



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
QMC5515 – Estágio Supervisionado

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO DESENVOLVIDO NA JR
HIDROQUÍMICA EM FLORIANÓPOLIS/SC**

YASMIM PEREIRA BACH

**Orientador: Daniela Zambelli Mezalira
Supervisor: Joarez da Silva Vieira Junior**

Florianópolis
Junho/2024

Yasmim Pereira Bach

**ANÁLISE DE POTABILIDADE EM AMOSTRAS DE ÁGUAS DE POÇO:
DETERMINAÇÃO DE PH, TURBIDEZ, CONDUTIVIDADE, FERRO, MANGANÊS,
NITROGÊNIO AMONÍACAL E SULFETO DE HIDROGÊNIO**

Projeto de Estágio Supervisionado (QMC 5515)
apresentado ao Departamento de Química da
Universidade Federal de Santa Catarina desenvolvido na
empresa JR HIDROQUÍMICA em Florianópolis – SC,
como obtenção do grau de bacharel em Química
Tecnológica.

Orientador: Daniela Zambelli Mezalira

Supervisor: Joarez da Silva Vieira Junior

Florianópolis
Junho/2024

SUMÁRIO

1	JUSTIFICATIVA	9
2	APRESENTAÇÃO DA EMPRESA	10
3	REVISÃO DA LITERATURA	11
3.1	ÁGUA SUBTERRÂNEA	11
3.2	QUALIDADE DA ÁGUA	11
3.3	ASPECTOS FÍSICOS	13
3.3.1	Turbidez	13
3.3.2	Condutividade	13
3.4	ASPECTOS QUÍMICOS	14
3.4.1	pH	14
3.4.2	Ferro	15
3.4.3	Manganês	15
3.4.4	Nitrogênio Amoniacal	16
3.4.5	Sulfeto de Hidrogênio	16
3.5	ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORÇÃO MOLECULAR NO ULTAVIOLETA E VISÍVEL	17
4	OBJETIVOS	19
4.1	OBJETIVO GERAL	19
4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
5	METODOLOGIA	20
5.1	PRESERVAÇÃO DE AMOSTRAS	20
5.2	ANÁLISES FÍSICAS	21
5.2.1	Turbidez	21
5.2.2	Condutividade	21
5.3	ANÁLISES QUÍMICAS	21
5.3.1	pH	22
5.3.2	Ferro	22

5.3.3	Manganês	24
5.3.4	Nitrogênio Amoniacal	25
5.3.5	Sulfeto de Hidrogênio	27
5.4	SEGURANÇA NO LABORATÓRIO E DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS.....	28
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
6.1	TURBIDEZ.....	29
6.2	CONDUTIVIDADE	30
6.3	PH.....	31
6.4	FERRO	32
6.5	MANGANÊS	33
6.6	NITROGÊNIO AMONIACAL.....	34
6.7	SULFETO DE HIDROGÊNIO	35
7	CONCLUSÃO	37
8	CONTRIBUIÇÃO DO ESTÁGIO À FORMAÇÃO PROFISSIONAL	38
9	REFERÊNCIAS	39

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma da classificação das impurezas contidas na água através de suas características físicas, química e biológicas.	12
Figura 2 – Componentes do espectrômetro de absorção molecular UV-Vis.	18
Figura 3 - Metodologia para quantificação de ferro, utilizando kit Merck.	23
Figura 4 - Metodologia para quantificação de manganês, utilizando kit Merck.	25
Figura 5 - Metodologia para quantificação de nitrogênio amoniacal, utilizando kit Merck.	26
Figura 6 - Reação de Berthelot utilizando timol.	26
Figura 7 - Metodologia para quantificação de sulfeto de hidrogênio, utilizando kit Merck.	27
Figura 8 - Reação para determinação de H ₂ S formando azul de metileno.	28
Figura 9 – Resultados de turbidez em NTU para amostras de água subterrânea e limite estabelecido pela Portaria GM/MS nº 888/2021.	29
Figura 10 - Resultados de condutividade em µS/cm para amostras de água subterrânea.	30
Figura 11 – Resultados de pH para amostras de água subterrânea com intervalo limite estabelecido pela Portaria GM/MS nº 5/2017.	31
Figura 12 – Concentrações de Ferro total em mg/L para amostras de água subterrânea com limite estabelecido pela Portaria GM/MS nº 888/2021.	32
Figura 13 - Gráfico com concentrações de Manganês total em mg/L para amostras de água subterrânea com limite estabelecido pela Portaria GM/MS nº 888/2021.	33
Figura 14 - Concentrações de Nitrogênio Amoniacal em mg/L para amostras de água subterrânea com limite estabelecido pela Portaria GM/MS nº 888/2021.	35
Figura 15 - Concentrações de Sulfeto de Hidrogênio em mg/L para amostras de água subterrânea com limite estabelecido pela Portaria GM/MS nº 888/2021.	36

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Equilíbrio químico da amônia.....	16
Equação 2 - Reação de redução de sulfato por bactérias.....	17
Equação 3 - Equação da Lei de Lambert-Beer.....	18
Equação 4 - Cálculo para concentração de ferro.....	23
Equação 5 - Cálculo para concentração de manganês.....	24
Equação 6 - Cálculo para concentração de nitrogênio amoniacal.....	26
Equação 7 - Cálculo para concentração de sulfeto de hidrogênio.....	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores físico-químicos máximos permitidos segundo a Portaria GM/MS nº 888/2021, dos parâmetros organolépticos.....	12
Tabela 2 - Preservação da amostra de acordo com o parâmetro a ser realizado e o prazo para análise.....	20

RESUMO

A água utilizada para consumo humano pode ser proveniente de diversas fontes, sendo uma delas as águas subterrâneas. Para serem consideradas próprias para consumo, essas águas devem seguir a Portaria GM/MS nº 888, de 04 de maio de 2021, que dispõe sobre procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água. Este relatório de estágio supervisionado descreve a determinação de parâmetros físico-químicos de dez amostras de águas subterrâneas, com o objetivo de avaliar sua qualidade para consumo humano. As análises de potabilidade foram realizadas no laboratório de físico-química da empresa JR Hidroquímica, abrangendo turbidez, condutividade, pH, ferro, manganês, nitrogênio amoniacal e sulfeto de hidrogênio. Os procedimentos seguiram o “*Standard for the Examination of Water and Wastewater*” ou *US Environmental Public Agency*, ou ainda validadas segundo o DOQ-CGCRE-008”. Os resultados foram comparados com os padrões de potabilidade estabelecidos pela portaria GM/MS nº 888/2021, que define os valores máximos permitidos para os parâmetros físico-químicos. Constatou-se que apenas duas amostras estavam dentro dos limites adequados para o consumo humano. Detectou-se valores de ferro até 40 vezes superiores ao limite permitido, além de alterações significativas nos níveis de turbidez e nas concentrações de manganês. Esses resultados destacam a importância do monitoramento constante dos parâmetros de qualidade da água, evidenciando a necessidade de intervenções para garantir a segurança hídrica. A realização deste estágio proporcionou um aprimoramento significativo da formação acadêmica, permitindo a aplicação prática dos conceitos teóricos vistos em sala de aula em um ambiente de laboratório de análise. A experiência prática foi essencial para o desenvolvimento das habilidades técnicas e analíticas necessárias para a profissão, reforçando a importância da vigilância e do controle de qualidade na área de gestão ambiental e recursos hídricos.

Palavras-chaves: águas subterrâneas, potabilidade, análise físico-química.

1 JUSTIFICATIVA

A água é um elemento fundamental a vida, desempenhando um papel crucial em inúmeros processos metabólicos dos seres vivos. Devido ao ciclo hidrológico, assim como a sua capacidade de transporte de partículas e incorporação de diversas impurezas, a água serve como um excelente indicador ambiental, por interferir em todo o ecossistema.^{1,2} Embora cerca de 70% da superfície da Terra seja coberta por água, apenas 3% dessas reservas são de água doce. Desta pequena parcela somente 0,3% é utilizável, onde 0,01% provém de águas superficiais e 0,29% de águas subterrâneas.^{3,4}

Águas subterrâneas, muitas vezes oriundas de poços, geralmente apresentam menor contaminação em comparação com as águas superficiais, pois não estão diretamente expostas a diversos poluentes, tornando-as uma importante fonte de água doce.^{4,5} No entanto, além da escassez deste recurso, é necessário garantir o controle da potabilidade para consumo humano, por meio de parâmetros físico-químicos que indicam os tipos de tratamentos necessários a serem empregados.

Atualmente no Brasil, as normas de potabilidade são regidas pela Portaria do Ministério da Saúde nº 888, de 04 de maio de 2021, que estabelece procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano, assim como os padrões de potabilidade a serem seguidos. A portaria também permite que o controle de qualidade seja realizado por laboratórios privados, desde que estejam dentro das normas da Agência de Vigilância Sanitária (ANVISA) e sigam os requisitos de gestão de qualidade apresentados na ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017.⁶

A JR Hidroquímica é uma dessas empresas qualificadas, que realiza diversas análises físico-químicas e microbiológicas, monitorando a qualidade de águas e realizando o controle ambiental de efluentes de diversos clientes no estado de Santa Catarina. Durante o estágio supervisionado tive a oportunidade de acompanhar e realizar todos os testes de potabilidade que o laboratório executa, obtendo uma maior compreensão sobre as diferentes análises para cada tipo de amostra. Além disso, a vivência no laboratório proporcionou conhecimento sobre a rotina e gestão de um laboratório de controle de qualidade.

Este relatório focará em amostras de águas subterrâneas de poço, descrevendo as análises de pH, condutividade, turbidez, e a quantificação de ferro, manganês, nitrogênio amoniacal e sulfeto de hidrogênio.

2 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

A JR Hidroquímica é um laboratório de controle de qualidade localizado no bairro Trindade, em Florianópolis, Santa Catarina. A empresa se destaca na prestação de serviços de análises físico-químicas e microbiológicas para o controle de qualidade de águas e fármacos manipulados, além do controle ambiental de efluentes. Oferece também consultoria para controle de qualidade ou ambiental.

O laboratório é acreditado segundo a norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017, utilizando as metodologias analíticas de acordo com o “*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*” da *American Public Health Association* e *US Environmental Public Agency* (USEPA), ou metodologias validadas segundo o DOQ-CGCRE-008 (*INMETRO*). A JR Hidroquímica possui registro na Vigilância Sanitária Municipal, licença ambiental operacional do IMA (FATMA) e é credenciada pelo CRQ 13ª região. Participa ainda de Programas Interlaboratoriais e Ensaio de Proficiência, garantindo a qualidade e confiabilidade de seus ensaios.

A empresa é organizada em três laboratórios distintos: (i) Laboratório de Físico-Química, subdividido em Físico-Química I e II, onde são realizadas as análises físico-químicas de amostras de água e efluentes; (ii) Laboratório de Microbiologia, onde são conduzidos os ensaios de parâmetros microbiológicos; e (iii) Laboratório de Medicamentos, focado em pesagens e quantificação de teor de fármacos.

A JR Hidroquímica também oferece serviços de amostragem, executados por funcionários qualificados. Alternativamente, as amostras podem ser enviadas por correio, desde que acondicionadas adequadamente conforme as instruções da empresa.

Ao receber as amostras, estas são cadastradas no sistema “*Quali Lims*” e encaminhadas ao laboratório apropriado onde serão realizados os ensaios. Após a realização das análises solicitadas, os resultados são digitados no sistema e revisados pelo gerente de laboratório para a aprovação do laudo destinado ao cliente. Todos os resultados são registrados em cadernos de laboratório, que são arquivados e renovados anualmente.

A JR Hidroquímica se compromete com a qualidade, seguindo metodologias padronizadas e atendendo às exigências da legislação vigente no país, garantindo assim a excelência dos seus serviços.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 ÁGUA SUBTERRÂNEA

A água utilizada para consumo humano pode ser proveniente de diversas fontes, sendo uma delas as águas subterrâneas. Estas são definidas como os recursos hídricos localizados no subsolo, onde a água preenche completamente os poros de rochas e sedimentos, resultando no que é chamado de aquífero.⁷ Aproximadamente 97% das águas doces líquidas do planeta estão nas águas subterrâneas, tornando-se a maior fonte de água potável disponível. Além disso, elas são essenciais para a sustentação de diversos sistemas aquáticos e florestas em climas secos e tropicais, destacando a importância do controle de qualidade e ambiental desses recursos.^{2,5,7}

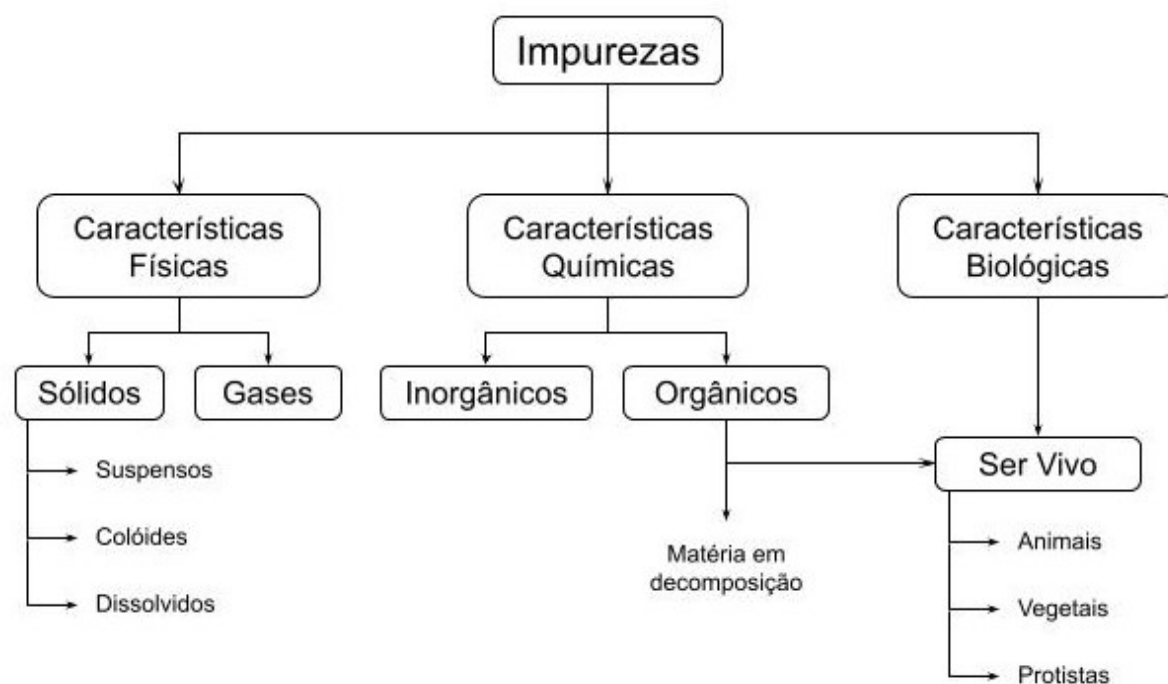
No Brasil, a água subterrânea é o recurso natural mais extraído do subsolo, abastecendo total ou parcialmente 52% dos municípios brasileiros. A forma mais utilizada de extração é por meio de poços, que podem ser tubulares ou poços escavados.^{3,7}

3.2 QUALIDADE DA ÁGUA

A água é considerada um solvente universal e apresenta a capacidade de transportar partículas, resultando na incorporação de diversas impurezas. A quantidade e os tipos dessas impurezas determinam a qualidade da água.² É de grande importância conhecer a qualidade de qualquer água que entrará em contato com a população, desde rios e lagos até águas para abastecimento, tendo em vista que a água é um dos principais meios de veiculação de doenças. A crescente degradação de recursos hídricos vem tornando cada vez mais difícil a obtenção de água segura para o consumo humano.⁸

As impurezas encontradas na água podem ser classificadas de acordo com as suas características físicas, químicas e biológicas, conforme demonstrado na Figura 1. Algumas destas impurezas são perigosas e tornam a água imprópria para consumo, enquanto outras podem ser desejáveis, desde que estejam dentro de concentrações adequadas.²

Figura 1 – Fluxograma da classificação das impurezas contidas na água através de suas características físicas, química e biológicas.



Fonte: Adaptado de Sperling, 1996.²

Os parâmetros a serem analisados e seguidos dependem da finalidade de utilização do recurso hídrico, bem como de sua procedência. A água destinada ao consumo humano deve ser potável, ou seja, própria para ingestão, preparo de alimentos e para higiene pessoal. Ela deve estar dentro dos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888, de 04 de maio de 2021, do Ministério da Saúde.⁶ Esses padrões incluem um conjunto de valores permitidos para diversos parâmetros, que são divididos em físicos, químicos e microbiológicos. Abaixo, na Tabela 1, estão apresentados os valores físico-químicos máximos permitidos de acordo com esta portaria, dos parâmetros organolépticos.

Tabela 1 – Valores físico-químicos máximos permitidos segundo a Portaria GM/MS nº 888/2021, dos parâmetros organolépticos.

Parâmetro	CAS	Unidade	VMP ⁽¹⁾
Cor aparente		uH	15
Gosto e odor		intensidade	6
Turbidez		uT	5
Alumínio	7429-90-5	mg/L	0,2
Amônia (como N)	7664-41-7	mg/L	1,2
Cloreto	16887-00-6	mg/L	250
Cloro residual livre		mg/L	0,2

Dureza		mg/L	300
Ferro	7439-89-6	mg/L	0,3
Fluoreto	7782-41-4	mg/L	1,5
Manganês	7439-96-5	mg/L	0,1
Nitrito (como N)	14797-65-0	mg/L	1
Sólidos totais dissolvidos		mg/L	500
Sulfeto de hidrogênio	7783-06-4	mg/L	0,05

(1) VMP = Valor Máximo Permitido

Fonte: Portaria GM/MS nº 888.⁶

3.3 ASPECTOS FÍSICOS

As características físicas da água estão associadas à aparência, influenciando sua aceitação ou rejeição para consumo, mas não necessariamente implicando em riscos à saúde. Entre estes parâmetros estão: cor, temperatura, gosto, odor, turbidez e condutividade.^{2,9}

3.3.1 Turbidez

A turbidez é a representação do grau de interferência na passagem da luz através água, causada por partículas em suspensão como argila, silte, precipitados de ferro e manganês e outros, que conferem uma aparência turva à água.^{2,10} Embora tenha um significado estético, a turbidez é um parâmetro que também possui implicações para a saúde, pois partículas em suspensão podem incluir protozoários ou comprometem a desinfecção por servirem de abrigo para micro-organismos.¹⁰ A medição de turbidez normalmente é feita por meio da nefelometria, que se baseia na emissão de um feixe luminoso e medição da intensidade de luz espalhada, onde o detector fica posicionado a 90° da fonte de luz.^{9,10} O valor medido é geralmente representado em NTU (Nephelometric Turbidity Units) ou uT (unidade de turbidez), que são unidades equivalentes.

3.3.2 Condutividade

Condutividade elétrica é definida como a capacidade da água conduzir corrente elétrica pela presença de substâncias dissolvidas, dissociadas em ânions e cátions, quando sujeitas a uma tensão elétrica. A condutividade também depende da temperatura e indica a quantidade de sais na água analisada.⁹ Sendo assim, quanto

maior a concentração iônica na amostra, maior será a condutividade elétrica. Embora esta medida não diferencie os tipos de íons presente na amostra, ela pode ser um indicativo indireto de poluição, podendo ser realizado o cálculo de sólidos totais dissolvidos. Águas naturais geralmente apresentam condutividade menor que 100 $\mu\text{S/cm}$, porém podem atingir até 1000 $\mu\text{S/cm}$.¹¹

3.4 ASPECTOS QUÍMICOS

Os parâmetros químicos da água fornecem informações precisas em relação à qualidade da água, tendo em vista que quantifica componentes que podem causar danos à saúde. Esses aspectos variam desde pH até substâncias inorgânicas e orgânicas, incluindo agrotóxicos e metabólitos. Com esses dados, é possível determinar o grau de contaminação, assim como a provável origem do poluente, para posteriormente deliberar a intervenção e o tratamento necessário na água analisada.¹²

3.4.1 pH

O pH, potencial hidrogeniônico, representa a concentração de íons H^+ no meio em uma escala anti-logarítmica, indicando a intensidade das condições de acidez ou basicidade da água. É um fator importante na etapa de desinfecção da água, pois pode ocorrer a neutralização de agentes como o cloro e hipoclorito de cálcio em pH mais elevados, além de afetar a coagulação. O pH também influencia o grau de solubilidade de diversas substâncias, podendo determinar a toxicidade delas.^{2,9,13}

A medição de pH é realizada por potenciometria, onde é medido o potencial de uma célula eletroquímica com uma membrana seletiva para o íon a ser medido. No caso do H^+ é utilizado uma sonda combinada com um eletrodo indicador de vidro e um eletrodo de referência de prata e cloreto de prata. A membrana de vidro fina gera uma resposta ao pH por apresentar uma diferença de concentração de prótons dentro da membrana, que é constante, e fora dela, que terá a concentração determinada.¹⁴

A legislação atual não limita os valores de pH, porém a legislação anterior, Portaria GM/MS nº 5/2017, especificava que o pH da água para o consumo humano deveria ser mantido entre 6,0 e 9,5, embora seja comum que águas subterrâneas tenham valores de pH a partir de 4.^{9,15,16}

3.4.2 Ferro

O ferro (Fe) é um dos metais mais presentes em amostras de água subterrâneas, proveniente de rochas ígneas e outros minerais, estando principalmente dissolvido como Fe^{2+} , ou em formas oxidadas como íon férrico (Fe^{3+}). O ferro pode conferir cor à água quando na sua forma trivalente que, devido ao ambiente oxidante, precipita na forma de hidróxido de ferro (III), que é predominantemente insolúvel, atribuindo uma cor amarelada à água, além de um gosto de ferrugem.¹⁵⁻¹⁷

Pode haver excesso de ferro sem que haja coloração quando na forma de Fe^{2+} , por ser mais solúvel e incolor. Esta é a forma que mais se apresenta em águas subterrâneas, por não estarem em contato com o oxigênio do ar. Por este motivo, ao utilizar a água de poço, ela pode se tornar amarelada pela oxidação em contato com a atmosfera oxidante.¹⁵⁻¹⁷

Os óxidos de ferro também estão associados a outros metais mais tóxicos, como cobalto (Co), níquel (Ni), cobre (Cu), chumbo (Pb) e zinco (Zn), atuando como carreadores destes metais. Além disso, águas ferruginosas podem causar acúmulo de ferro no organismo, levando a condições como cirrose, diabetes e insuficiência cardíaca. Portanto, a determinação de ferro na água é importante, tendo em vista que pode alterar os parâmetros organolépticos e outros parâmetros químicos. O valor máximo permitido de ferro é de 0,3 mg/L.^{2,6,17}

3.4.3 Manganês

Outro elemento que pode alterar a cor da água é o manganês (Mn). Assim como o ferro, o manganês se encontra em sua forma solúvel como Mn^{2+} na água subterrânea, porém ao entrar em contato com a água se oxida para Mn^{4+} , formando precipitados que alteram a cor e o sabor da água. A presença deste metal é majoritariamente devida a fatores geológicos, porém pode ser agravado devido a poluição ou a própria estrutura do poço.^{2,18,19}

Os íons de Mn são detectáveis em quantidade menores, porém valores superiores a 0,5 mg/L podem gerar impacto negativo à saúde, podendo causar neurotoxicidade em humanos.^{15,18} Em maiores concentrações, pode causar doenças neurodegenerativas, como Parkinson, além de danos ao fígado e ao sistema

cardiovascular.²⁰ Pela legislação brasileira o valor máximo permitido de manganês em água potável é de 0,1 mg/L.⁶

3.4.4 Nitrogênio Amoniacal

Nitrogênio amoniacal total, ou amônia total, refere-se tanto a forma iônica (NH_4^+) quanto à forma molecular (NH_3), que ficam em equilíbrio químico conforme demonstrado na equação 1.²¹



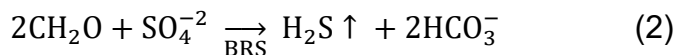
A forma predominante de nitrogênio pode ser associada ao estágio de poluição do corpo d'água. Na forma de nitrato, indica uma poluição mais remota e junto ao nitrito são indicativos de contaminação por efluentes sanitários, enquanto na forma de amônia, indica uma ocorrência mais recente.^{2,21} Além disso, é importante controlar este parâmetro devido à sua interferência na etapa de desinfecção, pois a amônia pode reagir com o cloro e formar cloroaminas, que apresentam um baixo poder bactericida.^{22,23} A concentração máxima permitida de nitrogênio amoniacal em água potável é de 1,2 mg/L.⁶

3.4.5 Sulfeto de Hidrogênio

O sulfeto de hidrogênio (H_2S) é um gás incolor e tóxico, parcialmente solúvel em água, comumente encontrado em águas subterrâneas devido à sua origem natural, embora também possa ser de origem industrial. Esse composto altera o odor, cor e sabor da água, causando um cheiro desagradável em concentrações entre 0,05 e 1,0 mg/L. Além disso, apresenta riscos à saúde devido aos seus efeitos no sistema nervoso e respiratório. Concentrações a partir de 10 ppm resultam em irritação nos olhos, e concentrações acima de 50 ppm causam efeitos no sistema respiratório.^{24,25}

A geração de H_2S está relacionada ao ambiente geológico, podendo ser produzido por mecanismos bacterianos e termoquímicos. As fontes de enxofre para a geração deste gás são diversas, um exemplo é o sulfato de cálcio ou de bário em sedimentos marinhos. No mecanismo bacteriano, as bactérias redutoras de sulfato

(BRS) produzem o gás na ausência de oxigênio e na presença de matéria orgânica, conforme a reação apresentada na equação 2 ²⁴:



Outra procedência do H_2S é por fontes industriais, sendo proveniente de processos de remoção química e de lavagens de gases ácidos, assim como sistemas de tratamento, de fermentações e outros.²⁴ Segundo a legislação brasileira o valor máximo permitido de sulfeto de hidrogênio em água potável é de 0,05 mg/L.⁶

3.5 ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORÇÃO MOLECULAR NO ULTRAVIOLETA E VISÍVEL

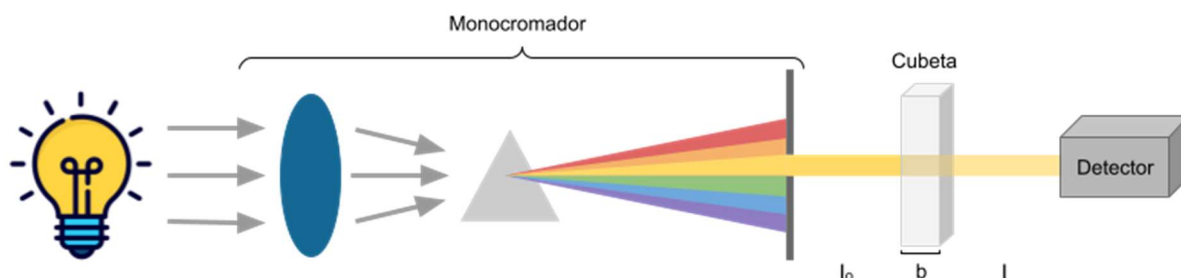
Existem diversas técnicas de quantificação para diferentes compostos, desde de métodos clássicos, como titulação e gravimetria, até métodos analíticos, como espectrometria óptica. Uma das técnicas mais utilizadas em laboratórios é a espectrometria de absorção molecular no ultravioleta e visível (UV-Vis).

Esta técnica baseia-se na radiação da amostra em uma faixa de 200 a 800 nm e na absorção da solução em dado comprimento. É um método com aplicabilidade ampla, pois um grande número de espécies inorgânicas, orgânicas e bioquímicas absorvem radiação UV-Vis, permitindo a quantificação direta. Além disso, há a possibilidade de quantificação indireta, onde uma reação da espécie com um reagente cromóforo forma um produto que absorve na faixa necessária. Os cromóforos são grupo funcionais orgânicos e inorgânicos insaturados que conferem cor ao composto, o que indica a absorção na faixa do UV-Vis, e que possibilita a utilização desta técnica para a quantificação.¹⁴

A espectrofotometria UV-Vis é uma técnica com alta sensibilidade, com limites de detecção entre 10^{-4} e 10^{-5} mol/L, podendo chegar a 10^{-7} mol/L. Além disso, apresenta uma seletividade de moderada a alta, tendo em vista que frequentemente existe um comprimento de onda no qual apenas o analito absorve. Portanto, é um método amplo com custo relativamente baixo e grande praticidade.¹⁴

Na Figura 2, estão apresentados os principais componentes de um espectrômetro de absorção molecular na região do UV-Vis.

Figura 2 – Componentes do espectrômetro de absorção molecular UV-Vis.



Fonte: Adaptado de Skoog *et. al.*¹⁴

A radiação proveniente de uma fonte contínua passa por um monocromador, onde será selecionado o comprimento de onda do feixe que incidirá sobre a amostra. A amostra, estando na cubeta, absorve parte desta energia e, então, o detector quantifica a radiação transmitida. É por meio da diferença entre a radiação incidente (I_0), e a radiação transmitida (I), que é possível obter o valor de absorção para o dado comprimento de onda.¹⁴

Esta relação segue a Lei de Lambert-Beer, que afirma que a absorbância (A) é diretamente proporcional à concentração de uma espécie absorvente e ao caminho óptico, como expresso na Equação 3 ¹⁴:

$$A = \log \frac{I_0}{I} = \epsilon b c \quad (3)$$

Tem-se então que, ϵ é a absortividade molar, em $L \text{ mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$, que é uma constante de proporcionalidade característica da espécie em questão. A concentração, c , é expressa em mol/L , e b é o caminho óptico percorrido pela radiação em cm .¹⁴

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a qualidade de dez amostras de águas subterrâneas de poços por meio de diversas análises físico-químicas, de acordo com a Portaria GM/MS nº 888, de 04 de maio de 2021.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- (1) Compreender a rotina e o funcionamento do laboratório para análises físico-químicas de amostras de água na empresa JR Hidroquímica;
- (2) Determinar parâmetros físicos da água, incluindo turbidez e condutividade;
- (3) Determinar parâmetros químicos da água, como a quantificação de pH, ferro, manganês, nitrogênio amoniacal e sulfeto de hidrogênio;
- (4) Comparar os resultados obtidos com os padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021;
- (5) Contribuir para a gestão ambiental e de recursos hídricos, evidenciando a importância do monitoramento constante dos parâmetros de qualidade da água.

5 METODOLOGIA

5.1 PRESERVAÇÃO DE AMOSTRAS

A preservação das amostras é de suma importância para garantir a precisão das análises e refletir os valores reais da amostra. O objetivo da preservação é retardar a ação biológica e evitar alterações químicas na amostra, prevenindo a volatilização ou a precipitação de constituintes. As condições físico-químicas da amostra podem levar a precipitação de metais como hidróxidos ou à formação de complexos com outros componentes. Além disso, a oxidação de cátions e ânions pode ocorrer, e íons podem ser adsorvidos na superfície do frasco de coleta.²⁶

Para as análises de potabilidade avaliadas, são necessários quatro frascos de polietileno, devidamente limpos, com preservação específica conforme os parâmetros a serem analisados. É utilizado um sistema de cores, onde a etiqueta amarela é colocada no frasco de metais, a vermelha no de nitrogênio e a verde no de sulfeto. Na Tabela 2 são detalhadas as condições de preservação para cada parâmetro e o prazo para análise.

Tabela 2 - Preservação da amostra de acordo com o parâmetro a ser realizado e o prazo para análise.

Parâmetro	Preservação	Prazo para análise	Etiqueta
Condutividade	-	28 dias	-
Turbidez	-	48 horas	-
pH	-	15 minutos	-
Metais	HNO ₃	28 dias	
Nitrogênio Amoniacal	H ₂ SO ₄	28 dias	
Sulfeto de Hidrogênio	Zn(CH ₃ CO ₂) ₂	28 dias	

Fonte: Autoria própria

Com exceção dos metais, todas as amostras foram imediatamente refrigeradas a 4 °C e permanecem sob essas condições até o momento das análises. Após as análises, as amostras foram armazenadas até o término do período de retenção estabelecido, quando puderam ser descartadas de acordo com os protocolos ambientais adequados.

Para garantir a qualidade e precisão das análises, a cada conjunto de vinte amostras, uma duplicata foi analisada para verificar a consistência dos resultados.

Além disso, um padrão de referência, dentro da faixa de calibração estabelecida, e uma amostra em branco são analisados simultaneamente. Estes resultados foram registrados na carta controle, uma ferramenta que utilizando da estatística permite o monitoramento contínuo do desempenho analítico do laboratório, sendo possível identificar desvios e variações nas análises, facilitando a sua correção.

5.2 ANÁLISES FÍSICAS

5.2.1 Turbidez

A análise de turbidez foi feita utilizando o método nefelométrico, empregando um turbidímetro Fast Tracker HI98703 da Hanna. Este equipamento mede a luz dispersa pela amostra em um ângulo de 90°. Quanto maior a intensidade de luz espalhada, maior a turbidez, e essa intensidade é expressa em NTU (Unidade Nefelométrica de Turbidez).

Após a homogeneização suave da amostra à temperatura ambiente, uma cubeta cilíndrica de 10 mL foi lavada com água purificada, e posteriormente com pequenas porções da amostra. Transferiu-se 10 mL da amostra para a cubeta, evitando a formação de bolhas. As laterais da cubeta foram secas e limpas com papel suave absorvente. A cubeta foi inserida no compartimento do equipamento, o qual é então fechado, e o botão “READ” é pressionado para a realização de leitura. Caso a amostra apresente um valor superior a 40 NTU, é necessário realizar uma diluição da amostra.

5.2.2 Condutividade

A análise de condutividade foi realizada utilizando o condutivímetro modelo W12D da marca Bel. Para isso, um béquer foi lavado com água purificada e posteriormente com uma pequena porção da amostra. Em seguida, uma alíquota da amostra foi adicionada ao béquer, o suficiente para imergir a sonda do condutivímetro. Após a estabilização do equipamento, o resultado é registrado em $\mu\text{S}/\text{cm}$.

5.3 ANÁLISES QUÍMICAS

Todas as análises químicas, com exceção do pH que foi determinado em um pHmetro de bancada, foram conduzidas utilizando espectroscopia de absorção molecular no UV-Vis, utilizando o espectrofotômetro Spectroquant® Pharo 300 da Merck, juntamente com kits específicos da Merck para cada parâmetro.

5.3.1 pH

A análise de pH foi realizada utilizando um pHmetro de bancada modelo HI5222 da Hanna. Com a amostra em temperatura ambiente, foi transferida uma alíquota para um béquer, juntamente com uma barra magnética. O eletrodo e o sensor de temperatura foram inseridos na amostra e a medição foi realizada sob agitação lenta até o valor estabilizar. Após a medição, o eletrodo foi enxaguado com água purificada e seco com papel macio absorvente para que a próxima medição fosse realizada.

5.3.2 Ferro

Para a análise de ferro a amostra foi previamente preservada com ácido nítrico 1:1. Utilizou-se o kit Merck Spectroquant® Ferro 1.14761, capaz de medir concentrações entre 0,0025 e 5,0 mg/L. Todas as vidrarias utilizadas foram previamente limpas em um banho de HNO₃ 1:10.

Inicialmente foi realizada uma digestão oxidativa ácida da amostra para que todos os compostos de ferro provenientes de óxidos, hidróxidos e complexos, fiquem livres na solução. Cerca de 60 mL da amostra foram filtrados e, em seguida, 50 mL da amostra foram transferidos para um béquer de 250 mL. Adicionou-se 0,250 mL de ácido sulfúrico 25% e três medidas de persulfato de amônio, o béquer foi tampado com um vidro relógio e levado à chapa de aquecimento por uma hora em ebulição suave.

Após a amostra atingir a temperatura ambiente, a solução foi transferida para um béquer de 50 mL para ajuste do pH em um intervalo entre 1 e 10, com NaOH. A amostra foi então avolumada até 50 mL com água purificada em uma proveta e retornada ao béquer.

Para a determinação colorimétrica da concentração, foram transferidos 5 mL da amostra para um tubo de ensaio com o auxílio de uma micropipeta, adicionando-

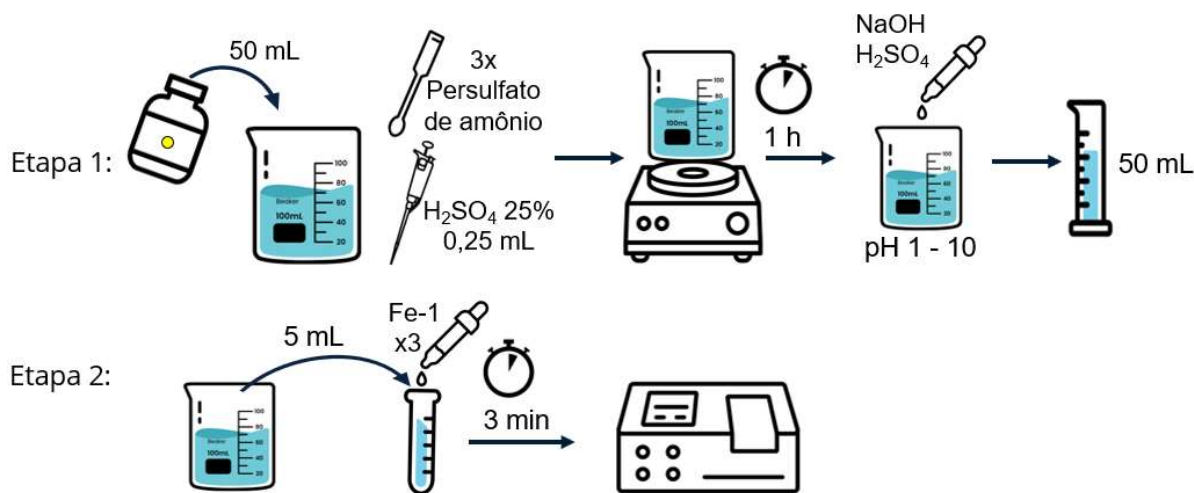
se três gotas do reagente Fe-1 e agitando vigorosamente. Após aguardar o tempo de reação de três minutos em repouso, o método do ferro foi selecionando no espectrofotômetro. A amostra foi transferida para a cubeta de 20 mm, limpando as laterais com papel macio e absorvente e a leitura foi realizada no equipamento. O equipamento fornece o resultado em mg/L.

Se a concentração ultrapassasse o limite máximo, a amostra era transferida para a cubeta de 10 mm para a medição. Se ainda assim a concentração permanecesse acima do limite, o procedimento era repetido com a diluição apropriada. A concentração de ferro foi calculada pela Equação 4:

$$\text{Ferro total} = M \cdot \left(\frac{V_a}{V_b} \right) \text{ mg/L Fe} \quad (4)$$

Onde M é medição no equipamento, V_a é volume da amostra e V_b é volume total de amostra diluída.

Figura 3 - Metodologia para quantificação de ferro, utilizando kit Merck.



Fonte: Autoria própria.

A determinação de ferro exige inicialmente uma digestão oxidativa ácida utilizando persulfato de amônio, um forte agente oxidante, e ácido sulfúrico. Com os íons de ferro livres, é adicionado o reagente Fe-1, que é uma solução de tioglicolato de amônio e ácido tioglicólico, resultando em um meio tamponado, reduzindo o erro na determinação de Fe^{2+} . Esses íons reagem com um derivado de triazina, formando

um complexo violeta avermelhado que é determinado utilizando o comprimento de onda de 510 nm.

5.3.3 Manganês

Para a análise de manganês a amostra foi previamente preservada com ácido nítrico 1:1. Utilizou-se o kit Merck Spectroquant® Manganês 1.01846, capaz de medir concentrações entre 0,005 e 2,0 mg/L. Todas as vidrarias utilizadas foram previamente limpas em um banho de HNO₃ 1:10.

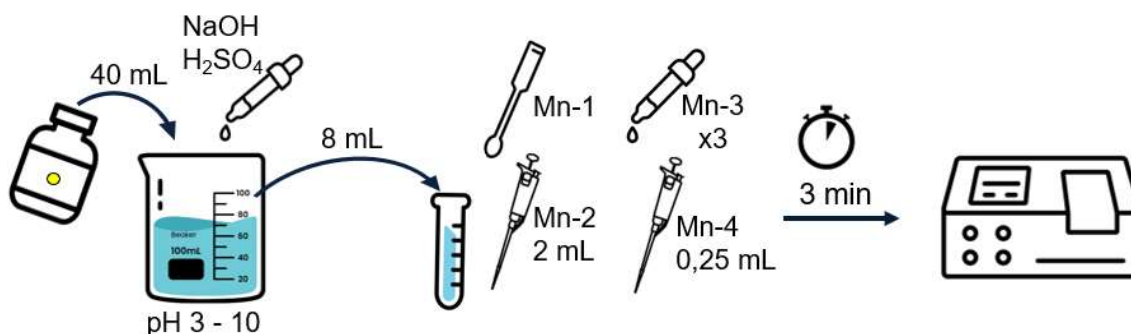
Com a amostra à temperatura ambiente, cerca de 40 mL foram transferidos para um béquer e o pH foi ajustado para um intervalo entre 3 e 10, utilizando NaOH e H₂SO₄. Com o auxílio de uma micropipeta, transferiu-se 8,0 mL da amostra para um tubo de ensaio ao qual foi adicionado uma medida do reagente Mn-1 e agitou-se vigorosamente. Posteriormente, adicionou-se 2,0 mL do reagente Mn-2, misturando levemente e se adicionou três gotas do reagente Mn-3, misturando cuidadosamente. Por fim, foi adicionado 0,25 mL do reagente Mn-4 e o tubo foi agitado suavemente, evitando formação de espuma.

Após dez minutos de reação em repouso, selecionou-se o método para manganês no espectrofotômetro, transferiu-se a amostra para a cubeta de 50 mm, limpando as laterais com papel absorvente, e foi realizada a leitura. Se o limite máximo de detecção fosse atingido, a solução era transferida para a cubeta de 20 mm e realizado a medição, podendo ser transferido para cubeta de 10 mm, se necessário. Se ainda assim a concentração permanecesse acima do limite, o procedimento era repetido com a diluição apropriada. A concentração de manganês foi calculada pela Equação 5:

$$\text{Manganês total} = M \cdot \left(V_a / V_b \right) \text{ mg/L Mn} \quad (5)$$

Onde M é medição no equipamento, V_a é volume da amostra e V_b é volume total de amostra diluída.

Figura 4 - Metodologia para quantificação de manganês, utilizando kit Merck.



Fonte: Autoria própria.

Na determinação de manganês, os íons manganês são reduzidos à Mn^{2+} na presença de ácido ascórbico. Em uma solução fracamente alcalina, reagem com 1-(2-piridilazo)-2-naftol (PAN) formando um complexo marrom-avermelhado que é determinado fotometricamente, com um comprimento de onda de 525 nm.

5.3.4 Nitrogênio Amoniacal

Para a análise de nitrogênio amoniacal a amostra foi previamente preservada com ácido sulfúrico 25%. Utilizou-se o kit Merck Spectroquant® Amônia 1.14752, capaz de medir concentrações entre 0,010 e 3,0 mg/L. Todas as vidrarias utilizadas foram previamente limpas em um banho de H_2SO_4 1:10.

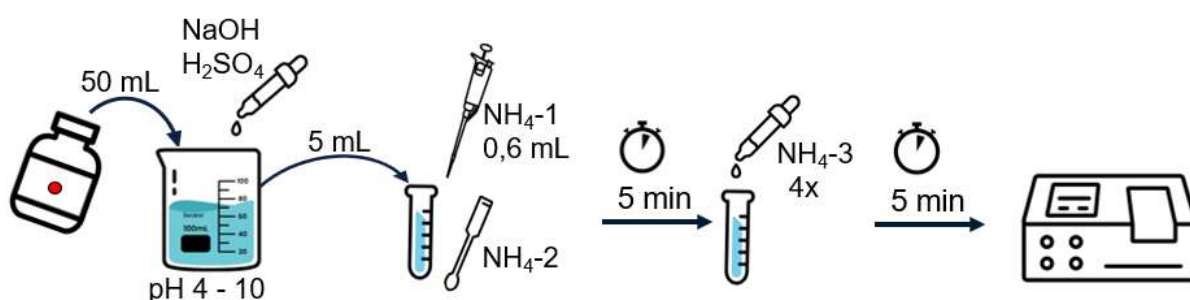
Foi realizado o ajuste de pH para um intervalo entre 4 e 10, de cerca de 50 mL de mostra a temperatura ambiente, utilizando NaOH. Utilizando uma micropipeta, foram transferidos 5,0 mL da amostra para um tubo de ensaio, ao qual foi adicionado 0,60 mL do reagente NH_4 -1, misturando bem. Em seguida, foi adicionado uma medida do reagente NH_4 -2, agitou-se vigorosamente e se aguardou cinco minutos para reação ocorrer. Por fim, foram adicionadas quatro gotas do reagente NH_4 -3, misturando novamente e aguardando mais cinco minutos para que a reação se completasse.

No espectrofotômetro, selecionou-se o método específico para nitrogênio amoniacal do kit. A amostra foi então transferida para a cubeta de 20 mm para medição. Caso o limite máximo de concentração fosse atingido, a solução era transferida para a cubeta de 10 mm. Se necessário, realizava-se a diluição da amostra. A concentração de nitrogênio amoniacal foi calculada conforme a Equação 6.

$$\text{Nitrogênio Amoniacal} = M \cdot \left(\frac{V_a}{V_b} \right) \text{ mg/L N-NH}_3 \quad (6)$$

Onde M é medição no equipamento, V_a é volume da amostra e V_b é volume total de amostra diluída.

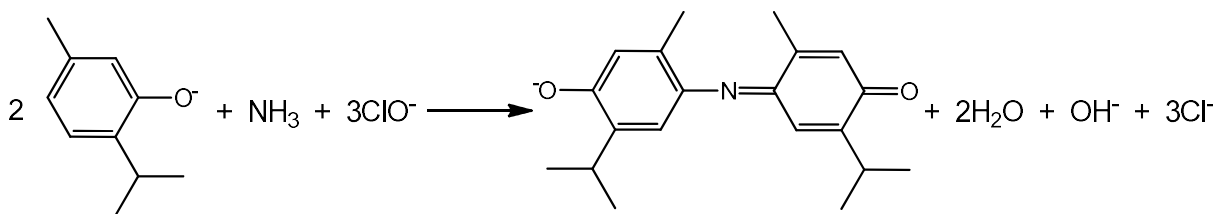
Figura 5 - Metodologia para quantificação de nitrogênio amoniacal, utilizando kit Merck.



Fonte: Autoria própria.

A determinação utiliza uma variação da reação de Berthelot. Em solução fortemente alcalina, a espécie predominante NH_3 reage com um agente clorinante, formando uma monocloramina. Posteriormente, o composto reage com o timol, produzindo um derivado do indofenol azulado, conforme representado na Figura 6.³³ A intensidade da cor azul de indofenol é determinada fotometricamente utilizando um comprimento de onda de 410 nm.

Figura 6 - Reação de Berthelot utilizando timol.



Fonte: Adaptado de Scheiner³³.

5.3.5 Sulfeto de Hidrogênio

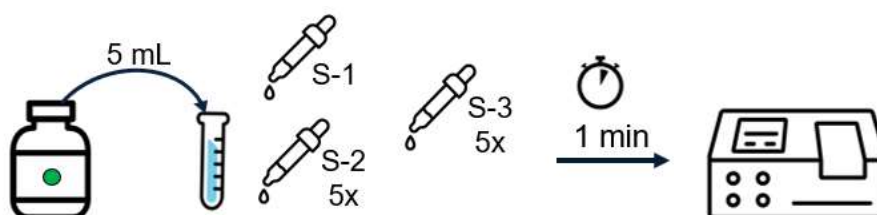
Para a análise de sulfeto de hidrogênio a amostra foi previamente preservada com acetato de zinco 0,091 N (m/v). Utilizou-se o kit Merck Spectroquant® Sulfeto 1.14779, capaz de medir concentrações entre 0,020 e 1,5 mg/L.

Quando necessário, foi realizado o ajuste de pH para um intervalo entre 2 e 10. Com a micropipeta, transferiu-se 5 mL da amostra a temperatura ambiente para um tubo de ensaio e se adicionou uma gota do reagente S, agitando em seguida. Posteriormente, foram adicionadas cinco gotas dos reagentes S-2 e S-3, agitando após cada adição. Após aguardar o tempo de reação de um minuto, selecionou-se o método no equipamento com a citação para H₂S e se realizou a leitura utilizando a cubeta de 50 mm, limpando as laterais com papel macio absorvente. Caso necessário era realizado a diluição da amostra. A concentração de sulfeto de hidrogênio foi calculada pela Equação 7:

$$\text{Sulfeto de Hidrogênio} = M \cdot \left(\frac{V_a}{V_b} \right) \text{ mg/L H}_2\text{S} \quad (7)$$

Onde M é medição no equipamento, V_a é volume da amostra e V_b é volume total de amostra diluída.

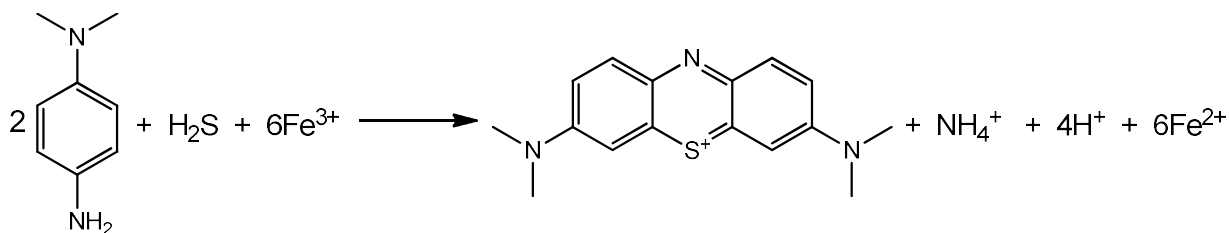
Figura 7 - Metodologia para quantificação de sulfeto de hidrogênio, utilizando kit Merck.



Fonte: Autoria própria.

A determinação do H₂S é realizada em meio ácido, tendo o equilíbrio deslocado para a formação de H₂S. Este, por sua vez, reage com dimetil-*p*-fenilenodiamina e Fe³⁺ para formar o azul de metileno, que é determinado fotometricamente. A reação está representada na Figura 8.

Figura 8 - Reação para determinação de H₂S formando azul de metileno.



Fonte: Adaptado de Lodge ³⁴.

5.4 SEGURANÇA NO LABORATÓRIO E DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS

O laboratório de físico-química da JR Hidroquímica adota medidas de segurança para garantir a proteção de seus funcionários. A entrada nos laboratórios é restrita apenas a pessoal autorizado, que deve estar vestido adequadamente com calças compridas, sapatos fechados e jaleco. Além disso, são fornecidos Equipamentos de Proteção Individual (EPIs), como luvas, máscaras e óculos de proteção, bem como capelas para manipulação segura de reagentes e solventes.

Os resíduos químicos gerados durante as análises, são coletados em recipientes específicos de plástico e, posteriormente, encaminhados para uma empresa terceirizada especializada no tratamento e destinação adequada desses materiais.

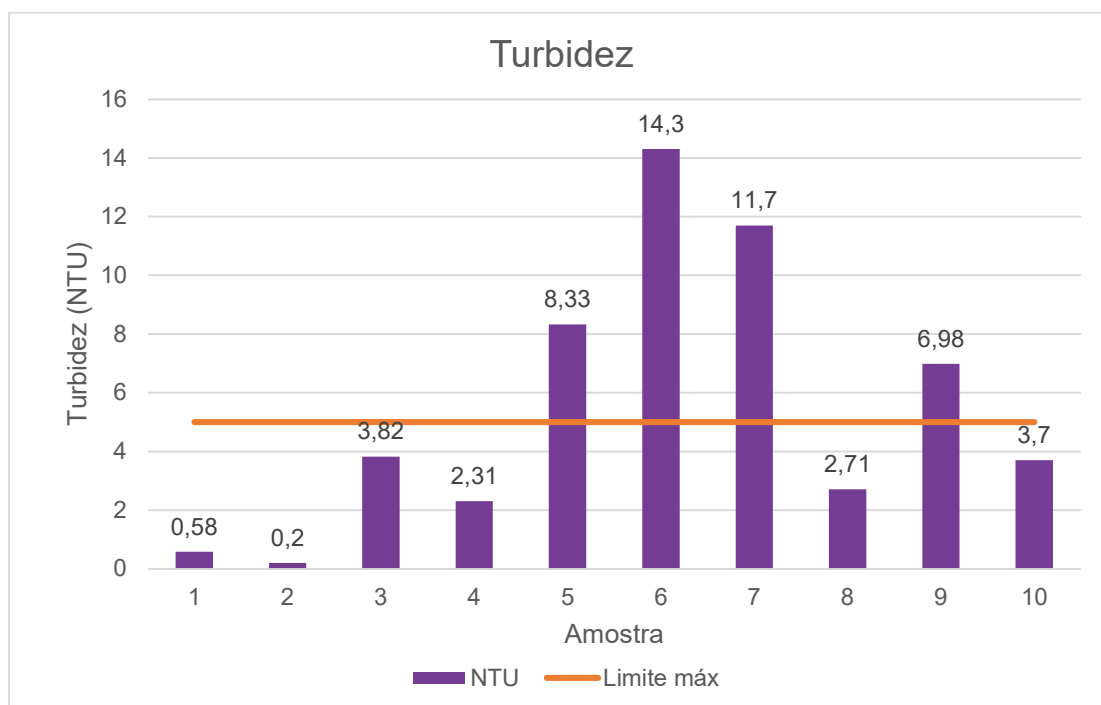
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este relatório apresenta a análise dos parâmetros de potabilidade de águas subterrâneas proveniente de poços, realizados durante o período de estágio obrigatório na JR Hidroquímica. Foram avaliados tanto os parâmetros físicos (condutividade e turbidez) quanto os químicos (pH, ferro, manganês, nitrogênio amoniacal e sulfeto de hidrogênio) em 10 amostras distintas.

6.1 TURBIDEZ

A determinação da turbidez das amostras foi conduzida utilizando o método nefelométrico. Os resultados obtidos para a turbidez das amostras estão representados no gráfico da Figura 9 expressos em NTU. A linha em laranja indica o limite estabelecido pela Portaria GM/MS nº 888/2021.

Figura 9 – Resultados de turbidez em NTU para amostras de água subterrânea e limite estabelecido pela Portaria GM/MS nº 888/2021.



Fonte: Autoria própria.

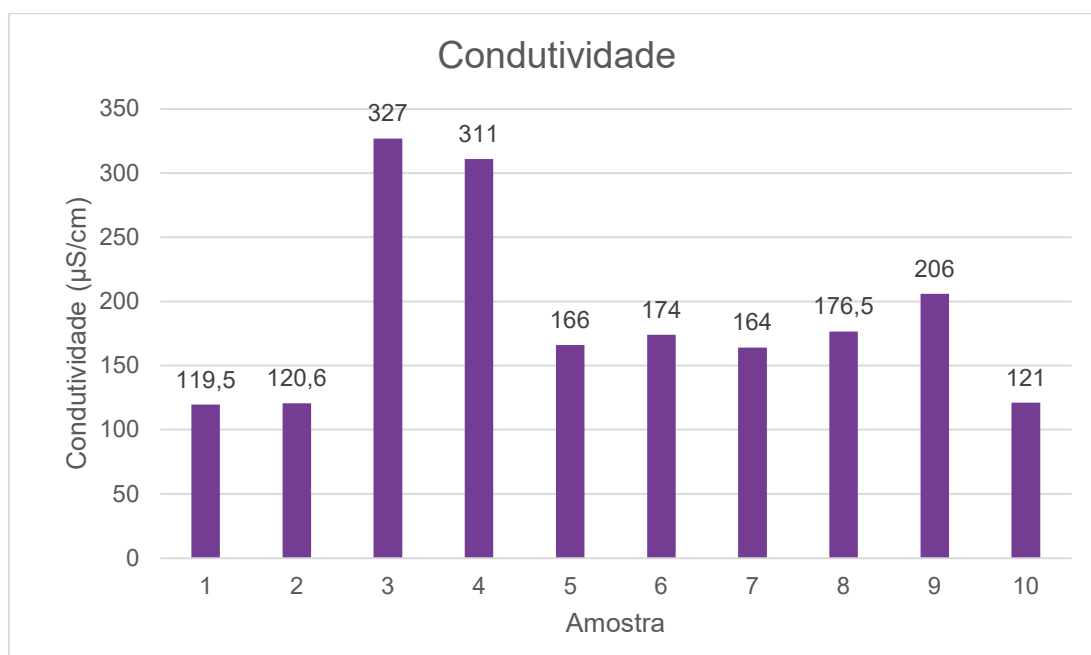
Observa-se que as amostras 5, 6, 7 e 9 apresentaram valores acima do limite máximo de 5,0 NTU. A alteração de turbidez indica uma maior concentração de

materiais particulados no meio, que pode ter origem natural, como partículas de rocha, argila ou microrganismos como algas, ou ser de origem antropogênica, indicando despejos domésticos e industriais.^{2,10}

6.2 CONDUTIVIDADE

A condutividade foi medida utilizando um condutivímetro, fornecendo valores em $\mu\text{S/cm}$, a temperatura de 25 °C. Os resultados das amostras estão representados na Figura 10.

Figura 10 - Resultados de condutividade em $\mu\text{S/cm}$ para amostras de água subterrânea.



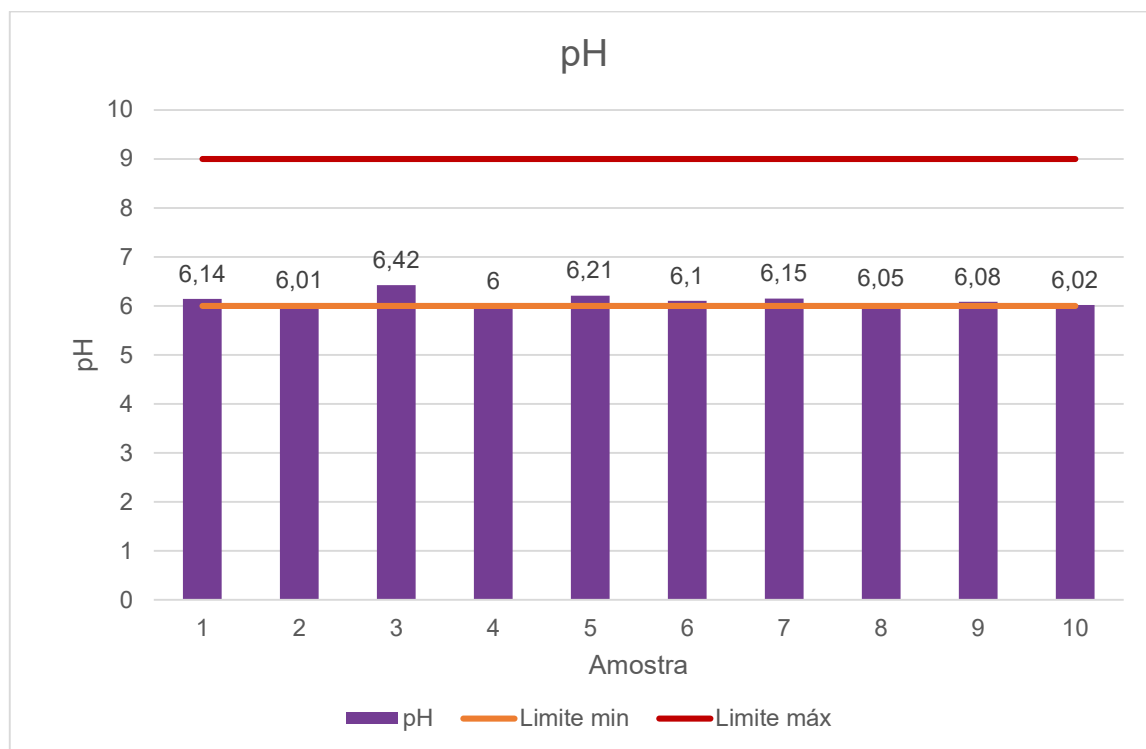
Fonte: Autoria própria.

A Portaria GM/MS nº 888/2021 não estabelece um limite máximo permitido para a condutividade, porém, esse parâmetro é um indicador indireto da quantidade de sólidos dissolvidos na água. Em geral, amostras de água subterrânea apresentem valores de até 100 $\mu\text{S/cm}$, porém podem atingir até 1000 $\mu\text{S/cm}$ quando recebem elevadas cargas de efluentes domésticos e industriais.^{9,11} Entretanto, valores altos de condutividade também estão associados a sazonalidade, onde em períodos de chuva há uma diminuição da condutividade devido a diluição dos íons.²⁷ As amostras 3 e 4 registraram valores maiores, porém todos apresentaram valores acima de 100 $\mu\text{S/cm}$.

6.3 PH

A medição de pH foi realizada utilizando um pHmetro, e os valores encontrados para as amostras estão apresentados na Figura 11.

Figura 11 – Resultados de pH para amostras de água subterrânea com intervalo limite estabelecido pela Portaria GM/MS nº 5/2017.



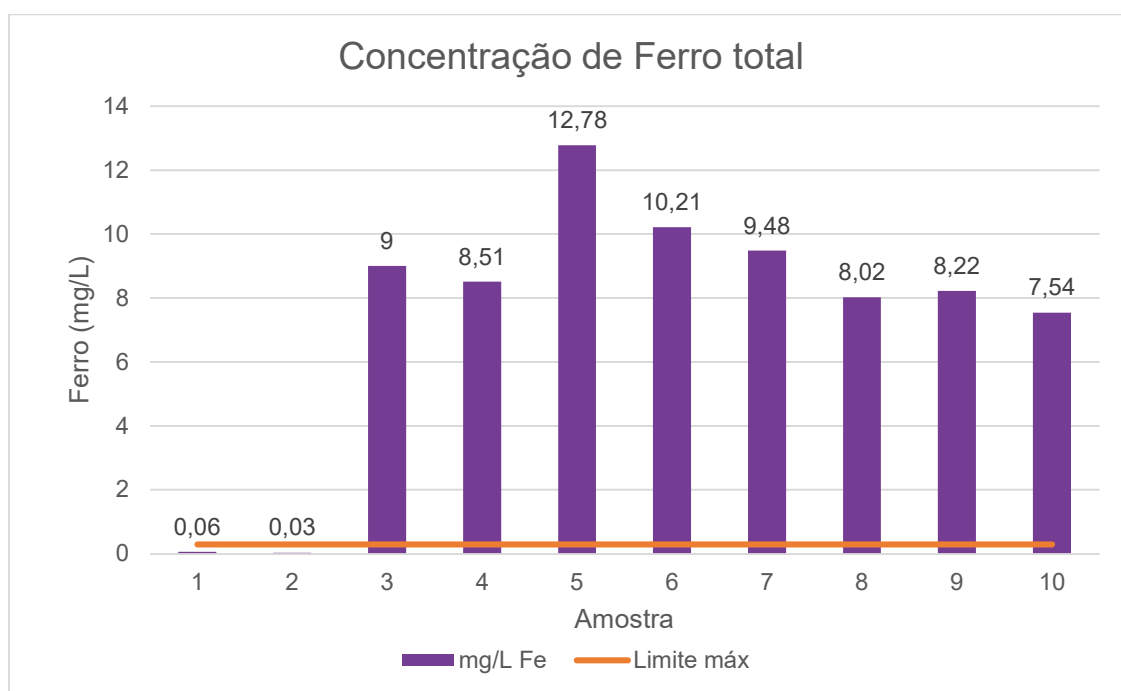
Fonte: Autoria própria.

e acordo com a Portaria GM/MS nº 5/2017, anterior a atual, o pH da água deve estar entre o intervalo de 6 e 9. Ao observar o gráfico, é evidente que todas as amostras estão dentro dos valores estabelecidos pela portaria, estando próximas ou igual ao limite mínimo. É importante monitorar este valor pois águas ácidas podem neutralizar agentes desinfetantes utilizados para remover microrganismos, além de afetar a solubilidade de substâncias, o que pode determinar o potencial de toxicidade de diversos elementos. Por outro lado, um pH mais elevado pode contribuir para a precipitação de sais, gerando incrustações nas tubulações.^{2,9}

6.4 FERRO

A concentração de ferro em águas subterrâneas geralmente varia de 0,1 a 10 mg/L, estando esse elemento predominantemente na forma de Fe^{2+} , pois é comum que águas subterrâneas estejam em um ambiente anóxico. Entretanto, ao entrar em contato com o oxigênio do ar, o ferro pode ser oxidar e passa a ser Fe^{3+} , o que pode resultar em hidrólise e formação de precipitados, conferindo à água uma coloração amarela e um sabor metálico.^{2,28} Os resultados estão representados na Figura 12.

Figura 12 – Concentrações de Ferro total em mg/L para amostras de água subterrânea com limite estabelecido pela Portaria GM/MS nº 888/2021.



Fonte: Autoria própria.

Apenas as amostras 1 e 2 apresentaram valores abaixo do limite máximo estabelecido pela portaria de 0,3 mg/L, indicando que 80% das amostras estão fora do padrão de potabilidade. Destaca-se a amostra 5, que apresentou valores 40 vezes maiores que o permitido.

A ocorrência de altas concentrações de ferro em águas subterrâneas não é incomum no Brasil, podendo ser atribuída à formação geológica, frequentemente composta por rochas ígneas ricas em ferro e ao período de repouso da água no reservatório. Além disso, o ferro se encontra principalmente na forma de Fe^{2+} em

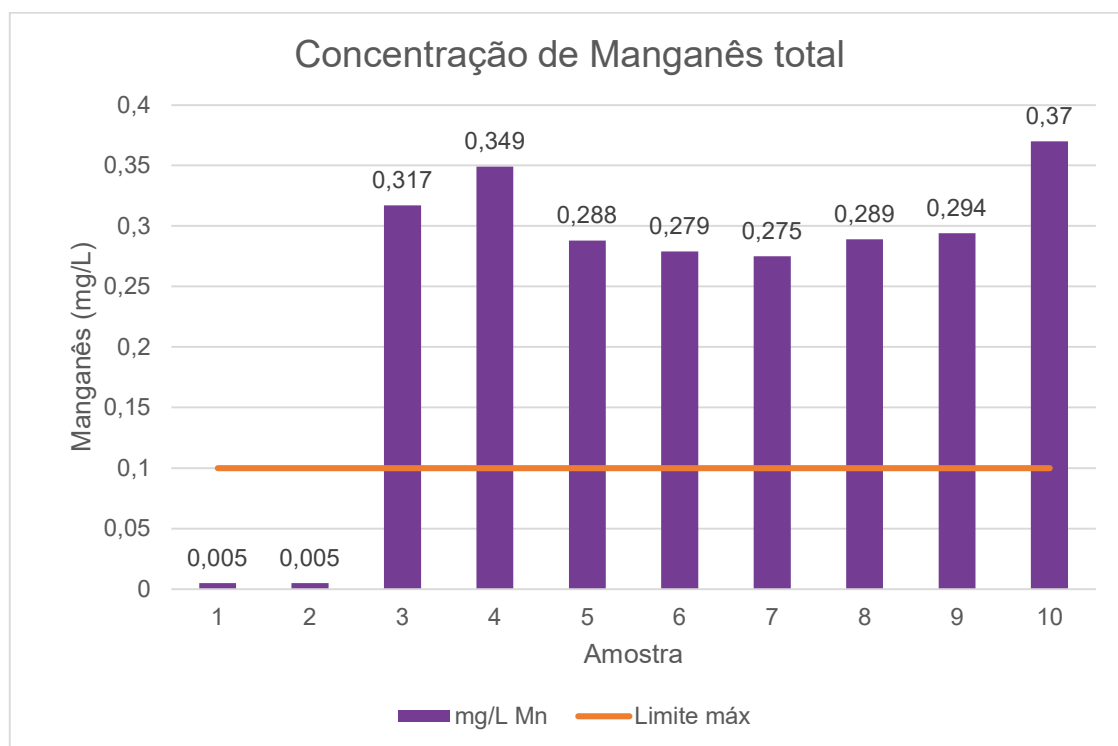
águas subterrâneas, sendo solúvel e podendo alcançar concentrações de até 50 mg/L, o que explica as altas concentrações observadas nas amostras.^{15,17,29,30}

Como resultado, as amostras com o valor acima do limite máximo também apresentarão alterações na cor, sabor e odor, apresentando uma coloração amarelada, devido à oxidação do ferro, e um gosto metálico.

6.5 MANGANÊS

A concentração de manganês em águas subterrâneas geralmente é inferior a 0,1 mg/L e está associada a minerais de ferro. Pelo caráter anóxico das águas subterrâneas, o manganês é encontrado principalmente na forma de Mn^{2+} , quando oxidado pelo ar passa a ser Mn^{4+} , podendo precipitar como MnO_2 um composto de cor preta alterando a cor da água.^{2,28} Os resultados encontrados para as amostras estão representados na Figura 13.

Figura 13 - Gráfico com concentrações de Manganês total em mg/L para amostras de água subterrânea com limite estabelecido pela Portaria GM/MS nº 888/2021.



Fonte: Autoria própria.

Apenas as amostras 1 e 2 apresentaram valores abaixo do limite estabelecido de 0,1 mg/L, tendo as mesmas amostras fora da potabilidade que na análise de ferro. Isso evidencia uma relação entre o ferro e o manganês, que pode ser esperado, tendo em vista que esses compostos são comumente encontrados juntos e se apresentam em maiores concentrações nas bacias brasileiras, devido a suas características geoquímicas.³¹ É importante ressaltar que para as amostras de 3 a 10 se obteve valores de 2,7 a 3,7 vezes superiores ao limite, sendo, portanto, relativamente próximos entre si.

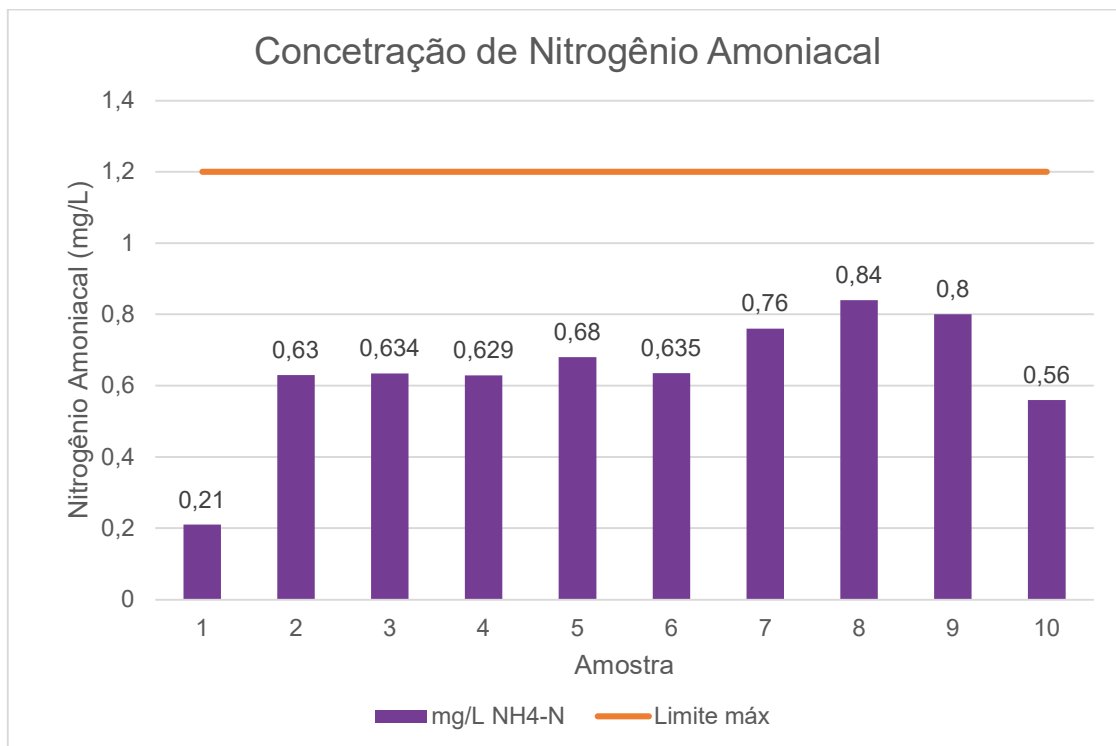
Assim como no caso do ferro, é o ambiente com baixo teor de oxigênio que possibilita a dissolução do manganês em águas subterrâneas. Concentrações acima do limite estabelecido resultam em alterações nos parâmetros de cor, sabor e odor da água, causando a redução da aceitação da água pelo consumidor. Além disso, o excesso de manganês pode causar incrustações nas tubulações e reduzir a eficiência dos filtros.^{2,19,32}

6.6 NITROGÊNIO AMONIACAL

O nitrogênio amoniacal total ($\text{NH}_3\text{-N}$) é a soma das formas de íon amônio e amônia, que estão em equilíbrio no meio, dependendo do pH. É um dos indicadores de poluições mais recentes.^{2,21}

Os resultados de nitrogênio amoniacal obtidos para as amostras estão apresentados na Figura 14.

Figura 14 - Concentrações de Nitrogênio Amoniacal em mg/L para amostras de água subterrânea com limite estabelecido pela Portaria GM/MS nº 888/2021.



Fonte: Autoria própria.

Diferente dos outros parâmetros, todas as amostras avaliadas ficaram dentro do limite de nitrogênio amoniacal estabelecido pela portaria.

Em águas subterrâneas, é esperado que o nitrogênio amoniacal esteja em baixas concentrações devido à sua fácil adsorção por partículas do solo ou pela sua passagem a nitrito e nitrato por processos de nitrificação e oxidação, respectivamente. Portanto, esse parâmetro é um indicador de fontes de poluição próximas às águas subterrâneas, uma vez que altas concentrações de nitrogênio amoniacal estão associadas a dejetos recentes de matéria orgânica em decomposição.^{2,21,22} Assim, podemos concluir que não há indícios de fontes de poluição nestas amostras, de acordo com este parâmetro.

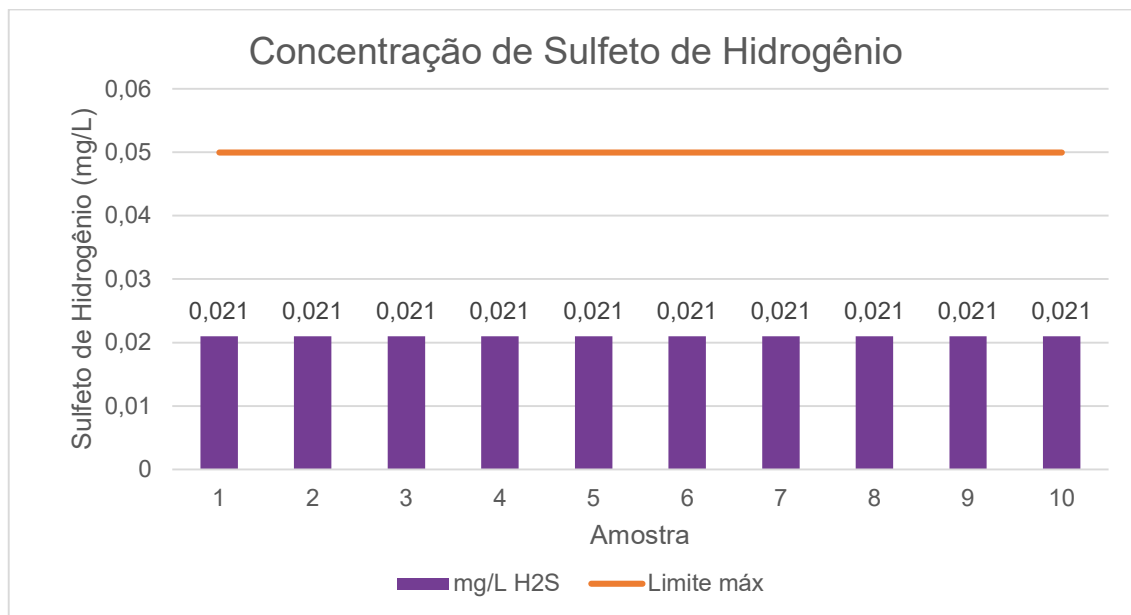
6.7 SULFETO DE HIDROGÊNIO

O sulfeto de hidrogênio é um gás que se enquadra entre os compostos que alteram a cor, o odor e o gosto da água quando presentes em concentrações acima

de 0,05 mg/L. Além disso, é um dos componentes que, na presença de água, podem causar a corrosão de aços e ligas de alumínio.²⁵

As concentrações de sulfeto de hidrogênio encontradas nas amostras avaliadas estão apresentadas na Figura 15.

Figura 15 - Concentrações de Sulfeto de Hidrogênio em mg/L para amostras de água subterrânea com limite estabelecido pela Portaria GM/MS nº 888/2021.



Fonte: Autoria própria.

Observa-se que nenhuma amostra ultrapassou o limite estabelecido pela legislação, tendo todos resultados igual ou menores que 0,021 mg/L, que é o limite mínimo de detecção do método. Portanto, nenhuma amostra teve sua cor, sabor e odor alterados devido ao H₂S.

7 CONCLUSÃO

A análise dos parâmetros físico-químicos para a potabilidade da água é de suma importância, considerando sua destinação para consumo humano. Garantir sua qualidade é essencial para evitar riscos à saúde e assegurar a aceitação pelo consumidor. O monitoramento frequente é indispensável para prevenir não só a contaminação, mas também possibilitando a identificação das fontes de poluição e garantir a eficácia das etapas de tratamento. Durante o estágio tive a oportunidade de conhecer e entender o processo de análise de potabilidade, aplicando conhecimentos práticos e teóricos.

Os resultados obtidos de turbidez, condutividade, ferro, manganês, nitrogênio amoniacal e sulfeto de hidrogênio revelaram que apenas as amostras 1 e 2 atenderam aos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021, evidenciando a importância dessas análises. As demais amostras avaliadas apresentaram altas concentrações de ferro, além de valores superiores ao limite para manganês. Quanto à turbidez, as amostras 5, 6, 7 e 9 excederam os limites, alcançando 14,3 NTU. Porém, não foram observadas discrepâncias nos resultados de pH, nitrogênio amoniacal e sulfeto de hidrogênio.

Portanto, todas as amostras de 3 a 10 necessitam de tratamento de filtração e remoção de metais antes do seu consumo, sendo apenas as amostras 1 e 2 próprias para consumo direto pelos parâmetros avaliados.

8 CONTRIBUIÇÃO DO ESTÁGIO À FORMAÇÃO PROFISSIONAL

O estágio na JR Hidroquímica foi enriquecedor ao permitir a aplicação dos conhecimentos adquiridos durante a graduação no contexto prático de um laboratório de análises. Obtive uma compreensão mais ampla sobre a organização e gestão de um laboratório, entendendo o processo desde a coleta e preparo de amostras até a análise e emissão de laudos em conformidade com a legislação vigente.

Essa experiência foi fundamental para minha formação, proporcionando uma imersão no ambiente profissional fora do âmbito acadêmico. Além disso, adquiri conhecimentos aprofundados sobre as técnicas de análise e os padrões de legislação para a potabilidade da água, o que contribuiu significativamente para meu aprimoramento nas práticas laboratoriais.

9 REFERÊNCIAS

1. Brasiliana De Arruda, G. *et al. Análise Da Qualidade Da Água Do Riacho Moraes Em Área Influenciada Pela Produção de Gesso No Município de Araripina, PE-Brasil. Revista de Geologia* vol. 28 <http://www.periodicos.ufc.br/index.php/geologia> (2015).
2. Sperling, M. von. *Introdução à Qualidade de Água e Tratamento de Esgoto*. vol. 1 (Universidade Federal de Minas Gearis, Belo Horizonte, 1996).
3. Brasil. *Manual de Saneamento*. (Fundação Nacional de Saúde, Brasília, 2007).
4. Costa, C. L., Lima, R. F. de, Paixão, G. C. & Pantoja, L. D. M. Avaliação da qualidade das águas subterrâneas em poços do estado do Ceará, Brasil. *Semina: Ciências Biológicas e da Saúde* **33**, (2013).
5. Poeter, E., Fan, Y., Cherry, J., Wood, W. & Mackay, D. *Groundwater in Our Water Cycle: Getting to Know Earth's Most Important Fresh Water Source*. (The Groundwater Project, Ontario, 2020). doi:<https://doi.org/10.21083/978-1-7770541-1-3>.
6. Brasil. *Portaria GM/MS No 888, de 04 de Maio de 2021*. (Diário Oficial da União, Seção 1, p. 127, Brasil, DF, 2021).
7. Hirata, R., Suhogusoff, A. V., Marcellini, S. S., Carolina Villar, P. & Marcellini, L. *A Revolução Das Águas Subterrâneas No Brasil: Importância Do Recurso e Os Riscos Pela Falta de Saneamento Básico*. Instituto Trata Brasil (2019).
8. Damke, T. & Pasini, F. *The Importance of Water Potability in Basic Sanitation for Public Health Promotion in Brazil*. doi:<https://doi.org/10.21727/teccen.v13i1.2200>.
9. Xavier, M. das V. S., Quadros, H. C. & Silva, M. S. S. da. Parâmetros de potabilidade da água para o consumo humano: uma revisão integrativa. *Research, Society and Development* **11**, e42511125118 (2022).
10. Candian Ferreira, L. & Kopschitz Xavier Bastos, R. Comparação de leituras de turbidez com diferentes equipamentos: contribuições à regulamentação brasileira de qualidade da água para consumo humano. *Revista DAE* **223**, 62–77 (2020).
11. Da Silva, A. B., De Brito, J. M., Silva, R. D. A., Braz, A. S. & Da Silva Filho, E. D. Parâmetros físico-químicos da água utilizada para consumo em poços artesianos na cidade de Remigio-PB. *Águas Subterrâneas* **31**, 109 (2017).

12. Macêdo, J. A. B. de. *Águas & Águas*. (Livraria Varela, São Paulo, 2001).
13. Rabelo, M. C. & Danna, L. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA: PARÂMETROS QUÍMICOS E FÍSICOS DA SUB BACIA DO RIO TAMANDUTEÍ E DA MICRO-BACIA HIDROGRÁFICA PARQUE DO PEDROSO. *Águas Subterrâneas* (2015).
14. Skoog, D. A., West, D. M., Holler, F. J. & Crouch, S. R. *Fundamentos de Química Analítica*. (Cengage Learning, São Paulo, 2011).
15. Celligoi, A. Considerações sobre análises químicas de águas subterrâneas. *Geografia* **8**, 91–97 (1999).
16. Soares, S. C. da R. & Costa, F. S. da. Parâmetros físicos, químicos e microbiológicos da água em assentamento rural do Amazonas: o caso do PA Pacia (Lábrea/AM). *Águas Subterrâneas* **34**, (2020).
17. Baumgarten, M. da G. Z., De Paiva, M. L. & Rodrigues, H. R. S. KIT ANALÍTICO SIMPLIFICADO: UMA FERRAMENTA PARA AVALIAÇÃO MASSIVA DA QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA. *Águas Subterrâneas* **28**, (2014).
18. Cembranel, A. S., Silva, S. T. da, Franca, M. M. & Pokrywiecki, T. S. Impactos de indústria metalomecânica e a qualidade da água sub-terrânea – estudo de caso. *Águas Subterrâneas* **33**, (2019).
19. Almeida, A. B. B. de, Lima, M. R. P. de, Santos, Y. T. da C., Moreira, Y. W. N. & Silva, P. B. de A. Concentração de ferro e manganês em águas de abastecimento no município de Crato, Ceará: caracterização e proposta de tratamento. *Águas Subterrâneas* **33**, (2019).
20. Queiroz, H. M. *et al.* Manganese: The overlooked contaminant in the world largest mine tailings dam collapse. *Environ Int* **146**, 106284 (2021).
21. Gonçalves, C., Ferreira Silvério, P. & Soares, A. Comparação entre níveis de Nitrogênio Amoniacal e Amônia não-ionizável em amostras de Água Subterrânea. *Águas Subterrâneas* (2011).
22. Alaburda, J. & Nishihara, L. Presença de compostos de nitrogênio em águas de poços. *Rev Saude Publica* **32**, 160–165 (1998).
23. Dantas, A. D. B. *et al.* Presença de nitrogênio amoniacal nas águas brutas afluentes às etas brasileiras e sua ameaça à segurança da água: estudos de caso. in *Proceedings of...* 21–25 (Universidade Estadual de Campinas, 2022). doi:10.20396/iwisdw.n1.2022.4799.

24. Mainier, F. B., Delaidi, E. & Viola, M. O sulfeto de hidrogênio (H_2S) e o meio ambiente. *Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia* Preprint at (2005).
25. Leite, A. B. REMOÇÃO DE H_2S EM ÁGUA SUBTERRÂNEA PELO MÉTODO DE DESSORÇÃO GASOSA. *Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais* 135–147 (2021) doi:10.9771/gesta.v9i1.43800.
26. Brandão, C. J., Botelho, M. J. C., Sato, M. I. Z. & Lamparelli, M. C. *Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras*. (CETESB, São Paulo, 2011).
27. Esteves, F. de A. *Fundamentos de Limnologia*. (Interciência, Rio de Janeiro, 2011).
28. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. (APHA Press, Washington DC, 2023).
29. Rodrigues De Carvalho, A. PROCESSO DE COMPLEXAÇÃO DO FERRO EM ÁGUAS SUBTERRÂNEAS-UMA PROPOSTA DE MUDANÇA DA PORTARIA 36 DO MINISTÉRIO DA SAÚDE. *Águas Subterrâneas* (2004).
30. Picanço, F. E. L., Lopes, ;, Souza, & De, E. L. FATORES RESPONSÁVEIS PELA OCORRÊNCIA DE FERRO EM ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM/PA. *Águas Subterrâneas* (2002).
31. Souza-Silva, G. *et al.* CONCENTRAÇÃO DE ÍONS FERRO E MANGANÊS SOLÚVEIS EM AMOSTRAS DE ÁGUA BRUTA PARA CONSUMO HUMANO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. *Revista Acta Ambiental Catarinense* **20**, (2023).
32. Moruzzi, R. B., Antonio, M. & Reali, P. Oxidação e remoção de ferro e manganês em águas para fins de abastecimento público ou industrial: uma abordagem geral. *Revista de Engenharia e Tecnologia* **4**, 24–43 (2012).
33. Scheiner, D. Determination of ammonia and Kjeldahl nitrogen by indophenol method. *Water Res* **10**, 31–36 (1976).
34. Lodge, J. P. Determinação do Teor de Sulfeto de Hidrogênio na Atmosfera (Método do Azul de Metileno). in *Métodos de Amostragem no Ar e Análise* (ed. Dias, J. W. C.) 486–492 (Lewis Publishers, Inc., 1989).



Documento assinado digitalmente

Yasmim Pereira Bach

Data: 03/07/2024 17:39:16-0300

CPF: ***.896.429-**

Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>



Documento assinado digitalmente

Daniela Zambelli Mezalira

Data: 03/07/2024 17:53:50-0300

CPF: ***.648.550-**

Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

DECLARAÇÃO DE CARGA HORÁRIA DE ESTÁGIO

A **WV Hidroanálise LTDA**, inscrita sob CNPJ 85.314.086/0001-80, localizada na Rua Santa Luzia, nº 75, bairro Trindade, cidade de Florianópolis/SC, declara que a aluna **Yasmim Pereira Bach**, portadora do CPF nº [REDACTED], regularmente matriculada no Curso de Graduação em Química da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), sob número de matrícula 20100067, realizou **ESTÁGIO OBRIGATÓRIO** referente à disciplina **Estágio Supervisionado (QMC 5515)** em suas dependências, no período de 01/03/2024 a 16/07/2024, totalizando 450 horas referente ao semestre 2024.1.

A instituição de ensino UFSC, a qual a aluna possui está regularmente matriculada, possui vínculo com esta empresa e teve seu projeto de estágio e conclusão de curso supervisionado pelo químico **Joarez da Silva Vieira Júnior**, CRQ/SC nº 13200002, CPF nº [REDACTED].

Florianópolis, 02 de julho de 2024.

Documento assinado digitalmente
gov.br JOAREZ DA SILVA VIEIRA JÚNIOR
Data: 02/07/2024 12:56:44-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Joarez da Silva Vieira Júnior
CRQ/SC nº 1300002
Diretor Técnico – WV Hidroanálise LTDA

Documento assinado digitalmente
 Yasmim Pereira Bach
Data: 03/07/2024 17:38:42-0300
CPF: ***.896.429-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Yasmim Bach Pereira
Estagiária