

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
UNIDADE ACADÊMICA ESPECIAL DE QUÍMICA
REGIONAL CATALÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA - MESTRADO

**ANÁLISE QUALITATIVA DA ÁGUA DO RIBEIRÃO
SAMAMBAIA EM CATALÃO (GO)**

ALYNNE LARA DE SOUZA

Catalão - GO

2018

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR
VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES E DISSERTAÇÕES
NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico: Dissertação Tese

2. Identificação da Tese ou Dissertação:

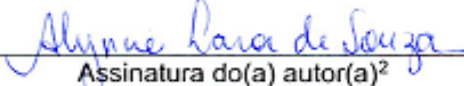
Nome completo do autor: Alynne Lara de Souza

Título do trabalho: ANÁLISE QUALITATIVA DA ÁGUA DO RIBEIRÃO SAMAMBAIA EM CATALÃO (GO)


3. Informações de acesso ao documento:

Concorda com a liberação total do documento SIM NÃO¹

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese ou dissertação.


Assinatura do(a) autor(a)²

Ciente e de acordo:


Assinatura do(a) orientador(a)²

Data: 13 / 09 / 2018

¹ Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

² A assinatura deve ser escaneada.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
UNIDADE ACADÊMICA ESPECIAL DE QUÍMICA
REGIONAL CATALÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA - MESTRADO

**ANÁLISE QUALITATIVA DA ÁGUA DO RIBEIRÃO
SAMAMBAIA EM CATALÃO (GO)**

Alynne Lara de Souza

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Química, área de concentração de Química: nível mestrado, da Universidade Federal de Goiás como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Química.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Rita Cássia Santos
Co-orientador: Prof. Dr. Antover Panazzolo Sarmento

**Catalão - GO
2018**

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

SOUZA, ALYNNE LARA DE
ANÁLISE QUALITATIVA DA ÁGUA DO RIBEIRÃO SAMAMBAIA EM
CATALÃO (GO) [manuscrito] / ALYNNE LARA DE SOUZA. - 2018.
101 f.: il.

Orientador: Profa. Dra. Maria Rita de Cássia Santos; co orientador Dr. Antover Panazzolo Sarmento.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Unidade Acadêmica Especial de Física e Química, Programa de Pós-Graduação em Química, Catalão, 2018.

Bibliografia. Apêndice.

Inclui siglas, mapas, fotografias, gráfico, tabelas, lista de figuras, lista de tabelas.

1. Água. 2. IQA-CCME. 3. CONAMA. I. Santos, Maria Rita de Cássia, orient. II. Título.

CDU 54

Relatório de Defesa de Dissertação
 Candidata: **Alyne Lara de Souza**

Aos 21/08/2018 às 13:30 horas, realizou-se na Universidade Federal de Goiás – Regional Catalão nas formas e termos do Regimento Interno do Programa de Pós-Graduação em Química a Defesa de Dissertação de Mestrado sob o título: “Análise qualitativa da água do ribeirão Samambaia em Catalão (GO)” apresentada pela candidata: Alyne Lara de Souza. Ao final dos trabalhos a banca examinadora reuniu-se em sessão reservada para o julgamento tendo os membros chegado ao seguinte resultado:

Participantes da Banca:	Função	Instituição
Profa. Dra. Maria Rita de Cássia Santos	Presidente	UFG – Catalão
Prof. Dr. Ed Carlos Rosa Paiva	Titular	UFG – Catalão
Profa. Dra. Luciana Melo Coelho	Titular	UFG – Catalão

Resultado Final: Aprovada

Parecer da Comissão Julgadora:

Aprovada com as devidas correções dos membros da Banca Examinadora

Encerrada a sessão reservada, a presidente informou ao público presente o resultado. Nada mais havendo a tratar, a sessão foi encerrada e, para constar eu João Pedro Rocha de Carvalho, representante do Programa de Pós-Graduação em Química lavrei o presente relatório que será assinado por mim e pelos membros da banca examinadora.

Profa. Dra. Maria Rita de Cássia Santos

Prof. Dr. Ed Carlos Rosa Paiva

Profa. Dra. Luciana Melo Coelho

Representante do PPG João Pedro Rocha de Carvalho
 Assistente em Administração

Não houve alteração no título. () Houve. O novo título passa a ser:

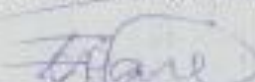
Assinatura dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a defesa de Dissertação de Mestrado da candidata Alynne Lara de Souza realizada em 21 de Agosto de 2018.



Profa. Dra. Maria Rita de Cássia Santos (orientadora)



Prof. Dr. Antover Panazzolo Sarmiento (coorientador)



Prof. Dr. Ed Carlos Rosa Paiva



Profa. Dra. Luciana Melo Coelho

DEDICATÓRIA

À Deus e a minha família.

AGRADECIMENTOS

Quero começar por agradecer a Deus; foi Ele que levantou minha cabeça e me deu força para não desistir nos momentos mais difíceis.

A esta universidade e a toda sua direção e funcionários deixo uma palavra de agradecimento por todo ambiente inspirador e pela oportunidade de concluir este curso.

A todos quero manifestar os meus sinceros agradecimentos. Em primeiro lugar, à minha orientadora Professora Maria Rita de Cássia Santos pela liberdade de ação que permitiu que este trabalho contribuísse para o meu desenvolvimento pessoal. Estou grata pela orientação, pela amabilidade e colaboração prestada sempre que solicitada e a cordialidade com que sempre me recebeu.

Ao professor Dr. Antover Panazzolo Sarmiento para quem não há agradecimentos que cheguem. Obrigado professor por ter sido tão presente, porque há, na história de todos nós, a presença constante de educadores que foram, são e sempre serão marcos significativos na nossa vida. Ele é um exemplo de pessoa íntegra sem igual. Tem o que entendo ser um verdadeiro carácter de ser humano, pela sua força notável, pelo seu dinamismo e entusiasmo. Para mim é um gênio. Muito obrigada pelo tempo que me dispensa, pelos ensinamentos que me tem transmitido e que ainda continua a transmitir. Sua orientação incansável, o empenho e a confiança me ajudaram a tornar possível este sonho tão especial.

Ao Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial (SENAC) de Catalão que cedeu o Laboratório de Química e Meio Ambiente, na pessoa da gerente Isabel.

A todos os meus colegas de trabalho do Colégio Estadual João Netto de Campos e do SENAC - Catalão pelo incentivo.

Aos meus colegas Lílian, Murilo, Nara Line, Karoline e Gabriela agradeço a amizade e o carinho que sempre me dispensaram. Aos técnicos Márcia, Glenda e Bruno. Às minhas professoras Jocélia, Luciana e Vanessa pelo incentivo.

É claro que não posso esquecer da minha família, principalmente à minha mãe Jandira, porque foram eles que me incentivaram e inspiraram através de gestos e palavras a superar todas as dificuldades.

Finalmente agradeço ao meu marido Petrônio Carlos e aos meus filhos Michaela e Eduardo por todo amor, carinho, admiração, e pela presença incansável com que me apoiaram ao longo desse trabalho.

A todas as pessoas que de uma alguma forma me ajudaram a acreditar em mim eu quero deixar um agradecimento eterno, porque sem elas não teria sido possível.

Há uma força motriz mais poderosa que o vapor, a eletricidade e a energia atômica: a vontade.

Albert Einstein

RESUMO

O presente estudo teve por objetivo analisar qualitativamente por meio de parâmetros físicos e químicos o Ribeirão Samambaia no município de Catalão (GO). Neste trabalho tomou-se como referência os parâmetros: Oxigênio Dissolvido, Potencial Hidrogeniônico, Temperatura, Condutividade, Turbidez, Sólidos Totais, Acidez, Alcalinidade, Nitrogênio amoniacal, Nitrito, Nitrato, Fósforo, Cloreto, Sulfato, Dureza e Cromo Hexavalente. Para as análises de Oxigênio Dissolvido, Potencial Hidrogeniônico, Temperatura, Condutividade, Turbidez e Sólidos Totais foram feitas treze campanhas de 10/2016 a 02/2018, já as análises de Acidez, Alcalinidade, Nitrogênio amoniacal, Nitrito, Nitrato, Fósforo, Cloreto, Sulfato, Dureza e Cromo foram realizadas seis campanhas de 06/2017 a 02/2018. Foi coletado também de 11/2017 a 02/2018 sedimentos nos mesmos pontos e procedeu-se a ensaio granulométrico, análise pela técnica de EDX e DRX. Com base nos resultados obtidos verificou-se que em relação aos parâmetros: OD, pH, Nitrato, Nitrito, Sulfato, Fósforo, Dureza, Cloretos os resultados se apresentaram dentro dos limites estabelecidos pela Resolução n° 357 (CONAMA, 2005) para águas de classe 1. Os parâmetros de alcalinidade e acidez não apresentam limites para suas quantidades, mas indicam a capacidade tamponante para ácidos e bases na água do Ribeirão. Na resolução também não são estabelecidos valores para temperatura, no entanto ela influencia em diversas reações químicas. Os valores de turbidez nas campanhas de dezembro e fevereiro ultrapassaram a faixa limite estabelecida pela Resolução e o cromo apresentou resultados abaixo do limite de detecção. A classificação granulométrica dos sedimentos do Ribeirão Samambaia teve como destaque a fração areia. As concentrações médias das espécies químicas dos sedimentos determinadas pela EDX foram semelhantes nos pontos 1 e 2 destacando-se os elevados valores para Si, Fe, Al e P. Pela análise de DRX, verificou-se predominância do óxido de silício. O IQA_{CCME} apresentou faixa “Bom” em ambos os pontos, com nota 92 no P1 e 89 no P2. O único parâmetro que apresentou falha foi a turbidez nas coletas de dezembro de 2017 e fevereiro de 2018, que influenciaram na classificação do ribeirão Samambaia.

Palavras-chave: Água. IQA_{CCME}. CONAMA.

ABSTRACT

The present study had as objective to analyze qualitatively by means of physical and chemical parameters Ribeirão Samambaia in the municipality of Catalão (GO). In this work the following parameters were taken as reference: Dissolved Oxygen, Hydrogenion Potential, Temperature, Conductivity, Turbidity, Total Solids, Acidity, Alkalinity, Ammoniacal Nitrogen, Nitrite, Nitrate, Phosphorus, Chloride, Sulphate, Hardness and Hexavalent Chromium. For the analyzes of dissolved oxygen, hydrogenation potential, temperature, conductivity, turbidity and total solids, thirteen campaigns of 10/2016 to 02/2018 were performed. Analyzes of Acidity, Alkalinity, Ammoniacal Nitrogen, Nitrite, Nitrate, Phosphorus, Chloride, Sulphate, Hardness and Chrome were carried out six campaigns from 06/2017 to 02/2018. It was also collected from 11/2017 to 02/2018 sediments in the same points and was carried out the grain size test, EDX and XRD technique. Based on the results, it was verified that, in relation to the parameters: OD, pH, Nitrate, Nitrite, Sulphate, Phosphorus, Hardness, Chlorides the results were within the limits established by Resolution 357 (CONAMA, 2005) for class 1. The parameters of alkalinity and acidity do not present limits for their quantities, but indicate the buffering capacity for acids and bases in Ribeirão water. In the resolution also are not established values for temperature, however it influences in diverse chemical reactions. The turbidity values in the December and February campaigns exceeded the limit range established by Resolution and the chromium presented results below the limit of detection. The granulometric classification of the Ribeirao Samambaia sediments was characterized by the sand fraction. The average concentrations of the chemical species of sediments determined by EDX were similar in points 1 and 2, highlighting the high values for Si, Fe, Al and P. By the XRD analysis, the predominance of silicon oxide was observed. IQACCME presented a "Good" track on both points, with a score of 92 on P1 and 89 on P2. The only parameter that failed was turbidity in the collections of December 2017 and February 2018, which influenced the classification of the Samambaia stream.

Keywords: Water. IQACCME. CONAMA.

SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANA – Agência Nacional de Águas

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

COPASA – Companhia de Saneamento de Minas Gerais

DRX – Difração de raio X

EDTA – Acido etilenodiamino tetra-acético

EDX – Fluorescência de raios X por dispersão de energia

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

IQA_{CCME} - Índice de Qualidade de Água do Conselho Canadense do Ministério do Meio Ambiente

OD – Oxigênio dissolvido

ONU – Organização das Nações Unidas

pH – Potencial hidrogeniônico

PNQA – Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas

PNRH – Plano Nacional de Recursos Hídricos

Portaria MS – Portaria Ministério da Saúde

SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo

SAE - Superintendência Municipal de Água e Esgoto de Catalão

SANEAGO – Companhia Saneamento de Goiás S.A

UNT – Unidades nefelométricas de turbidez

VMP – Valor máximo permitido

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 3.1 - Chuva acumulada mensal em Catalão (GO) (out/2016-fev/2018).....	18
FIGURA 3.2 - Microbacia do Ribeirão Samambaia	19
FIGURA 4.1 - Pontos de coleta de água e captação da SAE no Ribeirão Samambaia .	33
FIGURA 4.3 - Curva analítica do padrão de íons amônio (nitrogênio amoniacal).....	39
FIGURA 4.4 - Curva analítica do padrão nitrito	40
FIGURA 4.5 - Curva analítica do padrão nitrato	41
FIGURA 4.6 - Curva analítica do padrão fósforo	41
FIGURA 4.7 - Curva analítica do padrão sulfato	43
FIGURA 4.8 - Curva analítica do cromo hexavalente	44
FIGURA 5.1 - Oxigênio dissolvido nos pontos P1 e P2 (out/2016-fev/2018).....	47
FIGURA 5.2 - Potencial hidrogeniônico nos pontos P1 e P2 (out/2016-fev/2018).....	49
FIGURA 5.3 - Temperaturas atmosférica e da água em P1 e P2 (out/2016-fev/2018).	50
FIGURA 5.4 - Condutividade elétrica nos pontos P1 e P2 (out/2016-fev/2018).....	52
FIGURA 5.5 - Turbidez nos pontos P1 e P2 (out/2016-fev/2018).....	53
FIGURA 5.6 - Valores de sólidos totais dos pontos P1 e P2 (out/2016-fev/2018).....	54
FIGURA 5.7 - Acidez da água nos pontos P1 e P2 (set/2017-fev/2018)	55
FIGURA 5.8 - Alcalinidade da água nos pontos P1 e P2 (set/2017-fev/2018)	56
FIGURA 5.9 - Nitrogênio amoniacal da água nos pontos P1 e P2 (set/2017-fev/2018)	57
FIGURA 5.10 - Concentrações de nitrito nos pontos P1 e P2 (set/2017-fev/2018).....	58
FIGURA 5.11 - Concentrações de nitrato nos pontos P1 e P2 (set/2017-fev/2018)	58
FIGURA 5.12 - Concentrações de fosfato nos pontos P1 e P2 (set/2017-fev/2018)	59
FIGURA 5.13 - Concentrações de cloreto nos pontos P1 e P2 (set/2017-fev/2018)	60
FIGURA 5.14 - Concentrações de sulfato nos pontos P1 e P2 (set/2017-fev/2018).....	60
FIGURA 5.15 - Valores de dureza da água nos pontos P1 e P2 (set/2017-fev/2018)...	61
FIGURA 5.16 - Curvas granulométricas dos sedimentos do P1 (11/2017-02/2018)....	63
FIGURA 5.17 - Curvas granulométricas dos sedimentos do P2 (11/2017-02/2018)....	63
FIGURA 5.18 - Difrátogramas dos sedimentos do P1 pela análise de DRX	65
FIGURA 5.19 - Difrátogramas dos sedimentos do P2 pela análise de DRX	65

LISTA DE QUADROS

QUADRO 3.1 - Classes dos corpos de água doce e suas respectivas destinações	17
QUADRO 3.2 - Classificação da água conforme as faixas de variação do CCME.....	32
QUADRO 4.1 - Técnicas de preservação e armazenamento de amostras	36

LISTA DE TABELAS

TABELA 4.1 - Descrição dos pontos de Coleta	35
TABELA 4.2 - Campanhas de coleta de água e sedimentos	35
TABELA 4.3 - Figuras de mérito para validação da curva analítica de Cr ⁶⁺	44
TABELA 5.1 - Composição elementar (CE) dos sedimentos coletados dos pontos P1 e P2 pela técnica de EDX em suas respectivas campanhas (nov/2017-fev/2018).	64
TABELA 5.2 - Valores utilizados para determinação do IQA _{CCME} no P1	67
TABELA 5.3 - Valores utilizados para determinação do IQA _{CCME} no P2	67
TABELA 5.4 - Resultado (Nota e Classificação) do IQA _{CCME} para P1 e P2	67

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO.....	13
2 - OBJETIVOS.....	15
2.1 - Objetivo geral	15
2.2 - Objetivos específicos	15
3 - REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1 - Legislação.....	16
3.2 - Área de estudo	17
3.3 - Parâmetros de qualidade da água	20
3.3.1 - Oxigênio dissolvido	21
3.3.2 - Potencial hidrogeniônico	21
3.3.3 - Temperatura da água e atmosférica	22
3.3.4 - Condutividade elétrica	23
3.3.5 - Turbidez.....	23
3.3.6 - Sólidos totais	24
3.3.7 - Acidez.....	24
3.3.8 - Alcalinidade.....	25
3.3.9 - Nitrogênio amoniacal	25
3.3.10 - Nitrito	26
3.3.11 - Nitrato.....	26
3.3.12 - Fósforo.....	26
3.3.13 - Cloreto	27
3.3.14 - Sulfato.....	28
3.3.15 - Dureza.....	28
3.3.16 - Cromo hexavalente	29
3.4 - Sedimentos	30
3.5 - Índice de Qualidade de Água	30
3.5.1 - CCME.....	31
4 - MATERIAIS E MÉTODOS	33
4.1 - Pontos de coleta e amostragem	33
4.2 - Métodos e análises de água.....	36
4.2.1 - Oxigênio dissolvido.....	36
4.2.2 - Potencial hidrogeniônico	37
4.2.3 - Temperatura da água e temperatura atmosférica.....	37
4.2.4 - Condutividade elétrica	37
4.2.5 - Turbidez.....	37
4.2.6 - Sólidos totais	38
4.2.7 - Acidez.....	38
4.2.8 - Alcalinidade.....	39
4.2.9 - Nitrogênio amoniacal	39
4.2.10 - Nitrito	40
4.2.11 - Nitrato.....	40
4.2.12 - Fósforo.....	41
4.2.13 - Cloreto	42
4.2.14 - Sulfato.....	42
4.2.15 - Dureza.....	43

4.2.16 - Cromo hexavalente	43
4.3 - Análise de sedimento.....	44
4.3.1 - Granulometria.....	45
4.3.2 - Fluorescências de raios-X por dispersão de energia.....	45
4.3.3 - Difração de Raio X.....	45
4.4 - IQA_{CCME}.....	46
5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
5.1 - Oxigênio dissolvido	47
5.2 - Potencial hidrogeniônico	48
5.3 - Temperatura da água e atmosférica	50
5.4 - Condutividade elétrica.....	51
5.5 - Turbidez.....	52
5.6 - Sólidos totais	53
5.7 - Acidez	54
5.8 - Alcalinidade	55
5.9 - Nitrogênio amoniacal.....	56
5.10 - Nitrito	57
5.11 - Nitrato	58
5.12 - Fósforo	59
5.13 - Cloreto.....	59
5.14 - Sulfato	60
5.15 - Dureza	61
5.16 - Cromo.....	62
5.17 - Sedimentos	62
5.18 - Resultados do IQA _{CCME}	66
6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	69
REFERÊNCIAS	71
APÊNDICE.....	76

1 - INTRODUÇÃO

Todos os seres vivos dependem da água. Aproximadamente 97% da água do mundo é salgada, imprópria para o consumo e também para a agricultura. Do restante de 3%, a maior parte se encontra nas geleiras, ficando a água potável que está nos lagos e rios com menos de 0,01% para suprir as necessidades da humanidade (BAIRD; CANN, 2011).

A Declaração Universal dos Direitos da Água redigida pela ONU em 22 de março de 1992, destaca que a transformação natural da água em água potável é um processo lento, frágil e limitado, devendo ser preservada, permitindo que seu ciclo se mantenha contínuo e intacto para garantir essa herança às gerações presentes e futuras (CETESB, 2005).

Sem a água não há desenvolvimento econômico, visto que toda atividade industrial e agrícola depende da água. Outrora as moradias do homem primitivo eram próximas às margens dos rios e lagos e com o passar dos séculos, o processo de urbanização acelerada provocou a formação de grandes centros urbanos, com indústrias e moradias que consomem muita água e conseqüentemente produzem dejetos que são despejados nos cursos de água. Esses despejos indiscriminados de cargas poluentes em ambientes aquáticos vêm alterando a qualidade das águas, pois essas são muito suscetíveis às substâncias químicas e biológicas lançadas, principalmente nas proximidades de áreas urbanas, afetando os organismos que se desenvolvem nesse meio.

A bacia do ribeirão Samambaia faz parte do sistema ambiental do Cerrado e é uma área de abastecimento hídrico da cidade de Catalão. A identificação de mecanismos que possam afetar a qualidade da água desse manancial é extremamente importante para a manutenção da biota e do meio antrópico (TRINDADE; RODRIGUES, 2016).

O Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituído no Brasil pela Lei nº 9.433 (BRASIL, 1997), é um dos instrumentos que orienta a gestão das águas no Brasil. Um dos objetivos específicos da lei é assegurar a melhoria das disponibilidades hídricas, superficiais e subterrâneas, em qualidade e quantidade; reduzir conflitos reais e potenciais de uso da água, bem como dos eventos hidrológicos críticos e promover a percepção da conservação da água como valor socioambiental relevante (BRASIL, 1997). Dessa maneira é necessário que se adotem medidas que

melhorem sua tratabilidade, a partir de parâmetros que medem sua qualidade, sendo determinada por características físicas, químicas e biológicas. As variáveis físicas são medidas em escala próprias, as variáveis químicas são usualmente dadas em concentração (mg/L ou ppm) e as variáveis biológicas, pela indicação da densidade populacional do organismo de interesse.

Existem muitos critérios para se avaliar a qualidade da água. Os critérios utilizados neste trabalho estão dispostos na Resolução nº 357, de 17 de março de 2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2005), onde são coletadas amostras para fins de exame e análises, devendo-se obedecer a cuidados e técnicas apropriadas, com volume e número de amostras adequadas e métodos padronizados.

A utilização de indicadores da qualidade de água é uma forma de obter comparabilidade e representatividade dos resultados na amostragem para o monitoramento da qualidade da água possibilitando utilizar um índice de qualidade de água que agrupa amplas variáveis. Técnicas diversas têm sido usadas para a elaboração desses índices de qualidade de água, sendo a *National Sanitation Foundation Institution*, a mais empregada. Atualmente para cada um dos diferentes usos da água são criados índices específicos, que possibilitam escolher variáveis específicas conforme a região de localização desse corpo de água. Neste trabalho o índice de qualidade da água foi obtido pela metodologia de *Canadian Council of Ministers of the Environment* (IQA_{CCME}).

2 - OBJETIVOS

2.1 - Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho foi analisar e interpretar os parâmetros da qualidade da água estabelecida pela Resolução n° 357 (CONAMA, 2005) para águas de classe 1.

2.2 - Objetivos específicos

- Monitorar a qualidade de água através de coletas sazonais por meio de parâmetros físicos e químicos em diferentes épocas do ano em função da Resolução n° 357 (CONAMA, 2005) para águas de classe 1;
- Caracterizar os sedimentos do Ribeirão Samambaia com base no tamanho de seus grãos e no teor de seus componentes;
- Obter o índice de qualidade da água pela metodologia de *Canadian Council of Ministers of the Environment* (IQA_{CCME}).

3 - REVISÃO DE LITERATURA

A água é o principal componente dos seres vivos. A maioria possui entre 50% e 95% de sua massa em água (CHEIDA, 2005). Pode ser consumida pela ingestão ou absorção, e perdida por meio da respiração, evaporação, transpiração e excreção. Por meio das mudanças de estado físico da água, o ciclo da água ocorre continuamente e com velocidade.

Existem duas formas de se caracterizar a água: com relação à sua quantidade e com relação à sua qualidade, estando essas características inter-relacionadas. A qualidade depende da quantidade de água para dissolver substâncias essenciais e também substâncias nocivas presentes (BRAGA *et al.*, 2005).

A quantidade de água é muito variável em diferentes locais. Embora somente 10% da população do mundo em 2000 vivessem com a falta desse recurso, estima-se que em 2025 esse valor aumente para 38% (BAIRD; CANN, 2011).

O uso do solo é um fator relevante que interfere na qualidade da água, pois o desmatamento e a urbanização podem diminuir a permeabilidade do solo, além de provocar a erosão e escoamento superficial intenso, arrastando para água poluentes de forma pontual ou difusa, que podem interferir nas cadeias aquáticas (BRAGA *et al.*, 2005).

As cargas pontuais são fáceis de identificar e controlar. Já as cargas difusas como não há um ponto específico de descarga, uma vez que ocorre ao longo das margens do rio, tornam o controle dessa poluição mais difícil.

3.1 - Legislação

A Lei nº 6.938 (BRASIL, 1981) dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, e em seu artigo 6º, parágrafo II, constituiu o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) que, no âmbito de sua competência, é deliberar sobre normas e padrões compatíveis com o ambiente ecologicamente equilibrado e essencial à sadia qualidade de vida.

A Resolução nº 357 (CONAMA, 2005) dispõe sobre a classificação dos corpos de água, bem como dos seus padrões de qualidade. As classes são determinadas segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes. Os corpos de água doce são classificados em cinco classes, conforme apresentado no QUADRO 3.1:

QUADRO 3.1 - Classes dos corpos de água doce e suas respectivas destinações

Classes	Usos preponderantes
Especial	- abastecimento para consumo humano, com desinfecção; - preservação do equilíbrio natural das comunidades e ambientes aquáticos de proteção integral.
1	- abastecimento para consumo humano após tratamento simplificado; - recreação de contato (esqui aquático, natação e mergulho); - irrigação de hortaliças e frutas que são ingeridas cruas e se desenvolvam rentes ao solo; - proteção das comunidades aquáticas.
2	- abastecimento para consumo humano após tratamento convencional; - recreação de contato (esqui aquático, natação e mergulho); - irrigação de hortaliças, frutas, jardins e campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato
3	- abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; - irrigação de árvores, cereais, e forrageiras; - pesca amadora; - recreação de contato secundário (navegação e pesca); - dessedentação de animais.
4	- usos menos exigentes como a navegação e harmonia paisagística.

Fonte: Resolução nº 357 (CONAMA, 2005).

O conceito de água boa para consumo humano é dinâmico, assim como seus parâmetros e seus valores limites. Embora a classificação da qualidade da água dependa da sua destinação é sempre importante conhecer sua composição o mais completa possível, tanto em termos de números de parâmetros analisados como também em relação à cobertura espacial e temporal da frequência de monitoramento (OLIVEIRA, 2013).

3.2 - Área de estudo

O município de Catalão, está localizado no Sudeste do Estado de Goiás, apresentando o distrito sede em Catalão e dois distritos rurais: Pires Belo e Santo Antônio do Rio Verde, que juntos compõem uma área de 3.821,463 km² e uma população estimada em 2016 em 100.590 habitantes (IBGE, 2016). Está localizado a 261 km da capital do estado (Goiânia) pela BR 352.

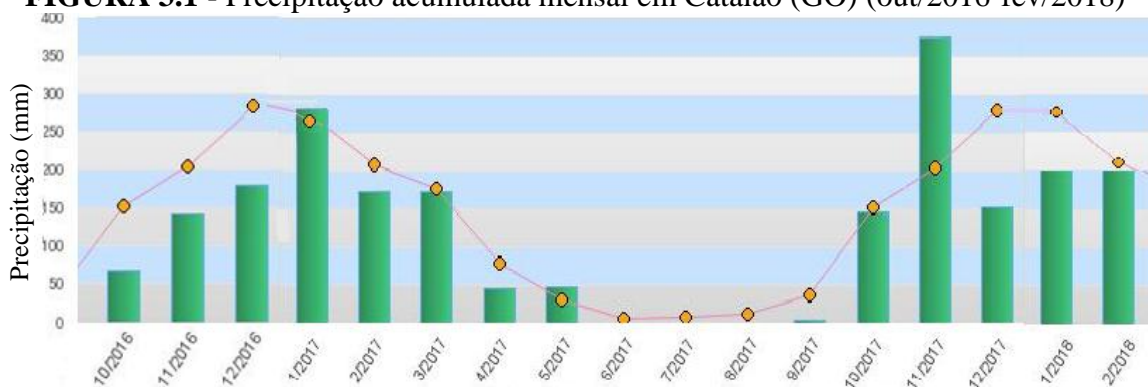
Há quatro 4 tipos de solo dominantes: na área da Chapada de Catalão predominam largamente os latossolos vermelho-amarelos eutróficos; um pouco mais ao sul, tem-se a presença dominante dos neossolos litólicos (litossolos) e no sudeste do município, há uma paisagem pedológica onde predominam largamente os latossolos vermelhos eutróficos. Nas áreas de latossolos vermelho-amarelos eutróficos da

Chapada, domina o cultivo de grãos e nas áreas de latossolos vermelhos do sudeste catalano, predomina a pecuária de corte (CATALÃO, 2018).

O Estado de Goiás é caracterizado por duas estações climáticas bem definidas. Catalão possui uma média de precipitação de 1484,8 mm, sendo os meses de dezembro e janeiro os mais chuvosos e os de junho e julho os mais secos (TRINDADE; RODRIGUES, 2016).

As variações pluviométricas de Catalão (GO) entre os meses de outubro de 2016 a fevereiro de 2018 podem ser analisadas na FIGURA 3.1 e é um importante fator a se considerar de um rio, pois as chuvas modificam diretamente as características físicas e químicas do mesmo.

FIGURA 3.1 - Precipitação acumulada mensal em Catalão (GO) (out/2016-fev/2018)

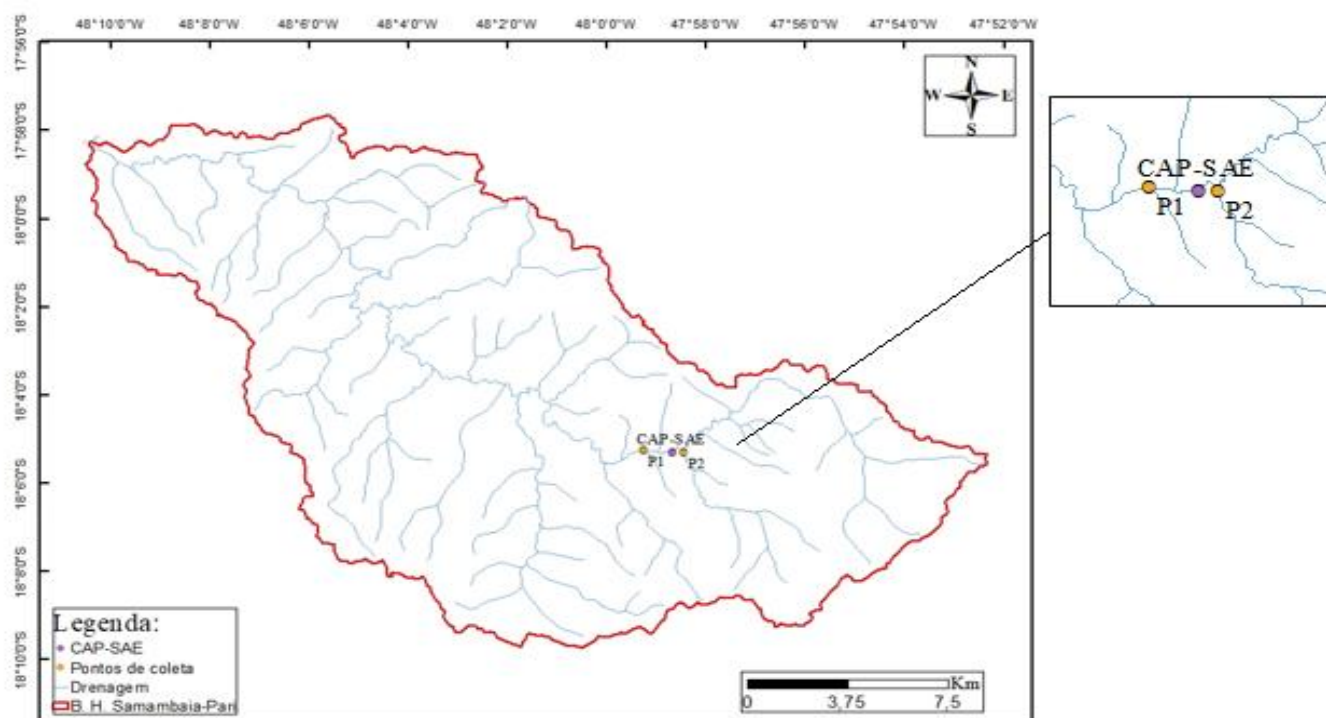


Fonte: Adaptado de INMET (2018).

O clima tropical em Catalão (GO) apresenta duas estações distintas durante o ano, sendo uma chuvosa principalmente entre dezembro a fevereiro e outra seca entre maio e setembro, o que contribui para que haja uma intensa variação sazonal.

A Microbacia do Ribeirão Samambaia (FIGURA 3.2) tem grande importância para o município de Catalão, pois fornece água para abastecimento e atividades econômicas importantes como a agricultura e a pecuária.

FIGURA 3.2 - Microbacia do Ribeirão Samambaia



Sistema de Coordenadas Geográficas e Datum Sirgas 2000

Fonte: SIEG (2009)

Org: VAZ, A. M.R. (2018)

O uso da terra na microbacia do ribeirão Samambaia é diverso, com atividades de pecuária, principalmente de gado leiteiro, agricultura de milho, feijão e hortaliças diversas, que interferem na paisagem natural, retirando a vegetação nativa, substituindo por pastagens e agricultura. A vegetação de mata ciliar nos diversos cursos de água da microbacia é escassa facilitando o processo de erosão, lixiviação e assoreamento.

3.3 - Parâmetros de qualidade da água

A água que a população consome em geral, necessita de diversos processos de tratamento para se tornar potável, e a presença de alguns elementos ou compostos químicos podem inviabilizar o uso de certas tecnologias de tratamento. Avaliar sua qualidade possibilita também identificar como estão sendo utilizadas a bacia, além de fornecer características qualitativas dos recursos hídricos.

A preocupação com a qualidade da água e a necessidade de classificá-la de uma maneira fácil e de forma geral resultou na criação do Índice de Qualidade da Água, o IQA. Para esse índice existem diferentes metodologias de cálculo para classificar a água. Uma delas é a NSF (National Sanitation Foundation) que desenvolveu uma metodologia para a adoção de um Índice de Qualidade da Água. O IQA-NSF é composto por nove variáveis (definidas por pesquisa de opinião com vários especialistas) consideradas importantes obtendo-se um único índice que sugira a qualidade da água, tendo como determinante principal a sua utilização para abastecimento público (CETESB, 2013). Como esse índice apresenta uma fórmula fixa, com pesos específicos para cada um dos nove parâmetros, fica muito difícil realizar cálculos quando não se tem as variáveis específicas.

O IQA-CMME, desenvolvido pelo Conselho Canadense do Ministério do Meio Ambiente (*Canadian Council of Ministers of the Environment - CCME*), por outro lado, não toma parâmetros específicos, deixando livre a seleção dos mesmos, de forma que seja possível a escolha mais adequada para cada região. “O índice é uma ferramenta guiada por diretrizes que permite ao usuário extrair grande quantidade de dados de qualidade da água em um único número ou valor de índice” (CCME, 2006, p.4). Por meio desse método é possível selecionar as variáveis de entrada, os parâmetros de referência, o número de amostras por período e os objetivos em relação ao cálculo do índice (CCME, 2006).

Dentro das variáveis de entrada para o cálculo do IQA_{CCME} foram selecionados os seguintes parâmetros: cloreto total, fósforo total, nitrito, nitrato, oxigênio dissolvido, potencial hidrogeniônico, sulfato total e turbidez. Outros parâmetros foram analisados pois interferem na tratabilidade da água para abastecimento público, além de fornecer informações importantes sobre a qualidade físico-química, a fim de comparar os resultados e dar maior credibilidade aos mesmos.

Dessa maneira foram analisados também a temperatura, condutividade, acidez, alcalinidade, sólidos totais, dureza e cromo hexavalente.

3.3.1 - Oxigênio dissolvido

O oxigênio dissolvido é essencial para a preservação da vida aquática, uma vez que vários organismos precisam de oxigênio para respirar. Uma das principais causas da diminuição do Oxigênio dissolvido (OD) é a concentração de matéria orgânica na água, já que o mesmo é consumido no processo de decomposição (ANA, 2018).

O OD é um excelente indicativo da qualidade da água. Quando ausente, possibilita a existência de organismos anaeróbios que conferem odor, sabor e aspecto indesejável à água (BRAGA *et al.*, 2005). O teor de OD na água varia principalmente com a temperatura e altitude, e quanto maior sua concentração na água melhor ela será (MACEDO, 2005)

De acordo com Brasil (2006), para a manutenção da vida aquática aeróbia são necessários teores mínimos de oxigênio dissolvido de 2 a 5 mg/L, de acordo com o grau de exigência de cada organismo. A falta de oxigênio em um ambiente aquático é chamada anoxia, enquanto a baixa concentração desse gás é designada por hipoxia.

3.3.2 - Potencial hidrogeniônico

O termo Potencial Hidrogeniônico (pH) representa a concentração de íons hidrogênio e define o caráter ácido, básico ou neutro de uma solução. Brasil (2006) recomenda que o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,0 para a adequada manutenção da vida aquática. Para águas de abastecimento, o intervalo de pH é estabelecido pela Portaria Ministério da Saúde n.º 2914/2011 entre 6,5 e 9,5 (BRASIL, 2011).

O primeiro equilíbrio químico de interesse que ocorre na água é a dissociação de sua molécula, que pode ser representada através da REAÇÃO 3.1 (SKOOG *et al.*, 2005).



O íon hidrogênio, H^+ , permanece associado à própria molécula de água na forma do íon hidrônio, de modo que este equilíbrio pode ser melhor representado pela REAÇÃO 3.2:



Assim, o pH representa a atividade do íon hidrogênio na água, resultante inicialmente da dissociação da própria molécula da água e posteriormente acrescida pelo hidrogênio proveniente de outras fontes como efluentes industriais e da dissociação de ácidos orgânicos como o ácido acético, que resulta da “fase ácida” da decomposição anaeróbia da matéria orgânica, bem como outras substâncias que venham a apresentar reação ácida com o solvente (água) (SKOOG *et al.*, 2005).

Alterações nos valores de pH podem afetar fisiologicamente espécies aquáticas, além de interferir na solubilidade de nutrientes e aumentar o efeito de substâncias químicas que são tóxicas para os organismos aquáticos, tais como os metais pesados (CETESB, 2009).

Em 2011 os valores do pH da água da Bacia do Ribeirão Samambaia obtidos pela SANEAGO variaram de 6,71 a 7,00 entre abril e dezembro (PORTO, 2012).

3.3.3 - Temperatura da água e atmosférica

Variações de temperatura sazonais fazem parte do regime de um corpo hídrico, além de serem influenciadas pela altitude, profundidade e período do dia (CETESB, 2009).

A alteração da temperatura da água pode ser causada por fontes naturais (principalmente energia solar) ou por ação humana. A temperatura exerce influência marcante na velocidade das reações químicas, nas atividades metabólicas dos organismos e na solubilidade de substâncias. Os ambientes aquáticos brasileiros apresentam em geral temperaturas na faixa de 20 a 30 °C (BRASIL, 2006).

A temperatura influencia vários parâmetros físicos e químicos da água, além de afetar vários organismos aquáticos, o que causa impactos sobre seu crescimento e reprodução (ANA, 2018), uma vez que esses apresentam limites de tolerância térmica superior e inferior, temperaturas ótimas para crescimento, migração, desova e incubação do ovo (CETESB, 2009).

3.3.4 - Condutividade elétrica

A condutividade elétrica em uma solução é proporcional à concentração iônica presente no meio (passagem de corrente elétrica num meio ionizado), com isso, torna-se possível a estimativa da salinidade e da concentração de substâncias dissolvidas na água a partir de dados de sua condutividade elétrica (MATOS, 2012). Essas substâncias dissolvidas podem se dissociar em ânions e cátions, sendo assim diretamente proporcional à concentração iônica (LIBÂNIO, 2010).

Em geral, níveis superiores a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ indicam um impacto ambiental, aumentando à medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados. Valores de condutividade elétrica altos podem indicar características corrosivas da água (CETESB, 2009).

Em condições naturais, as águas contêm sais, cujas concentrações são variáveis conforme as condições climáticas e o material geológico do local em que a água drena. Atividades antrópicas na bacia hidrográfica (lançamento de resíduos de atividades industriais, doméstico, agroindustriais e agropecuário) podem alterar significativamente a salinidade e, por consequência, a condutividade elétrica nas águas (MATOS, 2012).

3.3.5 - Turbidez

A turbidez da água é devida à presença de materiais sólidos em suspensão, que reduzem a sua transparência (BRASIL, 2013), ou ainda é o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la devido à presença de sólidos em suspensão (CETESB, 2009). A turbidez é expressa por meio de unidades de turbidez (também denominadas nefelométricas - UNT).

Parte das águas de rios brasileiros é naturalmente turva em decorrência das características geológicas das bacias de drenagem, ocorrência de altos índices pluviométricos e uso de práticas agrícolas muitas vezes inadequadas (BRASIL, 2011). Atividades de mineração, assim como o lançamento de esgotos e de efluentes industriais, também são fontes importantes que causam uma elevação da turbidez das águas (ANA, 2018).

Uma turbidez elevada reduz a fotossíntese de vegetação submersa e algas, suprimindo a produtividade de peixes e afetando o uso doméstico, industrial e de recreação da água (CETESB, 2005).

3.3.6 - Sólidos totais

Sólidos totais na água são todas as substâncias que permaneçam na cápsula após a total secagem de um determinado volume de amostra (SABESP, 1999).

A entrada de sólidos na água pode ocorrer de forma natural (processos erosivos, organismos e detritos orgânicos) ou antropogênica (lançamento de lixo e esgotos). Não há um valor limite estabelecido para sólidos totais, no entanto, os dados de sólidos têm sua importância para o acompanhamento na eficiência dos sistemas de tratamento de água, além de contribuir nos parâmetros de cor, turbidez e microbiológicos (SABESP, 1999).

Quando os resíduos sólidos se depositam nos leitos dos corpos d'água podem causar assoreamento, problemas na navegação, além de aumentar o risco de enchentes (ANA, 2018). Além disto os sólidos podem causar danos aos peixes e à vida aquática, pois ao se sedimentar no leito dos rios destroem organismos que fornecem alimentos ou danificam os leitos de desova de peixes (CETESB, 2005).

3.3.7 - Acidez

A acidez de uma água pode ser entendida como sua capacidade de reagir com uma base forte até um valor definido de pH, devido à presença de ácidos fortes (ácidos minerais: clorídrico, sulfúrico, nítrico etc.), ácidos fracos (orgânicos: ácido acético, e inorgânicos: ácido carbônico) e sais que apresentam caráter ácido (sulfato de alumínio, cloreto férrico, cloreto de amônio) (PIVELI; KATO, 2006).

O gás carbônico é um componente habitual da acidez das águas naturais, e dissolvido na água representa o ácido carbônico, através do seguinte equilíbrio químico: $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$. Portanto, é um componente importante por estar sempre presente, mediante sua dissolução na água proveniente da atmosfera, por diferença de pressão parcial (Lei de Henry) ou por resultar, em caso de águas poluídas, da decomposição aeróbia ou anaeróbia da matéria orgânica (PIVELI; KATO, 2006). É importante determinar a acidez uma vez que sua variação brusca pode caracterizar o lançamento de algum resíduo industrial (MACÊDO, 2005).

Os resultados de acidez das amostras são expressos em mg/L de CaCO_3 . Essa forma de expressão é utilizada pois a acidez representa um conjunto de substâncias, e não necessariamente uma única. Por isso, é necessário utilizar-se um soluto de referência (padronização) para transformar dados de concentração molar em mg/L, sendo que o CaCO_3 é utilizado universalmente, permitindo a comparação entre resultados em mg/L (PIVELI; KATO, 2006).

3.3.8 - Alcalinidade

A alcalinidade de uma amostra de água pode ser entendida como sua capacidade de reagir quantitativamente com um ácido forte neutralizando-o. Os principais componentes da alcalinidade são os sais do ácido carbônico, ou seja, bicarbonatos e carbonatos, e os hidróxidos (PIVELE; KATO, 2006).

A análise de alcalinidade é realizada por titulação da amostra de água com solução padronizada de ácido, com pontos finais estabelecidos em pH 4,5 e 8,3 (MACÊDO, 2005). Para a análise volumétrica, atribuem-se os seguintes indicadores: fenolftaleína, e alaranjado de metila, onde a fenolftaleína indica a presença de alcalinidade de íons hidróxidos (OH^-) e o alaranjado de metila a presença de íons carbonatos (CO_3^{2-}) (BAIRD; CANN, 2011).

Os carbonatos e hidróxidos podem aparecer em águas onde ocorrem florações de algas (eutrofizadas). A principal fonte de alcalinidade de hidróxidos em águas naturais decorre da descarga de efluentes de indústrias (PIVELI; KATO, 2006).

3.3.9 - Nitrogênio amoniacal

O nitrogênio é o principal constituinte de proteínas, ácidos nucleicos como DNA e RNA, vitaminas, hormônios e enzimas. Seu ciclo é gasoso, sendo a atmosfera constituída de aproximadamente 78%, dos quais apenas um grupo seletivo consegue utilizar na forma gasosa (BRAGA *et al*, 2005). Sua fixação biológica é desempenhada por bactérias e algas, que incorporam o nitrogênio atmosférico em seus tecidos, aumentando a presença de nitrogênio orgânico nas águas (PIVELI; KATO, 2006).

Quando esse nitrogênio orgânico entra na cadeia alimentar, passando por vários níveis, até a decomposição, as bactérias mineralizam o nitrogênio produzindo o

gás amônia (NH_3) ou sais de amônio (NH_4^+), ou seja, o nitrogênio amoniacal (BRAGA *et al*, 2005).

Nas águas naturais os esgotos sanitários constituem, em geral, a principal fonte de nitrogênio amoniacal, que é a forma reduzida (conversão de N orgânico em N mineral N-NH_4^+) e se predomina na amostra de água de um rio poluído pode significar que o foco de poluição se encontra próximo. Os resultados são expressos em mg/L de N (PIVELI; KATO, 2006).

3.3.10 - Nitrito

A partir da amonificação do ciclo do nitrogênio são formados o NH_3 ou NH_4^+ , que posteriormente sofrem um processo de oxidação biológica, convertendo a nitrito (NO_2^-), por um grupo de bactérias nitrificadoras chamadas *Nitrossomonas*. A nitrificação é um processo que ocorre apenas em meio aeróbio, pois não existem bactérias anaeróbias nitrificadoras (PIVELI; KATO, 2006).

Nas águas superficiais, além da redução do amônio (NH_4^+), o nitrito pode ter como fonte a redução do nitrato, por meio de um estado intermediário de oxidação no ciclo do nitrogênio (BRAGA *et al*, 2005).

3.3.11 - Nitrato

Dentre as diversas formas, o nitrato juntamente com o íon amônio (NH_4^+), assumem grande importância nos ecossistemas aquáticos, uma vez que representam as principais fontes de reserva de nitrogênio para os produtores primários (organismos autótrofos como algas e plantas) (ESTEVES, 1998).

Após sofrer um processo de oxidação por um grupo de bactérias nitrificadoras chamadas *Nitrobacter*, que ocorre em meio aeróbio, o nitrito (NO_2^-) é convertido em nitrato (NO_3^-) (BRAGA, 2006). Sua quantidade pode aumentar significativamente quando fontes de nitrato são escoadas para os rios, proveniente de fertilizantes ou águas de esgoto (PIVELI; KATO, 2006).

3.3.12 - Fósforo

O fósforo é um macronutriente mineral que atua como regulador da produtividade primária em ecossistemas aquáticos. Apresenta-se na água de variadas

formas, tais como: fosfato particulado (P - particulado), fosfato orgânico dissolvido (P - orgânico dissolvido), fosfato inorgânico dissolvido ou ortofosfato (P-orto), fosfato total dissolvido (P - total dissolvido) e fosfato total (P - total). Dessas, a principal utilizada pelos organismos fitoplanctônicos é a inorgânica dissolvida, na forma de ortofosfato (ESTEVEZ, 1998) que será o foco deste trabalho.

O fósforo é um macronutriente, exigido em grandes quantidades pela célula, sendo necessário aos processos biológicos. Em águas naturais é proveniente principalmente de descargas de esgotos sanitários, detergentes superfosfatados, matéria fecal, efluentes industriais, fertilizantes, frigoríficos e laticínios. Áreas agrícolas por meio da drenagem pluvial também podem provocar a presença excessiva de fósforo em águas naturais devido à aplicação de fertilizante no solo (PIVELI; KATO, 2006).

A eutrofização manifesta-se pelo enriquecimento das águas com nutrientes que são em geral o fósforo e/ou o nitrogênio. Esse processo vem se acelerando pela intervenção humana e pode impedir que as alterações morfológicas acompanhem seu ritmo (BRAGA *et al*, 2006).

Quando o fósforo atinge nível hipereutrófico (quantidades maiores que 0,100 mg/L), além do crescimento desordenado e explosivo de algas podem aparecer macrófitas que afetam os usos múltiplos das águas (PIVELE; KATO, 2006).

3.3.13 - Cloreto

O cloro, na forma de íon cloreto (Cl⁻), é um dos principais ânions inorgânicos em águas naturais e residuárias (MORAIS *et al.*, 2014), tendo influência nos ecossistemas naturais, por provocar mudanças na pressão osmótica em células de microrganismos (PIVELI; KATO, 2006).

As águas superficiais podem apresentar concentrações de cloreto que ultrapassam a 15 mg/L, provenientes de descargas de esgotos sanitários, uma vez que cada pessoa expele através da urina cerca de 6 g de cloreto por dia (PIVELI; KATO, 2006).

Os cloretos estão presentes na água na forma de cloretos de sódio, cálcio e magnésio. Maiores quantidades de cloreto na água podem conferir um gosto salino, restringindo seu uso pelo efeito laxativo que eles provocam (BRASIL, 2016). O valor de referência para cloreto de acordo com a Resolução 357 (CONAMA, 2005) é de 250 mg/L.

3.3.14 - Sulfato

O sulfato é o ânion SO_4^{-2} , um dos mais abundantes íons na natureza. Pode se encontrar na água por meio da dissolução de solos e rochas, pela oxidação de sulfeto (exemplo: pirita, sulfeto de ferro), por meio das descargas de esgotos domésticos (degradação de proteínas) e efluentes industriais (efluentes de indústrias de celulose e papel, química, farmacêutica etc.) (PIVELI; KATO, 2006).

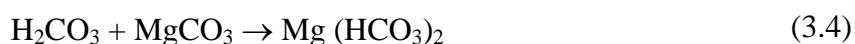
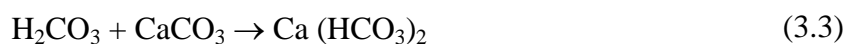
O enxofre pode ser encontrado na natureza em quatro estados de oxidação que se transformam entre si (sulfeto, enxofre elementar, sulfito, sulfato): $\text{S}^{-2} \leftrightarrow \text{S}^0 \leftrightarrow \text{SO}_3^{-2} \leftrightarrow \text{SO}_4^{-2}$ (PIVELI; KATO, 2006).

A presença de alto teor de sulfatos na água pode causar gosto amargo, provocar diarreia e desidratação tanto no homem quanto nos animais (SILVA, 2016).

3.3.15 - Dureza

A dureza é uma característica conferida à água pela presença de alguns íons metálicos bivalentes, como, cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}) (BAIRD; CANN, 2011).

A principal fonte de dureza nas águas é a sua passagem pelo solo (dissolução da rocha calcárea pelo gás carbônico da água), conforme as REAÇÕES 3.3 e 3.4 (PIVELI; KATO, 2006):



Assim, é mais frequente encontrar uma dureza maior em águas subterrâneas do que em águas superficiais, mas devido ao escoamento superficial e a composição do solo, águas das superfícies também podem apresentá-la (PIVELI; KATO, 2006).

Nas águas naturais, a dureza é uma condição importante, por formar complexos com outros compostos, que podem modificar seus efeitos sobre aqueles que constituem o ecossistema, aumentando a toxicidade de substâncias (PINHEIRO; EGLER, 2005).

Águas duras perdem seu poder de limpeza, pois os íons de cálcio e magnésio reagem com o sabão criando sais insolúveis em água, aderindo aos lavatórios, banheiras, equipamento industrial, entre outros. Com relação à saúde humana, apesar de serem essenciais à vida humana, quando ingeridos em doses elevadas, podem levar a problemas de saúde como a osteoporose, pedras nos rins e trazer um efetivo problema de saúde pública (PIVELI; KATO, 2006).

De acordo com os teores de sais de cálcio e magnésio, expressos em mg/L de CaCO_3 , a água pode ser classificada em: água mole até 50 mg/L; água moderadamente dura de 50 a 150 mg/L, água dura de 150 a 300 mg/L e água muito dura acima de 300 mg/L (PIVELI; KATO, 2006).

3.3.16 - Cromo hexavalente

A maior parte das águas superficiais contem entre 0,001 e 0,01 mg/L de cromo (CETESB, 2005). O cromo normalmente ocorre na forma de íons inorgânicos, sendo o Cr^{3+} e Cr^{6+} (BAIRD; CANN, 2011).

O cromo é um elemento essencial ao metabolismo humano e sua carência causa doenças (CETESB, 2005). A forma mais comum encontrada nos alimentos é o Cr^{3+} . Apesar de ser considerado um elemento essencial, a ingestão diária e segura de cromo em adultos está entre 0,05 e 0,20 mg/L dia, e sua função está relacionada principalmente ao metabolismo de carboidratos, podendo em menor quantidade estar relacionado também ao de lipídios e proteínas (GOMES; ROGERO; TIRAPEGUI, 2005).

As maiores fontes de Cr^{6+} são provenientes de atividades humanas, e é transferido ao ambiente por meio de emissões pelo ar ou pela água. Uma vez que o Cr^{6+} apresenta uma toxicidade muito maior que a do Cr^{3+} , a determinação será focada na determinação de Cr^{6+} (SUSSULINI; ARRUDA, 2006), que possui limite máximo de 0,05 mg/L de acordo com Resolução nº357 (CONAMA, 2005) para águas de classe 1.

As formas usuais do Cr^{6+} em efluentes industriais são como sais: cromato (CrO_4^{2-}) e dicromato ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$). Em ambas as formas, o cromo é altamente tóxico, principalmente em sistemas aquáticos ou em soluções presentes no solo, onde o cromo possui uma grande mobilidade. Outro fator importante é o potencial tóxico e mutagênico das espécies de Cr^{6+} , devido à sua mobilidade por meio das membranas animais e vegetais e da sua natureza fortemente oxidante (AMORIM, 2000).

3.4 - Sedimentos

Apesar das águas estarem sendo constantemente monitoradas, o mesmo não acontece com os sedimentos. Sua análise pode fornecer informações sobre a qualidade da água, uma vez que indica presença de contaminantes inorgânicos e orgânicos, que sedimentam de acordo com sua densidade e solubilidade (CRUVINEL; ROSOLEN, 2009).

As espécies químicas contaminantes dos sedimentos podem ser classificadas em litogênicas (de origem natural) formada pelas espécies presentes nos solos e rochas, e antropogênicas, constituídas pelas espécies introduzidas pela ação do homem, tais como descartes de efluentes urbanos, industriais, agropecuária e praguicidas (PASSOS, 2005).

O sedimento desempenha um importante papel nos ambientes aquáticos uma vez que são fonte de alimento e habitat para a fauna. Menos de 1% das substâncias que atingem o sistema aquático são dissolvidas em água, sendo assim mais de 99% são sedimentadas nos cursos de água (CRUVINEL; ROSOLEN, 2009).

O material em suspensão e os sedimentos estão interligados por meio da sedimentação e dos processos de erosão (PASSOS, 2005), e a reatividade das espécies químicas inorgânicas nos sedimentos será tanto maior quanto mais finas forem às partículas que o compõe (MELO *et al.*, 2012).

Os sedimentos podem ser classificados em dois grupos distintos: sedimentos finos com partículas menores que 0,05 mm (argilas e siltes) e sedimentos grosseiros com grãos excedendo 0,05 mm (areias e cascalhos). Eles funcionam como um compartimento importante dos ecossistemas aquáticos e servem como habitat de muitas espécies de organismos (PASSOS, 2005).

3.5 - Índice de Qualidade de Água

O número ideal de parâmetros estabelecidos pelo CONAMA para análise da qualidade da água é consideravelmente elevado, sendo difícil estabelecer um índice que reúne e expresse essas informações ao mesmo tempo (PIASENTIN, 2009). Dentro dessa conjuntura o índice desenvolvido pelo Conselho Canadense do Ministério do Meio Ambiente (*Canadian Council of Ministers of the Environment - CCME*) é um dos

mais versáteis, pois permite mudar as variáveis de acordo com o interesse de estudo e do tipo de água analisada.

3.5.1 - CCME

O IQA_{CCME} se diferencia de todos os outros índices de qualidade de água, uma vez que não escolhe parâmetros específicos deixando livre a escolha desses parâmetros, levando em conta as características do corpo hídrico. Esse índice não apresenta pesos e indica os parâmetros com valores de concentração elevados, relacionando-os com a sazonalidade e o quão estão longe do desejável (ALMEIDA, 2007).

O índice é uma diretriz de condução, permitindo ao usuário extrair de grande quantidade de dados de qualidade da água um único número, de forma simples e acessível até mesmo a não especialistas. Depois que a água é analisada por pelo menos quatro campanhas por um período de tempo de monitoramento, e tendo os parâmetros selecionados o IQA_{CCME} é calculado conforme EQUAÇÃO 3.1.

$$IQA = 100 - \frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1,732} \quad (3.1)$$

em que

IQA é o Índice de Qualidade da Água (0 a 100)

F_1 é o Alcance;

F_2 é a Frequência;

F_3 é a Amplitude.

Essa fórmula incorpora três fatores, designados como: Alcance (F_1); Frequência (F_2) e Amplitude (F_3).

O Alcance (F_1) é o percentual de parâmetros de qualidade da água fora de conformidade com a Resolução n° 357 (CONAMA, 2005), pelo menos uma vez, durante o período de tempo analisado conforme EQUAÇÃO 3.2.

$$F_1 = \left(\frac{\text{Número de variáveis falhas}}{\text{Total de variáveis medidas}} \right) \quad (3.2)$$

A Frequência (F2) é o percentual de padrões que se apresentaram fora da conformidade conforme EQUAÇÃO 3.3.

$$F_2 = \left(\frac{\text{Número de testes falhos}}{\text{Total número de testes realizados}} \right) \quad (3.3)$$

A Amplitude (F3) é o valor pelo qual os padrões ultrapassaram a faixa limite. O número de vezes que uma concentração individual é maior que o valor estipulado pela Resolução 357 (CONAMA, 2005), este será denominado "excluído" e expresso conforme EQUAÇÃO 3.4.

$$\text{excluído}_i = \left(\frac{\text{Valor do Teste falho}_i}{\text{Valor estipulado pelas normas}_i} \right) - 1 \quad (3.4)$$

O IQA-CCME é calculado através da combinação dessas três medidas de variância para criar um vetor no espaço, ou seja, cada medida de variância corresponde a um dos componentes do vetor, de forma que um resultado próximo de 100 represente uma qualidade de água melhor.

Na EQUAÇÃO 3.1, o fator 1,732 é obtido porque cada fator varia de 0 a 100, sendo 0 o representativo da "pior" e 100 da "melhor" qualidade da água. Sendo esta faixa considerada para cada um dos três fatores ele é calculado pela EQUAÇÃO 3.5:

$$\sqrt{100^2 + 100^2 + 100^2} = \sqrt{30000} = 173,2 \quad (3.5)$$

O QUADRO 3.2 define os parâmetros de qualidade de água baseados nessa metodologia. A classificação da água se apresenta como “Ótima”; “Boa”; “Regular”; “Ruim” ou “Muito ruim” e é feita de acordo com as faixas de variação dos resultados.

QUADRO 3.2 - Classificação da água conforme as faixas de variação do CCME

Classe	Faixa	Características
Ótima	95,0 a 100,0	A qualidade da água está muito perto das características naturais ou níveis desejáveis. Os valores somente são alcançados se em todos os parâmetros, todas as medições estiverem em conformidade.
Boa	80,0 a 94,9	A qualidade da água está protegida, mas existe pequena ameaça ou algum nível de deterioração foi observado; raramente difere

		das condições naturais ou níveis desejáveis.
Regular	65,0 a 79,9	Alguns parâmetros apresentam inconformidade, indicando que a qualidade da água está ameaçada ou comprometida; às vezes, os valores dos parâmetros se afastam das condições naturais ou níveis desejáveis.
Ruim	45,0 a 64,9	A qualidade da água está frequentemente sendo ameaçada ou está deteriorada; muitas vezes, os valores dos parâmetros se afastam das condições naturais ou níveis desejáveis.
Muito ruim	0,0 a 44,9	A qualidade da água está quase sempre em perigo ou deteriorada; os valores dos parâmetros frequentemente se afastam das condições naturais ou níveis desejáveis.

Fonte: CCME (2001).

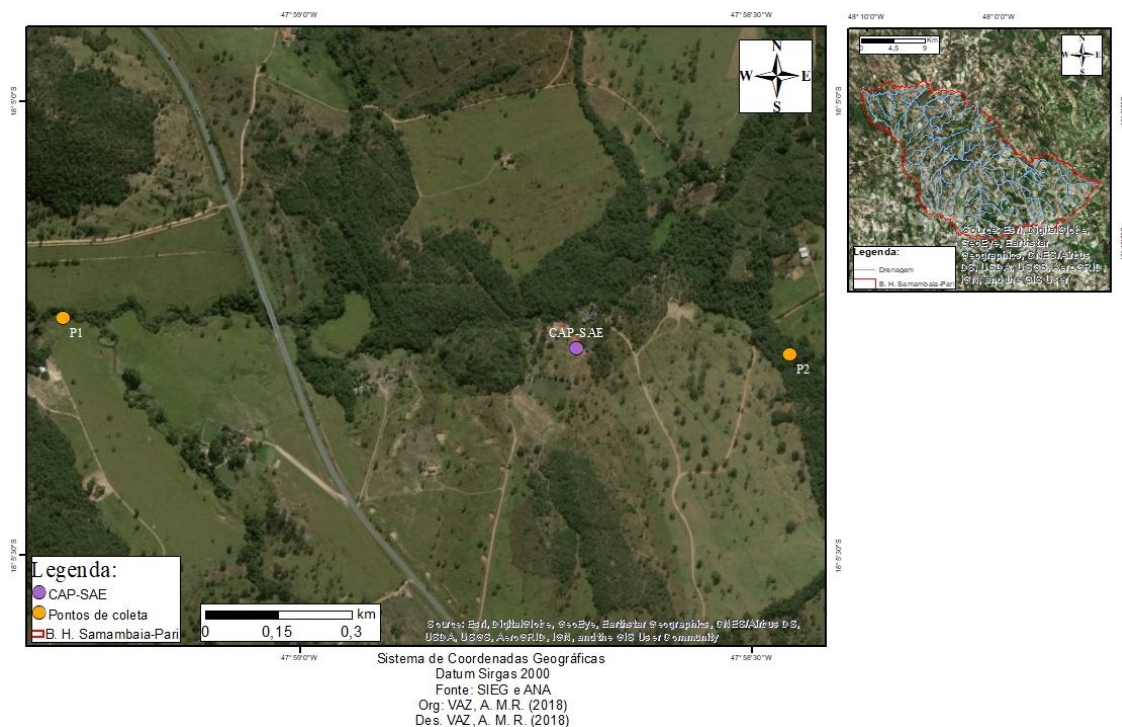
4 - MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 - Pontos de coleta e amostragem

O Ribeirão Samambaia é um afluente do Ribeirão Pari que pertence a Unidade Hidrográfica de Referência do Rio Veríssimo, situada na sub-bacia do Rio Paranaíba, dentro da Bacia Hidrográfica do Rio Paraná (SAE, 2016).

As coletas foram feitas nos pontos indicados na FIGURA 4.1, identificados como Ponto 1 (P1) e Ponto 2 (P2) e tendo a Captação de Água da SAE (CAP) como referência (TABELA 4.1). A coleta de informações de coordenadas geográficas e altitude foram efetuadas via GPS de navegação marca GARMIM, modelo GPSMAP 76S.

FIGURA 4.1 - Pontos de coleta de água e captação da SAE no Ribeirão Samambaia



Fonte: Vaz (2018).

O P1 e o P2 (FIGURA 4.2) foram escolhidos para esse trabalho por já serem pontos próximos à captação, serem de fácil acesso e já serem pontos fixos de coleta de dados do curso de Geografia da Universidade Federal de Goiás – Regional Catalão.

FIGURA 4.2 – Fotos ilustrativas dos pontos P1 (A) E P2 (B)



Fonte: Arquivo pessoal

O P1 está localizado em área próximo à lavoura, sendo uma área de acesso a várias propriedades rurais sendo usado inclusive como área de lazer. Fato observado por vestígios de churrasqueiras e restos de alimentos deixados no local. O P2

está localizado próximo a um loteamento rural, com diversas casas acima do ponto de descarga pluvial.

TABELA 4.1 - Descrição dos pontos de Coleta

Pontos	Descrição dos pontos	Coordenadas Geográficas	Altitude (m)
CAP	Captação de Água – SAE	18° 05' 14,60" S 47° 58' 40,00" O	754
01	Ribeirão Pari	18° 04' 14,10" S 47° 59' 15,70" O	729
02	Ribeirão Samambaia	18° 05' 16,50" S 47° 58' 27,50" O	769

Fonte: Própria autora.

As campanhas de coleta foram realizadas entre os anos de 2016 e 2018, e estão apresentadas na TABELA 4.2.

TABELA 4.2 - Campanhas de coleta de água e sedimentos

Coleta	DATA	Hora da coleta	Ocorrência de chuva	Material
1	15/10/2016	Entre 06:00 h e 07:00 h	Não	Água
2	21/11/2016	Entre 07:00 h e 08:00 h	Não	Água
3	15/02/2017	Entre 07:00 h e 08:00 h	Não	Água
4	27/03/2017	Entre 07:00 h e 08:00 h	Não	Água
5	18/04/2017	Entre 08:00 h e 09:00 h	Não	Água
6	18/05/2017	Entre 06:00 h e 07:00 h	Não	Água
7	14/06/2017	Entre 09:00 h e 10:00 h	Não	Água
8	19/09/2017	Entre 17:00 h e 18:00 h	Não	Água
9	24/10/2017	Entre 09:00 h e 10:00 h	Não	Água
10	14/11/2017	Entre 09:00 h e 10:00 h	Não	Água e sedimento
11	06/12/2017	Entre 06:00 h e 07:00 h	Sim	Água e sedimento
12	16/01/2018	Entre 06:00 h e 07:00 h	Não	Água e sedimento
13	06/02/2018	Entre 07:00 h e 08:00 h	Sim	Água e sedimento

Fonte: Própria autora.

Os Pontos P1 e P2 foram escolhidos para este trabalho por serem próximos à captação, serem de fácil acesso e já terem sido utilizados como ponto de coleta de dados de outras pesquisas da instituição (Universidade Federal de Goiás – Regional Catalão).

A coleta de amostra é um dos passos mais importantes para a avaliação da qualidade da água. Mesmo quando se trata de amostras líquidas é necessário um preparo prévio para a análise. Os procedimentos de tratamento dependem da natureza da amostra, dos analitos a serem determinados e sua concentração, do método de análise e da precisão e exatidão desejadas. Por isso deve apresentar simplicidade, rapidez e produzir resultados precisos e exatos (ARRUDA; SANTELLI,1997). Para tal, é

necessário que a amostragem seja realizada com precaução para evitar contaminação da amostra. Conforme Agência Nacional das Águas (2011) utilizam-se os procedimentos padronizados para a coleta e preservação de amostras de águas superficiais para fins de monitoramento da qualidade dos recursos hídricos, no âmbito do Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas (PNQA) que podem ser visualizados no QUADRO 4.1.

QUADRO 4.1 - Técnicas de preservação e armazenamento de amostras

Parâmetro	Frasco*	Preservação	Armazenamento	Validade
Oxigênio dissolvido	V	Não aplicável	Não aplicável	Análise em campo
pH	P, V	Não aplicável	Não aplicável	24 horas
Temperatura da amostra	N.A.	Não aplicável	Não aplicável	Análise em campo
Temperatura atmosférica	N.A.	Não aplicável	Não aplicável	Análise em campo
Condutividade elétrica	P, V	Não aplicável	Não aplicável	Análise em campo
Turbidez	P, V	Resfriamento em gelo	$R - 4^{\circ} \pm 2^{\circ} C$	48 horas
Sólidos totais	P, V	Resfriamento em gelo	$R - 4^{\circ} \pm 2^{\circ} C$	7 dias
Acidez	P, V	Resfriamento em gelo	$R - 4^{\circ} \pm 2^{\circ} C$	24 horas
Alcalinidade	P, V	Resfriamento em gelo	$R - 4^{\circ} \pm 2^{\circ} C$	24 horas
Nitrato, Nitrito	P	Resfriamento em gelo	$R - 4^{\circ} \pm 2^{\circ} C$	48 horas
Fósforo total	P, V	Resfriamento em gelo	$R - 4^{\circ} \pm 2^{\circ} C$	28 dias
Cloreto	P	Resfriamento em gelo	$R - 4^{\circ} \pm 2^{\circ} C$	28 dias
Sulfato	P	Resfriamento em gelo	$R - 4^{\circ} \pm 2^{\circ} C$	28 dias
Dureza	P	Resfriamento em gelo	$R - 4^{\circ} \pm 2^{\circ} C$	6 meses
Cromo	P	Filtrar em membrana 0,45µm e preservar com HNO ₃ até pH < 2.Refrigerar	$R - 4^{\circ} \pm 2^{\circ} C$	6 meses
Sedimentos	P	Não requerida	Temperatura ambiente, manter ao abrigo da luz	6 meses

N.A. - Não se aplica, análise de caracterização física. P - plástico, V – vidro.

Fonte: ANA (2011).

Todas as análises foram feitas em triplicatas, exceto sólidos totais, que foram feitos em duplicatas.

4.2 - Métodos e análises de água

Após a seleção dos locais de amostragem e parâmetros foram selecionadas metodologias conhecidas para ensaios físico-químicos.

4.2.1 - Oxigênio dissolvido

O oxigênio dissolvido foi determinado em campo pela sonda multiparâmetros YSI 85. O procedimento de calibração do aparelho foi realizado todas

as vezes que a sonda foi utilizada, em cada um dos pontos de coleta, uma vez que é necessário conhecer a altitude, convertendo metros em pés (1 metro equivale a 3,28084 pés) para realizar a calibração com precisão. Todas as medições foram realizadas em triplicata.

4.2.2 - Potencial hidrogeniônico

Determinado *in loco* pelo equipamento Water Proof Tester, modelo HI 98129 da Hanna Instruments, calibrado e certificado pela Hanna. Todas as medições foram realizadas em triplicata.

4.2.3 - Temperatura da água e temperatura atmosférica

Determinadas *in loco* pelo equipamento Water Proof Tester, modelo HI 98129 da Hanna Instruments, calibrado e certificado pela Hanna. Todas as medições foram realizadas em triplicata.

4.2.4 - Condutividade elétrica

Determinada *in loco* pelo equipamento Water Proof Tester, modelo HI 98129 da Hanna Instruments, calibrado e certificado pela Hanna Instrumentes. Todas as medições foram realizadas em triplicata.

4.2.5 - Turbidez

A turbidez foi determinada por meio do método nefelométrico (APHA; AWWA; WEF, 1998), utilizando um turbidímetro da Marca DEL LAB, modelo DLT-WV, realizado no laboratório do SENAC (Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial) de Catalão.

Para medição de turbidez foi necessário realizar a calibração do equipamento em todas as coletas. Nesse procedimento utilizaram-se as soluções padrões 0,1; 1,0; 10,0; 100,0 e 1000,0 UNT. Nessas análises, não houve variação da medida do padrão em mais de 5% em nenhuma calibração.

Para a realização das análises, as amostras foram homogeneizadas a temperatura ambiente, transferida para a cubeta e posterior realização das leituras, que foram todas feitas em triplicata.

4.2.6 - Sólidos totais

Determinado por secagem da amostra de água até completa desidratação até peso constante (MATOS, 2012). Para essa análise, os béqueres foram deixados em estufa (103-105 °C), por uma hora, para posterior determinação da massa desses recipientes. Esse parâmetro foi realizado em duplicata, onde foram acondicionados 500 mL de cada amostra nos béqueres, e levados à estufa (95 °C), para evitar espirramento por ebulição da água. Após completa desidratação, a amostra foi submetida a temperatura de 103-105°, por uma hora. Decorrido esse tempo a amostra foi colocada em dessecador para atingir temperatura ambiente e ter, finalmente sua massa determinada em balança de precisão.

Para calcular a concentração de sólidos totais, utilizou-se a EQUAÇÃO 4.1. A descrição detalhada do método encontra-se no apêndice A.

$$ST = (MS - MR) \times 1,0 \times 10^6 / V_{am} \quad (4.1)$$

em que

ST é a relação de sólidos totais (mg/L);

MS é a massa da amostra seca a 103-105°C + MR (g);

MR é a massa do recipiente (g); e

V_{am} é o volume da amostra (mL).

4.2.7 - Acidez

O método utilizado foi descrito por Matos (2012), onde a determinação da acidez das amostras de água consistiu em uma titulação de neutralização ácido/base, empregando-se solução de hidróxido de sódio 0,02 mol/L como titulante. O ponto final foi determinado com a fenolftaleína, que apresenta ponto de viragem em pH de cerca de 8,3 e o alaranjado de metila, cuja viragem ocorre em pH de cerca de 4,5. A descrição detalhada do método encontra-se no apêndice B. Todas as amostras foram feitas em triplicata.

4.2.8 - Alcalinidade

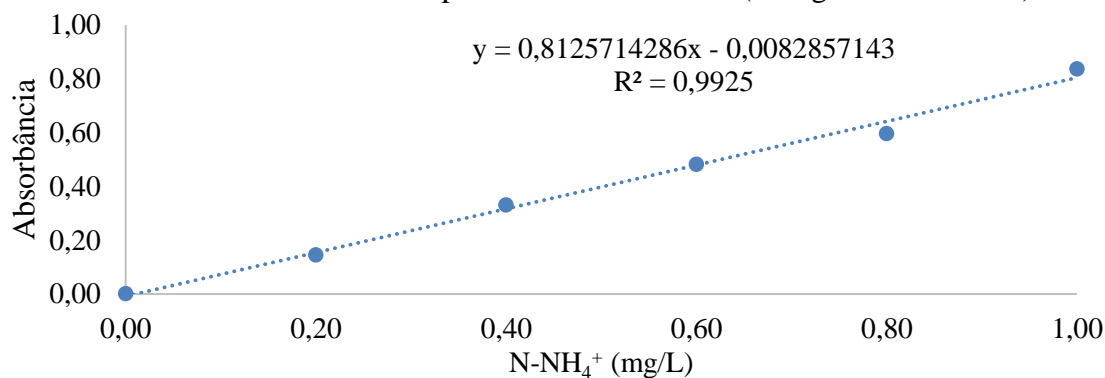
O método utilizado foi descrito por Matos (2012), onde a alcalinidade das amostras de água foi determinada através de titulação de neutralização ácido/base, empregando ácido sulfúrico 0,01 mol/L. Os limites de pH ou as soluções indicadoras são os mesmos utilizados para a determinação da acidez da água. Entretanto, trata-se do processo inverso, ou seja, a água apresenta alcalinidade até o valor inferior de pH igual a 4,5, que corresponde ao limite da conversão de bicarbonatos em gás carbônico. A descrição detalhada do método encontra-se no apêndice C. Todas as amostras foram feitas em triplicata.

4.2.9 - Nitrogênio amoniacal

As concentrações de nitrogênio amoniacal foram estabelecidas segundo Matos (2012). Esse método determina a totalidade do nitrogênio amoniacal nas formas de N-NH_4^+ , e baseia-se na formação de um complexo de cor azul-esmeralda quando o amônio e salicilato reagem em meio alcalino, tendo como catalisador o nitroprussiato. Após a adição de hipoclorito, o tempo máximo para o desenvolvimento de cor ocorre aos 120 minutos, permanecendo estável por 1 hora.

A partir de uma solução de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, foi preparada uma curva analítica (FIGURA 4.3) de 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 e 1,0 mg/L de N-NH_4^+ , com posterior leitura no espectrofotômetro UV-VIS marca AJMicronal, modelo AJX-1000 do Laboratório Multidisciplinar de Nanomateriais (UFG – Regional Catalão) utilizando comprimento de onda de 646 nm. A descrição detalhada do método encontra-se no apêndice D. Todas as amostras foram feitas em triplicata.

FIGURA 4.3 - Curva analítica do padrão de íons amônio (nitrogênio amoniacal)



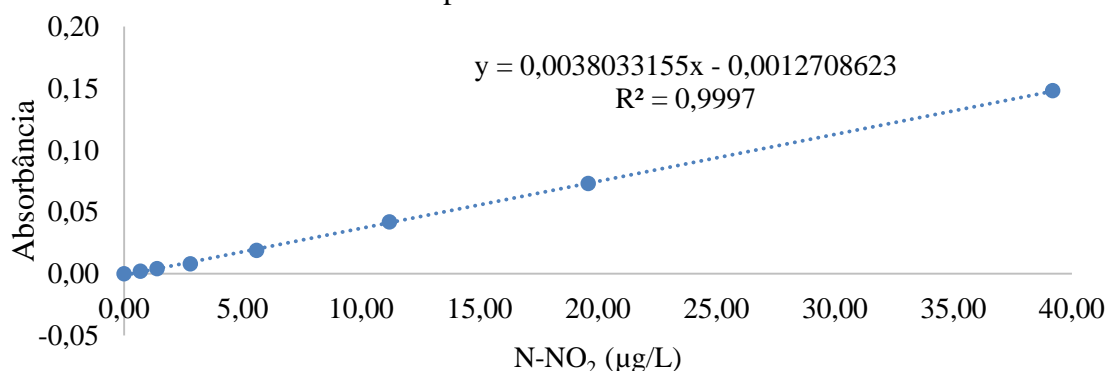
Fonte: Própria autora

4.2.10 - Nitrito

O método utilizado para estabelecer as concentrações de nitrito foi descrito por Mackereth, Heron e Talling (1978 apud USP, 2017). O princípio do método é baseado no fato que, em meio fortemente ácido, HNO_2 reage com sulfanilamida para formar um composto diazônio. Eswa reage com bicloridrato-N-(1-naftil)-etilenodiamina para formar um composto de coloração rósea.

A partir de uma solução padrão de nitrito foi preparada uma curva analítica (FIGURA 4.4) de 0; 0,7; 1,4; 2,8; 5,6; 11,2; 19,6 e 39,2 mg/L de nitrito de potássio (KNO_2) com posterior leitura no espectrofotômetro UV-VIS marca AJMicronal, modelo AJX-1000 do Laboratório Multidisciplinar de Nanomateriais (UFG – Regional Catalão) utilizando comprimento de 543 nm. A descrição detalhada do método encontra-se no apêndice E. Todas as amostras foram feitas em triplicata.

FIGURA 4.4 - Curva analítica do padrão nitrito



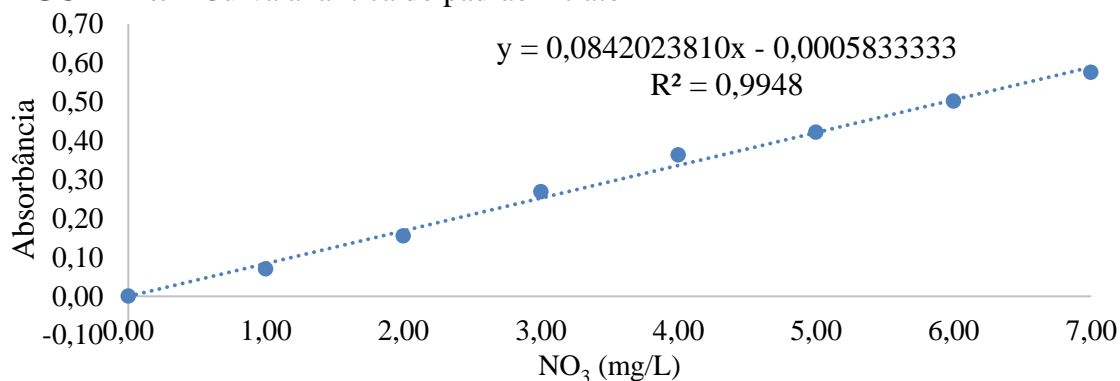
Fonte: Própria autora.

4.2.11 - Nitrato

O nitrato foi determinado pela reação de íons nitrato com ácido fenol dissulfônico e posterior alcalinização com hidróxido de sódio, obtendo-se um composto amarelado. Este composto é o sal sódico do ácido pícrico formado pela nitração do fenol cuja coloração foi medida no espectrofotômetro UV-VIS marca AJMicronal, modelo AJX-1000 do Laboratório Multidisciplinar de Nanomateriais (UFG – Regional Catalão) utilizando comprimento de onda de 410 nm. O método foi descrito pelo manual do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008) e se encontra detalhado no apêndice F.

A partir de uma solução padrão de nitrato de potássio no intervalo de 0 a 7,0 mg/L, foi preparada uma curva analítica (FIGURA 4.5). Todas as amostras foram feitas em triplicata.

FIGURA 4.5 - Curva analítica do padrão nitrato



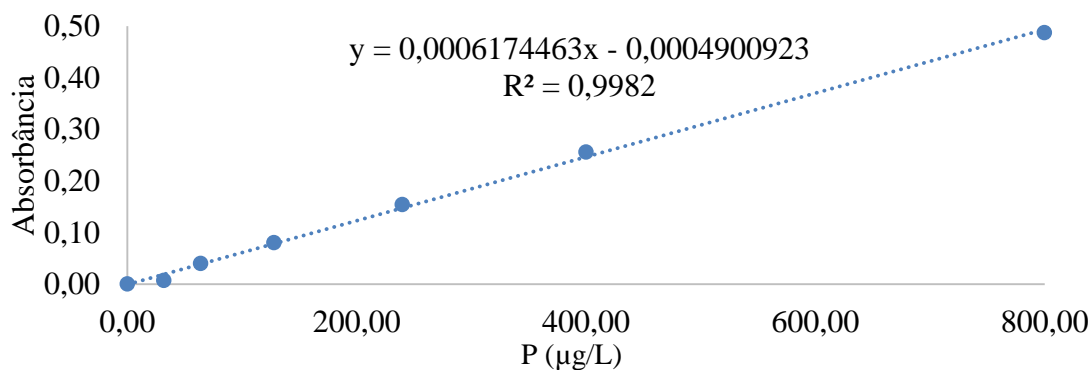
Fonte: Própria autora.

4.2.12 - Fósforo

O método para determinação do fósforo, na forma de fosfato inorgânico dissolvido foi descrito por Strickland e Parsons (1965). O fósforo inorgânico reage com molibdato em meio ácido, formando um complexo fosfomolibdato. A adição de uma solução alcalina permite que esse complexo seja reduzido pelo ácido ascórbico, dando origem a um novo complexo fosfomolibdato de cor azul, no qual foi medida a absorbância por leitura em espectrofotômetro UV-VIS marca AJMicronal, modelo AJX-1000 do Laboratório Multidisciplinar de Nanomateriais (UFG – Regional Catalão) utilizando comprimento de onda de 882 nm.

A partir de uma solução padrão de 0; 32,0; 64,0; 128,0; 240,0; 400,0 e 800,0 µg/L de fosfato monobásico de potássio foi preparada curva analítica (FIGURA 4.6). A descrição detalhada do método encontra-se no apêndice G. Todas as amostras foram feitas em triplicata.

FIGURA 4.6 - Curva analítica do padrão fósforo



Fonte: Própria autora.

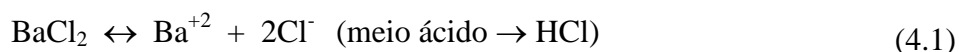
4.2.13 - Cloreto

O cloreto foi determinado segundo BRASIL (2013). A análise foi titulométrica pelo método de Mohr, que consiste em uma titulação com nitrato de prata 0,014 mol/L. O cloreto tem mais afinidade pela prata que o nitrato, ocorrendo a precipitação de cloreto de prata, conforme a reação: $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \leftrightarrow \text{AgCl}$.

O indicador utilizado foi o cromato de potássio, que também apresenta maior afinidade pela prata que o nitrato, porém menor que o cloreto. Assim, quando se esgota todo o cloreto da amostra, a prata passa a reagir com o cromato, conforme a reação: $2\text{Ag}^+ + \text{CrO}_4^{2-} \leftrightarrow \text{Ag}_2\text{CrO}_4$. Assim, ocorre imediatamente a viragem de amarelo para uma cor comumente identificada por “tijolo”. O resultado é apresentado em mg/L. A descrição detalhada do método encontra-se no apêndice H. Todas as amostras foram feitas em triplicata.

4.2.14 - Sulfato

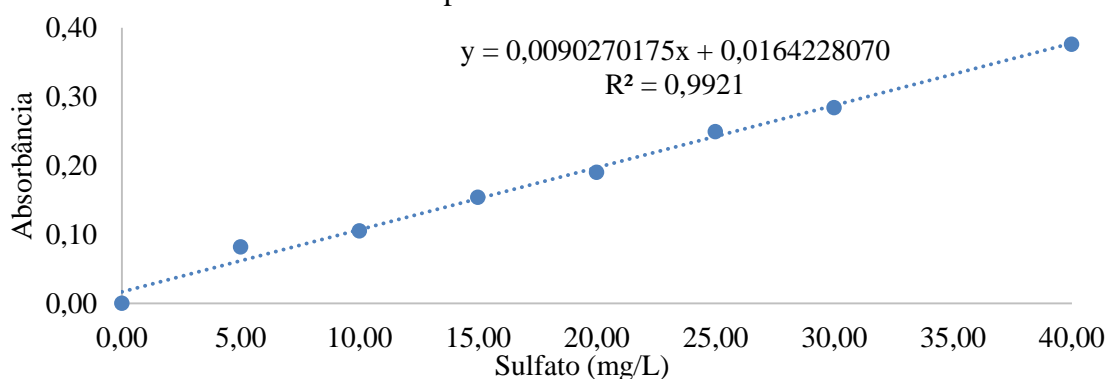
O sulfato foi determinado segundo Matos (2012), por meio de precipitação com cloreto de bário, conforme REAÇÕES 4.1 e 4.2:



Os cristais de sulfato de bário formados foram uniformizados e mantidos em suspensão mediante a introdução de uma solução condicionante para sulfato formada por glicerol, HCl concentrado, álcool etílico e cloreto de sódio, que após agitação teve sua concentração determinada a partir de leituras em espectrofotômetro UV-VIS marca AJMicronal, modelo AJX-1000 do Laboratório Multidisciplinar de Nanomateriais (UFG – Regional Catalão) utilizando comprimento de onda de 420 nm.

Para a curva analítica (FIGURA 4.7) foram utilizadas soluções de 0; 5,0; 10,0; 15,0; 20,0; 25,0; 30,0 e 40 mg/L preparadas a partir da solução-padrão de sulfato de sódio. A descrição detalhada do método encontra-se no apêndice I. Todas as amostras foram feitas em triplicata.

FIGURA 4.7 - Curva analítica do padrão sulfato



Fonte: Própria autora.

4.2.15 - Dureza

A dureza foi determinada segundo Brasil (2013). O método utilizado foi o titulométrico pela complexometria com EDTA sódico 0,01 mol/L sendo que a amostra tem seu pH elevado para 10 através da adição de solução tampão. O indicador metalocromico é o negro de Eriocromo T, que apresenta viragem de vermelho (vinho) para azul (escuro), quando a reação de complexação se completa. A descrição detalhada do método encontra-se no apêndice J. Todas as amostras foram feitas em triplicata.

4.2.16 - Cromo hexavalente

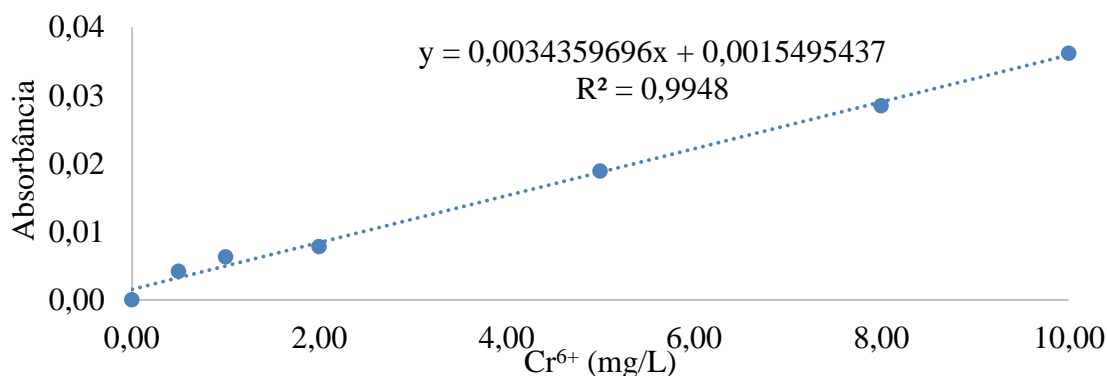
A determinação do cromo hexavalente (Cr^{6+}) foi realizada por espectrômetro de absorção atômica com chama modelo SpectrAA-220 (Varian[®], Victoria, Austrália). Inicialmente as amostras foram filtradas e conservadas em ácido nítrico e feitas leituras com a lâmpadas de catodo oco de cromo marca Varian[®], utilizando o gás acetileno. A determinação por absorção atômica com chama fornece resultados sensíveis para a determinação quantitativa de metais (SKOOG *et al.*, 2005).

Para a análise do Cr^{6+} foi realizada curva analítica aspirando-se no nebulizador uma solução que contém o analito de interesse, que é convertida em gotículas muito pequenas, que ao passar pela chama, ocorre a vaporização e dissociação

das moléculas. Nesse processo a luz é absorvida pelos átomos apresentando um sinal, que é proporcional à concentração do analito (SKOOG *et al.*, 2005).

A equação da reta produzida pela curva analítica permite determinar concentrações desconhecidas do material após leitura das absorbâncias, a partir de uma solução padrão de Cr^{6+} de 0 a 10,0 mg/L (FIGURA 4.8). Todas as amostras foram feitas em triplicata.

FIGURA 4.8 - Curva analítica do cromo hexavalente



Fonte: Própria autora

Utilizando uma planilha de validação (RIBEIRO *et al.*, 2008) foi possível produzir figuras de mérito para validação do método espectrofotométrico que se encontra exposto na TABELA 4.3.

TABELA 4.3 - Figuras de mérito para validação da curva analítica de Cr^{6+}

Elemento	LD (mg/L)	LQ (mg/L)	Linearidade (mg/L)	R ²
Cr^{6+}	1,514251	2,247696	95	0,9948

LD - Limite de Detecção; LQ - Limite de Quantificação e R² - Coeficiente de determinação

Fonte: Própria autora

4.3 - Análise de sedimento

As coletas de sedimento ocorreram de novembro de 2017 a fevereiro de 2018, uma vez ao mês. O sedimento foi coletado com uma lata vazia presa a um bastão de madeira, em local mais afastado da borda sendo necessário caminhar dentro do ribeirão até próximo ao centro entre uma margem e outra. No período de seca a profundidade era de aproximadamente 30 cm e no período chuvoso chegou a atingir 90 cm.

Em cada ponto foi coletado um frasco de 700 mL de sedimento. Após a coleta, o sedimento foi seco em estufa a 50 °C, por um período de 48 horas e armazenado em frasco de polietileno.

4.3.1 - Granulometria

Para a análise granulométrica as amostras foram desagregadas com o auxílio de gral e pistilo, e fracionadas em sistema de agitação eletromagnético, da marca Solotest, segundo NBR 7217 (ABNT, 1987) com malhas de peneiras da marca Bronzinox de diferentes tamanhos (200, 100, 50, 40, 30, 16 e 10 mesh) por um tempo de 2 minutos, permitindo a separação granulométrica dos sedimentos. Em seguida o material retido em cada peneira foi pesado para estabelecer a curva granulométrica. Essa análise foi realizada no Laboratório de Solos (UFG – Regional Catalão).

4.3.2 - Fluorescências de raios-X por dispersão de energia

A fluorescência de raios X por dispersão de energia (EDX) é uma técnica instrumental não destrutiva que utiliza as intensidades dos raios X característicos emitidos, permitindo assim determinar a concentração semi-qualitativa de elementos em uma amostra. Por meio dessa técnica é possível a detecção simultânea de elementos numa ampla faixa de número atômico e de concentração, não necessitando de pré-tratamento químico da amostra, além de ter custo relativamente baixo e ser de fácil operação (CARNEIRO; NASCIMENTO FILHO, 1996).

Para esta análise foi utilizado um tempo de 3 minutos de raios X, sem vácuo, para cada amostra. A metodologia sem vácuo foi utilizada pois as amostras continham grandes quantidades de areia não permitindo formar pastilhas prensadas para análise em vácuo.

4.3.3 - Difração de Raio X

A difração de raio X (DRX) consiste no fenômeno de interação entre o feixe de raios X incidente e os elétrons dos átomos componentes de um material. Essa técnica implica na incidência da radiação em uma amostra detectando fótons difratados, que constituem o feixe difratado (CULLITY, 1978).

O comportamento do espectro de raios X é explicado através das transições de níveis atômicos de energia. Para cada diferente transição de níveis de

energia, um comprimento de onda diferente é emitido. As radiações $K\alpha$ e $K\beta$, geradas no tubo de raios X têm comprimento de onda definidos, sendo o $K\alpha$ o valor de interesse na difração de raios X (CULLITY, 1978).

No método do pó, a identificação das fases cristalinas foi obtida através da comparação do difratograma com padrões difratométricos de fases individuais disponibilizados pelo XRD-6100 SHIMAZU do Laboratório de Química dos Materiais (UFG – Regional Catalão). A quantificação de fases a partir da difração de raios X se apoia nas intensidades dos picos do difratograma.

4.4 - IQA_{CCME}

Foi calculado por meio de planilha automatizada na realização dos cálculos desenvolvida no programa Excel[®] (RODRIGUES; MEDEIROS; SARMENTO, 2016), onde as características físicas e químicas inseridas foram os dados de entrada e os dados de saída foram os valores calculados pela metodologia do IQA_{CCME}.

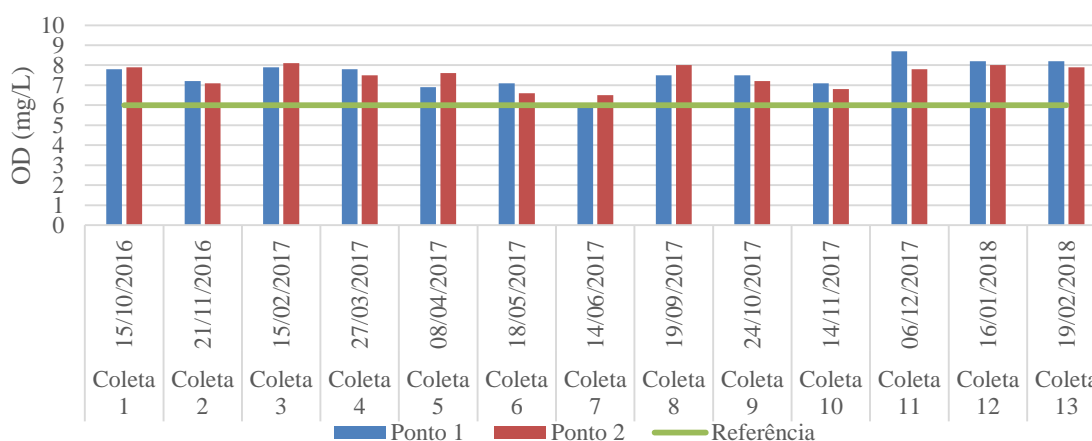
O IQA_{CCME} por ser um índice aberto possibilita tanto a inclusão de novos parâmetros como a utilização de valores de referência de acordo com o objetivo da análise. Neste trabalho, os valores empregados foram prioritariamente os da Resolução n° 357 (CONAMA, 2005), que trata das águas superficiais, sendo os valores máximos permitidos referente aos da classe 1.

5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 - Oxigênio dissolvido

O valor mínimo de oxigênio dissolvido (OD) para a preservação da vida aquática, estabelecido pela Resolução nº 357 (CONAMA, 2005) é de 6,0 mg/L. Os valores de oxigênio dissolvido nos P1 e P2 pode ser verificado na FIGURA 5.1.

FIGURA 5.1 - Oxigênio dissolvido nos pontos P1 e P2 (out/2016-fev/2018)



Fonte: Própria autora.

Como pode ser observado, houve uma concentração de OD acima de 6 mg/L em todos os dias nos P1 e P2, exceto no dia 14 de junho de 2017 no P1 (5,9 mg/L). Esse valor está muito próximo ao limite e ocorreu em uma única coleta isolada.

Os pontos de coleta estão situados em uma região plana que em dias de chuva proporciona maior movimentação na água, que é um dos fatores que leva ao aumento do OD. Essa movimentação da água provocada pela chuva explica também os valores altos de OD para os dias 15 de outubro de 2016, quando houve precipitação de 4,4 mm no dia 12 de outubro e 0,6 mm no dia 14 de outubro de 2017 (INMET, 2017). Entre os maiores valores de OD no período amostrado foi o dia 15 de fevereiro de 2017 que apresentou valores de 8,1 mg/L no P1 e 7,9 mg/L no P2, o dia 06 de dezembro de 2017 com valores de 8,7 mg/L no P1 e 7,8 mg/L no P2, o dia 16 de janeiro de 2018 com valores de 8,2 mg/L no P1 e 8,0 mg/L no P2 e o dia 19 de fevereiro de 2018 com valores 8,2 mg/L no P1 e 7,9 mg/L no P2. Novamente podemos relacionar a chuva e movimentação da água como o principal fator de aumento do OD, uma vez que entre os dias 09 e 12 de fevereiro de 2017 houve precipitação de 53,2 mm (INMET, 2017). Entre os dias 01 de dezembro de 2017 e 05 de dezembro de 2017 choveu 70,4 mm, o que

corresponde aos maiores valores de OD observado, sendo que na manhã da coleta havia chovido 39 mm. Entre dezembro e fevereiro houve várias precipitações e na última campanha também choveu no momento anterior da coleta, movimentando a água e aumentando o teor de oxigênio dissolvido.

As variações de OD nos P1 e P2, demonstra que as estações do ano influenciam diretamente a qualidade da água, uma vez que nos meses de maio e junho, houve menos precipitações por estar se aproximando do inverno que em nossa região é mais seco e no mês de fevereiro estar no período de verão, sendo mais chuvoso.

Outro fator relevante foi a pouca variação no P1 e no P2, o que pode ser explicado pela localização do ribeirão, tanto pela proximidade, quanto por estarem em uma área plana, o que favorece a distribuição do OD de forma homogênea (QUEIROZ, 2003).

O Ribeirão Samambaia apresenta padrões de oxigênio dissolvido dentro dos limites para águas destinadas ao consumo humano e adequada aos seres vivos presentes nessa biota.

5.2 - Potencial hidrogeniônico

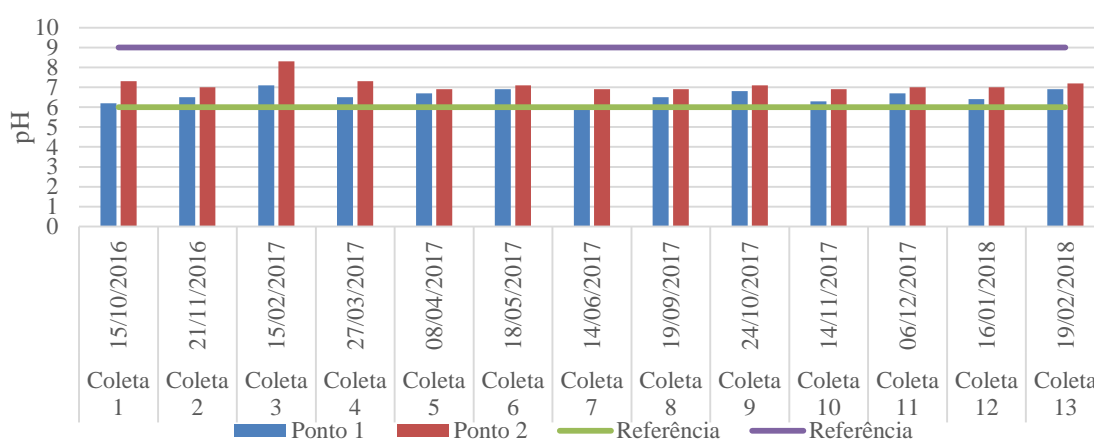
Os valores de pH obtidos nas coletas estão apresentados na FIGURA 5.2. Durante o período de coleta, não houve nenhuma amostra que apresentassem o pH acima de 9 ou abaixo de 6 conforme Resolução n° 357 (CONAMA, 2005). Os valores variaram de 6,1 a 8,3, sendo o menor no dia 14 de junho de 2017 no P1 e o maior em 15 de fevereiro de 2017 no P2. A variação desse parâmetro pode ser ocasionada pelo consumo ou produção de dióxido de carbono (CO₂), realizados pelos organismos fotossintetizadores e pelos fenômenos de respiração e fermentação de todos os organismos presentes na massa de água, produzindo ácidos orgânicos fracos.

O elevado pH no P2 no dia 15 de fevereiro de 2017, pode ser proveniente da presença de calcário dissolvido na água, uma vez que este é bastante utilizado para a correção do solo e pode chegar na água por meio do carreamento em dias chuvosos, como foi no dia da coleta. Esse calcário pode ser então solubilizado pelo gás carbônico, transformando-se em bicarbonato conforme reação: $\text{CO}_2 + \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ elevando o pH (PIVELI; KATO, 2006).

Além de fevereiro de 2017, os maiores valores de pH foram referentes a outubro de 2016 com 7,3 e março de 2017 com 7,3, ambos no P2. Assim é importante observar que no período chuvoso houve uma diminuição do pH, devido a acidificação da água pela liberação de H^+ .

Os carbonatos e hidróxidos podem aparecer em águas onde ocorrem florações de algas (eutrofizadas), sendo que em período de intensa insolação o saldo da fotossíntese em relação à respiração é grande e a retirada de gás carbônico provoca elevação de pH

FIGURA 5.2 - Potencial hidrogeniônico nos pontos P1 e P2 (out/2016-fev/2018)



Fonte: Própria autora.

O baixo pH no P1 no dia 14 de junho de 2017 tem como possíveis causas, a difusão de gases como o CO_2 presente na atmosfera e na água, resultando na produção do ácido carbônico (H_2CO_3), que mesmo sendo um ácido fraco dissocia-se em íons hidrogênio (H^+) levando à diminuição do pH da água (QUEIROZ, 2003). Outros valores menores de pH foram em 15 de outubro de 2016 com 6,2 no P1 e no dia 14 de novembro de 2017 no P1.

Mesmo em dias de chuva, a água não sofre uma variação brusca do pH graças a um sistema tampão que resiste às modificações de pH quando a elas é adicionada uma pequena quantidade de um ácido forte ou de uma base forte ou ainda quando sofrem uma diluição (SKOOG *et al.*, 2005).

É importante conhecer as variações do pH de um sistema hídrico, pois várias reações que ocorrem no meio são afetadas por essas mudanças tais como: a precipitação química de metais pesados que ocorre em pH elevado; a oxidação química de cianeto ocorre em pH elevado; a redução do cromo hexavalente à forma trivalente

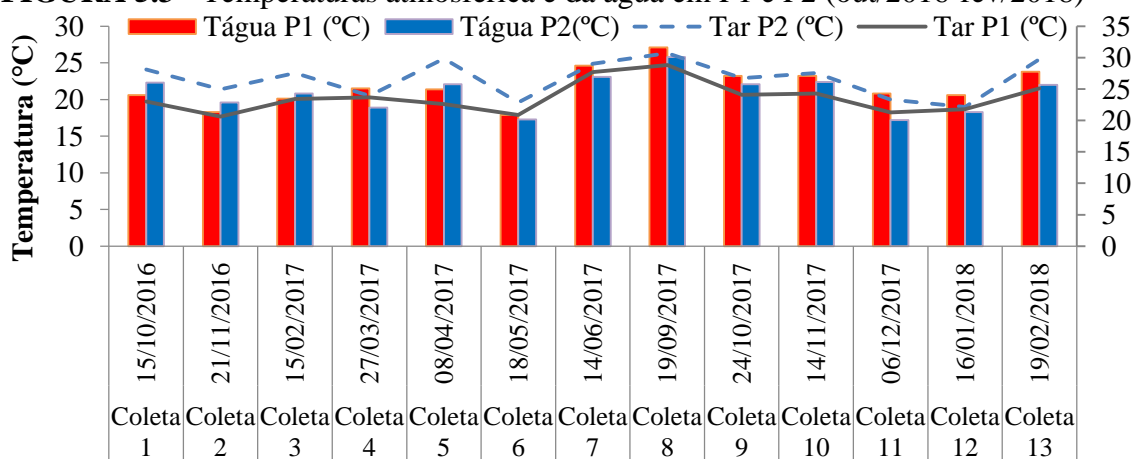
ocorre em pH baixo; a quebra de emulsões oleosas mediante acidificação; o arraste de amônia convertida à forma gasosa se dá mediante elevação de pH, entre outros (PIVELI; KATO, 2006).

Dessa forma, o pH é um parâmetro importante, pois o sistema biológico é muito sensível a essas variações, que devem estar entre 6,5 e 8,5 para que organismos não sofram grandes danos (BRAGA *et al.*, 2005).

5.3 - Temperatura da água e atmosférica

As variações de temperatura atmosférica e temperatura da água estão expressas em °C e estão apresentados na FIGURA 5.3.

FIGURA 5.3 - Temperaturas atmosférica e da água em P1 e P2 (out/2016-fev/2018)



Fonte: Própria autora.

A solubilidade dos gases nos líquidos é inversamente proporcional à temperatura, de modo que, quanto maior a temperatura de um líquido, menor a possibilidade desse líquido reter os gases. A água fria, por exemplo, contém mais oxigênio dissolvido do que a água quente (EMBRAPA, 2017). Ao observamos a figura referente ao oxigênio dissolvido (FIGURA 5.1) percebe-se que em geral, as coletas que apresentaram temperatura da água menor (FIGURA 5.3), apresentaram também maior teor de oxigênio dissolvido.

Durante as coletas que aconteceram, quase todas no período matutino, exceto o dia 19 de setembro de 2017 que aconteceu no período vespertino, não houve grandes variações na temperatura atmosférica nos pontos P1 e P2, sendo a média no P1 de 22,2 °C e no P2 de 21,2 °C. A maior temperatura atmosférica se refere ao dia 19 de setembro de 2017 com 28,8 °C no P1, onde a coleta se deu no período da tarde. Vale

ressaltar que a temperatura é influenciada pela radiação solar que sofre variação no período do dia. A menor temperatura atmosférica se refere ao dia 18 de maio de 2017 com 19,6 °C no P2, sendo maio um mês mais frio pois já se aproxima do inverno e a coleta ter sido as 6 horas da manhã.

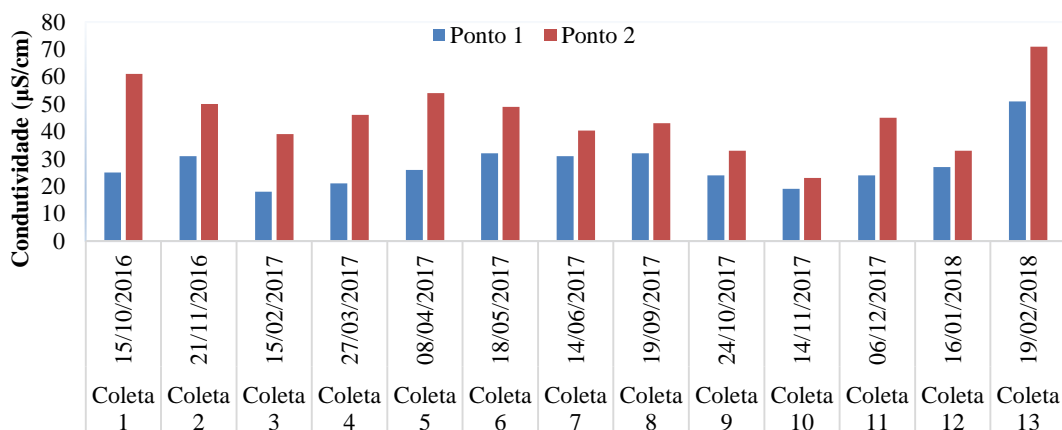
A temperatura da água é um dos parâmetros físicos mais importantes, uma vez que influencia diretamente a cinética dos processos metabólicos e a solubilidade dos gases dissolvidos, principalmente o oxigênio (QUEIROZ, 2003). A densidade da água varia com a temperatura (BRAGA *et al.*, 2005) o que pode interferir na mistura e movimentos das massas de água (QUEIROZ, 2003).

As temperaturas da água estão relacionadas com as variações da temperatura atmosférica, sendo a média no P1 de 23,4 °C e no P2 de 19,2 °C. As variações de temperatura podem ser atribuídas também ao horário das coletas, uma vez que a temperatura pode variar bastante ao longo do dia. A Resolução n° 357 (CONAMA, 2005) não estabelece limite para temperatura máxima em águas de consumo, porém organismos aquáticos possuem limites de tolerância térmica superior e inferior, além de temperaturas ótimas para crescimento, migração, desova e incubação do ovo (CETESB, 2013).

5.4 - Condutividade elétrica

A condutividade elétrica é a expressão em números da capacidade de uma água conduzir a corrente elétrica, que dependem das concentrações de íons, indicando a quantidade de sais dissolvidos na coluna de água, representando uma medida indireta da concentração de poluentes que quando apresentam valores superiores a 100 µS/cm indicam ambientes impactados (CETESB, 2013).

Na FIGURA 5.4 estão representados os valores para condutividade obtidos nas coletas de outubro de 2016 a fevereiro de 2018. A condutividade elétrica média durante o período amostrado foi de 25,84 µS/cm no P1 e 40,5 µS/cm no P2. A maior condutividade elétrica foi de 71 µS/cm no P2, no dia 19 de fevereiro de 2018, a menor foi 18 µS/cm no dia 15 de fevereiro de 2017 no P1. A condutividade elétrica de uma água permite avaliar o seu grau de mineralização, podendo ser resultado da lixiviação de solos (com sais como carbonatos, sulfatos, cloretos, nitratos, solúveis de cálcio, sódio, potássio, entre outros), de efluentes industriais bem como de resíduos agrícolas (MENDES; OLIVEIRA, 2004).

FIGURA 5.4 - Condutividade elétrica nos pontos P1 e P2 (out/2016-fev/2018)

Fonte: Própria autora.

A precipitação é um dos principais responsáveis pelo processo de lixiviação dos solos e carreamento de substâncias para a água. Em fevereiro de 2018 ocorreu precipitação um pouco antes da coleta, o que propiciou maior movimentação de substâncias dissolvidas na água que elevaram sua condutividade elétrica.

O ribeirão Samambaia apresentou condutividade elétrica inferior a 100 $\mu\text{S/cm}$, assim, pode-se inferir que a mesma está relacionada com processos naturais (BRASIL, 1997).

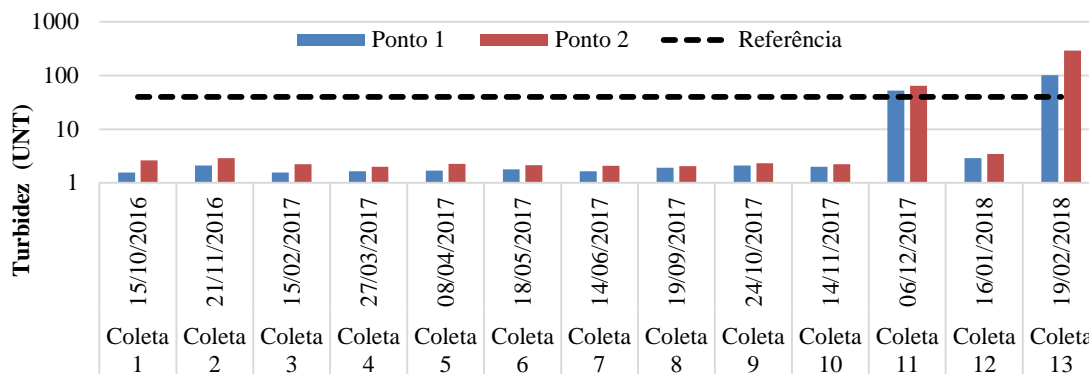
5.5 - Turbidez

A turbidez nos P1 e P2 pode ser verificada na FIGURA 5.5. De acordo com a Resolução nº 357 (CONAMA, 2005) o VMP é de 40 UNT para as águas doces de classe 1.

A turbidez de uma amostra de água refere-se ao grau de interferência que a luz sofre quando passa através da água devido à presença de sólidos em suspensão (CETESB, 2005). As variações mais significativas na turbidez foram nos períodos de dezembro de 2017 a fevereiro de 2018 por terem ocorrido em período chuvoso, com coletas no dia que ocorreram precipitações. Esse período influencia diretamente nos valores de material em suspensão em um corpo hídrico, devido principalmente ao carreamento de material particulado. Desse modo a chuva atua como principal agente regulador dos cursos de água, aumentando significativamente o custo para seu tratamento, pois quanto maior a quantidade de partículas a remover, maior será a dosagem de sulfato de alumínio ou cloreto férrico capaz de aglomerar a sujeira, para a

formação de flocos que serão removidos em posteriores etapas de tratamento (COPASA, 2018).

FIGURA 5.5 - Turbidez nos pontos P1 e P2 (out/2016-fev/2018)



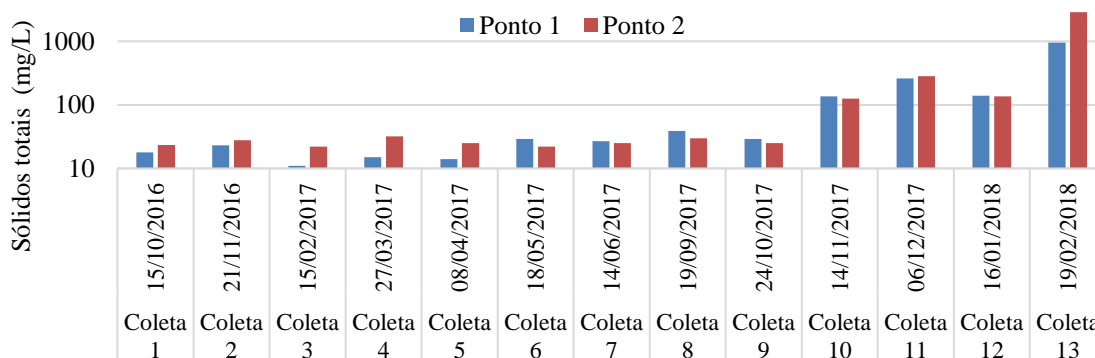
Fonte: Própria autora.

O maior valor de turbidez foi de 291 UNT no P2 no dia 19 de fevereiro de 2018 e a menor foi 1,55 UNT no dia 10 de novembro de 2016 no P1. Na coleta de dezembro de 2017 choveu 39 mm e na coleta de fevereiro choveu 17,7 mm no dia anterior e 15,8 mm no dia da coleta. Esse aumento da turbidez em período chuvoso merece atenção, pois a turbidez nos corpos de água brasileiros “é particularmente elevada em regiões com solos mais susceptíveis à erosão, onde as precipitações podem carrear partículas de argila, silte, areia, fragmentos de rocha e óxidos metálicos do solo” (LIBÂNIO, 2010, p. 30). Há também, influência dos índices pluviométricos e uso de práticas agrícolas inadequadas (LIBÂNIO, 2010).

Observa-se que em novembro e dezembro é a época de preparo para o plantio de verão, fazendo com que as primeiras chuvas causem um aumento da turbidez da água. Podemos verificar ainda que nessas coletas de dezembro e fevereiro, realizadas em dias de chuva os valores ficaram muito acima do VMP (40 UNT). No ambiente natural esse aumento da turbidez pode dificultar a penetração de luz, fator fundamental à realização da fotossíntese.

5.6 - Sólidos totais

A Resolução n° 357 (CONAMA, 2005) não estabelece limites para sólidos totais, porém é mencionado limites para sólidos totais dissolvidos para classe 1 de até 500 mg/L. Na FIGURA 5.6 estão apresentados os resultados das análises de sólidos totais de outubro de 2016 a fevereiro de 2017.

FIGURA 5.6 - Valores de sólidos totais dos pontos P1 e P2 (out/2016-fev/2018)

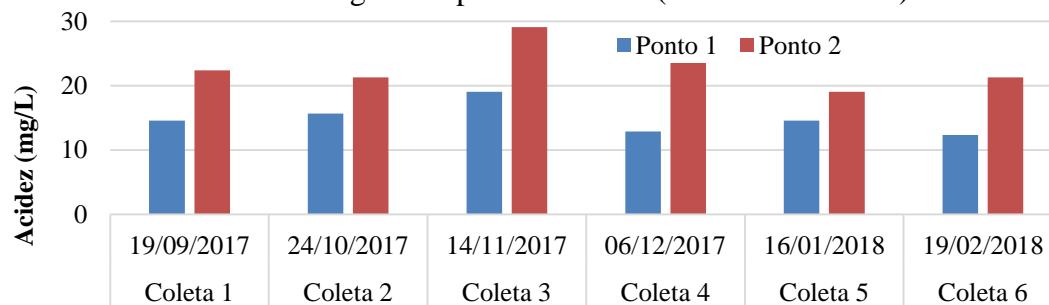
Fonte: Própria autora

O maior valor de sólidos totais refere-se ao dia 19 de fevereiro de 2018 no P1 com 951 mg/L e no P2 com 2870 mg/L, seguidos do dia 06 de dezembro de 2017 com 262 mg/L no P1 e 282 mg/L no P2. Esse resultado está condizente com as precipitações e os valores de turbidez encontrados. O menor valor refere-se ao dia 15 de fevereiro de 2017 no P1 com 11 mg/L, que possivelmente se deve a pouca movimentação da água, sem precipitação. Nota-se que no período de novembro de 2017 a fevereiro de 2018 houve maiores quantidades de precipitações o que levou a um aumento dos sólidos totais.

A quantidade de sólidos totais na água pode causar o assoreamento no leito dos rios destruindo organismos que participam da cadeia alimentar aquática, promovendo decomposição anaeróbia, além de provocar danos aos leitos de desova de peixes (CETESB, 2009).

5.7 - Acidez

A acidez representa a capacidade que um sistema aquoso tem de neutralizar (tamponar) bases a ele adicionados. Representa ainda o teor de dióxido de carbono livre, de ácidos minerais e de ácidos orgânicos, os quais na hidrólise produzem íons de hidrogênio para a solução, podendo ser provenientes principalmente de lavouras, que liberam por lixiviação elementos que desenvolvam acidez na água. Os valores obtidos (FIGURA 5.7) não sofreram grandes variações, mas dentre estas variações destacou-se a campanha de novembro de 2017 com valores de 19,36 mg/L no P1 e 29,12 mg/L no P2.

FIGURA 5.7 - Acidez da água nos pontos P1 e P2 (set/2017-fev/2018)

Fonte: Própria autora.

A grande importância no controle da acidez das águas reside nos estudos de corrosão, que pode ser provocada tanto pelo gás carbônico (presente em águas naturais) como pelos ácidos minerais (presentes em efluentes industriais). A acidez é controlada pelo valor do pH, e neste trabalho foi quantificada em mg/L de CaCO_3 tendo como finalidade comparar os resultados com os valores de pH que se mostraram semelhantes, sendo que as campanhas de maiores valores de acidez se encontram os menores valores de pH.

5.8 - Alcalinidade

Quanto maior a alcalinidade maior será a dificuldade de variação no pH quando adicionadas substâncias ácidas ou alcalinas, isso porque a alcalinidade atua como um tampão. Se em uma água com pH 7 for adicionada uma pequena quantidade de ácido fraco seu pH mudará rapidamente. Mas se em uma água com certa alcalinidade for adicionada um ácido fraco, isso não provocará a diminuição brusca de seu pH, porque os íons presentes neutralizarão o ácido.

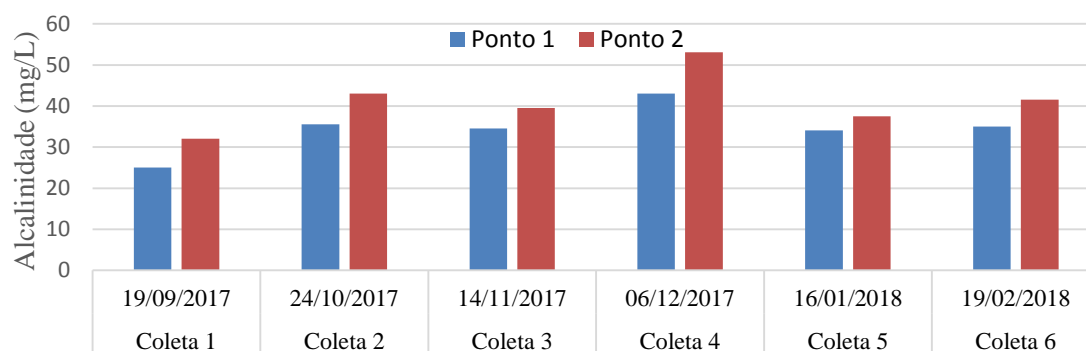
A alcalinidade não representa risco potencial à saúde pública mas pode provocar alteração no paladar. A Resolução n° 357 (CONAMA, 2005) não estabelece limites para alcalinidade, sendo limitado pelo valor do pH.

Os valores de alcalinidade não sofreram grandes variações, sendo o maior valor em 06 de dezembro de 2017 com 43,00 mg/L de CaCO_3 no P1 e 53,06

mg/L de CaCO_3 no P2, e o de menor valor na coleta de setembro com 25,03 mg/L de CaCO_3 no P1 e 32,03 mg/L de CaCO_3 no P2 (FIGURA 5.8).

A forma de alcalinidade presente na água do Ribeirão Samambaia manifesta-se em geral na forma de alcalinidade de bicarbonatos (HCO_3^-), fato que pode ser percebido quando se correlaciona esse dado com os valores de pH, pois águas com alcalinidade de bicarbonatos (HCO_3^-) apresentam pH em torno de 4,4 a 8,3 segundo a Resolução n° 357 (CONAMA, 2005).

FIGURA 5.8 - Alcalinidade da água nos pontos P1 e P2 (set/2017-fev/2018)



Fonte: Própria autora

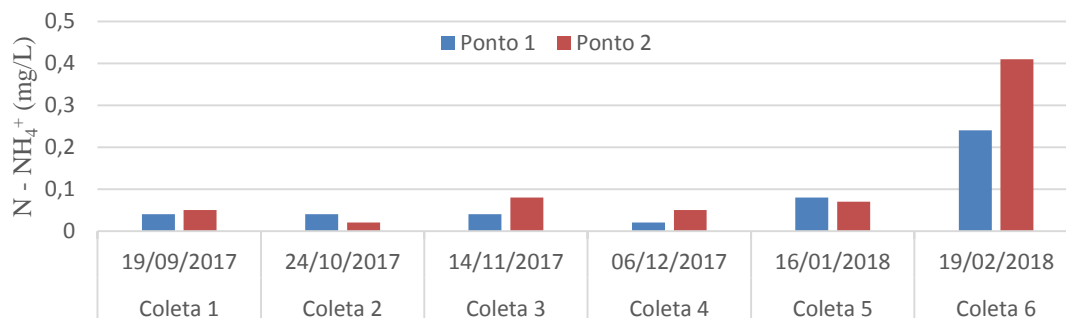
Nenhuma das coletas apresentou valores de pH acima de 8,3, podendo-se deduzir que a prevalência dos bicarbonatos se dá pela reação do gás carbônico presente nas águas superficiais resultante da incorporação da atmosfera ou associados ao processo de decomposição da matéria orgânica por micro-organismos com a liberação e dissolução do gás carbônico na água (PIVELI; KATO, 2006).

5.9 - Nitrogênio amoniacal

Na FIGURA 5.9 estão expressos os resultados para nitrogênio amoniacal. Observou-se que em grande parte dos resultados obtidos o valor de NH_4^+ se apresentou maior no P2 em relação ao P1. Esse fato pode ser explicado pela presença de águas mais correntes no P1 o que possibilita maior aeração, e conseqüentemente maior oxidação do NH_4^+ . Pode-se considerar ainda, que a contribuição para o amônio no P1 é menor que no P2, que nesse ponto se deve possivelmente a um maior carreamento de substâncias com descarga de nitrogênio amoniacal, proveniente da decomposição de animais e vegetais (PIVELI; KATO, 2006). Esse carreamento de substâncias também infere que esse carreamento é maior em períodos chuvosos, o que implica nos maiores valores de

nitrogênio amoniacal, com 0,24 mg/L no P1 e 0,41 mg/L no P2, no dia 19 de fevereiro de 2018, aumento esse que se dá pelo carregamento de material nitrogenado oriundo das atividades agropecuárias. Também espera-se que em períodos de maior pluviosidade ocorra um aumento do número de bactérias amonificantes em relação ao período de seca (ESTEVEES, 1998).

FIGURA 5.9 - Nitrogênio amoniacal da água nos pontos P1 e P2 (set/2017-fev/2018)



Fonte: Própria autora

A Resolução n° 357 (CONAMA, 2005) estabelece que o nitrogênio amoniacal não deve ultrapassar 3,7 mg/L para $\text{pH} \leq 7,5$. Nesse contexto, mesmo o pH tendo apresentado em algumas coletas valores menores que 7,5 (FIGURA 5.2), o valor de referência ficou muito abaixo de 3,7 em todas as coletas tanto no P1 como no P2.

Outro comportamento que deve ser observado é que tanto no período seco como no chuvoso houve aumento da concentração de amônio o que pode indicar uma predominância de matéria orgânica principalmente no P2, que apresenta uma maior concentração de pessoas próximas ao rio, formando uma espécie de condomínio rural.

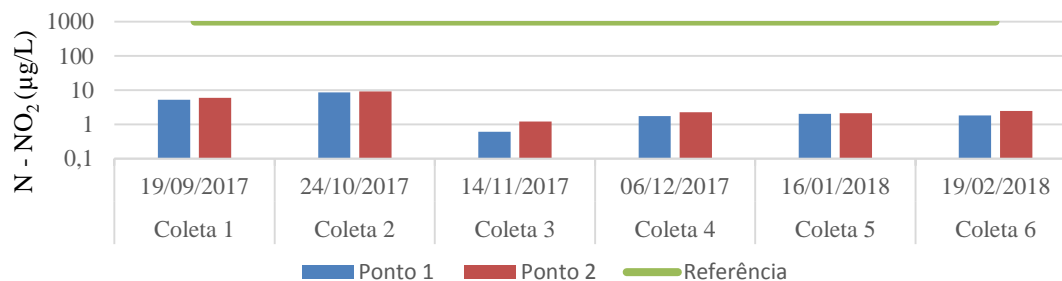
5.10 - Nitrito

Os resultados para nitrito (NO_2) estão expressos na FIGURA 5.10. O nitrito é a fase intermediária do processo de oxidação entre a amônia e o nitrato, portanto uma fase menos estável. Nos resultados obtidos para o nitrito observou-se que as concentrações encontradas variaram entre 0,6 a 9,1 $\mu\text{g/L}$, valores muito abaixo de 1000 $\mu\text{g/L}$ permitido pela Resolução n° 357 (CONAMA, 2005).

Os maiores valores foram nos meses de estiagem, onde no dia 24 de outubro de 2017 apresentou 8,57 e 9,01 $\mu\text{g/L}$, nos P1 e P2, respectivamente, seguidos do dia 19 de setembro de 2017 com 5,15 e 5,94 $\mu\text{g/L}$, nos P1 e P2, podendo ser por um favorecimento na nitrificação pelas bactérias *Nitrosomonas*, quando o rio apresentou

possivelmente sua menor vazão (PIVELI; KATO, 2006) uma vez que estava em período de estiagem.

FIGURA 5.10 - Concentrações de nitrito nos pontos P1 e P2 (set/2017-fev/2018)

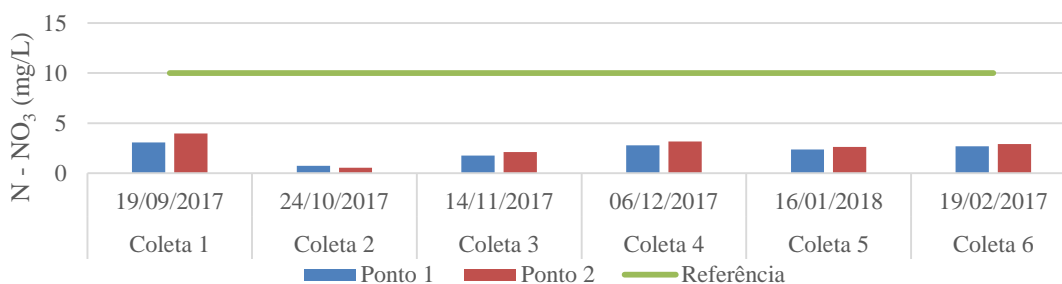


Fonte: Própria autora

5.11 - Nitrato

O nitrato (NO_3^-) é a forma oxidada do nitrogênio, resultado do processo de nitrificação, sendo um nutriente essencial para a maioria dos organismos aquáticos (LIBÂNIO, 2010). Os valores obtidos nas coletas estão expressos na FIGURA 5.11.

FIGURA 5.11 - Concentrações de nitrato nos pontos P1 e P2 (set/2017-fev/2018)



Fonte: Própria autora.

Pode-se observar que os valores de nitrato foram maiores no dia 19 de setembro, 06 de dezembro de 2017 e 19 de fevereiro de 2018 em ambos os pontos, indicando que nos períodos chuvosos, o aporte pela água de chuva contribui para o aumento dos teores de nitrato, o que pode ser explicado pelo escoamento que leva fertilizantes para a água (PIVELI; KATO, 2006).

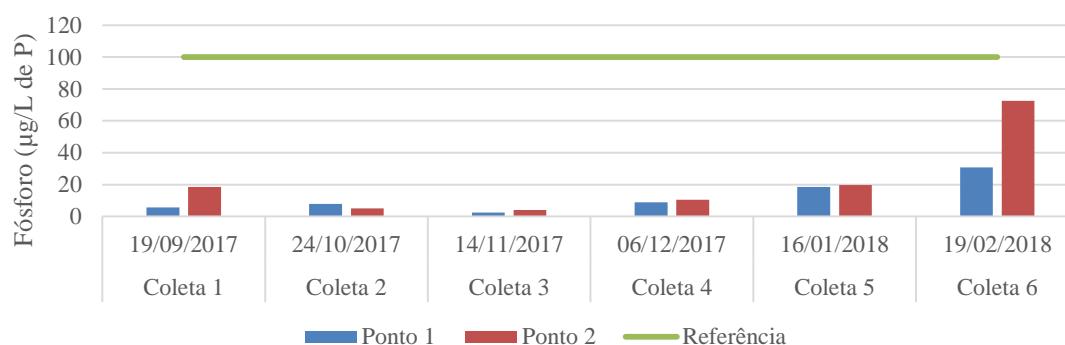
Exceto pela coleta de outubro de 2017, a quantidade de nitrato na maioria das coletas, não variou muito. Em nenhuma campanha os valores de nitrato ultrapassaram o valor limite estabelecido pela Resolução n° 357 (CONAMA, 2005) de 10 mg/L.

5.12 - Fósforo

Como já mencionado anteriormente o fosfato inorgânico dissolvido assume maior relevância, por estar diretamente relacionado ao processo de eutrofização.

Ao analisar a FIGURA 5.12 o fósforo determinado nos períodos de estiagem foi menor que nos períodos chuvosos, destacando o dia 14 de novembro de 2017 com os menores valores sendo 2,14 µg/L no P1 e 4,03 µg/L no P2.

FIGURA 5.12 - Concentrações de fosfato nos pontos P1 e P2 (set/2017-fev/2018)



Fonte: Própria autora

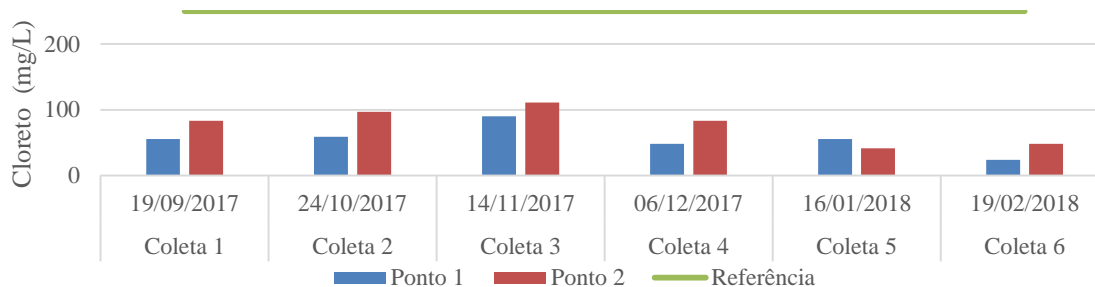
Já no período de chuva, as concentrações foram maiores com destaque para o dia 19 de fevereiro de 2018, com 30,76 e 72,59 µg/L nos P1 e P2, respectivamente, o que pode indicar uma contribuição carregada pela chuva possivelmente de fertilizantes fosfatados.

Todavia nenhuma campanha ultrapassou os limites estabelecidos pela Resolução n° 357 (CONAMA, 2005) de 100 µg/L.

5.13 - Cloreto

Na FIGURA 5.13 estão apresentados os dados referentes as concentrações de cloretos do Ribeirão Samambaia de setembro de 2017 a fevereiro de 2018.

Em águas doces, a quantidade de cloretos pode variar de algumas poucas unidades até cerca de 250 mg/L, sendo esse o limite máximo estabelecido pela Resolução n° 357 (CONAMA, 2005) para águas de classe 1, onde nenhuma coleta obteve valores de cloreto que ultrapassaram 250 mg/L.

FIGURA 5.13 - Concentrações de cloreto nos pontos P1 e P2 (set/2017-fev/2018)

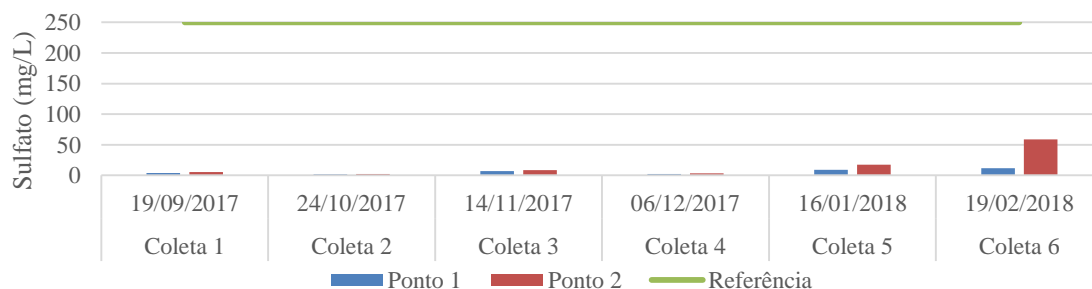
Fonte: Própria autora.

Os maiores valores para cloreto ocorreram na campanha do dia 11 de novembro de 2017, com 90,24 e 111,06 mg/L nos pontos P1 e P2, respectivamente. Esse fato pode ser decorrente de um período de estiagem, com diminuição da vazão e menor poder de dissolução, aumentando a concentração desse na água.

Da mesma forma os valores menores se deram na campanha de 19 de fevereiro de 2018, com 24,00 e 48,59 mg/L nos P1 e P2, respectivamente, onde ocorreu uma boa quantidade de precipitações, aumentando a dissolução do cloreto, apresentando resultados menores no período de chuvas.

5.14 - Sulfato

O sulfato pode ser encontrado na água por meio da dissolução de solos e rochas, pela oxidação de sulfeto ou por descargas de esgoto doméstico e industrial. Na FIGURA 5.14, são apresentadas as concentrações de sulfato realizadas de setembro de 2017 a fevereiro de 2018.

FIGURA 5.14 - Concentrações de sulfato nos pontos P1 e P2 (set/2017-fev/2018)

Fonte: Própria autora.

Segundo Piveli e Kato (2006), o sulfato é encontrado na água devido à lixiviação das rochas sedimentares, incluindo o xisto, que se encontra no extremo oeste e na parte centro oriental na região de Ipameri - Catalão (KLEIN, 2008).

O mês de novembro apresentou um período de estiagem, o que pode ter contribuído para a diminuição do carreamento de substâncias do solo para a água, o que pode explicar os baixos valores de sulfato no dia 24 de outubro de 2017, com 1,62 e 2,09 mg/L, nos P1 e P2, respectivamente.

Da mesma maneira que um período de estiagem pode diminuir os valores de sulfato, os períodos chuvosos podem aumentá-lo como pode ser observado no dia 19 de fevereiro de 2018 com valores de 11,84 e 59,33 mg/L nos pontos 1 e 2 respectivamente.

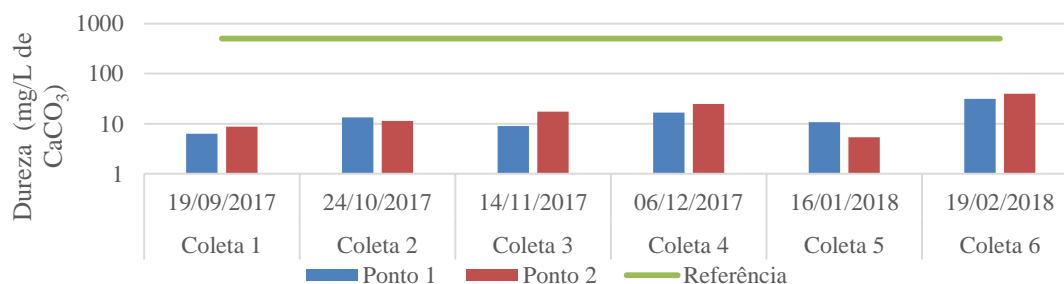
Apesar de no período chuvoso aumentar a concentração de sulfato, os valores estão muito abaixo do limite estabelecido pela Resolução n° 357 (CONAMA, 2005) onde o valor máximo é de 250 mg/L.

5.15 - Dureza

A dureza devido ao carbonato de cálcio é correspondente à alcalinidade e, indica aspectos de tamponamento da água natural (RICHTER, 2009). Entretanto neste trabalho foi observado que a alcalinidade presente no Ribeirão Samambaia se deve principalmente à presença de bicarbonatos.

Na FIGURA 5.15 estão apresentados os valores de dureza, em mg/L de carbonato de cálcio (CaCO_3), de setembro de 2017 a fevereiro de 2018 do Ribeirão Samambaia.

FIGURA 5.15 - Valores de dureza da água nos pontos P1 e P2 (set/2017-fev/2018)



Fonte: Própria autora.

Os menores valores se encontram no dia 19 de setembro de 2017 com 6,00 mg/L no P1 e no dia 16 de janeiro de 2018 com 5,35 mg/L no P2. Os valores para dureza se mantiveram estáveis em quase todas as campanhas exceto no dia 19 de fevereiro de 2018, que apresentaram os maiores valores para dureza, com 31,44 mg/L no P1 e 39,47 mg/L no P2. Esse aumento na dureza pode ser explicado pela maior pluviosidade no mês de fevereiro, especialmente no dia da coleta, que levou ao arraste de substâncias para o Ribeirão Samambaia. Esse que é influenciado por características geológicas com a presença de rochas areníticas e calcárias, presentes na bacia do Rio Paranaíba onde o Ribeirão Samambaia está situado, pode influenciar na dureza da água.

A partir desses resultados a água do Ribeirão Samambaia pode ser considerada mole, pois apresenta valor menor que 75 mg/L em todas as campanhas analisadas.

5.16 - Cromo

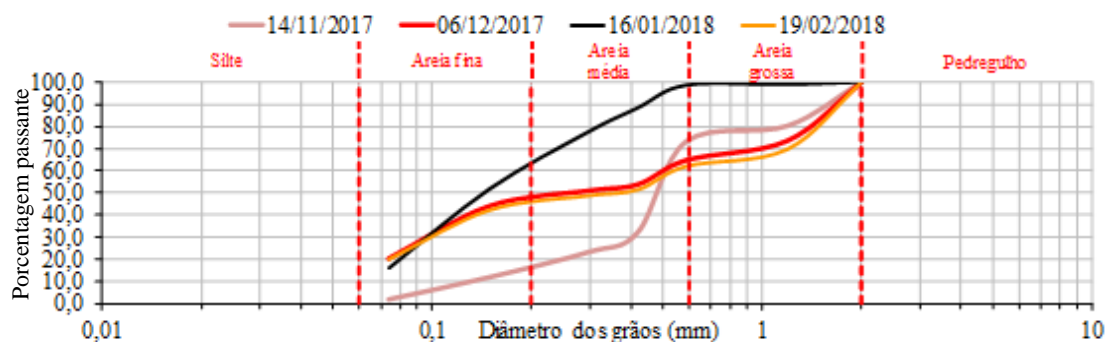
No Brasil, a Resolução n° 357 (CONAMA, 2005) tem como limite máximo 0,05 mg/L de cromo total em águas de classe 1. A partir dos resultados obtidos pela curva analítica que permitiu determinar concentrações das amostras do P1 e P2, e comparando com as figuras de mérito da TABELA 4.3, o limite de detecção foi de 1,51 mg/L, sendo apenas a coleta de 19 de fevereiro de 2018 com valor acima desse limite. No entanto o limite de quantificação foi de 2,25 mg/L, o que nos permite presumir que há presença de Cr^{6+} , mas que o mesmo não pôde ser quantificado pelo método utilizado.

Analisando o sedimento pela técnica de EDX (FIGURA 5.17) foi constatada a presença de cromo no P1 em 19 de fevereiro de 2018 sendo necessário investigações futuras, com outro método de detecção para verificar se de fato há Cr^{6+} no ribeirão, se sim, quais concentrações e possíveis fontes de contaminação.

5.17 - Sedimentos

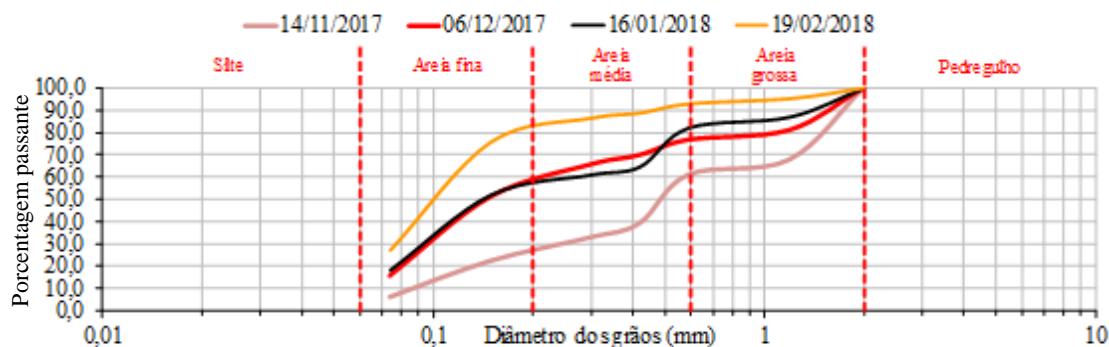
Nas FIGURAS 5.16 e 5.17 estão apresentadas as curvas granulométricas dos sedimentos coletados para os P1 e P2, respectivamente.

FIGURA 5.16 - Curvas granulométricas dos sedimentos do P1 (11/2017-02/2018)



Fonte: Própria autora.

FIGURA 5.17 - Curvas granulométricas dos sedimentos do P2 (11/2017-02/2018)



Fonte: Própria autora.

Pode-se observar o predomínio da fração areia sob as demais em ambos os pontos. Não houve grandes variações entre os P1 e P2, uma vez que se trata do mesmo ribeirão, mas nos meses de janeiro e fevereiro de 2018 no P1 e P2, época das primeiras chuvas, a composição da areia fina foi maior, o que pode deduzir que houve maior carreamento de substâncias do solo erodido.

A análise das curvas de distribuição granulométrica mostra que no P1, em média, há uma maior porcentagem de areia grossa e média e no P2 uma porcentagem maior de areia fina.

É importante mencionar que a composição da areia nos P1 e P2 tem em sua principal constituição o silício (Si), analisado pela técnica de EDX, que demonstra que os sedimentos apresentam grande porções de areia.

Na TABELA 5.1 estão apresentados os valores em porcentagem dos elementos que constituem os sedimentos coletados, com desvio padrão menor que 10%. Nota-se nelas a presença abundante do silício, alumínio, ferro, potássio e titânio, seguido de outros elementos com teores menores que 1%, tanto no P1 quanto no P2.

TABELA 5.1 - Composição elementar (CE) dos sedimentos coletados dos pontos P1 e P2 pela técnica de EDX em suas respectivas campanhas (nov/2017-fev/2018).

CE*	P1				CE*	P2			
	nov/2017	dez/2017	jan/2018	fev/2018		nov/2017	dez/2017	jan/2018	fev/2018
Si	76,273	62,849	68,822	63,151	Si	70,687	64,46	67,338	65,22
Fe	7,673	9,661	8,588	10,158	Al	7,615	12,756	11,001	12,374
Al	5,599	14,288	11,322	13,643	Fe	7,108	9,856	8,098	9,261
K	4,869	8,894	8,287	8,128	K	7,253	6,956	7,593	7,143
Ti	4,367	3,242	2,449	3,367	Ti	5,742	3,819	4,313	3,786
Zr	0,464	0,466	0,143	0,409	Zr	0,61	1,363	0,813	1,295
P	0,437	0,189	-	0,255	P	0,47	0,256	0,323	0,381
Mn	0,175	0,142	0,134	0,147	Mn	0,26	0,163	0,163	0,165
Cu	0,065	0,062	0,058	0,059	S	-	0,09	0,107	0,106
Rb	0,028	0,035	0,038	0,037	Y	0,068	0,088	0,099	0,096
Zn	0,027	0,028	0,019	0,032	Cu	0,067	0,059	0,059	0,064
Y	0,024	0,032	0,014	0,031	Th	0,03	0,057	-	0,046
S	-	0,099	0,126	0,111	Rb	0,038	0,046	0,052	0,038
Ca	-	-	-	0,424	Zn	0,031	0,03	0,027	0,025
Cr	-	-	-	0,027	Sr	0,011	-	0,014	-
Sr	-	-	-	0,012	Nb	0,004	-	-	-
Nb	-	-	-	0,007	-	-	-	-	-

*Teores dos elementos expressos em porcentagem (massa/massa).

Fonte: Própria autora

A presença de silício revela que de fato a maior constituição do sedimento do Ribeirão Samambaia é areia de quartzo com alto teor de sílica (entre 62% e 76% de SiO₂), que condiz com os resultados de DRX (FIGURAS 5.18 e 5.19). O oxigênio é o elemento mais abundante da crosta terrestre, seguido do silício, logo o dióxido de silício (sílica), SiO₂ é o constituinte mais importante da maioria das rochas e minerais.

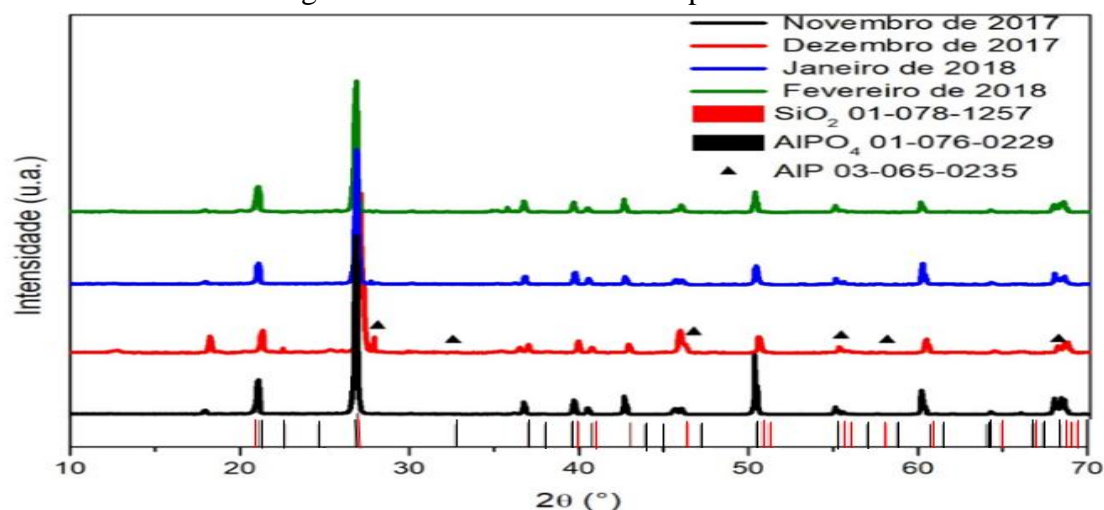
O alumínio (Al) é um elemento metálico mais abundante em sedimentos de fundo do rio. Esse elemento encontra-se nas rochas em geral, e nos solos varia muito com o tipo de materiais originários e com o pH dos mesmos. A desintegração dos minerais é a principal fonte de alumínio no ambiente superficial.

O ferro ocorre nos solos de Catalão na forma de óxidos primários como a hematita e magnetita (KLEIN, 2008).

O potássio é um macro nutriente mineral de grande uso em fertilizantes agrícolas (ESTEVEES, 2011) que pode ser carregado pela água da chuva e chegar aos cursos de água.

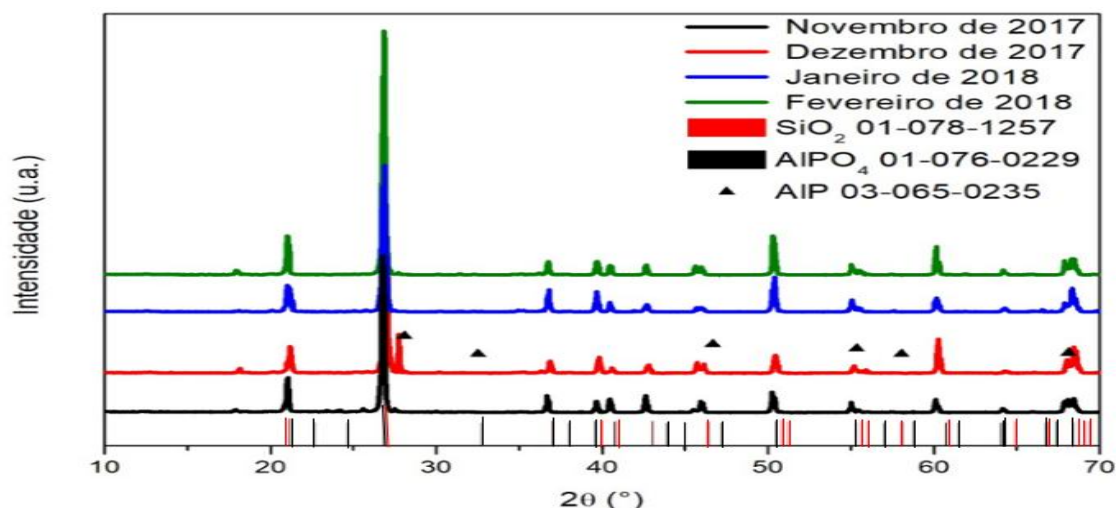
Pela técnica de DRX, pode-se notar que tanto na FIGURA 5.18 quanto na FIGURA 5.19 foram constatadas as presenças de picos característicos, com predominância do quartzo (SiO_2) e fosfato de alumínio (AlPO_4). Observou-se ainda a ocorrência do pico do fosfeto de alumínio (AIP) apenas no mês de dezembro nos P1 e P2. Esse fato pode ser explicado uma vez que dezembro começam as chuvas de verão e carregam diversas substâncias do solo para o ribeirão. O AIP é um composto inorgânico precursor de fosfina que possivelmente é proveniente da dissociação do AlPO_4 .

FIGURA 5.18 - Difratogramas dos sedimentos do P1 pela análise de DRX



Fonte: Própria autora.

FIGURA 5.19 - Difratogramas dos sedimentos do P2 pela análise de DRX



Fonte: Própria autora

O fósforo aparece em águas naturais devido principalmente às descargas de esgotos sanitário onde a matéria fecal, que é rica em proteínas tem o fósforo como principal fonte (15,5% de P_2O_5), além de fertilizantes e pesticidas. As águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas também podem provocar a presença excessiva de fósforo em águas naturais, por conta da aplicação de fertilizante no solo.

5.18 - Resultados do IQA_{CCME}

Para o cálculo do IQA_{CCME} foram feitas seis coletas nos meses de setembro, outubro, novembro e dezembro de 2017 e janeiro e fevereiro de 2018 em dois pontos ao longo do ribeirão. Essas coletas não ocorreram desde 2016 pois não havia material necessário para tal. Assim foram analisados 8 parâmetros que estão contidos na Resolução n° 357 (CONAMA, 2005) para águas doces de classe 1, são estes: oxigênio dissolvido (OD), pH, nitrato, sulfato, turbidez, nitrito, cloreto e fósforo.

O IQA_{CCME} foi desenvolvido para avaliar a qualidade das águas, tendo como determinante principal a sua utilização para o abastecimento público, considerando aspectos relativos ao tratamento dessas águas. Ambos os P1 e P2, são pontos que antecedem a captação para abastecimento público e uma avaliação da qualidade da água é importante como parâmetro para a tratabilidade da mesma. Esse foi calculado para cada ponto, sendo apresentados nas TABELA 5.2 e 5.3 os valores obtidos nos P1 e P2 respectivamente.

TABELA 5.2 - Valores utilizados para determinação do IQA_{CCME} no P1

Parâmetro	Unidade	19/09/2017	23/10/2017	14/11/2017	06/12/2017	16/01/2018	19/02/2108
OD	mg/L	7,50	7,50	7,10	8,70	8,20	8,20
pH	-	6,50	6,80	6,30	6,70	7,40	6,90
NO ₃	mg/L	0,690	0,164	0,402	0,629	0,532	0,607
NO ₂	mg/L	0,0016	0,0026	0,0002	0,0005	0,0006	0,0006
SO ₄	mg/L	3,68	1,65	6,90	2,13	9,26	11,84
Turb	UNT	1,92	2,10	2,00	52,20	2,91	101,00
Cl _T	mg/L	55,53	59,00	90,24	48,59	55,53	24,29
P _{lot}	mg/L	0,0056	0,0078	0,0024	0,0089	0,0186	0,0308

OD - oxigênio dissolvido, pH - potencial hidrogeniônico, NO₃ - nitrato, NO₂ - nitrito, SO₄ - sulfato, Turb - turbidez, Cl_T - cloro total e P_{lot} - fósforo em ambientes lóticos.

Fonte: Própria autora.

TABELA 5.3 - Valores utilizados para determinação do IQA_{CCME} no P2

Parâmetro	Unidade	19/09/2017	23/10/2017	14/11/2017	06/12/2017	16/01/2018	19/02/2108
OD	mg/L	7,80	7,20	6,80	7,80	8,00	7,90
pH	-	6,90	7,10	6,90	7,00	8,00	8,10
NO ₃	mg/L	0,896	0,126	0,480	0,715	0,596	0,659
NO ₂	mg/L	0,0018	0,0027	0,0004	0,0007	0,0007	0,0007
SO ₄	mg/L	5,53	2,09	8,41	3,54	17,29	59,00
Turb	UNT	2,04	2,31	2,23	64,50	3,44	291,00
Cl T.	mg/L	83,30	97,18	111,06	83,30	41,65	48,59
P lot.	mg/L	0,0018	0,0051	0,0040	0,0105	0,0135	0,0726

OD - oxigênio dissolvido, pH - potencial hidrogeniônico, NO₃ - nitrato, NO₂ - nitrito, SO₄ - sulfato, Turb - turbidez, Cl_T - cloro total e P_{lot} - fósforo em ambientes lóticos.

Fonte: Própria autora

Quando há mais parâmetros, o valor da composição mostra melhores resultados, uma vez que o peso de alguns parâmetros é diluído na composição total. O único parâmetro que apresentou falha fora dos limites estabelecidos pela Resolução n° 357 (CONAMA, 2005) foi a turbidez (VMP de 40 UNT) nas coletas do dia 06 de dezembro de 2017 no P1 com 52,20 UNT e no P2 com 64,50 UNT e na coleta do dia 19 de fevereiro de 2018 com 101 UNT no P1 e 291 UNT no P2. Esse resultado influenciou na classificação da água e na pequena diferença de nota do P1 e P2, uma vez que o P2 apresentou um valor de turbidez maior.

Na TABELA 5.4 estão apresentados os quesitos calculados e os fatores, percentual de parâmetros falhos (F1), percentual de análises falhas (F2) e amplitude (F3), que compõe o IQA_{CCME}, nos P1 e P2.

TABELA 5.4 - Resultado (Nota e Classificação) do IQA_{CCME} para P1 e P2

	P1	P2
Alcance		
n° de parâmetros falhos	1	1
n° total parâmetros	8	8
F1	12,50	12,50
Frequência		

n° de testes falhos	2	2
n° total de testes	48	48
F2	4,17	4,17
Amplitude		
Σ das discrepâncias	1,83	6,89
F3	3,67	12,55
IQA_{CCME}	92	89
Classificação	Boa	Boa

Fonte: Própria autora

O F1 representa quantos parâmetros falharam (EQUAÇÃO 3.2). Neste caso, como foi apenas o parâmetro turbidez tanto no P1 quanto no P2 em oito parâmetros, o número do alcance foi 12,50 (1/8). O F2 representa quantas vezes o parâmetro falhou (EQUAÇÃO 3.3). Neste caso, o parâmetro turbidez falhou duas vezes (em dezembro e janeiro) tanto no P1 quanto no P2, em 6 coletas e 8 parâmetros analisados num total de 48 análises, resultando em uma frequência de 4,17 (2/48). O F3 é resultado do valor que essas falhas ultrapassaram a Resolução 357 CONAMA (2005) conforme EQUAÇÃO 3.4, sendo em P1 3,67 e em P2 12,55.

O F1, F2 e F3 combinados na EQUAÇÃO 3.1 resultaram em um valor de IQA_{CCME} 92 no P1, e IQA_{CCME} 89 no P2.

Nesse caso, quando os valores da amplitude (F3) são baixos, os valores do IQA_{CCME} se apresentam maiores. Neste trabalho esse fator teve maior influência para o resultado final. É importante ressaltar que as faixas de variação dos parâmetros não são determinadas apenas por fatores antrópicos, mas também por outros fatores naturais, que podem causar algum tipo de alteração na composição física, química e biológica da água.

Analisando os resultados obtidos para os valores de IQA_{CCME} neste trabalho, é possível notar que o P1 apresenta qualidade da água melhor. No P2 houve as mesmas falhas em relação à turbidez, mas a amplitude (F3) foi maior resultando em um IQA_{CCME} um pouco menor. Quando se trata de tratabilidade os custos para tratar uma água com maior turbidez são maiores, pois são necessários mais agentes coagulantes/floculantes em estações de tratamento de água, para sua remoção.

6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao monitorar a qualidade da água no ribeirão Samambaia entre agosto de 2016 e fevereiro de 2018, pôde-se verificar que os parâmetros analisados se apresentaram em sua maioria dentro das faixas estabelecidas pela Resolução n° 357 (CONAMA, 2005) para águas de classe 1.

Foi possível observar que as características físicas e químicas da água são influenciadas pelas estações do ano, uma vez que as coletas em dias chuvosos apresentaram turbidez muito acima do valor de referência, o que pode encarecer seu tratamento.

O P2 apresentou resultados do IQA_{CCME} um pouco maiores que o P1 possivelmente por estar situado em uma área onde há um aglomerado de residências rurais o que pode levar a um carreamento maior de substâncias para o rio.

Com relação aos sedimentos, a análise granulométrica do P1 e do P2 mostraram predominância da fração areia, com poucas variações sazonais. Pela análise de EDX a principal constituição desses sedimentos em ambos os pontos foi o silício, seguido de ferro, potássio e titânio. Pela técnica de DRX foi constatada a presença de picos característicos de quartzo e fosfato de alumínio.

Tendo em vista os resultados dos parâmetros físicos e químicos, foi possível calcular o IQA_{CCME} , desenvolvido para avaliar a qualidade das águas, tendo como determinante principal a sua utilização para o abastecimento público, considerando aspectos relativos ao tratamento dessas águas. Ambos os P1 e P2, são pontos que antecedem a captação para abastecimento público e uma avaliação da qualidade da água é importante como parâmetro para a tratabilidade da mesma.

A utilização do IQA_{CCME} possibilitou escolher os parâmetros analisados, no entanto, apesar da flexibilidade, essa metodologia necessitou de um número maior de análises para um mesmo período, uma vez que ela compila um resultado a partir de uma composição vetorial entre F1, F2 e F3, deixando de ser calculável para menos de quatro coletas.

Uma das principais vantagens desse índice é fornecer informações resumidas sobre a qualidade da água através de um único valor, bem como relacionar as séries temporais influenciadas por dados pluviométricos. No caso do ribeirão Samambaia em ambos os pontos a classificação do IQA_{CCME} foi boa, com nota 92 no P1 e 89 no P2. O único parâmetro que apresentou falha foi a turbidez nas coletas de

dezembro de 2017 e fevereiro de 2018, onde houve precipitações. Esse resultado influenciou na classificação da água e na pequena diferença de nota do P1 e P2, uma vez que o P2 apresentou um valor de turbidez maior, que resultou em uma maior amplitude, diminuindo ligeiramente sua nota.

É recomendável que haja uma aplicação constante da metodologia do IQA_{CCME} para monitorar a qualidade da água de abastecimento do município de Catalão, verificando sua eficiência e efetividade para o enquadramento da classe 1, estabelecido pela Resolução, assim como realizar um diagnóstico das condições de qualidade de água para melhor gerenciamento dos recursos hídricos.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (ANA). **Guia nacional de coleta e preservação de amostras:** água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. Brasília, DF: ANA, São Paulo, SP: CETESB. 2011. 326 p.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (ANA). **Indicadores de qualidade - Índice de qualidade da água.** Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>>. Acesso em: 10 abr. 2018.

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). **Substance Priority List (SPL)**, 2007. Disponível em: <<https://www.atsdr.cdc.gov/spl/previous/07list.html>> Acesso em 15 de fev. de 2018.

ALMEIDA, A. A. **Estudo Comparativo entre os Métodos IQA_{NSF} e IQA_{CCME} na Análise da Qualidade da Água do Rio Cuiabá.** 2007. 89 f. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) - Programa de Pós-graduação em Física e Meio Ambiente, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, 2007.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA); AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA); WATER ENVIRONMENT FEDERATION (WEF). **Standard methods for the examination of water and wastewater.** 21 ed., Washington, DC: APHA; AWWA; WEF, 2005. 1268 P.

AMORIM, W. B. **Estudo do processo de dessorção de cromo hexavalente presente em algas marinhas provenientes do processo de biossorção.** 2000. 102 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Programa de Pós-Graduação em Química – UNICAMP, Campinas, SP, 2000.

ARRUDA, M. A. Z.; SANTELLI, R. E. Mecanização no preparo de amostras por microondas: o estado da arte. **Química Nova**, v. 20, n. 6, p. 638-643, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7217:** Agregados - Determinação da Composição Granulométrica, 1987. 3 p.

BAIRD, C.; CANN, M. **Química Ambiental.** Porto Alegre: Bookman. 4 ed. 2011. 844 p.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N. EIGER, S. **Introdução à Engenharia Ambiental.** 2 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall. 2005. 318 P.

BRASIL. **Manual prático de análise de água.** 4 ed. Brasília, DF: Fundação Nacional de Saúde - FUNASA, 2013. 150 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Lei nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011. **Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.** Brasília, DF, 2011.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981. **Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.** Brasília, DF, 1981 (com atualizações).

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional dos Recursos Hídricos.** Brasília, 1997. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/agua/recursos-hidricos/plano-nacional-de-recursos-hidricos>>. Acesso em 10 abr. 2016.

BRASIL. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano.** Brasília, 2006. 212 p. (Série B. Textos Básicos de Saúde).

CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT (CCME) **A sensitivity analysis of the canadian water quality index** (Report PN 1355). Ontario: Gartner Lee Limited. 2006. 38 p.

CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT (CCME) **Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life.** Ontario: User's Manual. 2001. 5 p. Disponível em: <<http://ceqg-rcqe.ccme.ca/download/en/138>> Acesso em 10 de set. 2017.

CARNEIRO, A. E. V., e V. F. NASCIMENTO FILHO. **Análise quantitativa de amostras geológicas utilizando a técnica de fluorescência de raios X por dispersão de energia.** Piracicaba: Scientia Agrícola, 1996. Vol. 53 nº1. 105 p.

CATALÃO. Site do município. Disponível em: <<http://www.catalao.go.gov.br/site/geografia,IF,Mjg.html>>. Acesso em 01 agos. 2018.

CHEIDA, L. E. *Biologia Integrada: ensino médio.* 2ª edição renovada. São Paulo: FTD, 2005. 464 p.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO (SABESP). **Norma Técnica Interna NTS 013.** São Paulo, 1999. Disponível em: <<http://www2.sabesp.com.br/normas/nts/nts013.pdf>>. Acesso em: 01/05/2016.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS (COPASA). **Tratamento de água.** Disponível em: <<http://www.copasa.com.br/wps/portal/internet/agua-de-qualidade/tratamento-da-agua>>. Acesso em 01 jan. 2018.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). **Apêndice E - Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem.** São Paulo: CETESB, 2009. 54 p.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). **Qualidade das águas superficiais.** Série Relatórios. São Paulo, 2013. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/relatorio-aguas-superficiais-2013-parte1.pdf>> Acesso em 20 de abril de 2017.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). **Relatório**. São Paulo, 2005. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios>>. Acesso em 01/05/2016.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS RENOVÁVEIS (CONAMA). Resolução N° 357 de 17 de março de 2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências**. Brasília, DF, 2005 (com atualizações).

CRUVINEL, P. B.; ROSOLEN, V. Pesquisa de metais tóxicos nos sedimentos do Córrego Liso, localizado no distrito industrial de Uberlândia (MG). In: Encontro Interno, 9; Seminário de Iniciação Científica, 13. 2009. Uberlândia-MG. **Anais...** Uberlândia-MG: UFU, 2009. p. 1-8.

CULLITY, B. D. **Elements of x-ray diffraction**. 1978. 2nd Edition, Addison-Wesley Publishing Company Inc., Phillipines. Disponível em: <<https://ia802609.us.archive.org/30/items/elementsofxraydi030864mbp/elementsofxraydi030864mbp.pdf>>. Acesso em: 01 set. 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Meio ambiente. Disponível em: <<http://www.cnpma.embrapa.br/projetos/ecoagua/eco/oxigdiss.html>> Acesso em 10/04/2017.

ESTEVES, F. A. (Ed.). **Fundamentos de Limnologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciências, 2011. 826 p.

ESTEVES, F. A. Consideration on the ecology of wetlands, with emphasis on Brazilian Floodplain ecosystem. In: SCARANO, F. R.; FRANCO, A. C. *Oecologia Brasiliensis*. v. 4. **Ecophysiological strategies of xerophytic and amphibious plants in the neotropics**. Rio de Janeiro: PPGE-UFRJ, 1998 cap. 6, p. 111-135.

GOMES, M. R.; ROGERO, M. M.; TIRAPGUI, J. Considerações sobre cromo, insulina e exercício físico. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**. v. 11, n. 5, p. 262-266. 2005.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (IAL). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Catalão**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/catalao/historico>>. Acesso em 01 mar. 2016.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Série de dados**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/sonabra/pg_dspDadosCodigo_sim.php?QT AzNA==>. Acesso em: 01 jun. 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Série de gráficos**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/sim/abre_graficos.php>. Acesso em 01 nov. 2017.

KLEIN, P. B. W. **Geoquímica de Rocha Total, Geocronologia de U-Pb e Geologia Isotópica de Sm-Nd das Rochas Ortognáissicas e Unidades Litológicas Associadas da Região Ipameri – Catalão (Goiás)**. 2008. 183 f. Tese (Doutorado em Geologia) - Programa de Pós-graduação em Geologia – UnB, Brasília, DF, 2008.

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

MACÊDO, J. A. B. **Métodos laboratoriais de análises físico-químicas e microbiológicas**. 3 ed. Belo Horizonte, MG: CRQ, 2005. 601 p.

MACKERETH, F.J.H., HERON, J. and TALLING, J.F., 1978. *Water Analysis: Some Revised Methods for Limnologists*. Freshwater Biological Association Scientific Publication No. 36. Titus Wilson and Son Ltd, Kendall. In: USP. **Determinação do teor de nitrito**. Disponível em:<www.ib.usp.br/limnologia/Formularios/documentos/Nitrito.doc>. Acesso em: 01 out. 2017.

MATOS, A. T. 2012. **Qualidade do meio físico ambiental: práticas de laboratório**. Viçosa, MG: UFV, 2012. 150 p.

MELO, A. C.; DIAS, V. **Por um sabão sem fósforo**. *Jornal da USP*. Ano XV. n. 596. 2002.

MELO, V. F. Chumbo e Zinco em Águas e Sedimentos de Área de Mineração e Metalurgia de Metais. *Química Nova*. v. 35, n. 1, p. 22-29, 2012.

MENDES, B., OLIVEIRA, J. F. S. **Qualidade da água para consumo humano**. Lisboa: Lidel, 2004. 640 p.

MORAIS, K. A.; ALVES, P. S.; CASTRO, N. F.; SANTANA, P. K. B.; CARDOSO, F. S.; LIMA, M. S.; CARDOSO, B. A.; SOUSA, H. G.; CUNHA, F. S.; TORRES, J. R. O. Determinação de cloreto em água mineral comercializada na região de Teresina-PI. In: Congresso Brasileiro de Química, 54. 2014. Natal-RN. **Anais...** Natal-RN: CBQ, 2014.

OLIVEIRA, M. T. **Comparação das diferentes metodologias de determinação do Índice de Qualidade da Água**. 2013. 38 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Catalão, GO. 2013.

PASSOS, E. A. **Distribuição de sulfeto volatilizado em meio ácido e metais pesados em sedimentos do estuário do Rio Sergipe**. 2005. 145 f. Dissertação (Mestrado em Química). Programa de Pós-Graduação em Química – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2005.

PIASENTIN, A. M.; SEMENSATTO, D. L.; SAAD, A. R.; MONTEIRO, A. J.; RACZKA, M. F. Índice de Qualidade da Água (IQA) do reservatório Tanque Grande, Garulhos (SP): Análise sazonal e efeitos do uso e ocupação do solo. **Geociências**, v. 28, n. 3, p. 305-317, 2009.

PINHEIRO, B. A.; EGLER, S. G. Avaliação ecotoxicológica dos impactos ambientais associados às ações humanas nos ambientes aquáticos. In: Jornada do Programa de Capacitação Interna do CETEM, 4, 2015. Rio de Janeiro-RJ. **Anais...Rio de Janeiro-RJ: CETEM/MCTI**, 2015. p. 1-7.

PIVELI, R. P.; KATO, M. T. **Qualidade das Águas e poluição: Aspectos físico-químicos**. São Paulo: ABES, 2006. 285 p.

PORTO, K. G. **Consequências do uso do solo nas áreas de vegetação ciliar sobre a qualidade da água no Ribeirão Samambaia, Catalão (GO)**. 2012. 249 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Goiás, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Catalão, GO, 2012.

QUEIROZ, A. M. **Caracterização limnológica do lagamar do Cauípe – Planície Costeira do município de Caucaia – CE**. 2003. 204 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Ceará – UFC, Fortaleza, CE, 2003.

RIBEIRO, F. A. L.; FERREIRA, M. M. C.; MORANO, S. C.; SILVA, L. R.; SCHNEIDER, R. P. Planilha de validação: uma nova ferramenta para estimar figuras de mérito na validação de métodos analíticos univariados. **Química Nova**, v. 31, n. 1, p.164-171, 2008.

RICHTER, C. A. **Água: métodos e tecnologia de tratamento**. São Paulo: Edgard Blücher. 2009. 1 ed. 352 p.

RODRIGUES, W. B.; MEDEIROS, C. L.; SARMENTO, A.P. Desenvolvimento do algoritmo para cálculo do índice de qualidade da água – metodologia CCME. In: Congresso de Pesquisa, Ensino e Extensão (CONPEEX), 13, 2016, Goiânia-GO. **Anais... Goiânia-GO: CONPEEX**, 2016. p. 1530-1532.

SABESP. Norma Técnica Interna NTS 013. São Paulo, 1999.

SILVA, M. S. **Comparação metodológica para a determinação de íons sulfato em águas com classificação mineral**. 2016. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química - Bacharelado) – Centro Universitário La Salle, Canoas, 2016.

SKOOG, D. A.; WEST, D. M.; HOLLER, F. J.; CROUCH, R. S. **Fundamentos de química analítica**. Tradução da 8ª edição. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2005. 1124 p.

STRICKLAND, J.D.H; PARSONS, T.R. **A manual of sea water analysis, with special reference to the more common micronutrients and to particulate organic**

material. Fisheries Research Board of Canada, Bull n. 125, second edition. Ottawa, 1965, 203 p.

SUPERINTENDÊNCIA MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO (SAE). **Ribeirão Samambaia/Pari está com nível mais baixo.** 2016, Disponível em: <<http://www.saecatalao.com.br/portal/index.php?pg=noticiaUnica&id=215.ca>>. Acesso em: 01 mai. 2016.

SUSSULINI, A.; ARRUDA, M. A. Z. Determinação de cromo (VI) por espectrometria de absorção atômica com chama após a extração e pré-concentração no ponto nuvem, 2006. **Eclética Química.** v. 31, n. 1, p. 73-80, 2006.

TRINDADE, S. P.; RODRIGUES, R. A. C. Uso do solo na microbacia do ribeirão samambaia e sua relação com a suscetibilidade à erosão laminar. **Revista Geográfica Acadêmica.** v. 10. n. 1, p. 163-181. 2016.

VAZ, A. M. R. Mapas do município de Catalão (GO), 2018.

SÓLIDOS TOTAIS NA ÁGUA

Material

- Cadinhos de 100 mL
- Béqueres de 500 mL (caso necessário)
- Dessecadores
- Estufa
- Balança analítica, precisão 0,1 mg

Método

- No caso do uso de cadinhos, deixá-los na mufla (550 °C, por 30 min) e, no caso de uso de béqueres, deixá-los em estufa (103-105 °C, por uma hora), para posterior determinação da massa desses recipientes.

Acondicionar amostras de baixa concentração de sólidos totais em béqueres de 500 mL para concentração por evaporação em estufa, com a posterior transferência do concentrado para cadinho de porcelana. Manter a temperatura do banho-maria e da estufa cerca de 2 °C abaixo do ponto de ebulição da água, para evitar perdas por espirramento.

- Após a desidratação, colocar o material residual no cadinho em estufa para secagem a 103-105°C, por uma hora.
- Decorrido o tempo de uma hora, retirar a amostra da estufa e colocá-la em dessecador para atingir temperatura ambiente e ter, finalmente, sua massa determinada em balança de precisão.
- Repetir a sequência de secagem e resfriamento em dessecador e determinação da massa até que seja obtido valor constante ou a variação de massa se torne menor que 4% em relação à anterior. Geralmente um tempo de duas horas em estufa a 103-105°C é suficiente para que essa condição seja obtida na amostra pré-desidratada.

Para calcular a concentração de sólidos totais, utiliza-se a equação:

$$ST = (MS - MR) \times 1.000 \times 1.000 / V_{am} = (MS - MR) \times 1,0 \times 10^6 / V_{am}$$

em que:

ST- sólidos totais (mg L^{-1});

MS- massa da amostra seca a $103-105^{\circ}\text{C} + \text{MR}(\text{g})$;

MR- massa do recipiente (cadinho) (g); e

Vam- volume da amostra (mL).

Qualidade Do Meio Físico Ambiental: Práticas De Laboratório - Série Didática

Editora: Ufv - Univ. Fed. Vicosá

Autor: Antônio Teixeira De Matos

Autor: Antônio Teixeira de Matos

Ano Edição:2012

APÊNDICE B

ACIDEZ

Material:

a) Equipamentos

- Béquer de 250 mL
- Pipetas volumétricas
- Balões volumétricos
- Bureta
- Agitador magnético

b) Reagentes

- Água destilada
- Solução indicador de fenolftaleína

Dissolver 1g de fenolftaleína em 100mL de álcool etílico 95%. Homogeneizar a solução e filtrar, se houver a formação de precipitados.

- Solução indicador de metilorange

Dissolver 0,5g de metilorange em 1L de água destilada. Filtrar, se necessário, e guardar em frasco âmbar.

- Solução de NaOH 0,10 mol L

Diluir 4,0g de NaOH (lentilhas) em água destilada, completando o volume até 1.000 mL.

- Solução de NaOH 0,02 mol L

Diluir 200 mL da solução NaOH 0,10 mol L em água destilada, completando o volume até 1.000 mL

Método

- Colocar a solução de NaOH 0,02 mol L na bureta
- Pipetar 50 mL da amostra de água a ser titulada e transferir para um béquer de 250 mL, usando agitador magnético para proporcionar maior mistura da solução.
- Se a água tem pH menor que 4,5, apresenta acidez mineral; então iniciar colocando três a cinco gotas de metilorange e proceder à titulação. Anotar o volume de titulante consumido (VF) até o ponto de viragem permanente (por 30 segundos, no mínimo). Se

a amostra apresentar viragem, ao se adicionar o indicador metilorange, conclui-se que não apresenta acidez mineral.

-Adicionar de três a cinco gotas de fenolftaleína e iniciar a titulação. Anotar o volume de titulante consumido (VF) até o ponto em que a solução torna-se rósea permanente (por 30 segundos, no mínimo). Se a amostra já apresentar coloração rósea ao se adicionar a fenolftaleína, conclui-se que não apresenta acidez.

Padronização da solução de hidróxido de sódio 0,02 mol L

-Colocar em um erlenmeyer 20 mL (V_H) de solução de hidrogenofthalato de potássio 0,02 mol L

-Colocar três gotas do indicador fenolftaleína

-Titular com solução de hidróxido de sódio 0,02 mol L

-Calcular o fator de correção:

$$f = V_H / V_{gp}$$

em que V_{gp} é o volume de NaOH 0,02 mol L gasto na titulação do padrão.

A acidez da amostra é, então, quantificada utilizando-se as equações:

Acidez total (mg L de CaCO_3) = $(V_g \times N \times 50 \times f \times 1.000) / V_{am}$;

Concentração de CO_2 (mg L de CO_2) = $(V_g \times N \times 44 \times f \times 1.000) / V_{am}$

Em que:

V_g – volume gasto de NaOH;

N – normalidade da solução ácida usada na titulação (mol L)

V_{am} – volume da amostra (mL); e

f - fator de correção.

Qualidade Do Meio Físico Ambiental: Práticas De Laboratório - Série Didática

Editora: Ufv - Univ. Fed. Vicosa

Autor: Antônio Teixeira De Matos

Autor: Antônio Teixeira de Matos

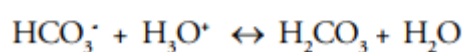
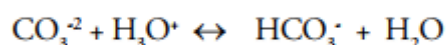
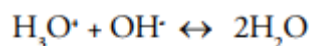
Número Edição: 1

Ano Edição: 2012

APÊNDICE C

ALCALINIDADE

A alcalinidade total é determinada por titulação da amostra de água com solução padronizada de ácido, com pontos finais estabelecidos em pH 4,5 e 8,3. As medidas podem ser realizadas por volumetria, com emprego de indicadores ácido-base. As reações que se processam são:



Material

a) Equipamentos

- Béquer de 250 mL
- Pipetas volumétricas
- Balões volumétricas
- Bureta
- Agitador magnético

b) Reagentes

- Água destilada
- Solução de carbonato de sódio 0,02 mol L

Secar 2,0 – 2,5 g de Na_2CO_3 a 250 °C por quatro horas e esfriar em dessecador. Pesar 1,0599g de Na_2CO_3 e colocar em balão volumétrico de 1.000 mL, completando-o posteriormente com água destilada.

- Solução de ácido sulfúrico 0,10 mol L

Diluir 2,6 mL de H_2SO_4 concentrado em águas destilada, e completar posteriormente o volume do balão até 1000 mL.

- Solução ácido sulfúrico 0,02 mol L

Diluir 200 mL da solução ácido sulfúrico 0,10 mol L em águas destilada, e completar posteriormente o volume do balão até 1000 mL.

- Solução indicador de fenolftaleína

Dissolver 1g de indicador de fenolftaleína em 100 mL de álcool etílico 95%. Homogeneizar a solução e filtrar a mistura, caso haja a formação de precipitados.

- Solução indicadora de metilorange ou indicador misto.

Dissolver 0,5g de indicador metilorange ou indicador misto (vermelho de metila + azul de metileno) em 1 litro de água destilada. Filtrar, se necessário, e guardar em frasco âmbar. O indicador misto é preparado com 2 volumes 0,2% de solução de vermelho de metila misturado com 1 volume de solução 0,2% e azul de metileno, ambas preparadas em álcool etílico ou isopropílico.

Método

- Colocar a solução de H_2SO_4 0,02 mol L na bureta

- Pipetar 50 mL da amostra de água a ser titulada e transferir para um béquer de 250 mL, usando agitador magnético para proporcionar mistura mais eficiente da solução.

- Adicionar de três a cinco gotas da solução indicadora de fenolftaleína e iniciar a titulação. Proceder à titulação até o ponto em que a solução passar de rosa para incolor (pH= 8,3). O ponto de viragem corresponde ao pH em que ocorre equilíbrio na conversão do íon carbonato em íon bicarbonato. Anotar o volume de titulante consumido (VF), podendo-se com isso, calcular a alcalinidade devida à presença de hidróxidos e de carbonatos alcalinos na amostra.

- Adicionar de três a cinco gotas da solução indicadora metilorange ou mista na amostra, dando prosseguimento à titulação, tal como descrito anteriormente. Proceder à titulação até o ponto em que a solução mudar de amarelada para laranja ou avermelhada, no caso do metilorange, e de roxo para azul, no caso do uso do indicador misto, de azul para alaranjado. Essa viragem se dá em pH 4,2, no qual ocorre equilíbrio na conversão do bicarbonato em ácido carbônico. Anotar o volume de titulante consumido (VM). Nessa etapa da titulação, o consumo de titulante está associado à alcalinidade devida à presença de bicarbonato na amostra.

Padronização da solução de ácido sulfúrico 0,02 mol L

- Colocar em um erlenmeyer 20 mL de Na_2CO_3 0,02 mol L

- Colocar 3 gotas do indicador metilorange.

- Titular com solução de ácido sulfúrico 0,02 mol L

- Calcular o fator de correção:

$$F = \text{volume de } \text{Na}_2\text{CO}_3 / V_{gp}$$

Em que V_{gp} é o volume de solução ácido sulfúrico 0,02 mol L gasto na titulação do padrão.

-A alcalinidade da amostra pode, então, ser calculada utilizando-se a equação:

$$\text{Alcal.} = (V_g \times N \times 50 \times f \times 1.000) / V_{am}$$

Em que:

Alcal. – alcalinidade da amostra (mgL de CaCO_3);

V_g – volume de ácido gasto na titulação até a viragem da cor, sendo seu valor dependente do tipo de alcalinidade a ser determinada, conforme será descrito a seguir;

N – normalidade da solução ácida usada na titulação (mol L)

V_{am} – volume da amostra; e

F – fator de correção.

Considerando:

V_F – volume de solução ácida gasta na titulação da amostra até atingir $\text{pH}=8,3$; e

V_M – volume de ácido gasto na titulação da amostra para alteração do pH de 8,3 até 4,5.

-Para obter a alcalinidade total, considerar V_g como a soma de V_F e V_M ;

-Para obter em separado, de cada tipo de alcalinidade, considerar o seguinte:

*Se V_F é igual a zero (pH da água menor que 8,3), a alcalinidade total é devida à presença de bicarbonatos (HCO_3); desse modo, a alcalinidade bicarbonato é calculada considerando-se V_M igual a V_g . Nesse caso, pode-se dizer também que a amostra apresenta acidez.

*Se $V_M > V_F$ (pH da amostra entre 8,3 e 9,5), a alcalinidade total é devida à presença tanto de bicarbonatos como de carbonatos (CO_3^{2-}); obtendo-se a alcalinidade de bicarbonato quando se considera $V_M - V_F$ como o valor de V_g . Para a obtenção da alcalinidade carbonato, considerar V_g igual a $2V_F$. Nesse caso, a amostra não apresenta acidez.

*Se $V_F = V_M$ (pH da amostra em torno de 9,5), a alcalinidade total é devida somente à presença de carbonatos; O valor de V_g a ser usando no cálculo da alcalinidade carbonato é a soma de V_F e V_M . Também nesse caso não existe acidez na amostra.

*Se $V_F > V_M$ (pH da amostra maior que 10), a alcalinidade total é tanto devida aos carbonatos como aos hidróxidos. Nesse caso, o valor de V_g é igual a $2V_M$ para o

cálculo da alcalinidade carbonato e $VF - VM$ para se calcular a alcalinidade hidróxido. Como não poderia ser diferente, a amostra não apresenta acidez.

*Se $VM=0$ (pH da amostra maior que 10), a alcalinidade é toda devida à presença de hidróxidos. A alcalinidade hidróxido pode ser calculada tomando-se V_g igual a VF . Da mesma forma, a amostra não apresenta acidez.

Qualidade Do Meio Físico Ambiental:

Práticas De Laboratório - Série

Didática

Editora: Ufv - Univ. Fed. Vicosá

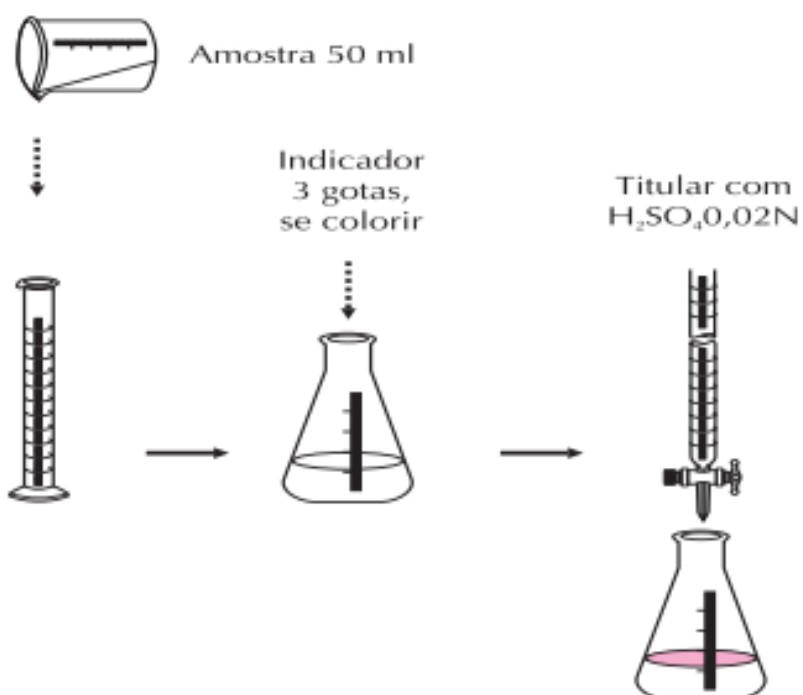
Autor: Antônio Teixeira De Matos

Autor: Antônio Teixeira de Matos

Número Edição: 1

Ano Edição: 2012

Fluxograma da análise



APÊNDICE D

AMÔNIO (NH_4^+)

Material

a) Equipamentos e vidrarias

- Balões volumétricos de 1 L
- Tubos de ensaio
- Espectrofotômetro

b) Reagentes

Quantificação da concentração de N- NH_4^+

- Salicilato de sódio ($\text{NaC}_7\text{H}_2\text{O}_3$) e nitroprussiato de sódio ($\text{Na}_2\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}\cdot 5\text{H}_2\text{O}$)

Dissolver 33,0 g de salicilato de sódio e 0,02 g de nitroprussiato de sódio em água destilada e completar o volume com água destilada até 100 mL.

- Solução-tampão

Dissolver 9,33 g de citrato de sódio. $2\text{H}_2\text{O}$ e 4,0 g de NaOH em água destilada e completar o volume para 100 mL.

- Solução de hipoclorito de sódio (NaOCl) 2%

Adicionar 5 mL de hipoclorito comercial (10% de cloro ativo) ou 10 mL de hipoclorito com 5% do princípio ativo a 25 mL.

Observação 1: Preparar a solução diluída de hipoclorito exatamente antes o uso;

Observação 2: Guardar a solução concentrada (hipoclorito contendo 5% ou 10% do princípio ativo) em refrigerador.

- Solução-padrão de 5 mg L^{-1} de N- NH_4^+

Dissolver 0,02357 g de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ em KCl 1 mol L^{-1} e completar o volume para litro com esta solução.

- Soluções-padrão para a curva-padrão

A partir da solução-estoque, preparar soluções-padrão de 0,2 – 0,4 – 0,6 – 0,8 – 1,0 – 1,2 mg L^{-1} de N- NH_4^+ preparadas em KCl 1 mol L^{-1} .

- Solução-reagente de trabalho (RT)

Misturar uma parte da solução de salicilato de sódio ($\text{NaC}_7\text{H}_5\text{O}_3$) e nitroprussiato de sódio ($\text{Na}_2\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}\cdot 5\text{H}_2\text{O}$) (solução A) com 2 partes da solução-tampão (B). Fazer essa mistura diariamente, imediatamente antes da utilização.

Método

a) Quantificação da concentração de amônio (N-NH_4^+)

- Para estabelecer a curva-padrão, tomar alíquotas de 4 mL de cada uma das soluções-padrão ($0,2$ a $1,2 \text{ mg L}^{-1}$ de N-NH_4^+) e transferir para tubos de ensaio. Adicionar $0,9 \text{ mL}$ da solução RT e $0,1 \text{ mL}$ da solução de hipoclorito (c). Deixar em descanso por 120 minutos e, em seguida, medir a absorbância nas soluções preparadas para obtenção da curva em espectrofotômetro ajustado para o comprimento de onda de 646 nm .

Qualidade Do Meio Físico Ambiental:

Práticas De Laboratório - Série

Didática

Editora: Ufv - Univ. Fed. Vicosa

Autor: Antônio Teixeira De Matos

Autor: Antônio Teixeira de Matos

Número Edição: 1

Ano Edição: 2012

APÊNDICE E

NITRITO

MÉTODO:

MACKERETH, F.J.H.; HERON, J. & TALLING, J.F. *Water analysis: some revised methods for limnologists*, Freshwater Biological Association, Scientific Publication, n. 36, 1978, 120 pg.

PRINCÍPIO DO MÉTODO PARA NITRITO

O nitrito é um composto que apresenta instabilidade na água, sendo um estado intermediário da oxidação da amônia à nitrato e da redução da amônia à nitrato.

As determinações devem ser efetuadas em amostras filtradas, frescas ou congeladas. O princípio do método é baseado no fato que, em meio fortemente ácido, HNO_2 reage com sulfanilamida para formar um composto diazônio. Esta reage com bicloridrato-N-(1-Naftil)-etilenodiamina para formar um composto de coloração rósea, no qual será medida a absorvância por leitura em espectrofotômetro a 543 nm.

PREPARAÇÃO DOS REAGENTES

a) Solução padrão estoque de nitrito de potássio (KNO_2) – 700 $\mu\text{g N-NO}_2$ / ml

Dissolver 1,064 g de KNO_2 (seco em estufa por 1 hora a 105 °C), em água destilada. Adicionar 1 ml de NaOH (5N) e diluir até 250 ml. Estocar em frasco escuro e em geladeira. Esta solução padrão deve ser diluída, para a obtenção de uma concentração final de 0,7 $\mu\text{g/l}$ (1ml a 1l, preparar a diluição diariamente).

b) solução de NaOH – 5 N

Dissolver 50 g de NaOH a 250 ml de água destilada.

c) Solução de sulfanilamida ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_2\text{N}_2\text{S}$)

Esta solução é preparada a partir da dissolução de 5 g de sulfanilamida em 50 ml de HCl concentrado elevado a 500 ml de água destilada. Estocar em frasco ambar e guardar na geladeira.

d) Solução de bicloridrato-N-(1-Naftil)-etilenodiamina (C₁₂H₁₄N₂.HCl)

Dissolver 0,5 g deste produto em 500 ml de água destilada e estocar em frasco âmbar. Guardar em geladeira.

PROCEDIMENTO COM AS AMOSTRAS

- A) Colocar 25 ml da amostra de água em tubos de ensaio;
- B) Adicionar 0,5 ml da solução de sulfanilamida;
- C) Adicionar 0,5 ml da solução de bicloridrato-N-(1-Naftil)-etilenodiamina;
- D) Agitar e ler a absorbância contra o menor branco em 543 nm.

Segundo Mackereth et al. (1978), a leitura deverá ser efetuada 10 minutos após a adição dos reagentes, apresentando estabilidade na cor por cerca de 1 hora.

CONFECÇÃO DA CURVA DE CALIBRAÇÃO

Para preparar as diluições da curva padrão, inicialmente deve-se diluir a solução padrão estoque (700 µg/ml): (*solução 1*) 0,5 ml da solução padrão estoque a 0,5 litro de água deionizada, com concentração final de 0,7 µg/l.

Diluir os volumes da *solução 1* abaixo especificados e proceder como descrito no item procedimento com as amostras.

No espectrofotômetro Micronal ler a absorbância em cubeta de 50 mm de passo óptico. Como critério analítico, na leitura do branco contra água destilada, será utilizado o branco com menor absorbância.

<i>solução 1</i> (ml) (0,7 mgN-NO ₂ ⁻ /ml)	Volume para diluição (litros)	Concentração esperada (µgN-NO ₂ /l)	Abs 1, 2 e 3	Abs média
BR	-	-		
0,2	0,20	0,7		
0,5	0,25	1,4		

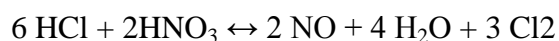
1,0	0,25	2,8
3,0	0,25	5,6
4,0	0,25	11,2
7,0	0,25	19,6
14,0	0,25	39,2

APÊNDICE F

DETERMINAÇÃO DE NITRATO PELO MÉTODO ESPECTROFOTOMÉTRICO COM DESENVOLVIMENTO DE COR

O método baseia-se na reação de íons nitrato com ácido fenol dissulfônico e posterior alcalinização com hidróxido de sódio, obtendo-se um composto amarelo. Este composto é o sal sódico do ácido pícrico formado pela nitração do fenol, cuja coloração é medida em espectrofotômetro.

Os íons cloreto interferem no processo porque formam HCl com o excesso de H₂SO₄ contido na mistura ácido fenol dissulfônico/ácido sulfúrico e o HCl reage com o HNO₃ formado:



Acima da concentração de 5x10⁻⁴ M, os íons cloreto podem ser precipitados com Ag₂SO₄ e separados previamente. Abaixo dessa concentração a interferência permanece, com diminuição da concentração de nitrato medida, mas com efeito significativo baixo, pois a tolerância legal de nitrato em águas é da ordem de 10 mg/L.

Material

Espectrofotômetro UV/VIS

banho-maria, balança analítica

placa aquecedora

béquer de 100 mL

balões volumétricos de 50, 100, 500 e 1000 mL

pipeta graduada de 10 mL

pipetas volumétricas de 10 e 50 mL

bureta de 25 mL

cápsula de porcelana de 150 mL

bastão de vidro.

Reagentes

Nitrato de potássio

Nitrato de sódio

Ácido sulfúrico

Fenol

Hidróxido de sódio

Sulfato de prata

Sulfato de alumínio e potássio

Hidróxido de amônio

Solução-padrão estoque de nitrato a 100 mg/L – Pese 0,1631 g de nitrato de potássio, seco a 105°C ou 0,1371 g de nitrato de sódio, seco a 105°C. Transfira para um balão volumétrico de 1000 mL, dissolva e complete o volume com água destilada e deionizada.

Nota: 1 mL desta solução corresponde a 0,1 mg de nitrato

Solução de ácido fenoldissulfônico – Pese 25 g de fenol e transfira para um béquer com 225 mL de ácido sulfúrico. Aqueça em placa aquecedora a 100°C por duas horas, em capela. Resfrie, transfira para um balão volumétrico de 250 mL e complete o volume com ácido sulfúrico.

Solução hidróxido de sódio a 50% m/v – Pese 50 g de hidróxido de sódio, transfira para um balão de 100 mL, dissolva e complete o volume com água destilada e deionizada. Transfira a solução para um frasco limpo de plástico.

Solução de sulfato de prata (para amostras com cloretos) – Pese 0,4397 g de sulfato de prata, transfira para um balão volumétrico de 100 mL e complete o volume com água destilada e deionizada.

Nota: 1 mL desta solução reage com 1 mg de íons cloreto.

Procedimento – Transfira 50 mL da amostra para uma cápsula de porcelana de 150 mL. Evapore até a secura, em banho-maria. Adicione 1 mL da solução de ácido fenoldissulfônico. Misture, com um bastão de vidro, o ácido e o resíduo eventualmente presente nas paredes da cápsula. Lave com pequena porção (10 mL) de água destilada e deionizada e adicione 3 a 5 mL de solução de hidróxido de sódio a 50% sob agitação, até obter uma cor amarela estável. Transfira para um balão volumétrico de 50 mL, lavando a cápsula (quando a tonalidade amarela for muito intensa, faça diluições

maiores, a partir da amostra original). Complete o volume com água bidestilada e deionizada, filtre se necessário, homogeneíze, aguarde 15 minutos e meça a absorvância em espectrofotômetro, a 410 nm, utilizando como branco água destilada e deionizada, preparado nas mesmas condições da amostra. Determine a quantidade de nitrato correspondente, usando a curva-padrão previamente estabelecida

Curva-padrão – A partir da solução-estoque, prepare soluções-padrão de nitrato no intervalo de 0 a 7 mg NO_3^-/L . Com bureta de 25 mL, adicione quantidades de 0 (branco), 1, 2, 3, 4, 5, e 7 mL, respectivamente, em cápsulas de 150 mL. Evapore até a secura em banho-maria. Adicione em cada uma das cápsulas, 1 mL da solução de ácido fenoldissulfônico, misture bem com bastão de vidro a mistura e o eventual resíduo nas paredes das cápsulas. Lave com pequena porção (cerca de 10 mL) de água destilada e deionizada e adicione 5 mL de solução de hidróxido de sódio a 50%. Misture bem com bastão de vidro até obter cor amarela estável. Transfira para um balão volumétrico de 100 mL, lavando as cápsulas e os bastões com água destilada e deionizada. Complete o volume, agite bem, aguarde 15 minutos e meça a absorvância em espectrofotômetro, utilizando comprimento de onda de 410 nm. Construa o gráfico de absorvância em função da concentração da solução-padrão de nitrato (em mg NO_3^-/L).

Cálculo Determine a quantidade de nitrogênio nítrico (NO_3^-) correspondente, usando a curva-padrão pré-estabelecida.

Referências bibliográficas

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, AMERICAN WATER WORKS, ASSOCIATION WATER ENVIRONMENT FEDERATION. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 11th ed. Washington, DC: American Public Health Association, 1960, p. 175.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, AMERICAN WATER WORKS, ASSOCIATION WATER ENVIRONMENT FEDERATION. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th ed. Washington, DC: American Public Health Association, 1995. chapter 4, p. 85-86.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. v. 1: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos, 3. ed. São Paulo: IMESP, 1985. p. 317-319.

APÊNDICE G
DETERMINAÇÃO DO TEOR DE
FOSFATO INORGÂNICO DISSOLVIDO

MÉTODO:

Strickland, J.D.H & Parsons, T.R. *A manual of sea water analysis, with special reference to the more common micronutrients and to particulate organic material*. Fisheries Research Board of Canada, Bull n. 125, second edition. Ottawa, 1965, 203.

PRINCÍPIO DO MÉTODO

Existem descritos na literatura vários métodos utilizados na determinação do teor de fósforo na forma de fosfato inorgânico dissolvido, o método recomendado neste trabalho é o descrito em Strickland & Parsons (1965).

A determinação da concentração de uma substância por espectrofotometria é baseada na transformação química dessa substância num complexo colorido (Carmouze, 1994). O espectrofotômetro mede a transmitância de um feixe de luz num determinado comprimento de onda após atravessar a solução numa cubeta de quartzo ou vidro. Com a relação da transmitância e concentração da solução, por intermédio de uma série de diluições obtidas a partir de solução padrão, pode-se determinar de maneira satisfatória uma curva relacionando a concentração com a absorbância.

Para determinar a concentração de fósforo na amostra, são relacionadas concentrações conhecidas, confeccionadas com a solução padrão, e suas respectivas absorbâncias determinadas em espectrofotômetro, por meio de uma equação linear simples ($y = a + bx$).

Por intermédio de pipetas analíticas de alta precisão, diluir em água destilada e deionizada diferentes alíquotas da solução padrão estoque. Essas soluções diluídas devem ser preparadas no momento da determinação da curva padrão.

PREPARAÇÃO DOS REAGENTES

a) solução padrão estoque de fosfato monobásico de potássio (KH_2PO_4 - 40 μg de $\text{P-PO}_4^{-3}/\text{ml}$)

Dissolver 0,1757 g de fosfato monobásico de potássio (seco a 110°C e esfriado em dessecador) a 1L de água destilada, armazenar em frasco de vidro âmbar na geladeira.

b) ácido clorídrico 1 N (para lavar as vidrarias)

Diluir 85 ml de HCl P.A. (12 N, 37,2%, densidade de $1,18 \text{ g/cm}^3$) a 1 l de água destilada. Todas as vidrarias a serem utilizadas nas análises de P devem ser lavadas e enxaguadas com HCl diluído e posteriormente várias vezes, com água destilada. Nunca utilizar detergentes comerciais contendo P para limpeza de vidrarias a ser utilizadas nessas análises.

c) molibdato de amônio ($(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$)

Dissolver 15 g de molibdato de amônio em 500 ml de água destilada, estocar em frasco de plástico e no escuro. Essa solução poderá ser utilizada enquanto permanecer clara.

d) ácido sulfúrico (H_2SO_4) – 2,5 mol L

Em um balão de 500 mL contendo cerca de 200 mL de água destilada e deionizada, adicionou-se 70 mL de ácido sulfúrico concentrado. Completou-se o volume até 500 mL, obtendo-se assim uma solução em 500mL de solução 2.5 mol L.

e) ácido ascórbico ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$)

Diariamente, dissolver 1,35 g de ácido ascórbico P.A. em 25 ml de água destilada.

f) tartarato de antimônio e potássio ($\text{K}(\text{SbO})\text{C}_6\text{HO}_6$)

Dissolver 0,34 g de tartarato de antimônio e potássio P.A. em 250 ml de água destilada e estocar em frasco de vidro. Essa solução poderá ser utilizada enquanto permanecer clara.

PROCEDIMENTO COM AS AMOSTRAS

1. Colocar 10 ml da amostra de água filtrada em tubos de ensaio;
2. Adicionar 1,0 ml do reagente misto, agitar;
3. Após 20 minutos ler a absorvância contra o menor branco a 882 nm. (de 10 a 30 minutos)

Confecção do reagente misto

Adicionar, nos volumes sugeridos, os reagentes listados na tabela abaixo.

Reagente	Quantidade 1	Quantidade 2	Quantidade 3	Quantidade 4
Molibdato	25 ml	20 ml	10 ml	5 ml
H₂SO₄	62,5 ml	50 ml	25 ml	12,5 ml
Ác. Ascórbico^(*)	25 ml	20 ml	10 ml	5 ml
Tartarato	12,5 ml	10 ml	5 ml	2,5 ml
Volume final	125	100	50	25
(ml)				
Quantidade de tubos	75	55	25	12

(*) Preparação do ácido ascórbico (C₆H₈O₆): diariamente dissolver 1,35 g de ácido ascórbico em 25 ml de água destilada.

Mistura de Reagentes

Adicionou-se em um balão conforme tabela (dependendo da quantidade de tubos que se deseja), pela ordem ácido sulfúrico, solução de tartarato de antimônio e potássio, solução de molibdato de amônio e solução de ácido ascórbico. A mistura é estável por 4 horas.

CONFECÇÃO DA CURVA DE CALIBRAÇÃO

solução estoque (ml)	Volume para diluição	Concentração esperada	Absorbância	Absorbância	Absorbância

(40 µgP- PO ₄ ⁺³ /l)	(litros)	(µgP/l)	média
0,2	1,0	8	
0,2	0,5	16	
0,4	0,5	32	
0,4	0,25	64	
0,8	0,25	128	
0,6	0,100	240	
1,0	0,100	400	
2,0	0,100	800	

APÊNDICE H

CLORETOS

Cloretos Geralmente, os cloretos estão presentes em águas brutas e tratadas em concentrações que podem variar de pequenos traços até centenas de mg/L. Estão presentes na forma de cloretos de sódio, cálcio e magnésio. A água do mar possui concentração elevada de cloretos que está em torno de 26.000 mg/L. Concentrações altas de cloretos podem restringir o uso da água em razão do sabor que eles conferem e pelo efeito laxativo que eles podem provocar.

A Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde estabelece o teor de 250 mg/L como o valor máximo permitido para água potável. Os métodos convencionais de tratamento de água não removem cloretos. A sua remoção pode ser feita por dessalização (osmose reversa) ou eletrodialise (troca iônica).

Método de determinação: Titulação com Nitrato de Prata

Material necessário

- a) bureta de 50 mL;
- b) becker de 250 mL;
- c) frasco Erlenmeyer de 250 mL;
- d) medidor de pH;
- e) proveta de 100 mL;
- f) solução-padrão de nitrato de prata 0,0141N;
- g) solução indicadora de cromato de potássio K₂CrO₄;

- h) hidróxido de sódio 1N;
- i) ácido sulfúrico 1N;
- j) cloreto de sódio 0,0141 N.

Técnica

- a) colocar 100 mL de amostra no Erlenmeyer;
- b) ajustar o pH entre 7 e 10, se necessário, com NaOH ou H₂SO₄;
- c) adicionar 1 mL da solução indicadora de K₂CrO₄;
- d) titular com a solução-padrão de nitrato de prata 0,0141 N até a viragem para amarelo avermelhado que é o ponto final da titulação;
- e) fazer um branco da mesma maneira que a amostra.

Cálculo:

Onde:

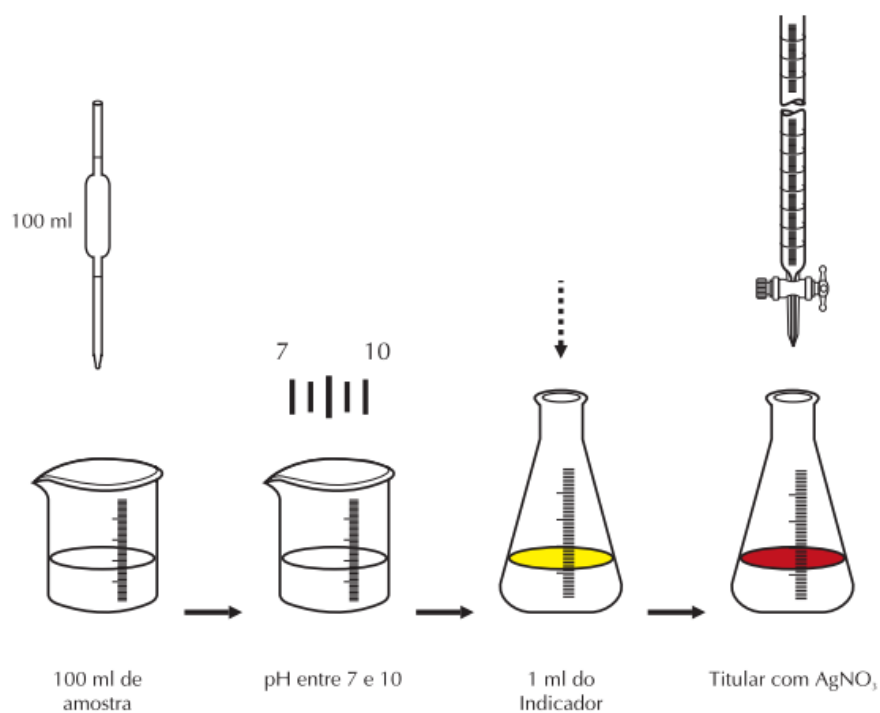
A = mL do titulante gasto na amostra.

B = mL do titulante gasto no branco.

N = normalidade do titulante.

$$\text{mg/L Cl} = \frac{(A - B) \times N \times 35.45}{\text{mL da amostra}}$$

Fluxograma da análise de cloretos



APÊNDICE I

SULFATOS

Material

a) Equipamentos e vidraria

- Espectrofotômetro
- Placa de aquecimento com agitação
- Agitador magnético
- Erlenmeyer de 250 mL
- Bomba de vácuo
- Béqueres de 250 mL
- Papel-filtro
- Pipeta volumétrica de 5 mL
- Pipeta de 1 mL
- Provetas de 100 mL

b) Reagentes

- HNO₃ concentrado
- HClO₄ concentrado
- Cloreto de bário em cristal (cristais de 20 a 30 mesh)

Preparo da solução de condicionamento

- Misturar 50 mL de glicerol com solução contendo 30 mL de HCl concentrado, 300 mL de água deionizada, 100 mL de álcool etílico ou isopropílico a 95% e 75 g de cloreto de sódio.

Preparo da solução-padrão de sulfato de sódio 100 mg L

- Diluir 10,41 mL de uma solução-padrão 0,02 mol L de H₂SO₄ com água deionizada até se obter 100 mL da solução ou dissolver 147,9 mg de sulfato de sódio anidro, seco em estufa, a 110 °C.

Método

- Fazer um ensaio em “branco” com 100 mL de água deionizada e cinco mL de solução de condicionamento.

- Acrescentar uma pitada (cerca de 0,1 g) de cloreto de bário em cristal, continuando a agitar a mistura durante um minuto.

- Colocar 100 mL da amostra em erlenmeyer de 250 mL.

- Acrescentar 5 mL da solução de condicionamento e colocar na placa de agitação

- Acrescentar uma pitada (cerca de 0,1 g) de cloreto de bário em cristal, continuando a agitar a mistura durante um minuto.

- Aguardar quatro minutos e fazer leitura da absorbância em espectrofotômetro regulado para 420 nm de comprimento de onda.

- Preparar uma curva-padrão de absorbância x concentração, utilizando soluções de 0,0 a 40,0 mg L preparadas a partir da solução-padrão de sulfato de sódio de 100 mg L, seguindo-se idêntico procedimento feito no preparo da amostra em análise.

- Obter a equação da reta ajustada aos dados.

- Substituir o valor da absorbância lido na amostra na equação, obtendo-se a concentração de sulfato (SO₄²⁻) na amostra; caso se queira expressar o valor em relação a S, dividi-lo por 3.

Qualidade Do Meio Físico Ambiental: Práticas De Laboratório - Série Didática

Editora: Ufv - Univ. Fed. Vicosá

Autor: Antônio Teixeira De Matos

Autor: Antônio Teixeira de Matos

Número Edição: 1

Ano Edição:2012

APÊNDICE J

DUREZA TOTAL

A dureza total é calculada como sendo a soma das concentrações de íons cálcio e magnésio na água, expressos como carbonato de cálcio. A dureza de uma água pode ser temporária ou permanente.

A dureza temporária, também chamada de dureza de carbonatos, é causada pela presença de bicarbonatos de cálcio e magnésio. Esse tipo de dureza resiste à ação dos sabões e provoca incrustações. É denominada de temporária porque os bicarbonatos, pela ação do calor, se decompõem em gás carbônico, água e carbonatos insolúveis que se precipitam. A dureza permanente, também chamada de dureza de não carbonatos, é devida à presença de sulfatos, cloretos e nitratos de cálcio e magnésio, resiste também à ação dos sabões, mas não produz incrustações por serem seus sais muito solúveis na água. Não se decompõe pela ação do calor.

A portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde estabelece para dureza o teor de 500 mg/L em termos de CaCO_3 como o valor máximo permitido para água potável.

Método de determinação

Titulação com EDTA

Material necessário:

a) bureta de 50 ml;

- b) pipeta volumétrica de 25 ml;
- c) balão volumétrico de 50 ml;
- d) beaker de 100 ml;
- e) frasco erlenmeyer de 250 ml;
- f) solução padrão de EDTA 0,01 M;
- g) solução tampão;
- h) indicador eriochrome Black T;
- i) inibidor I - cianeto de sódio P.A em pó;
- j) inibidor II - sulfeto de sódio.

Técnica

- a) tomar 25 ml da amostra e diluir para 50 ml com água destilada em balão volumétrico;
- b) transferir para um becker de 100 mL e adicionar 1 a 2 ml da solução tampão para elevar o pH a $10 \pm 0,1$;
- c) transferir para um frasco Erlenmeyer de 250 ml e adicionar aproximadamente 0,05 gramas do Indicador Eriochrome Black T;
- d) titular com EDTA 0,01M agitando continuamente até o desaparecimento da cor púrpura avermelhada e o aparecimento da cor azul (final da titulação);
- e) anotar o volume de EDTA gasto (ml);
- f) fazer um branco com água destilada;
- g) subtrair o volume de EDTA gasto na titulação do branco do volume de EDTA gasto na titulação da amostra. A diferença é o volume que será aplicado no cálculo abaixo.

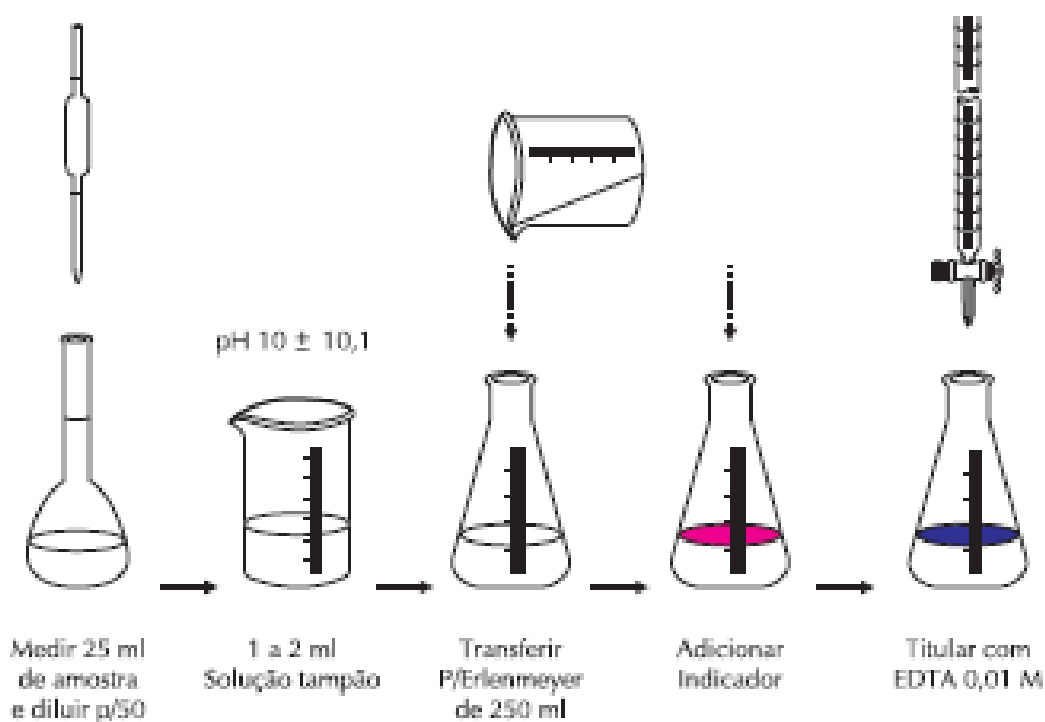
Cálculo

$\text{Dureza Total em mg/lCaCO}_3 = \frac{\text{ml de EDTA} \times 1000 \times F_c}{\text{ml de amostra}}$

- Notas:**
1. A ausência de um ponto de viragem definido, geralmente, indica a necessidade de adição de um inibidor ou que o indicador está deteriorado;
 2. Não leve mais do que 5 minutos para a titulação, medido após a adição da solução tampão;

3. Caso a dureza da água seja muito baixa, use amostra maior, 50 a 250 ml adicionando proporcionalmente maior quantidade de solução tampão, do inibidor e indicador;
4. Se precisar usar o inibidor adicionar 20 gotas do inibidor II;
5. F_c = Fator de correção do EDTA quando houver e for diferente de 1.

Fluxograma da análise



Reagentes para análise de dureza

Solução padrão de EDTA 0,01 M

- a) pesar 3,723 gramas de EDTA (sal di-sódio do ácido etilenodiamino tetraacético), dissolver em água destilada e diluir a 1000 ml;
- b) padronizar contra uma solução-padrão de Carbonato de Cálcio;

c) guardar esta solução em frasco de polietileno.

Solução padrão de cálcio

- pesar 1,0 grama de Carbonato de Cálcio anidro (CaCO_3) padrão primário e colocar em um frasco Erlenmeyer de 250 ml;
- adicionar aos poucos, com auxílio de um funil HCl 1:1 até dissolver todo CaCO_3 ;
- adicionar 200 mL de água destilada e ferver por alguns minutos para eliminar o CO_2 ;
- esfriar e adicionar algumas gotas de vermelho de metila e ajustar para a cor laranja intermediária por adição de NH_4OH 3N ou HCl 1:1;
- transferir toda a mistura para um balão volumétrico de 1000 ml e completar o volume até a marca com água destilada (1 ml desta solução = 1,0 mg de CaCO_3).

Padronização da solução de EDTA 0,01 M

- medir 25 ml da solução padrão de cálcio e diluir para 50 ml com água destilada em frasco Erlenmeyer de 125 ml;
- adicionar 1 a 2 ml da solução tampão para obter o pH em torno de $10 \pm 0,1$;
- adicionar 0,05 gramas do indicador Eriochrome Black T;
- titular com EDTA 0,01 M gota a gota até desaparecer a última coloração violácea e aparecer a cor azul indicadora do ponto final da titulação.

Cálculo:

$$F_c = \frac{25}{V_p}$$

onde:

F_c = Fator de Correção;

V_p = Volume de EDTA gasto na titulação.

Solução tampão para dureza

- pesar 16,9 gramas de Cloreto de Amônia (NH_4Cl) e dissolver em 143 ml de Hidróxido de Amônia concentrado (NH_4OH);
- adicionar 1,25 gramas do sal de magnésio do EDTA e diluir a 250 ml com água destilada.

Observação: Caso não disponha do sal de magnésio do EDTA, dissolver 1,179 gramas do sal sódico do EDTA e 780 mg do $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ou 644 mg do $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ em 50 ml de água destilada e juntar à solução do item 1, completando o volume para 250 ml com água destilada.

Indicador *Eriochrome Black T*

- a) pesar 0,5 gramas de Eriochrome Black T em um vidro de relógio;
- b) pesar 100 gramas de Cloreto de Sódio P. A. em um Becker;
- c) transferir os dois reagentes para um almofariz e triturar a mistura até se transformar em pó;
- d) armazenar em frasco de boca larga, bem fechado.

Referências: FUNASA