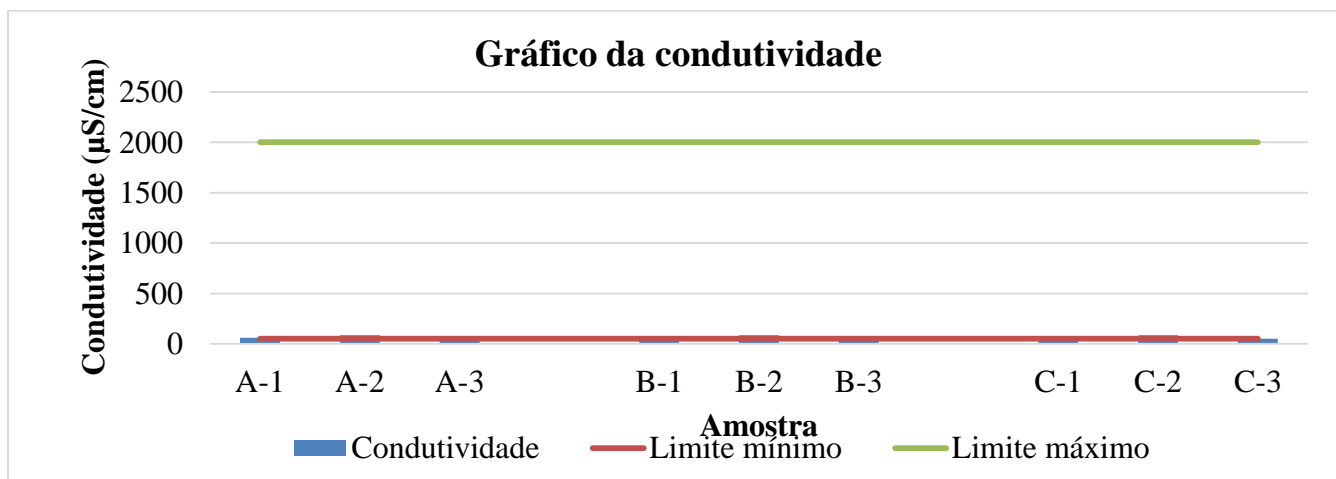
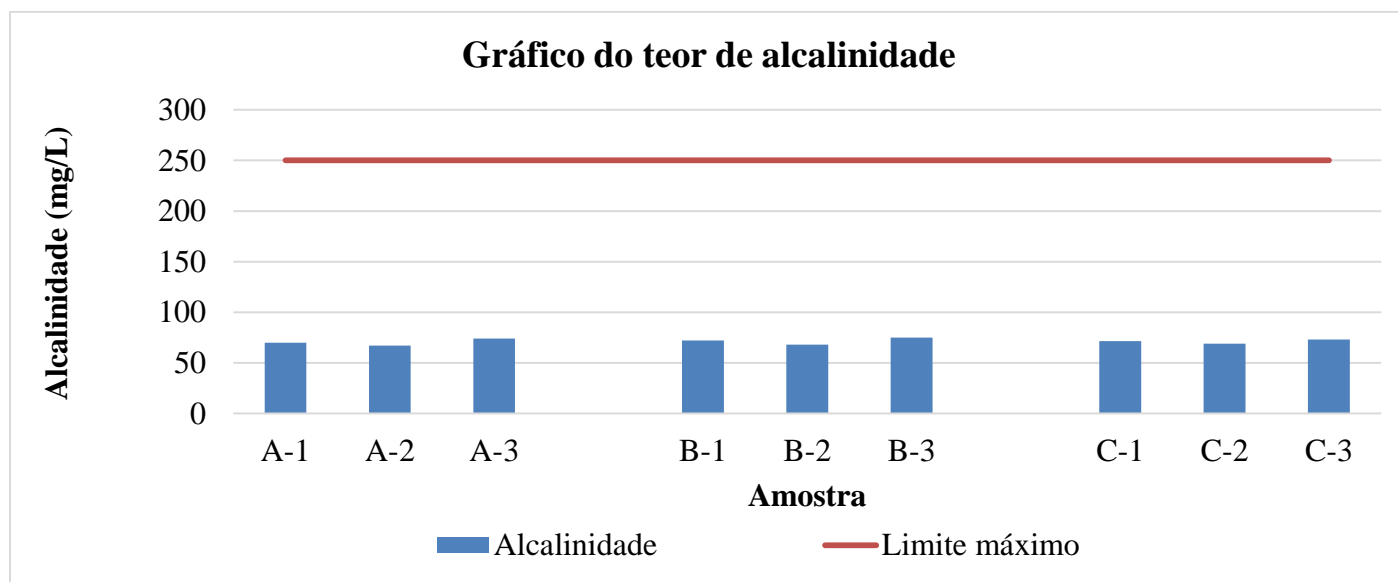


Figura 10. Resultados experimentais da condutividade dos furos dos bairros Albasine, Ferroviário e Maxaquene.

O gráfico da Figura 10, mostra que a condutividade da água dos furos consumida nos bairros em estudo apresentam uma condutividade mínima, indicando a presença de poucos sais dissolvidos na mesma, sendo que respeita os requisitos para o consumo humano tendo em conta a norma estabelecida pelo INNOQ.

#### ❖ Teor de alcalinidade

Na Figura abaixo (Figura 11), apresenta a comparação dos resultados experimentais da água dos furos dos bairros em estudo com as normas do INNOQ.

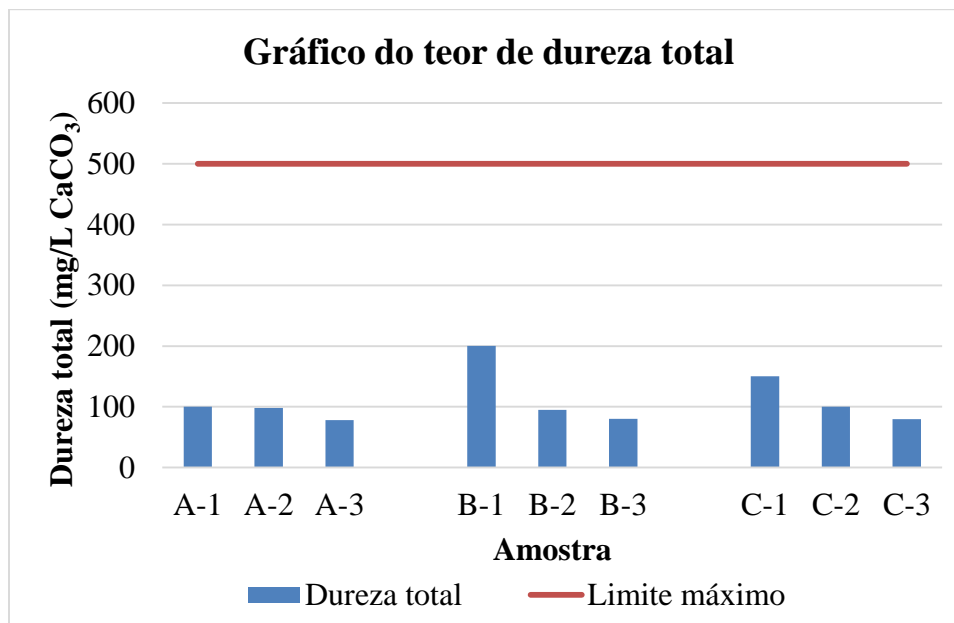


**Figura 11.** Resultados experimentais do teor de alcalinidade dos furos dos bairros Albasine, Ferroviário e Maxaquene.

Considerando os dados fornecidos pela Figura 11, podemos dizer que a água dos furos consumida nos bairros Albasine, Ferroviário e Maxaquene tem uma alcalinidade em conformidade com os padrões de potabilidade de água para o consumo humano fornecidos pelo INNOQ.

#### ❖ Teor de dureza total

O gráfico representado pela Figura 12 estão indicados os intervalos de confiança do teor de dureza total para os furos dos bairros Albasine, Ferroviário e Maxaquene.

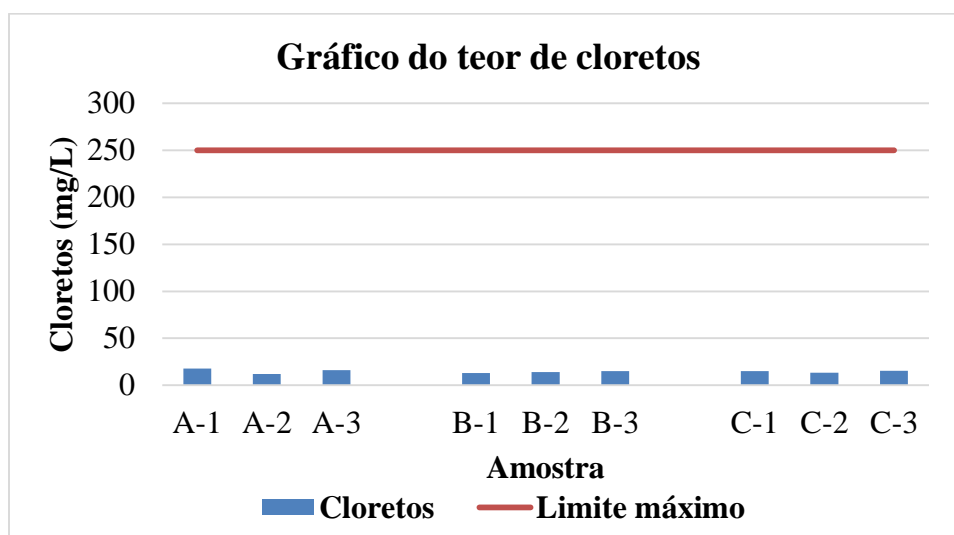


**Figura 12.** Resultados experimentais do teor de dureza total da água dos furos dos bairros Albasine, Ferroviário e Maxaquene.

Segundo os dados fornecidos pelo gráfico da Figura 12, a dureza total da água dos furos consumida nos bairros Albasine, Ferroviário e Maxaquene encontra-se dentro dos limites estabelecidos pelo INNOQ.

#### ❖ Teor de cloretos

A Figura 13 apresenta os resultados obtidos durante a determinação do teor de cloretos da água dos furos consumida nos bairros Albasine, Ferroviário e Maxaquene.



**Figura 13.** Resultados experimentais do teor de cloretos da água dos furos dos bairros Albasine, Ferroviário e Maxaquene.

### ❖ Teor de ferro total

A Figura 14 apresenta os resultados obtidos durante a determinação do teor de ferro total da água dos furos consumida nos bairros Albasine, Ferroviário e Maxaquene.

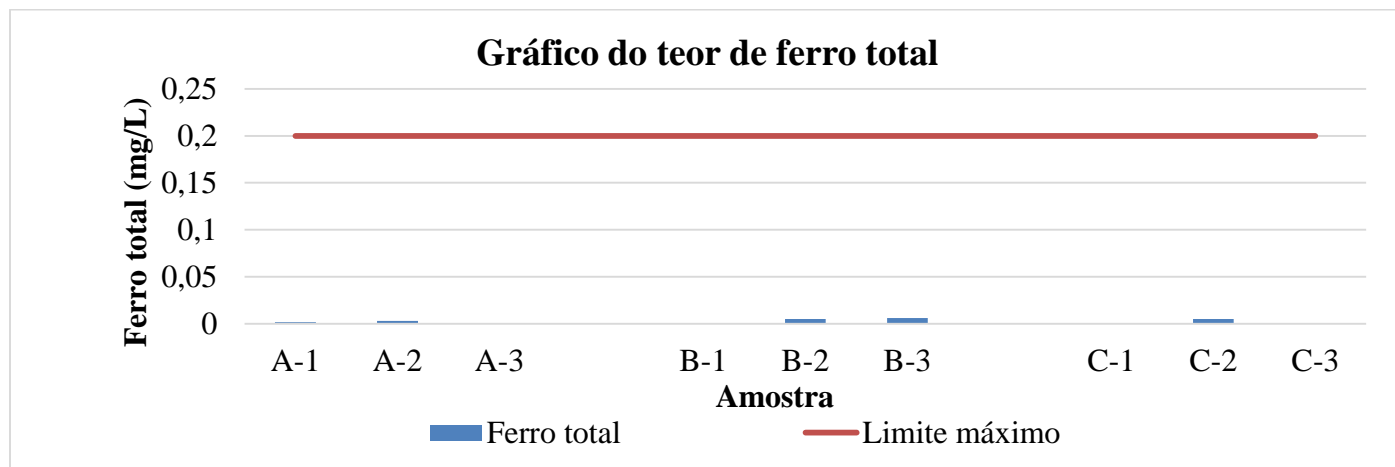


Figura 14. Resultados experimentais do teor de ferro total da água dos furos dos bairros Albasine, Ferroviário e Maxaquene.

De acordo com a Figura 14, a água dos furos consumida nos bairros Albasine, Ferroviário e Maxaquene apresentam teores de ferro total dentro dos limites estabelecidos pelo INNOQ.

### ❖ Turbidez

A Figura 15 apresenta os resultados obtidos durante a determinação da turbidez da água dos furos consumida nos bairros Albasine, Ferroviário e Maxaquene.

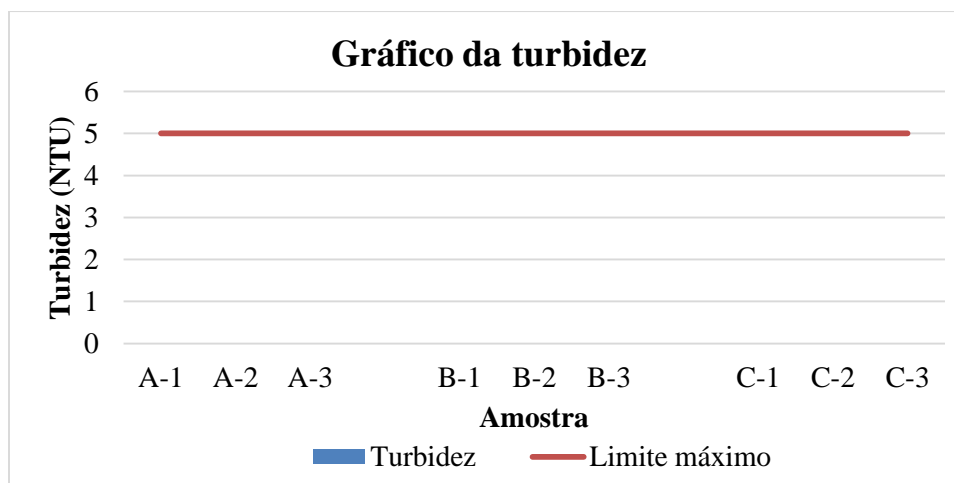


Figura 15. Resultados experimentais do teor de turbidez da água dos furos dos bairros Albasine, Ferroviário e Maxaquene.

De acordo com a Figura 15, a água dos furos consumida nos bairros Albasine, Ferroviário e Maxaquene não apresenta nenhuma turbidez e encontra-se dentro dos limites estabelecidos pelo INNOQ.

## 6. Conclusões e recomendações

### 6.1. Conclusões

Os objectivos do presente trabalho foram alcançados com sucesso, tendo sido possível avaliar a qualidade da água dos furos consumida nos bairros Albasine, Ferroviário e Maxaquene da Cidade de Maputo.

Foi possível caracterizar as actividades desenvolvidas nos bairros Albasine, Ferroviário e Maxaquene que contribuem para a contaminação das águas subterrâneas que são, nomeadamente: exposição de resíduos sólidos no solo, lançamento de esgotos, actividades agrícolas, vias de transporte e cemitérios.

Foi possível determinar os parâmetros físico-químicos da água dos furos consumida nos bairros Albasine, Ferroviário e Maxaquene da Cidade de Maputo, onde as análises foram feitas em triplicado e os resultados foram submetidos ao tratamento estatístico considerando um nível de confiança de 95%.

De acordo com os resultados experimentais todos os métodos apresentaram uma boa precisão, excepto para os furos do bairro Albasine onde o RSD do teor de amónio nos furos B e C foi de 14, 29% e de 16,67%, respectivamente. Igualmente a precisão do método para a determinação de nitratos na água do furo C não foi muito boa (com um RSD de 50%). Os elevados valores de RSD para a determinação do teor de amónio na água dos furos B e C, e na determinação do teor de nitratos na água do furo C, podem ter ocorrido devido a um erro experimental durante a marcha laboratorial.

De um modo geral, com base nos resultados dos parâmetros físico-químicos realizados para se avaliar a qualidade da água dos furos consumida nos bairros Albasine, Ferroviário e Maxaquene da Cidade de Maputo, pode-se concluir que a água dos furos é apropriada para o consumo humano de acordo com os dados fornecidos pelo INNOQ.

### 6.2. Recomendações

- ❖ Que sejam feitos estudos mais aprofundados sobre a qualidade da água dos furos que possam esclarecer melhor a condição das mesmas para o consumo humano;
- ❖ Que sejam feitos estudos similares em outras regiões ao longo do nosso país para que se apure a qualidade e a vulnerabilidade geral;

- ❖ Embora seja prematuro a ocorrência de problemas ambientais, recomenda-se a implementação de boas práticas da exploração deste aquífero evitando situações que podem resultar em futuros focos de impactos ambientais de várias ordens incluindo saúde pública;

## Referências bibliográficas

- ❖ Aboo, V. C. (2013). *Consumo de Águas Minerais Naturais e de Nascente - Causas e Impacte para o Meio Ambiente: Estudo de Caso da Cidade de Nampula*. Mestrado em Ciências e Tecnologia do Ambiente, Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. pp 17, 20.
- ❖ Alexeév, V. (2000). *Análise Quantitativa*, 3ª Edição, Editora Lopes da Silva, Porto. p. 201.
- ❖ Anthonj, C., Githinji, S. & Kistemann, T. (2018). *The impact of water on health and ill-health in a sub-Saharan African wetland: Exploring both sides of the coin. Science of the Total Environment*. Volume 2, pp. 199-235.
- ❖ Bastos, M. L. (2013). *Caracterização da qualidade da água subterrânea – estudo de caso no município de cruz das almas*. Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental – URFB. Brasil. Pp.: 8 -15.
- ❖ Benjmel, K., Amraoui, F., Boutaleb, S., Ouchchen, M., Tahiri, A., & Touab, A. (2020). *Mapping of Groundwater Potential Zones in Crystalline Terrain Using Remote Sensing, GIS Techniques, and Multicriteria Data Analysis (Case of the Ighrem Region, Western Anti-Atlas, Morocco)*.
- ❖ Borges, V. M., Athayde, G. B., & Reginato, P. A. R. (2017). *Avaliação da vulnerabilidade natural à contaminação do sistema aquífero Serra Geral no Estado do Paraná – Brasil. Águas Subterrâneas*. 31(4), 327. <https://doi.org/10.14295/ras.v31i4.28857>
- ❖ Braga, F. P. (2014). *Avaliação de desempenho de uma estação de tratamento de água no Município de juiz de fora-MG*. Município de juiz de fora MG: Faculdade de engenharia da UFJF.
- ❖ Ferraro, R. J. (2008). *Sistema de osmose reversa*. São Paulo, Campinas, Brasil: Engenharia Mecânica da Universidade São Francisco.
- ❖ Feitosa, F. A. C., Manoel Filho, J., Feitosa, E. C., & Demetrio, J. G. A. (2008). Hidrogeologia: conceitos e aplicações. In CPRM-Serviço Geológico do Brasil (Issue 3)
- ❖ Filho, V. J. F. (2018). *Qualidade das Águas Subterrâneas rasas do Aquífero Barreiras : Estudo de caso em Benevides - PA*. Brasil.
- ❖ FUNASA. (2013). *Manual prático de análise de água 4 edição*. Coordenação de comunicação social.

- ❖ FNDS. (2020). *Mapa de Cobertura Florestal de Moçambique - 2016*. 105.
- ❖ Foster, S., Hirata, R., Gomes, D., D'Elia, M., & Paris, M. (2002). *Proteção da Qualidade da Água Subterrânea*. Brasil.
- ❖ Guimarães, R. C. (2011). *Ciclo hidrológico*. Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrâneas. Escola de Ciência e Tecnologia. Universidade de Évora. Pp.: 1
- ❖ Guimarães, C. (2007). *IT – Saneamento Básico*. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.
- ❖ Heller, L. (2006). *Abastecimento de água para o consumo humano*. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa.
- ❖ Kpegli, K. A. R., de Louw, P. G. B., Alassane, A., Mama, D., Boukari, M., & van der Zee, S. E. A. T. M. (2022). Hydrogeological simulation of head changes of a south Benin artesian aquifer. *Groundwater for Sustainable Development*, 16(May 2021), 100711. <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2021.100711>.
- ❖ Langa, E. F. (2016). *Estudo da Qualidade da Água das Principais Fontes de Abastecimento do Distrito de Namaacha provincia de Maputo para fins domésticos*. Maputo: Universidade Eduardo Mondlane.
- ❖ Lousada, S. A. N., Sefu, M., & Mahadal, S. A. (2024). Análise da qualidade da água consumida pelos residentes nas margens dos rios da bacia hidrográfica de monapo. *Revista Contemporânea*, 4(6), e4598 . <https://doi.org/10.56083/RCV4N6-029>.
- ❖ Muchimbane, A. B. D. A. (2010). *Estudo dos Indicadores de Contaminação das Águas Subterrâneas por Sistemas de Saneamento “in Situ” - Distrito Urbano 4, Cidade de Maputo, Moçambique*. Dissertação de mestrado em Recursos Minerais e Hidrogeologia. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. São Paulo. 144pp.
- ❖ Nieweglowski, A. M. (2006). *Indicadores de qualidade da água na bacia hidrográficado rio Toledo-PR*. Curitiba: Sector de ciencias agrárias, Universidade Federal do Panama.
- ❖ Okumura, F., Cavalheiro, É. T. G., Nóbrega, J. A. (2004). Experimentos Simples Usando Fotometria de Chama para Ensino de Princípios de Espectrometria Atômica em Cursos de Química Analítica, *Quim. Nova*, Vol. 27, No. 5. 832-836.

- ❖ Parron, L. M., Muniz, D. H. de F., & Pereira, C. M. (2011). *Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água*. EMBRAPA - Documento 232, 69. <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/921050/1/Doc232ultimaversao.pdf>
- ❖ Rodrigues, A. P., M. Y. R.-S. & Silva, R. F. (2020). A qualidade da água para o consumo humano nas unidades sanitárias do distrito municipal da Katembe (Moçambique). *Revista Brasileira de Meio Ambiente*. Volume 65, pp. 289-321.
- ❖ Romeiro, C. (2012). *A tecnologia SIG aplicada ao estudo da Vulnerabilidade à poluição das águas subterrâneas na Bacia Hidrográfica das Ribeiras do Oeste*. Brasil.
- ❖ Silveira, B. A. (2017). *Tratamento de água de abastecimento com aplicação da moringa oleifera líquida e em pó em diferentes concentrações de solução*. Londrina: Universidade Tecnológica de Panama.
- ❖ Salamandane, A., Vila-Boa, F., Malfeito-Ferreira, M. & Brito, L. (2021). *High Fecal Contamination and High Levels of Antibiotic-Resistant Enterobacteriaceae in Water Consumed in the City of Maputo*. Mozambique. *Biology*, p. 1
- ❖ Sambo, R. (2010). *Determinação da Qualidade da Água de rega no Rio Infulene*, Trabalho de Licenciatura em ensino de Química, Universidade Pedagógica, Maputo, pp. 11-15; 25-42.
- ❖ Santos, F. F. (2008). *Determinação de fósforo por espectrometria de emissão ótica com plasma indutivamente acoplado em matrizes contendo metais alcalinos e alcalinos terrosos*. Tese apresentada para a obtenção do grau de mestrado em Química Inorgânica. Universidade Federal do Ceará. Pp: 1-15.
- ❖ Skoog, D.; West, D., Holler F. & R. Crouch, S. (2005). *Fundamentos de Química Analítica*. Tradução da 8ª Edição norte-americana. Edição, LTC-Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., Rio de Janeiro – RJ.
- ❖ Tamele Jr., L.; Juizo, D.; Mussá, F. & Muteto, P. (2017). *Avaliação da qualidade das águas subterrâneas do grande Maputo*. SILUSBA. 96(14): 1-2.
- ❖ Terra, J., & Rossi, A. V. (2005). Sobre o desenvolvimento da análise volumétrica e algumas aplicações atuais. *Química Nova*. 28(1), 166–171. <https://doi.org/10.1590/s0100-40422005000100029>

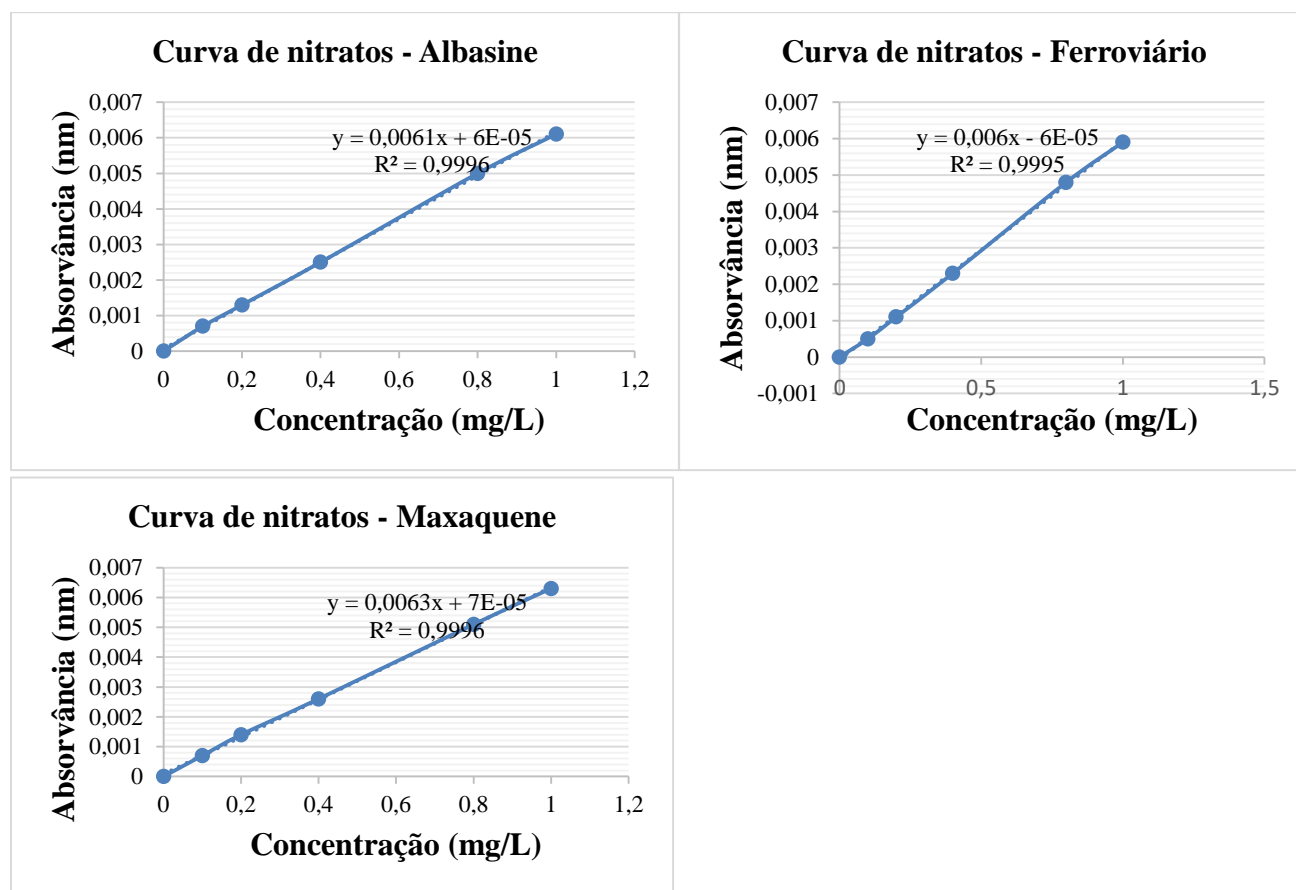
- ❖ Tundisi, J. G. (2003). *Ciclo hidrológico e gerenciamento integrado*. Ciênc. Cult. (São Paulo), 55(4), 31–33.
- ❖ WHO (2017). *Guidelines for Drinking-water Quality*. 4th ed. Geneva: OMS.
- ❖ Vasconcelos, M., de Magalhães, V., & Souza, F. (2011). Caracterização dos parâmetros de qualidade da água do manancial Utinga, Belém, PA, Brasil. *Revista Ambiente e Agua*. 6(2), 445–458. <https://doi.org/10.4136/1980-993X>
- ❖ Vogel, A. I. (1992). *Análise Química Quantitativa*, 5ª Edição, Editora GuanabaraKoogan S.A, RJ. p. 629-649.
- ❖ Vogel, A. I., Jeffery, G. H., Bassett, J., Mendham, J. & Denney, R. C. (2002). *Análise química quantitativa*. 6ª ed. Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. Rio de Janeiro.

# Anexos

**Anexo A: Tabelas e curvas de calibração para a determinação de nitratos**

**Tabela A.** Absorvâncias obtidas na leitura dos padrões para de determinação de nitratos.

	Albasine	Ferroviário	Maxaquene
Concentração (mg/L)	Absorvância (nm)	Absorvância (nm)	Absorvância (nm)
0,00	0,00	0,00	0,00
0,1	0,0007	0,0005	0,0007
0,2	0,0013	0,0011	0,0014
0,4	0,0025	0,0023	0,0026
0,8	0,005	0,0048	0,0051
1,0	0,0061	0,0059	0,0063

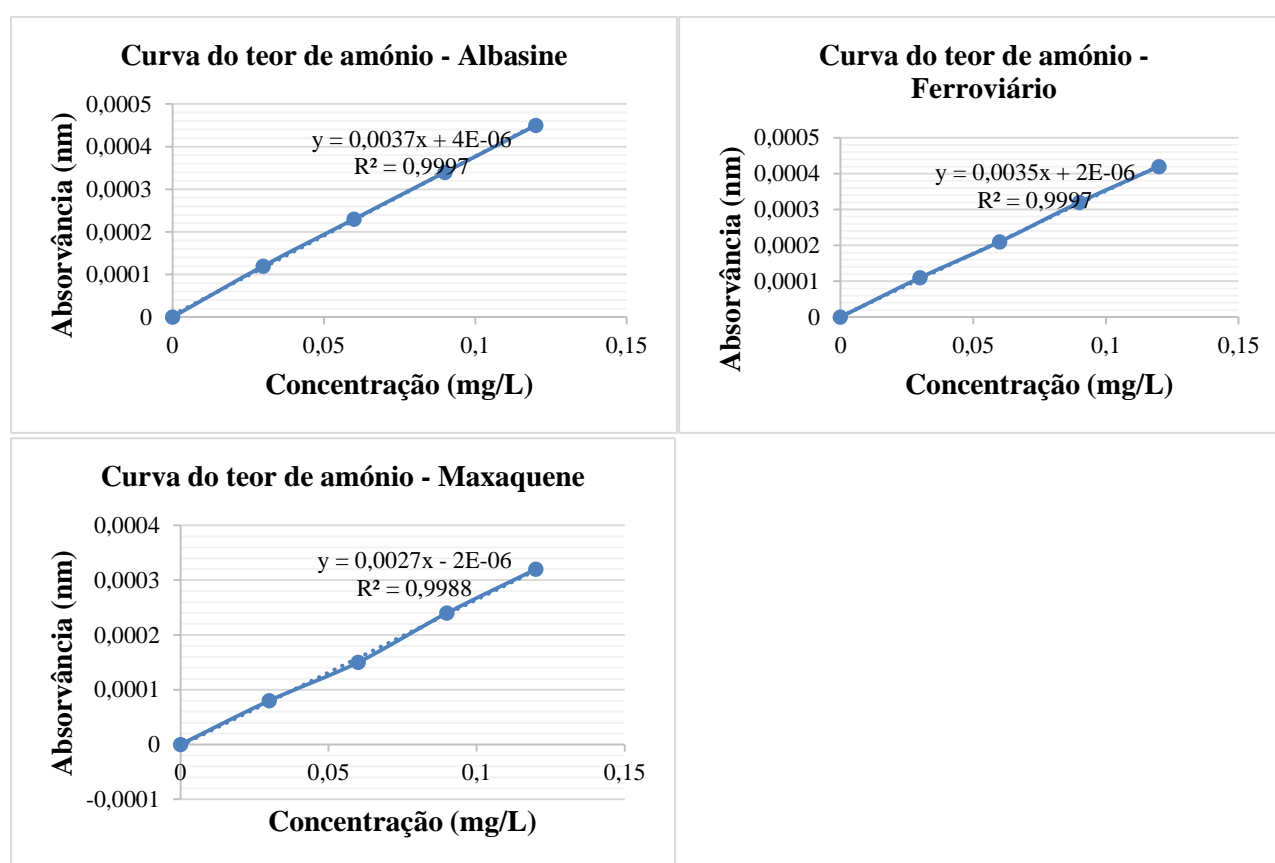


**Figura A.** Curvas de calibração para a determinação de nitratos.

**Anexo B: Tabelas e curvas de calibração para a determinação do teor de amónio**

**Tabela B.** Absorvâncias obtidas na leitura dos padrões para de determinação do teor de amónio.

	<b>Albasine</b>	<b>Ferroviário</b>	<b>Maxaquene</b>
<b>Concentração (mg/L)</b>	<b>Absorvância (nm)</b>	<b>Absorvância (nm)</b>	<b>Absorvância (nm)</b>
0,00	0,00	0,00	0,00
0,03	0,00012	0,00011	0,00008
0,06	0,00023	0,00021	0,00015
0,09	0,00034	0,00032	0,00024
0,12	0,00045	0,00042	0,00032



**Figura B.** Curvas de calibração para a determinação do teor de amónio.

### Anexo C: Tabelas e curvas de calibração para a determinação do teor de sulfatos

Tabela C. Absorvâncias obtidas na leitura dos padrões para de determinação do teor de sulfatos.

Concentração (mg/L)	Albasine	Ferroviário	Maxaquene
	Absorvância (nm)	Absorvância (nm)	Absorvância (nm)
0	0,00	0,00	0,00
5	0,006	0,006	0,006
10	0,01	0,011	0,01
15	0,015	0,017	0,015
20	0,02	0,022	0,019
25	0,025	0,028	0,025
30	0,03	0,033	0,03
35	0,035	0,039	0,035
40	0,04	0,044	0,04

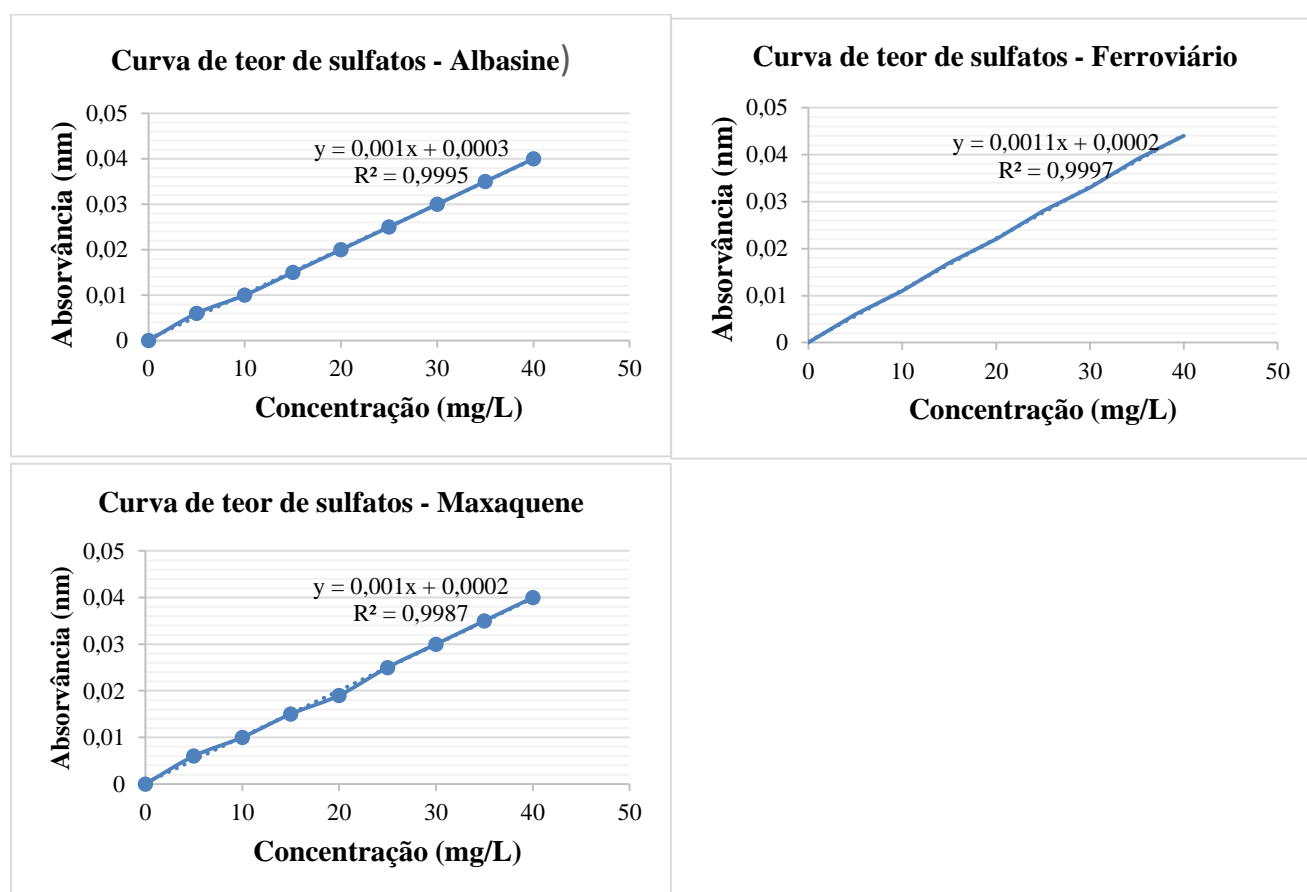
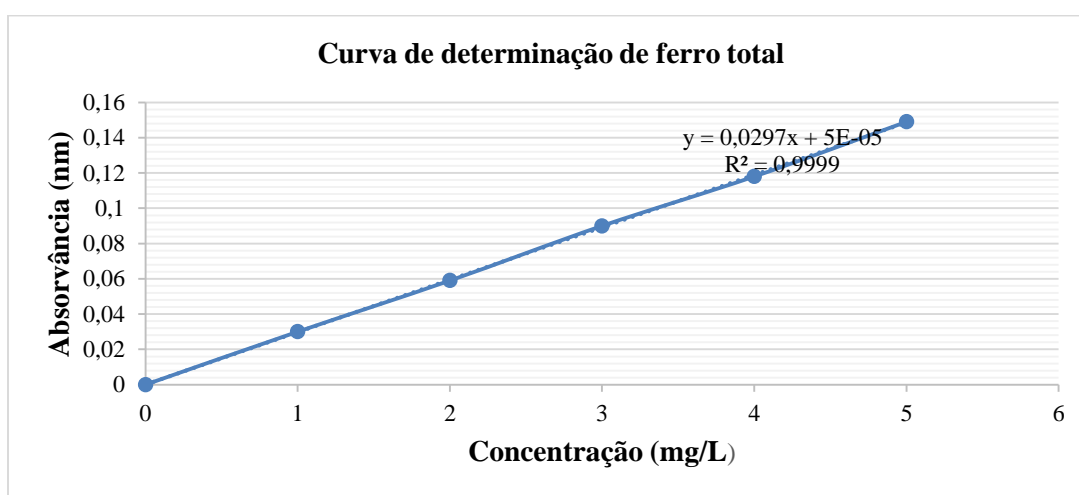


Figura C. Curvas de calibração para a determinação do teor de sulfatos.

## Anexo D: Curva de calibração para a determinação de ferro total

**Tabela D.** Absorvâncias obtidas na leitura dos padrões para de determinação de ferro total.

Concentração (mg/L)	Absorvância (nm)
0	0,00
1	0,03
2	0,059
3	0,09
4	0,118
5	0,149



**Figura D.** Curvas de calibração para a determinação de ferro total.

**Anexo E: Resultados das análises dos parâmetros físico-químicos da água dos furos consumida nos bairros Albasine, Ferroviário e Maxaquene**

**Tabela E-1.** Resultados das análises dos parâmetros físico-químicos da água dos furos consumida no bairro Albasine.

<b>Bairro Albasine</b>						
<b>Parâmetro</b>	<b>Furo A-1</b>		<b>Furo B-1</b>		<b>Furo C-1</b>	
	<b>Replica</b>	<b>Media</b>	<b>Replica</b>	<b>Media</b>	<b>Replica</b>	<b>Media</b>
<b>pH</b>	6,70	6,70	6,61*	6,50	6,81	6,82
	6,70		6,50		6,82	
	6,70		6,50		6,83	
<b>Nitratos (mg/L)</b>	2,82	2,82	0,62	0,62	0,03	0,02
	2,83		0,62		0,02	
	2,81		0,62		0,01	
<b>Nitritos (mg/L)</b>	2,09	2,09	1,38	1,38	2,10	2,09
	2,08*		1,39		2,09	
	2,09		1,37		2,08	
<b>Amónio (mg/L)</b>	0,06	0,06	0,07	0,07	0,010	0,012
	0,06		0,08		0,012	
	0,06		0,06		0,014	
<b>Sulfatos (mg/L)</b>	24,00	24,00	25,00	25,00	23,30	23,31
	23,00		25,00		23,31	
	25,00		25,00		23,32	
<b>Temperatura (°C)</b>	25,00	25,00	26,50	26,5	27,00	27,00
	25,00		26,40		27,00	
	25,00		26,60		27,01*	
<b>Condutividade (µS/cm)</b>	61,02	61,02	75,00	75,00	69*	60,00
	61,04		75,00		60	
	61,00		75,00		60	
<b>Alcalinidade (mg/L)</b>	70,01	70,01	72,05	72,08	71,04	71,36
	70,01		72,08		71,09	
	70,01		72,11		71,15	
<b>Dureza (mg/L CaCO<sub>3</sub>)</b>	100,00	100,00	200,10	200,08	150,01	150,02
	100,00		200,08		150,02	
	100,00		200,06		150,03	
<b>Cloretos (mg/L)</b>	17,73*	17,72	13,00	13,00	15,04	15,04
	17,72		13,00		15,04	
	17,72		13,00		15,05*	
<b>Ferro total (mg/L)</b>	0,0017	0,0017	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,0017		0,00		0,00	
	0,0017		0,00		0,00	
<b>Turbidez (NTU)</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,00		0,00		0,00	
	0,00		0,00		0,00	

**Tabela E-2.** Resultados das análises dos parâmetros físico-químicos da água dos furos consumida no bairro Ferroviário.

<b>Bairro Ferroviário</b>						
<b>Parâmetro</b>	<b>Furo A-2</b>		<b>Furo B-2</b>		<b>Furo C-2</b>	
	<b>Replica</b>	<b>Media</b>	<b>Replica</b>	<b>Media</b>	<b>Replica</b>	<b>Media</b>
<b>pH</b>	6,70	6,70	6,88	6,88	6,92	6,92
	6,70		6,88		6,91*	
	6,70		6,88		6,92	
<b>Nitratos (mg/L)</b>	1,81	1,81	1,97	1,95	2,13	2,13
	1,81		1,95		2,13	
	1,81		1,93		2,13	
<b>Nitritos (mg/L)</b>	0,46	0,46	0,38	0,38	0,49*	0,48
	0,46		0,38		0,48	
	0,46		0,38		0,48	
<b>Amónio (mg/L)</b>	0,04	0,04	0,08	0,08	0,06	0,06
	0,04		0,08		0,06	
	0,04		0,08		0,06	
<b>Sulfatos (mg/L)</b>	30,36	30,35	29,01*	29,00	30,87	30,83
	30,35		29,00		30,83	
	30,34		29,00		30,80	
<b>Temperatura (°C)</b>	21,30	21,28	22,03	22,05	23,12	22,12
	21,37		22,05		22,12	
	21,17		22,06		22,12	
<b>Condutividade (µS/cm)</b>	85,01	85,01	86,10	86,10	84,78	84,79
	85,01		86,05		84,76	
	85,01		86,15		84,82	
<b>Alcalinidade (mg/L)</b>	67	67	68	68	68	69
	68*		68		69	
	67		68		70	
<b>Dureza (mg/L CaCO<sub>3</sub>)</b>	98,00	98,00	95,00	95,00	100,01	100,01
	98,00		96,00		100,02	
	98,00		94,00		100,00	
<b>Cloretos (mg/L)</b>	12,15	12,14	14,09	14,09	13,25	13,30
	12,13		14,08*		13,30	
	13,14		14,09		13,34	
<b>Ferro total (mg/L)</b>	0,003	0,003	0,005	0,005	0,005	0,005
	0,003		0,005		0,005	
	0,003		0,008*		0,005	
<b>Turbidez (NTU)</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,00		0,00		0,00	
	0,00		0,00		0,00	

**Tabela E-3.** Resultados das análises dos parâmetros físico-químicos da água dos furos consumida no bairro Albasine.

<b>Bairro Maxaquene</b>						
<b>Parâmetro</b>	<b>Furo A-3</b>		<b>Furo B-3</b>		<b>Furo C-3</b>	
	<b>Replica</b>	<b>Media</b>	<b>Replica</b>	<b>Media</b>	<b>Replica</b>	<b>Media</b>
<b>pH</b>	7,32	7,32	7,34	7,34	7,25	7,25
	7,32		7,35		7,25	
	7,32		7,33		7,25	
<b>Nitratos (mg/L)</b>	2,32	2,31	2,25	2,25	2,38	2,38
	2,30		2,25		2,38	
	2,31		2,25		2,38	
<b>Nitritos (mg/L)</b>	0,03	0,03	0,00	0,00	0,01	0,01
	0,03		0,00		0,01	
	0,03		0,00		0,01	
<b>Amónio (mg/L)</b>	0,05	0,05	0,03	0,03	0,04	0,04
	0,05		0,03		0,04	
	0,05		0,03		0,04	
<b>Sulfatos (mg/L)</b>	23,15	23,15	21,08	21,08	24,22	24,22
	23,15		21,09*		24,23	
	23,15		21,08		24,21	
<b>Temperatura (°C)</b>	25,10	25,10	26,01	26,01	26,20	26,20
	25,08		26,01		26,20	
	25,12		26,02*		26,20	
<b>Condutividade (µS/cm)</b>	50,00	50,00	48,25	48,26	51,33	51,33
	50,00		48,26		51,33	
	50,00		48,27		51,32*	
<b>Alcalinidade (mg/L)</b>	74	74	76	75	73	73
	74		75		73	
	74		74		75*	
<b>Dureza (mg/L CaCO<sub>3</sub>)</b>	78,00	78,00	80,18	80,18	79,80	79,80
	78,00		80,17		79,82	
	78,45*		80,20		79,79	
<b>Cloretos (mg/L)</b>	16,26*	16,21	15,02	15,02	15,42	15,44
	16,21		15,02		15,85*	
	16,21		15,02		15,45	
<b>Ferro total (mg/L)</b>	0,00	0,00	0,007	0,006	0,00	0,00
	0,00		0,006		0,00	
	0,01*		0,005		0,00	
<b>Turbidez (NTU)</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,00		0,00		0,00	
	0,00		0,00		0,00	

**Anexo F: Valores recomendáveis de parâmetros referentes à qualidade de água para fins de consumo doméstico.**

**Tabela F:** Valores limites e recomendáveis de parâmetros físico-químicos referentes à qualidade da água para o consumo.

Característica	Limite Admissível		Unidades
	Mínimo	Máximo	
pH	6,5	8,5	-
Condutividade eléctrica	50	2000	µS/cm
Turvação	0,5	5	NTU
Deposito	-	Ausente	-
Cor	-	15	TCU
Nitratos	-	50	mg/L NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Nitritos	-	3	mg/L NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>
Cloretos	-	250	mg/L Cl <sup>-</sup>
Amoníaco como NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	-	1,5	mg/L NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
Dureza Total	-	500	mg/L CaCO <sub>3</sub>
Sulfatos	-	400	mg/L SO <sub>4</sub>
Sólidos Totais dissolvidos	-	1000	mg/L
Matéria Orgânica	-	3	mg/L O <sub>2</sub>
Sódio	-	200	mg/L Na <sup>+</sup>
Potássio	-	50	mg/L K <sup>+</sup>
Cálcio	-	200	mg/L Ca
Magnésio	-	150	mg/L Mg
Manganes	-	0,4	mg/L Mn
Ferro Total	-	0,2	mg/L Fe

Fonte: Instituto Nacional de Normalização Qualidade (INNOQ).