

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

CAIUAN SANTOS NASCIMENTO

**EFICIÊNCIA DO AZUL DE METILENO NA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE
HÍDRICA DA SANGA DA BRANDINA EM CAÇAPAVA DO SUL - RS**

**Caçapava do Sul - RS
2018**

CAIUAN SANTOS NASCIMENTO

**EFICIÊNCIA DO AZUL DE METILENO NA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE
HÍDRICA DA SANGA DA BRANDINA EM CAÇAPAVA DO SUL - RS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Ambiental e Sanitária da Universidade
Federal do Pampa, como requisito parcial
para obtenção do Título de Bacharel em
Engenharia Ambiental e Sanitária.

Orientador: Zilda Baratto Vendrame

**Caçapava do Sul
2018**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais).

N244e Nascimento, Caiuan Santos
EFICIÊNCIA DO AZUL DE METILENO NA AVALIAÇÃO DA
QUALIDADE HÍDRICA DA SANGA DA BRANDINA EM CAÇAPAVA DO
SUL - RS / Caiuan Santos Nascimento.
60 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação)-- Universidade Federal do Pampa, ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA, 2018.
"Orientação: Zilda Baratto Vendrame".

1. Azul de Metileno. 2. Indicador de Qualidade Hídrica. 3. Contaminação da Água. I. Título.

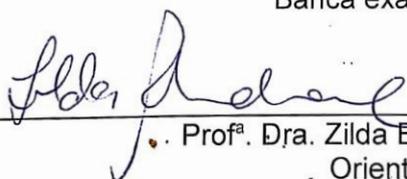
CAIUAN SANTOS NASCIMENTO

**EFICIÊNCIA DO AZUL DE METILENO NA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE
HÍDRICA DA SANGA DA BRANDINA EM CAÇAPAVA DO SUL - RS**

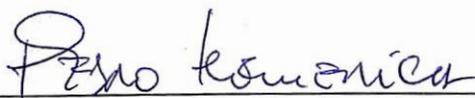
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 30/12/2018

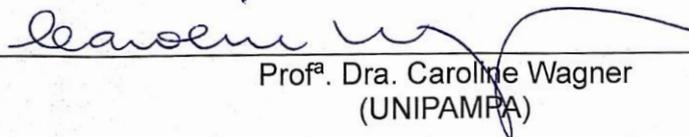
Banca examinadora:



Prof.^a. Dra. Zilda Baratto Vendrame
Orientadora
(UNIPAMPA)



Prof. Dr. Pedro Daniel da Cunha Kemerich
(UNIPAMPA)



Prof.^a. Dra. Caroline Wagner
(UNIPAMPA)

AGRADECIMENTO

Agradeço especialmente a minha mãe, Maria da Glória Silva dos Santos Nascimento, meu pai, Celso do Nascimento, e meu irmão, Caiubi Santos Nascimento, que são os principais incentivadores de todas as minhas conquistas.

Agradecer também aos amigos e colegas de universidade, Karolina Lopes Ferreira, Paulo Castro Cardoso da Rosa, Victor Hugo Braga, Bruna Antunes de Oliveira e Giovanna Moraes Xavier da Paixão que sempre estiveram presentes e passaram pela maioria das provações juntamente comigo durante esse período de formação.

Agradeço também aos amigos Elon Souza Aniceto, Flávio Senna, Paula Eduarda Carvalho e João Paulo Alves que me acompanharam durante o ensino médio e continuam a me incentivar na minha trajetória de vida.

A professora Zilda Baratto Vendrame pelo apoio e orientação, com todo o suporte necessário para a realização deste trabalho.

Aos professores Caroline Wagner e Pedro Daniel da Cunha Kemerich por aceitarem fazer parte da banca examinadora.

A Universidade Federal do Pampa, instituição de ensino responsável pela minha formação e que será sempre lembrada.

E ao restante dos meus colegas de turma e faculdade por todos esses anos.

“Os dias correm, somem
E com o tempo não vão voltar
Só há uma chance pra viver
Não perca a força, e o sonho
Não deixe nunca de acreditar
Que tudo vai acontecer”

(Rosa de Saron)

RESUMO

Um dos maiores desafios ambientais é manter as reservas de água do nosso planeta com qualidade. Este fato se deve principalmente a utilização da água para a expansão urbana e um conjunto variado de atividades econômicas. Nesta perspectiva, tornam-se necessários conhecimentos apropriados das potencialidades de autodepuração dos recursos hídricos e a adequada conservação das nascentes d'água, estabelecendo um austero controle a respeito da quantidade e qualidade da água, assegurando o abastecimento da humanidade e dos demais seres vivos para suas necessidades básicas. A poluição aquática, provocada por ações antrópicas, por meio da introdução de substâncias inorgânicas ou orgânicas, acaba gerando efeitos prejudiciais tais como: risco à saúde humana; dano aos seres vivos; e prejuízo à qualidade da água referente a sua utilização em atividades comerciais. A preservação do meio ambiente e especialmente a qualidade da água disponível é essencial para a continuação da vida no nosso planeta. Por vezes, o emprego de produtos para a identificação de possíveis contaminações possui custo elevado. Deste modo, o uso de Azul de Metileno (AM) que apresenta a função de agente redutor interagindo com a matéria orgânica, se mostra simples e eficaz a um preço mais acessível. O presente trabalho utiliza métodos simples e de baixo custo, para verificação da qualidade da água, através da oxidação do indicador. Os resultados obtidos nas análises confirmam que o corante utilizado tem sua reação com a matéria orgânica presente no curso de água que está sendo estudado, tendo em algumas das coletas quase 100% de redução da coloração e da concentração de azul de metileno das alíquotas, deste modo isso supõe que há contaminação na qualidade da água da Sanga da Brandina. Com o auxílio dos parâmetros de qualidade, os dados adquiridos nos métodos realizados puderam ser justificados, demonstrando assim que o método do Azul de Metileno deve ser considerado como indicador secundário.

Palavras-Chave: Contaminação da Água; Indicador Secundário; Matéria Orgânica;

ABSTRACT

One of the biggest environmental challenges is to keep the reserves of our planet's water quality. This fact is mainly due to the use of water for urban sprawl and a varied set of economic activities. In this perspective, they become necessary appropriate knowledge of the self-depuration potential of the water resources and the proper preservation of water springs, establishing an austere control regarding the quantity and quality of water, ensuring the supply of mankind and other living beings for their basic needs. The water pollution caused by human actions, through the introduction of inorganic or organic substances, ends up generating harmful effects such as: human health risk; damage to living things; and prejudice to the quality of water for use in your commercial activities. The preservation of the environment and especially the quality of the water available is essential for the continuation of life on our planet. Sometimes, the use of products to identify possible contamination has high cost. However, the use of methylene blue (MB) which presents the function of reductant agent interacting with organic matter, is shown to be simple and effective at a more affordable price. The present work uses simple methods and of low cost, for verification of the quality of the water, through the oxidation of the indicator. The results obtained in the analyses confirm that the used color presents reaction with the present organic matter in the course of water that is being studied, tends in some of the collections almost 100% of reduction of the coloration and of the concentration of blue of methylene of the brackets, this way that supposes that there is contamination in the quality of the water of Sanga of Brandina. With the aid of the quality parameters the acquired data in the accomplished methods could be justified, demonstrating the method of the Blue of Methileno as soon as should be considered as secondary indicator.

Keywords: Contamination of the Water; Secondary Indicator; Organic Matter;

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura molecular do Azul de Metileno.....	25
Figura 2 - Mecanismo de oxidação (desmetilação) do Azul de Metileno.....	26
Figura 3 - Bacias hidrográficas que contém porções no município de Caçapava do Sul.....	28
Figura 4 – Sanga da Brandina localizada nas proximidades da área urbana de Caçapava do Sul.....	29
Figura 5 - Precipitação da cidade de Caçapava do Sul no ano de 2018 até dia 22/11/2018.....	30
Figura 6 - Aferição da temperatura das amostras por termometria.....	32
Figura 7 - Pontos de coleta.....	33
Figura 8 - Amostras antes da adição do reagente (AM).....	34
Figura 9 - Escala de cores para índice de poluição nas amostras com Azul de Metileno.....	35
Figura 10 - Curva de Calibração do AM.....	36
Figura 11 - Amostra controle com água destilada de Mili-Q.....	37
Figura 12 – Amostras após a adição do AM (Dia 1).....	38
Figura 13 - Amostras após 48 h (Dia 3).....	38
Figura 14 - Amostras após 168 h (Dia 8).....	38
Figura 15 - Amostras após 336 h (Dia 15).....	38
Figura 16 – Amostras após a adição do AM (Dia 1).....	39
Figura 17 - Amostras após 48 h (Dia 3).....	39
Figura 18 - Amostras após 168 h (Dia 8).....	39
Figura 19 - Amostras após 336 h (Dia 15).....	39
Figura 20 - Amostras após a adição do AM (Dia 1).....	40
Figura 21 - Amostras após 48 h (Dia 3).....	40
Figura 22 - Amostras após 168 h (Dia 8).....	40
Figura 23 - Amostras após 336 h (Dia 15).....	40
Figura 24 - Amostras após a adição do AM (Dia 1).....	41
Figura 25 - Amostras após 48 h (Dia 3).....	41
Figura 26 - Amostras após 168 h (Dia 8).....	41
Figura 27 - Amostras após 336 h (Dia 15).....	41

Figura 28 - Proporção da reação azul de metileno com as amostras da 1ª coleta com a passagem do tempo.	43
Figura 29 - Percentuais de redução do AM no primeiro e no último dia de análise (Coleta 1).	44
Figura 30 - Proporção da reação azul de metileno com as amostras da 2ª coleta com a passagem do tempo.	45
Figura 31 - Percentuais de redução do AM no primeiro e no último dia de análise (Coleta 2).	46
Figura 32 - Proporção da reação azul de metileno com as amostras da 3ª coleta com a passagem do tempo.	48
Figura 33 - Percentuais de redução do AM no primeiro e no último dia de análise (Coleta 3).	49
Figura 34 - Proporção da reação azul de metileno com as amostras da 4ª coleta com a passagem do tempo.	50
Figura 35 - Percentuais de redução do AM no primeiro e no último dia de análise (Coleta 4).	51
Figura 36 - Amostras da 3ª coleta após 168 horas no método espectrofotométrico.	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação das águas.....	27
Tabela 2 – Dados Climatológicos registrados e previstos para Caçapava do Sul em 2018.	31
Tabela 3 - Coordenadas dos pontos de coleta.....	29

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Dados das concentrações das amostras da 1ª coleta com AM ao longo do tempo.....	42
Quadro 2 - Dados das concentrações das amostras da 2ª coleta com AM ao longo do tempo.....	45
Quadro 3 - Dados das concentrações das amostras da 3ª coleta com AM ao longo do tempo.....	47
Quadro 4 - Dados das concentrações das amostras da 4ª coleta com AM ao longo do tempo.....	50
Quadro 5 - Dados de Temperatura da água das amostras em todas as coletas (°C).	52
Quadro 6 - Dados de Temperatura do Ar nos pontos amostrados em todas as coletas (°C).	52
Quadro 7 - Dados de pH das amostras.	53
Quadro 8 - Dados de Condutividade Elétrica em (µS/cm).	53
Quadro 9 - Dados de Turbidez das amostras.	54

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA – Agência Nacional das Águas;

AM – Azul de Metileno;

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental;

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente;

IAP – Índice de Qualidade da Água Bruta para fins de Abastecimento Público;

IB – Índice de Balneabilidade;

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;

ICT – Índice de Contaminação por Tóxicos;

IET – Índice de Estado Trófico;

IQA - Índice de Qualidade das Águas;

IVA – Índice de Qualidade de Água para a Proteção da Vida Aquática;

LEPOL - Laboratório de Espectroscopia e Polímeros;

NTU - Unidade Nefelométrica de Turbidez;

pH – Potencial Hidrogeniônico;

SEMA – Secretaria de Estado do Meio Ambiente;

UFES – Universidade Federal de Santa Maria;

UNIPAMPA – Universidade Federal do Pampa;

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	17
1.1 JUSTIFICATIVA	19
1.2 OBJETIVO.....	19
1.2.1 Objetivo geral:.....	19
1.2.2 Objetivos específicos:.....	19
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
2.1 Poluição Hídrica	20
2.2 Caracterização de Qualidade de Água	20
2.2.1 Indicadores de Qualidade	21
2.2.2 Parâmetros Indicadores da Qualidade da Água	21
2.2.2.1 Potencial hidrogeniônico - pH	22
2.2.2.2 Matéria Orgânica.....	22
2.2.2.3 Temperatura da água.....	22
2.2.2.4 Condutividade Elétrica	23
2.2.2.5 Turbidez	24
2.3 Método do Azul de Metileno.....	24
2.4 Legislação	26
3. MATERIAIS E MÉTODOS	27
3.1. Caracterização da área de estudo	27
3.1.1. Clima	30
3.2 Coletas e Preservação das Amostras de Água	31
3.3 Análises Laboratoriais	33
3.3.1 Metodologias analíticas aplicadas	34
3.3.2 Acompanhamento da perda de coloração	35
3.3.3 Análises espectrofotométricas.....	36
4. RESULTADOS e DISCUSSÃO	37
4.1 Acompanhamento da perda de coloração.....	37
4.1.1- Primeira Coleta.....	37
4.1.2 Segunda Coleta.....	39
4.1.3 Terceira Coleta	40
4.1.4 Quarta Coleta	41
4.2 Análises espectrofotométricas.....	42

4.2.1- Primeira Coleta	42
4.2.2 Segunda Coleta	44
4.2.3 Terceira Coleta.....	46
4.2.4 Quarta Coleta.....	49
4.3 Parâmetros de Qualidade	52
4.3.1 Temperatura.....	52
4.3.2 Potencial Hidrogeniônico.....	53
4.3.3 Condutividade Elétrica	53
4.3.4 Turbidez	54
4.4 Comparação dos métodos.....	55
5. CONCLUSÃO.....	56
6. RECOMENDAÇÃO	57
8. REFERÊNCIAS.....	58

1. INTRODUÇÃO

A água é um dos recursos mais utilizados pelos seres vivos. É fundamental para a existência e manutenção da vida e, para isso, deve estar presente no ambiente em quantidade e qualidade apropriadas (Braga et al., 2005). Um grande desafio ambiental é manter as reservas de água do nosso planeta com qualidade. Este fato se deve particularmente a utilização da água para diversas atividades econômicas e a expansão urbana.

Os maiores desafios encarados pelos seres humanos no decorrer de sua evolução histórica e social, sempre requereram o uso crescente de água de boa qualidade. O aumento no consumo de água, seu desperdício, contaminação, poluição e a conseqüente alteração de sua qualidade, é equivalente ao crescimento populacional, principalmente no meio urbano, onde há grande saturação demográfica, gerando impactos gradativamente maiores ao meio hídrico (BATALHA, 1980). Desse modo, tornam-se necessários conhecimentos apropriados das potencialidades de autodepuração dos recursos hídricos e a adequada conservação dos mananciais, estabelecendo-se um austero controle a respeito da qualidade e quantidade da água, assegurando o abastecimento da humanidade e dos demais seres vivos para suas necessidades básicas (BATALHA e PARLATORRE, 1997).

Os ecossistemas aquáticos acabam que inevitavelmente, servindo como reservatórios finais ou temporários de grande variedade e quantidade de poluentes jogados no solo, no ar ou de modo direto nos corpos de água. Deste modo, a poluição do ambiente aquático, provocada por ações antrópicas, de uma forma direta ou indireta, por meio da introdução de substâncias inorgânicas ou orgânicas, gera efeitos deletérios tais como: risco à saúde humana; dano aos seres vivos; conseqüências negativas as práticas aquáticas (pesca, lazer, etc.) e prejuízo à qualidade da água referente a sua utilização na indústria, agricultura e outras atividades econômicas (MEYBECK e HELMER, 1992).

O lançamento de resíduos líquidos e sólidos em rios, lagos e represas, a destruição das áreas alagadas e da mata ciliar tem produzido continua e sistemática deterioração e perdas extremamente elevadas em quantidades e qualidade da água. (TUNDISI, 2003). Segundo a Agência Nacional de águas (ANA) é estimado que 97,5% da água existente no planeta não é apropriada para consumo nem para a agricultura por apresentarem alto teor de sais. Assim, somente os 2,5% são de água doce.

Entretanto, 69% destes estão nas geleiras e 30% são águas subterrâneas restando somente 1% de água doce de fácil acesso, ditas águas superficiais. As águas superficiais são geradas a partir de precipitações ou pelo afloramento de águas subterrâneas que escoam pelo solo e formam os rios, lagos, etc.

O dispêndio do tratamento de água para abastecimento público e a recuperação de águas superficiais são altos, o que salienta a importância da preservação e cuidados sobre os métodos de uso, tanto da própria água como também dos recursos naturais em geral (TUNDISI, 2003). O descaso e a negligência pela água e, por conseguinte o mau uso dos recursos naturais são contratempos que devem ser resolvidos (POLETO, 2003).

O emprego de produtos para a identificação de possíveis contaminações, por vezes, possui custo elevado. Contudo, o uso de Azul de Metileno (AM) mostra-se eficaz a um preço mais acessível. Através da decomposição anaeróbica de substâncias orgânicas, o azul de Metileno na qualidade de agente redutor perde a sua coloração, indicando o grau de poluição por material orgânico do corpo d'água em questão (TROPPIAIR, 1988).

A pesquisa sobre o AM e sua capacidade de agir como indicador da qualidade hídrica em rios e córregos no que se refere à poluição por material orgânico se desenvolveu através da observação dos elementos e a experimentação, deve oferecer confiabilidade aos resultados (MONTEIRO, Adriano et al, 2009).

A metodologia proposta por Troppmair (1988) propõe o uso do Azul de Metileno como indicador de poluição de rios e córregos em áreas urbanas em que há a possibilidade de monitoramento constante destas águas. Este método apresenta uma maneira simples para verificar a quantidade de matéria orgânica proveniente de esgotos domésticos contida no fluxo d'água. O alto índice de matéria orgânica em lâminas de água desencadeia um processo de eutrofização, processo este que caracteriza estes ecossistemas estáticos, sem vida.

1.1 JUSTIFICATIVA

A preservação do meio ambiente e principalmente a qualidade da água disponível é indispensável para a sequência da vida no nosso planeta. Deste modo, o monitoramento da carga orgânica poluidora em corpos d'água, dispondo o corante azul de metileno como indicador da presença destas espécies se mostra um método simples, de baixo custo e que permite um monitoramento constante do corpo hídrico estudado. A sanga da Brandina por estar localizada próximo a zona urbana de Caçapava do Sul e por ser utilizada para um conjunto variado de atividades como dessedentação de animais, turismo, entre outros, sugere o monitoramento da qualidade desse meio hídrico. Se enquadrando assim na categoria de águas doces classe 3 da Resolução do CONAMA 357.

1.2 OBJETIVO

1.2.1 Objetivo geral:

O trabalho em questão tem como principal objetivo a avaliação da eficiência do Azul de Metileno como possível indicador primário ou secundário da qualidade da água da Sanga da Brandina em Caçapava do Sul.

1.2.2 Objetivos específicos:

Com o intuito de auxiliar o objetivo geral, são propostos os seguintes objetivos específicos:

- (i) comparar os resultados do método visual do AM com os de espectrofotometria;
- (ii) identificar a qualidade hídrica através dos parâmetros de qualidade de água;
- (iii) enquadrar o corpo hídrico conforme a Legislação vigente.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Poluição Hídrica

A poluição de corpos hídricos é um dos grandes problemas ambientais em todo o mundo, ocasionando efeitos deletérios para a saúde ambiental e é um obstáculo na manutenção das premissas básicas de qualidade d'água para seus mais variados usos. A origem deste tipo de poluição vem principalmente no lançamento de esgotos domésticos e industriais, do mesmo modo que pode ser causada por detritos do solo que são agregados a água ao longo do escoamento superficial e por infiltrações naturais de nascentes implícitas a solos contaminados. Por conta destes lançamentos, podem ocorrer complicações na saúde da população, propiciados por ingestão de alimentos oriundos das águas contaminadas e pelo contato direto com elas, que pode difundir agentes nocivos químicos ou biológicos (LEITE,2004).

A poluição hídrica de máxima representatividade em volume e carga é de natureza orgânica, principalmente por estar adjunta ao arranjo dos esgotos caseiros. Este problema já está torneado em países com nível de desenvolvimento alto, mas ainda compõe o principal impacto de qualidade ambiental no Brasil, que conta com infraestrutura incerta de coleta e tratamento de esgotos domésticos em toda a comarca nacional. Durante o método de estabilização da matéria orgânica presente na água do corpo receptor, incide o consumo de oxigênio dissolvido por meio do metabolismo dos microrganismos decompositores, induzindo muitas vezes a diminuição deste elemento primordial para toda vida aquática (LEITE,2004).

2.2 Caracterização de Qualidade de Água

A utilização de indicadores de qualidade de água consiste no emprego de variáveis que se associam com as alterações ocorridas em uma microbacia, sejam estas de origem antrópica ou natural (TOLEDO et al. 2002).

As interações entre as diversas variáveis mensuradas numa amostra de água constituem no ponto de partida para avaliação da qualidade da água, desde que estas interações sejam obtidas de uma distribuição amostral no espaço e no tempo das variáveis do sistema a ser estudado (Harmancioglu et al., 1998).

Para uma interpretação ecológica da qualidade das águas superficiais e/ou para estabelecer um sistema de monitoramento, é necessário a utilização de métodos

simples e que provenham informações objetivas e interpretáveis, partindo para critérios próprios que considerem as características peculiares dos recursos hídricos (Pineda & Schäfer, 1987).

Várias técnicas para elaboração de índice de qualidade de água têm sido usadas baseadas em características físico-químicas da água, além de índices baseados em características biológicas, comumente associados ao estado trófico dos rios (Harmancioglu et al., 1998).

2.2.1 Indicadores de Qualidade

Os índices e os indicadores ambientais surgiram como decorrência da preocupação social com os aspectos ambientais do desenvolvimento, processo esse que carece de muitas informações em graus de complexidade cada vez mais elevados. Ou seja, os indicadores se tornaram de extrema importância no processo decisório das políticas públicas e no acompanhamento de seus efeitos (CETESB, 2008).

Segundo o Portal da Qualidade das Águas (PNQA) os índices simplificam o diálogo com o público leigo, já que possibilitam resumir várias informações em um número único. Entretanto, neste processo de síntese ocorre a perda de informação referente ao comportamento dos parâmetros analisados. Deste modo, qualquer análise mais aprofundada deve considerar os parâmetros individuais que definem a qualidade das águas.

2.2.2 Parâmetros Indicadores da Qualidade da Água

A água, devido às suas propriedades de solvente e à sua habilidade de transportar partículas, incorpora a si diversas impurezas, que definirão sua qualidade. Esta qualidade é resultante de fenômenos naturais e da ação antrópica. Comumente, pode-se dizer que a qualidade de uma água é função das condições naturais e da interferência dos seres humanos. A qualidade da água pode ser representada através de diversos parâmetros, que traduzem as suas principais características físicas, químicas e biológicas (Sperling, 2005).

Alguns dos principais parâmetros indicadores de qualidade da água que serão avaliados neste trabalho são: potencial hidrogeniônico – pH, matéria orgânica, temperatura, condutividade e turbidez.

2.2.2.1 Potencial hidrogeniônico - pH

O Potencial Hidrogeniônico, ou simplesmente pH, demonstra a concentração de íons hidrogênio, dando uma indicação sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. É um parâmetro da qualidade da água de excepcional importância, podendo ser resultado de fatores naturais e antrópicos. No processo de tratamento da água, o pH tem grande importância devido à sua influência nas etapas de coagulação, floculação e no controle da desinfecção. A escala que é comumente utilizada é de 0 a 14, sendo que abaixo de 7 a água é considerada ácida, acima de 7 é considerada alcalina, e igual a 7 é neutra. Sendo frequentemente usado como parâmetro para caracterização de águas de abastecimento brutas e tratadas, controle da operação de estações de tratamento de água e esgotos (Sperling, 2005). A Resolução 357 do CONAMA estabelece que para a proteção da vida aquática o pH deve estar sempre entre 6,0 e 9,0.

O pH é muito influenciado pela quantidade de matéria morta a ser decomposta, sendo que quanto maior a quantidade de matéria orgânica disponível, menor o pH, pois para haver decomposição desse material muitos ácidos são produzidos (ESTEVES, 1998).

2.2.2.2 Matéria Orgânica

A matéria orgânica existente nos corpos d'água e nos esgotos é um parâmetro de extrema importância, sendo o fator determinante do principal problema de poluição das águas: o consumo do oxigênio dissolvido pelos microrganismos nos seus procedimentos metabólicos de utilização e estabilização da matéria orgânica. Os principais componentes orgânicos são compostos de proteína, os carboidratos, a gordura e os óleos, além da uréia, surfactantes, fenóis, pesticidas e outros em quantidade menor (Sperling, 2005). Além de que, existe grande dificuldade na determinação laboratorial dos múltiplos componentes na matéria orgânica presente nas águas residuárias, face à variedade de formas e compostos em que esta pode ser apresentada. Em vista disso, métodos indiretos são utilizados usualmente para a quantificação da matéria orgânica, ou do seu potencial poluidor (Sperling, 2005).

2.2.2.3 Temperatura da água

A temperatura é representada pela medida da intensidade de calor, dada pela transferência de calor por radiação, condução ou convecção. É um parâmetro físico

com grande importância na ótica ambiental, pois conforme aumenta, acelera a velocidade de reações químicas (com exceção daquelas em que cause alterações nos catalisadores ou nos reagentes) e, além disso, exerce influência direta sobre outros parâmetros físico-químicos como a tensão superficial e a viscosidade. Segundo Von Sperling (2005), a temperatura da superfície é influenciada pela estação do ano, circulação do ar, hora do dia, cobertura de nuvens, profundidade do corpo d'água, vazão, latitude e altitude.

A temperatura da água exerce influência direta sobre os organismos aquáticos e nos demais parâmetros analisados. Nos peixes este parâmetro atua diretamente em seu metabolismo (respiração, circulação, digestão, reprodução, órgãos sensoriais, produção de hormônios e de anticorpos) e também na disponibilidade de oxigênio na água. Portanto, tem um papel extremamente importante no equilíbrio do sistema aquático (ESTEVES, 1998).

A temperatura da água sofre influência da temperatura do ar, em que as variações desta, implicam nas variações da temperatura da água, com menor intensidade (Palma-Silva, 1999).

2.2.2.4 Condutividade Elétrica

Os sais dissolvidos e ionizados presentes na água transformam-na num eletrólito capaz de conduzir corrente elétrica (SANTOS, 1997)

A condutividade elétrica (condutância) é um termo numérico da capacidade de uma água em conduzir a corrente elétrica. A condutância da água depende da temperatura e de suas concentrações iônicas. A condutividade elétrica fornece uma boa indicação das modificações na composição de uma água, especialmente na sua concentração mineral, mas não fornece nenhuma indicação das quantidades relativas dos vários componentes. À medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, a condutância específica da água aumenta. Considerando-se que a capacidade de uma solução em conduzir corrente elétrica é função da concentração dos íons presentes, é de se esperar que em soluções de maior concentração iônica, maior será a condutividade elétrica (ESTEVES, 1998).

Segundo Barbosa (1981), em regiões tropicais, os valores de condutividade elétrica nos ambientes aquáticos estão mais pertinentes com as características geoquímicas da região onde se encontram e com as condições climáticas (estação

seca e chuvosa), de que com o estado trófico. Pode-se averiguar o acontecimento de teores elevados de condutividade elétrica no período seco, quando a água da chuva não exerce o efeito diluidor (Sperling, 2004).

2.2.2.5 Turbidez

Segundo Von Sperling (2005) a turbidez representa o grau de interferência com a passagem da luz através da água, concedendo uma aparência turva à mesma. Podendo ser originada naturalmente por meio de partículas de rocha, argila e silte, algas e outros microrganismos. Essa origem não traz inconvenientes sanitários diretos, porém, é esteticamente desagradável na água potável, e os sólidos em suspensão podem servir de abrigo para microrganismos patogênicos. A turbidez também pode ter origens antropogênicas sendo associada a compostos tóxicos e organismos patogênicos, que pode ser estabelecida através da erosão, despejos domésticos e industriais. Esse parâmetro é utilizado com frequência na caracterização de águas de abastecimento brutas e tratadas e controle da operação das estações de tratamento de água.

A turbidez é vista como um parâmetro de qualidade da água importante, uma vez que pode influenciar nas comunidades biológicas aquáticas e, ainda, afetar o uso doméstico e industrial de um corpo d'água. O aumento da turbidez diminui a penetração da luz, causando a redução da fotossíntese e, conseqüentemente, gerando impactos significativos à vegetação submersa (CETESB, 2008).

2.3 Método do Azul de Metileno

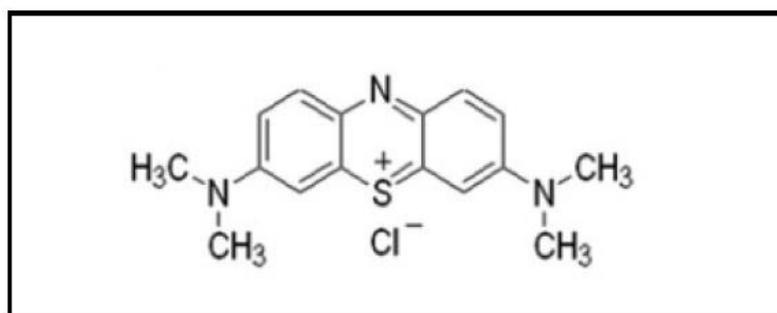
Segundo Troppmair (1988), através do processo de oxidação do Azul de Metileno pode-se verificar o índice de poluição de um meio aquoso no que se refere ao excesso de matéria orgânica presente na água. O método relata que a “decomposição de substâncias orgânicas é feita por processos de redução”, portanto, o azul de metileno se oxida ao doar elétrons para as reações químicas promovidas por bactérias decompositoras que estão “retirando” o presente oxigênio das amostras de água ao decompor o material orgânico existente.

O AM é um corante aromático heterocíclico que pertence à classe dos fenotiazínicos de baixa toxicidade, solúvel tanto em água quanto em etanol (LIMA, 2007). Este corante é muito empregado devido a uma ampla variedade de aplicações

e ser de baixo custo. Além de que, este composto tem rendimento quântico de produção de oxigênio singlete da ordem de 0,5 e baixo potencial de redução (REDMOND, 1999). O AM é transportador de carga positiva, apresenta absorvância máxima no comprimento de onda de 664 nm para a solução aquosa, elevado tempo de meia-vida, baixa fluorescência e a aptidão de formar agregados de acordo com as condições do meio. A formação de agregados modifica a quantidade de oxigênio singlete produzida na presença de um estímulo luminoso diminuindo a fluorescência (WAINWRIGHT et al., 1997; FALJONI– ALÁRIO, 2003; SEVERINO et al., 2003).

A ocorrência de agregação pode ser diminuída pela incorporação na estrutura de substituintes carregados negativa ou positivamente, em virtude da repulsão eletrostática, tendo a hidroflicidade do corante aumentada (MACHADO, 2000, SEVERINO et al., 2003. A Figura 1 mostra a estrutura molecular do Azul de Metileno.

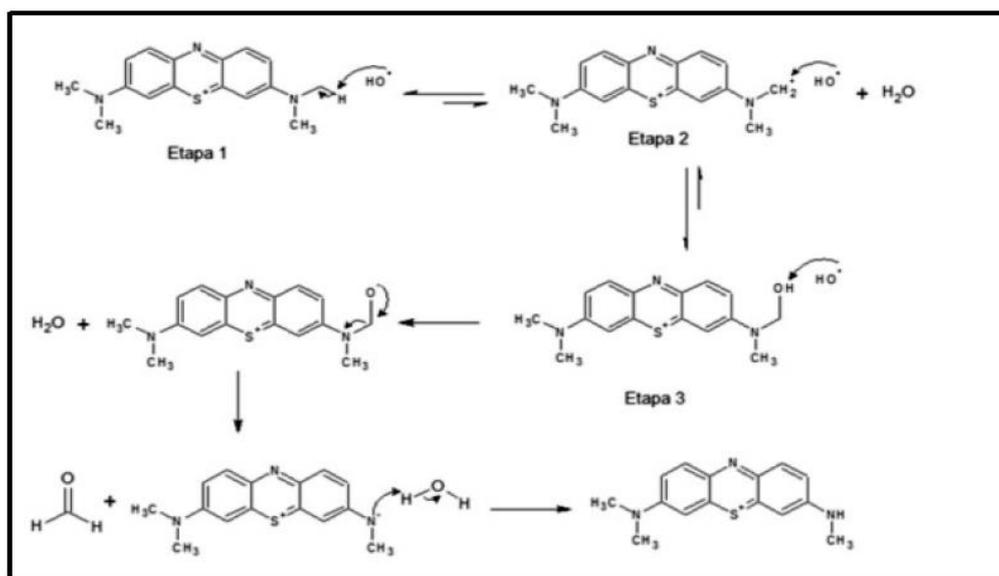
Figura 1- Estrutura molecular do Azul de Metileno.



Fonte: SERAFIM, J. A., et al. Quim. Nova, Vol. 37, No. 7, S1, 2014

A oxidação da molécula do Azul de Metileno causa a desmetilação pelo radical OH^\cdot . O mecanismo de oxidação do AM é denotado, segundo Serafim et al. (2014), onde ocorre a desprotonação de uma metila, unida ao nitrogênio ramificado do anel, pelo radical hidroxila. Graças ao elétron desemparelhado do radical OH^\cdot e da estrutura do corante, acontece a sobreposição dos orbitais dos dois radicais. Deste modo, o grupamento hidroxila sofre oxidação pelo radical OH^\cdot , despreendendo uma metila do anel em forma de aldeído. O processo de desmetilação ocorre até a remoção dos quatro grupamentos metilas da estrutura, adotando o mesmo mecanismo de reação conforme está apresentada na Figura 2.

Figura 2 - Mecanismo de oxidação (desmetilação) do Azul de Metileno.



Fonte: SERAFIM, J.A., et al, Química Nova, Vol. 37, No. 7, 2014

A oxidação do AM é observada pela redução da intensidade de coloração da solução e pode ser acompanhada pela medida espectrofotométrica da diminuição da absorvância em comprimento de onda de 664nm.

Portanto, neste trabalho foi feito o monitoramento (agosto/2018 a novembro/2018) da qualidade da água, da sanga da Brandina do município de Caçapava do Sul, pela avaliação visual da perda de coloração do corante (TROPMAIR, 1988), por espectrofotometria, no UV-vis, da oxidação do azul de metileno e pelos parâmetros físico-químicos apresentados anteriormente.

2.4 Legislação

A Constituição de 1988 instituiu a implantação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Em recepção a este princípio constitucional, foi anunciada a Lei nº 9.433, em 9/1/1997, que estabeleceu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Braga et al., 2005). São objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos garantir a imprescindível disponibilidade de água, o uso racional e integrado dos recursos e a prevenção e a defesa contra possíveis eventos hidrológicos críticos (Braga et al., 2005).

A resolução CONAMA nº 357 de 2005, “dispõe sobre a classificação dos corpos de água e as diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e os padrões de lançamento de efluentes”.

De acordo com conceituação adotada pela Resolução CONAMA nº 357 de 2005 (CAPÍTULO II, Artigo 4º), onde os corpos hídricos são distribuídos em Águas Doces, Salinas e Salobras, com suas respectivas classificações. Como mostrado na tabela 1.

Tabela 1 - Classificação das águas

Tipos de água	Classes
Águas Doces	Especial, 1, 2, 3 e 4.
Águas Salinas	Especial, 1, 2, 3.
Águas Salobras	Especial, 1, 2, 3.

Fonte: Autor, modificado da Resolução CONAMA nº357/5

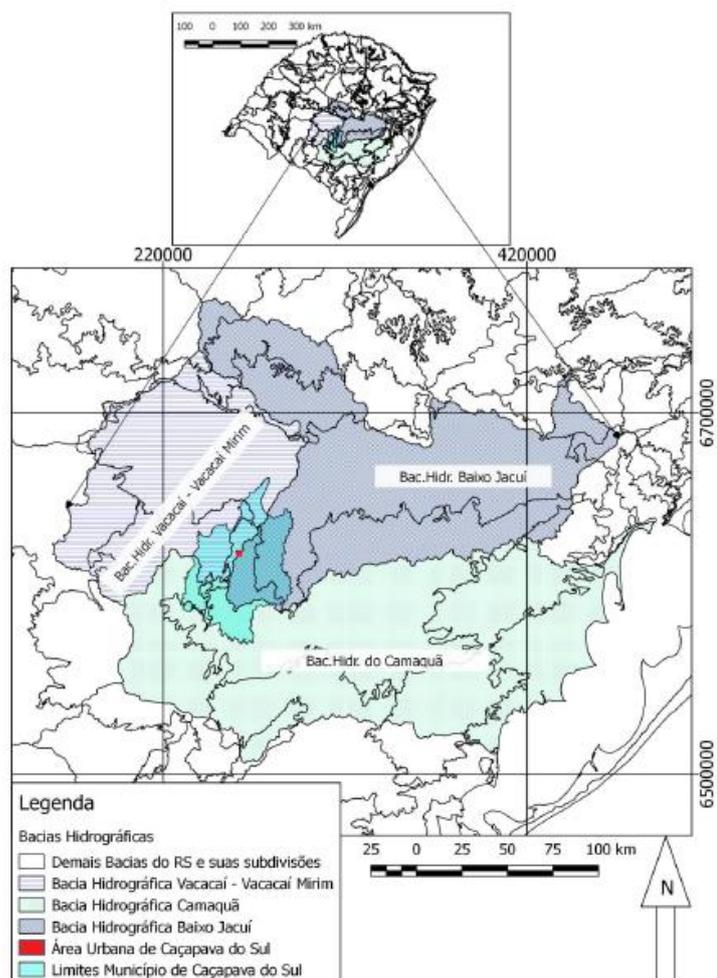
Segundo a mesma resolução no (Capítulo II, Artigo 16º, tópicos I e n) se referem as condições exigidas de turbidez e pH para águas doces de classe 3. Sendo que a turbidez permitida é de até 100 unidades nefelométricas de turbidez (UNT ou NTU) e a faixa de pH exigida é entre 6,0 a 9,0.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área de estudo

O município de Caçapava do Sul está situado na região central do estado do Rio Grande do Sul, e está aproximadamente 253 km de distância de Porto Alegre, capital do estado. Caçapava do Sul faz fronteira, a oeste, o município de Lavras do Sul; a leste, o município de Santana da Boa Vista; a norte, os municípios de Cachoeira do Sul e São Sepé; e a sul, o município de Bagé, com área de aproximadamente 3.047,113 km² (IBGE, 2016), compreendendo as bacias hidrográficas (Figura 3) do rio Camaquã, Baixo Jacuí e Vacacaí-Vacacaí Mirim (SEMA, 2007).

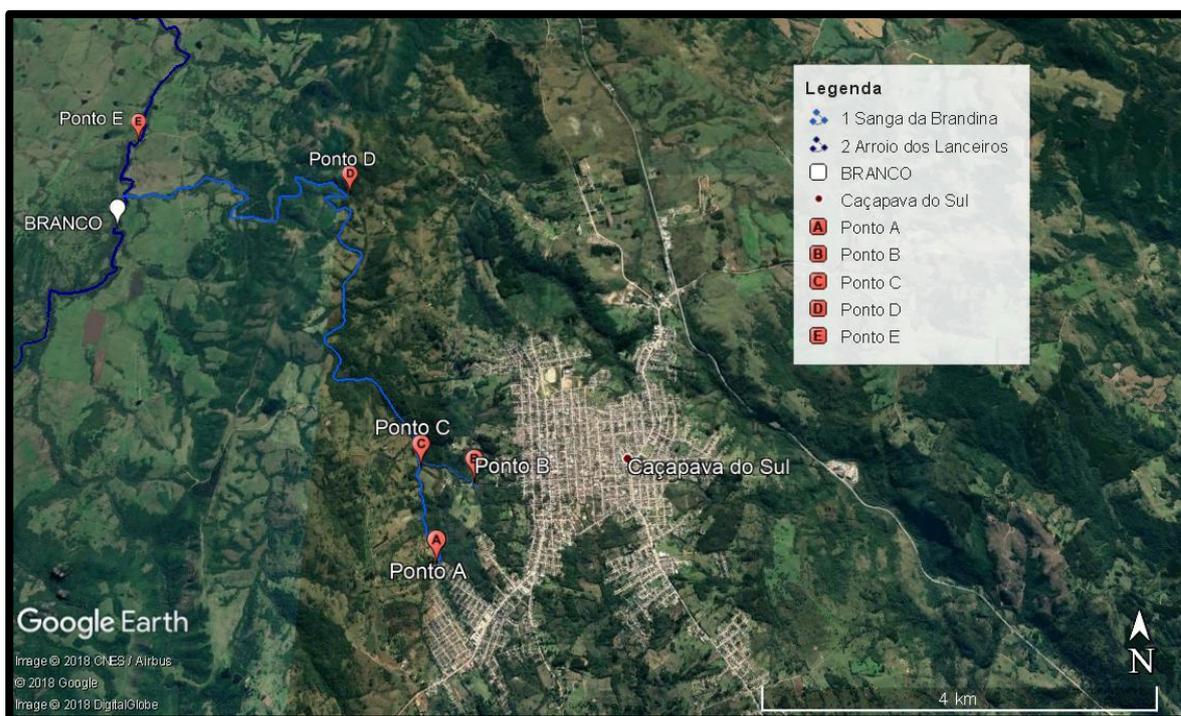
Figura 3 - Bacias hidrográficas que contém porções no município de Caçapava do Sul.



Fonte: Adaptado de TELLES, 2016

O município conta com uma população cerca de 34.634 habitantes e economia baseada no setor primário, na agricultura, pecuária e mineração (IBGE, 2016). O pequeno riacho estudado permeia a zona urbana de Caçapava do Sul e é utilizado em alguns pontos para dessedentação de animais e em outros para turismo e lazer. Desembocando por fim no arroio dos Lanceiros, como mostra a figura 4.

Figura 4 – Sanga da Brandina localizada nas proximidades da área urbana de Caçapava do Sul.



Fonte: Adaptado do Google Earth, 2018

Para o gerenciamento dos pontos de coleta utilizou-se o GPS (eTrex Vista HCx | Garmin) para a obtenção das coordenadas mostradas na tabela 2.

Tabela 2 - Coordenadas dos pontos de coleta

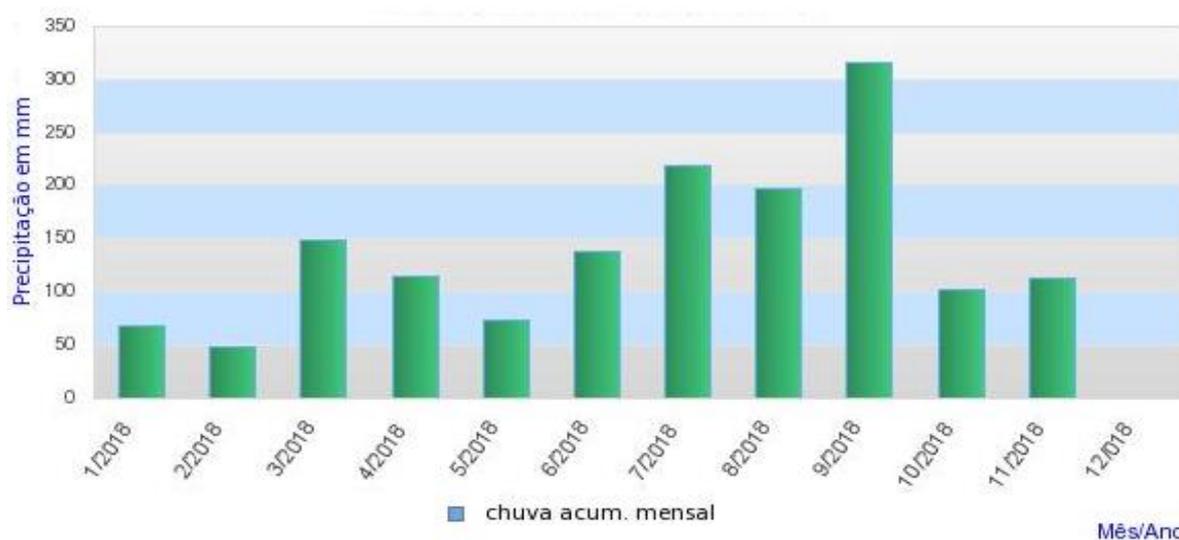
PONTOS	COORDENADAS UTM (22J)	
	LATITUDE	LONGITUDE
Branco	6624409.00 m S	255543.00 m E
PA	6620428.00 m S	259734.00 m E
PB	6621302.00 m S	260072.00 m E
PC	6621474.00 m S	259477.00 m E
PD	6624892.00 m S	258311.00 m E
PE	6625637.00 m S	255567.00 m E

Fonte: Autor, adaptado do Google Earth, 2018

3.1.1. Clima

Os dados climáticos expostos na Figura 5, se referem à estação de monitoramento climático situada no município de Caçapava do Sul, os dados correspondem a precipitação acumulada no período compreendido do início de 2018 até a data de 22 de novembro do mesmo ano (INMET).

Figura 5 - Precipitação pluviométrica da cidade de Caçapava do Sul no ano de 2018 até dia 22/11/2018.



Fonte: INMET, 2018

A precipitação pluviométrica em Caçapava do Sul teve no mês setembro, o maior índice de chuva acumulada, ultrapassando 300 mm de chuva acumulada neste período. O mês que teve o menor índice de chuva acumulada foi fevereiro com apenas 50 mm de precipitação.

Tabela 2 mostra os dados climatológicos das médias das temperaturas de Caçapava do Sul que foram previstos para o ano de 2018, onde observa-se que a temperatura média máxima foi registrada no mês de janeiro (30 °C) e a temperatura média mínima no mês de julho (7 °C). A temperatura média, no período analisado, que corresponde aos meses de agosto, setembro, outubro e novembro, foi de aproximadamente 17,0 °C.

Tabela 3 – Dados Climatológicos registrados e previstos para Caçapava do Sul em 2018.

Mês	Médias	
	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Mínima (°C)
Janeiro	30	18
Fevereiro	29	18
Março	28	15
Abril	25	12
Mai	21	9
Junho	18	8
Julho	17	7
Agosto	19	8
Setembro	21	9
Outubro	24	11
Novembro	28	13
Dezembro	29	16

Fonte: Autor, modificado do Weather Spark

3.2 Coletas e Preservação das Amostras de Água

As amostras foram coletadas em quatro pontos diferentes da sanga, levando em conta a proximidade com a zona urbana e os locais onde ocorrem atividades agropecuárias, e em outros dois pontos localizados no Arroio dos Lanceiros. Sendo um desses pontos, considerado como Branco, pois ele está localizado antes do desague da Sanga da Brandina, servindo como base para a verificação das condições aparentemente naturais da região hídrica de Caçapava do Sul.

Em cada ponto foram coletados 1000 ml de amostra de água. Tendo as coletas efetuadas durante o período de agosto/2018 a novembro/2018.

No momento das coletas foram tomados os valores dos parâmetros:

- I. Temperatura da água
- II. Temperatura do ar

Esses valores sendo providos por meio do método de termometria (Figura 6).

Figura 6 - Aferição da temperatura das amostras por termometria.



Fonte: Autor, 2018.

Os parâmetros foram avaliados respeitando-se a temperatura apropriada para a preservação das amostras e o tempo limite para cada análise. A Figura 7 apresenta imagens de cada um dos seis pontos de coleta das amostras.

Figura 7 - Pontos de coleta.



Fonte: Autor, 2018.

3.3 Análises Laboratoriais

Os reagentes que foram utilizados neste trabalho são: azul de metileno e álcool etílico absoluto, ambos em grau analítico e água ultrapura. Todas as amostras foram analisadas em menos de seis horas após as coletas, como forma de preservar a fidelidade de seus indicadores de qualidade. Além do método do Azul de metileno foram tomados os parâmetros da água em laboratório: Condutividade elétrica, pH e Turbidez.

Sendo utilizado o peagâmetro (modelo HI 2221 Calibration Check pH/ORP Meter da marca Hanna) para a medição do pH, um condutímetro (modelo CG1800 da marca Gehaka) para aferição da condutividade e a turbidez foi medida por meio do turbidímetro (modelo HI 93703 da marca Hanna).

3.3.1 Metodologias analíticas aplicadas

A metodologia empregada para verificar a contaminação e aferir a carga orgânica poluidora da sanga da Brandina é proposta por Troppmair (1988). As amostras coletadas foram prontamente refrigeradas e transportadas para o laboratório. Cada amostra foi separada em 2 frascos de 60 mL (Figura 8), para adição do corante de azul de metileno da solução de concentração de $1,388 \times 10^{-3}$ mol/L. Após 15 minutos de repouso em temperatura ambiente, foram realizadas as primeiras análises espectroscópicas. A metodologia proposta sugere análises periódicas a cada 24 horas, totalizando 120 horas. Entretanto nos procedimentos realizados não foi possível observar mudança de coloração do AM neste período. Desta forma, foi necessário um tempo maior de análise, sendo 336 horas para o método de perda de coloração e 168 horas para o método de espectrofotometria. Todos os frascos contendo as amostras e o AM foram vedados e guardados ao abrigo da luz. A amostra de controle (referência) é composta por água ultrapura (Milli-Q doada pelo Laboratório de Espectroscopia e Polímeros- LEPOL da universidade Federal de Santa Maria- UFSM) mais o Azul de Metileno. Todas as análises foram feitas em triplicata e realizadas no laboratório de química da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA).

Figura 8 - Amostras antes da adição do reagente (AM).



Fonte: Autor, 2018.

3.3.2 Acompanhamento da perda de coloração

Para acompanhar a perda de coloração do azul de metileno, pela sua oxidação, seguimos a seguinte metodologia:

- Adição de 1250 μ L de Azul de metileno em seringas de 60ml contendo amostras de água.
- Amostras guardadas em um local fechado ao abrigo da luz.
- Acompanhamento feito em intervalos regulares a cada 24 horas, totalizando 336 horas.

A escala em tons de azul (Figura 9) foi elaborada por (MONTEIRO, Adriano et al, 2009), servindo como base para análises do índice de poluição da água de córregos através da técnica do Azul de Metileno.

Figura 9 - Escala de cores para índice de poluição nas amostras com Azul de Metileno

ESCALA	Índice de poluição da água
	ÁGUA LIMPA
	BAIXA
	MÉDIA
	ALTA
	MÁXIMA

Fonte: MONTEIRO, Adriano, 2009

Os resultados são obtidos de acordo com a descoloração da amostra, se esta permanecer inalterada (azul escura), por todo o tempo de análise, significa que aquela água encontra-se com níveis de material orgânico (esgoto) muito baixo e quanto mais clara a água se torna (podendo chegar à transparência) maior o índice de material orgânico concentrado e de microorganismos decompositores na água.

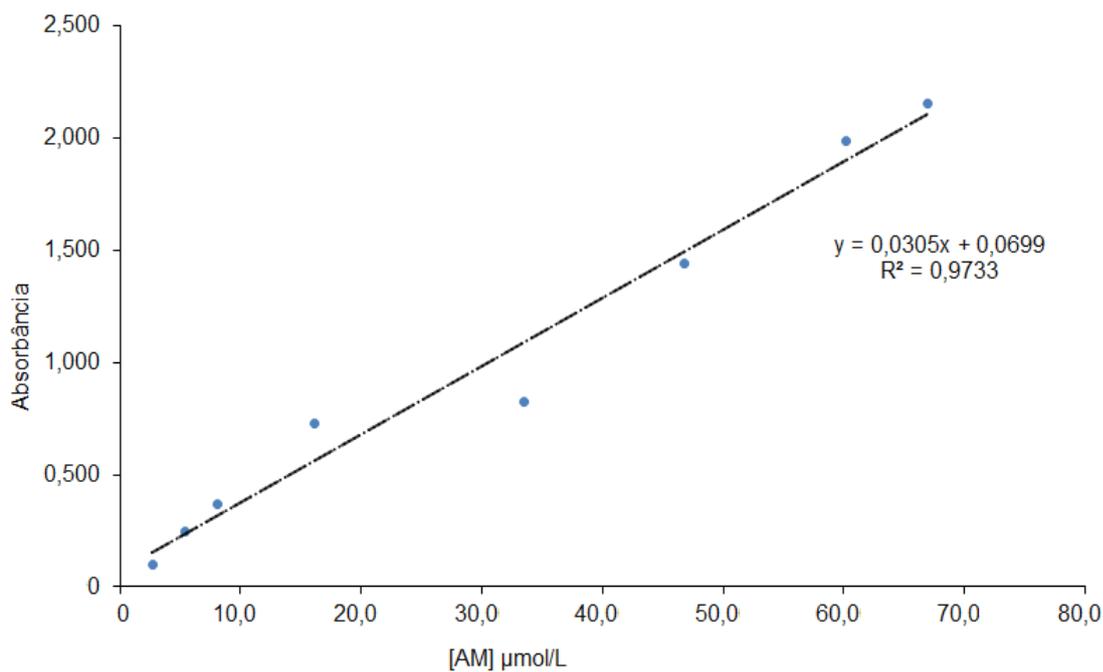
3.3.3 Análises espectrofotométricas

Para as análises espectrofotométricas, inicialmente foi feita:

- Distribuição das amostras em seringas de 60 ml;
- Adição 1250 μL de AM cada solução;
- Medição das absorvâncias em 664nm com o espectrofotômetro UV-visível (SP 2000 UV Bel.).
- Análise periódicas a cada 24 horas, até 168 horas.

Através da equação da reta da curva de calibração do Azul de Metileno (Figura 10), plotada em um gráfico da absorvância x concentração, foram tomados os dados da concentração de AM restante nas amostras com relação a passagem de tempo.

Figura 10 - Curva de Calibração do AM



Fonte: Autor, 2018.

4. RESULTADOS e DISCUSSÃO

4.1 Acompanhamento da perda de coloração

A amostra com o nº 0 trata-se da amostra controle com água de mili-Q e Azul de Metileno (Figura 11), as demais seguem do P.A, P.B, P.C, P.D, P.E e P. Br, sendo este último o ponto Branco a montante do encontro da Sanga da Brandina com o Arroio dos Lanceiros.

Figura 11 - Amostra controle com água destilada de Mili-Q.

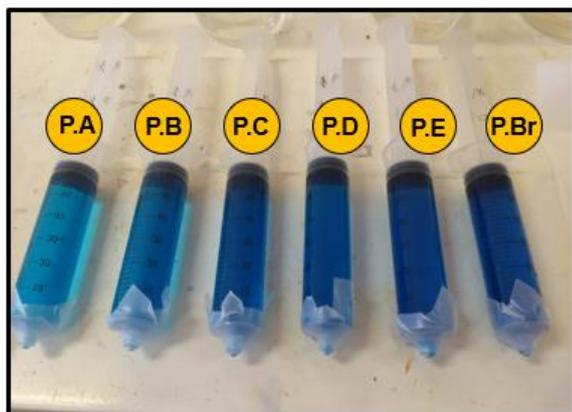


Fonte: Autor, 2018.

4.1.1- Primeira Coleta

A primeira coleta foi realizada no dia 27 de agosto de 2018. Foram coletadas amostras de 1000 ml em cada ponto demarcado. Nesta coleta optou-se em fazer a verificação no 1º dia, no 3º dia, no 8º dia e 15º dia. Sendo que apenas no dia 15 algumas alíquotas tiveram sua alteração na coloração. As Figuras 12 a 15 indicam os resultados das observações realizadas nos dias de análise.

Figura 12 – Amostras após a adição do AM (Dia 1).



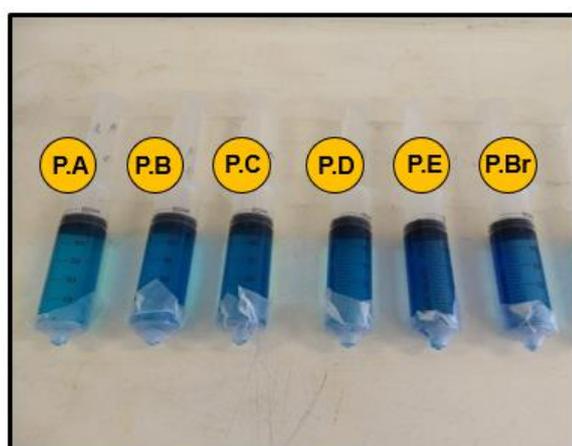
Fonte: Autor, 2018.

Figura 13 - Amostras após 48 h (Dia 3).



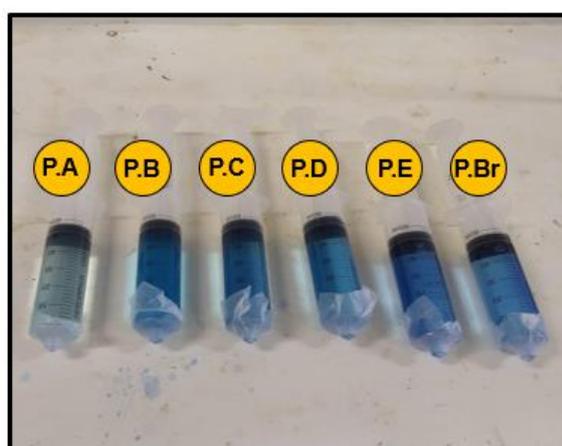
Fonte: Autor, 2018.

Figura 14 - Amostras após 168 h (Dia 8).



Fonte: Autor, 2018.

Figura 15 - Amostras após 336 h (Dia 15).



Fonte: Autor, 2018.

Destaque para a amostra P.A, que corresponde ao trecho onde a sanga nasce, entre dois bairros da zona urbana de Caçapava do Sul, sendo assim um ponto de despejo de esgoto. Esse ponto, apresentou a maior taxa de mudança de coloração, ficando quase incolor. Tendo como base a escala de cores para o Azul de Metileno, proposta por MONTEIRO, Adriano et al, 2009. Onde demonstra que quanto mais incolor a amostra se encontra após os dias de análise, mais poluída ela está, alcançando um grau de índice de poluição alto.

As outras amostras não apresentaram mudança expressiva em sua cor, permeando a faixa entre Baixa e Média no índice de poluição da água.

4.1.2 Segunda Coleta

A segunda coleta foi realizada no dia 08 de outubro de 2018, sendo equivalente ao mês de setembro, pois devido a problemas com o clima e com a disponibilidade de veículo apropriado não foi possível a saída a campo para a obtenção das amostras.

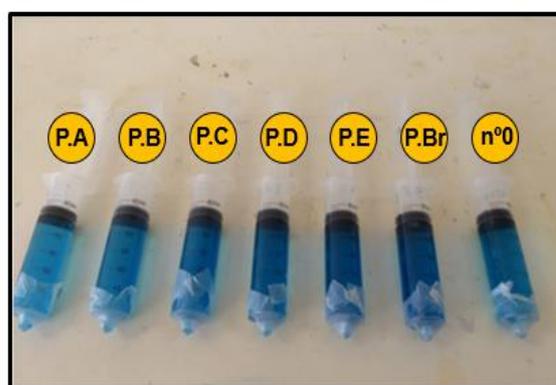
Seguindo o procedimento para as coletas, foram coletadas amostras de 1000 ml dos pontos mapeados. As Figuras 16 a 19 indicam os resultados das observações realizadas nos dias 1,3,8 e 15, respectivamente.

Figura 16 – Amostras após a adição do AM (Dia 1).



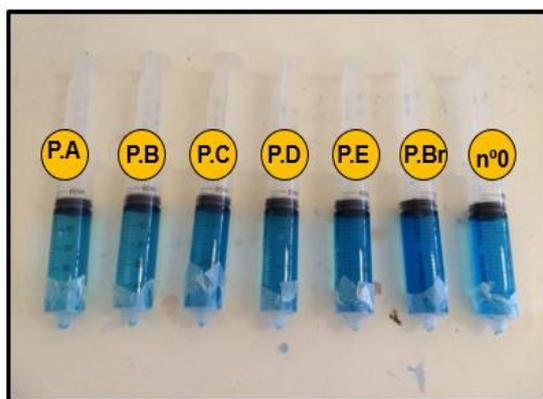
Fonte: Autor, 2018.

Figura 17 - Amostras após 48 h (Dia 3).



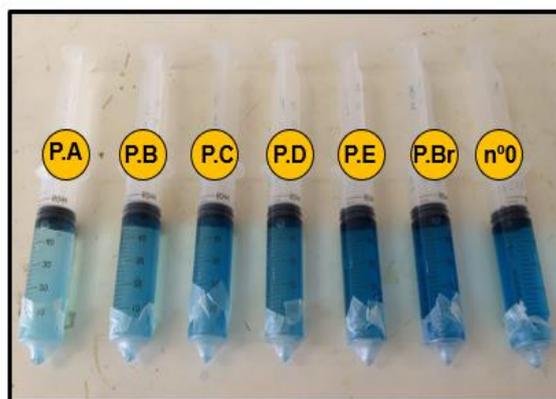
Fonte: Autor, 2018.

Figura 18 - Amostras após 168 h (Dia 8).



Fonte: Autor, 2018.

Figura 19 - Amostras após 336 h (Dia 15).



Fonte: Autor, 2018.

Destaque novamente para a amostra P.A, que obteve o maior índice de poluição dentre todos os pontos, por ter sido a que demonstrou a maior mudança na coloração em comparação a amostra no primeiro dia de adição. Tendo assim sua poluição apontada na escala da Figura 9 entre Alta e Máxima no índice de poluição.

Os pontos B, C e D tiveram uma redução significativa em suas colorações a ponto de ser perceptível essa mudança, indicando deste modo que os pontos referidos

estão com níveis de poluição caracterizados na escala de cores nas margens entre Média e Alta, como é possível visualizar na Figura 19.

4.1.3 Terceira Coleta

Esta coleta foi realizada no dia 29 de outubro de 2018. Após a adição do corante as amostras foram analisadas no 1º, 3º, 8º e 15º dia, como mostrado nas Figuras 20 a 23.

Figura 20 - Amostras após a adição do AM (Dia 1).



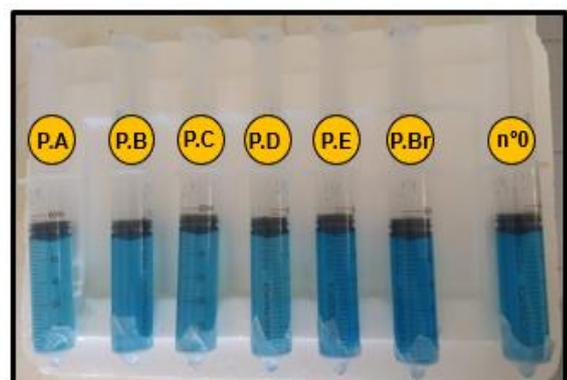
Fonte: Autor, 2018.

Figura 21 - Amostras após 48 h (Dia 3).



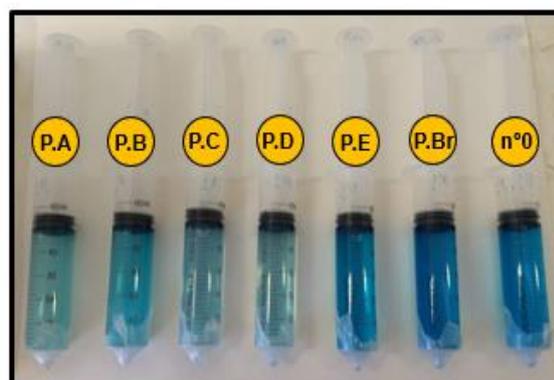
Fonte: Autor, 2018.

Figura 22 - Amostras após 168 h (Dia 8)



Fonte: Autor, 2018.

Figura 23 - Amostras após 336 h (Dia 15).



Fonte: Autor, 2018.

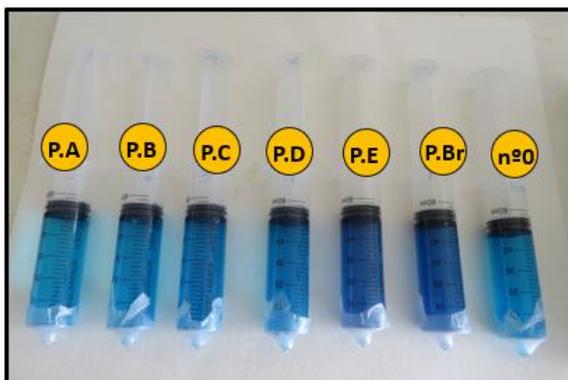
Nesta referida coleta, as amostras que no último dia de verificação, apresentaram a mudança de coloração mais drástica, foram as dos pontos A, B, C e D, que apresentaram um contraste quase incolor. Chegando ao ponto de poderem ser classificadas de acordo com MONTEIRO, Adriano et al, como águas com índice de poluição entre Alto e Máximo. Tendo em vista que outubro foi o mês mais seco que abrangeu o período de coletas, como é apresentado pelo gráfico da Figura 5.

Os pontos do Arroio dos Lanceiros foram os que tiveram a menor taxa de alteração em sua coloração, ficando com um aspecto semelhante ao da amostra nº 0.

4.1.4 Quarta Coleta

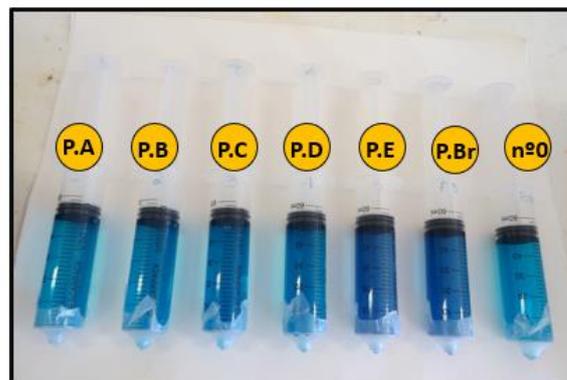
A quarta e última coleta foi feita no dia 19 de novembro de 2018. As figuras 24 a 27 demonstram o que ocorreu durante o período de observação da perda de coloração.

Figura 24 - Amostras após a adição do AM (Dia 1)



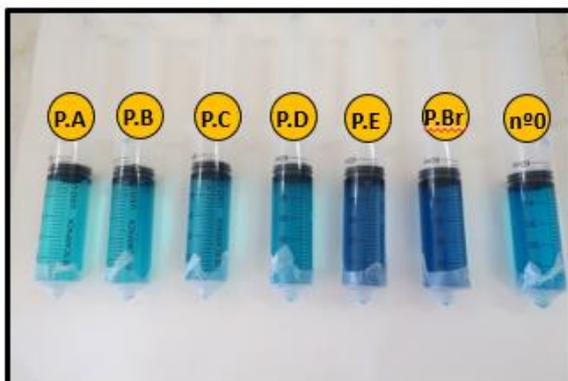
Fonte: Autor, 2018.

Figura 25 - Amostras após 48 h (Dia 3).



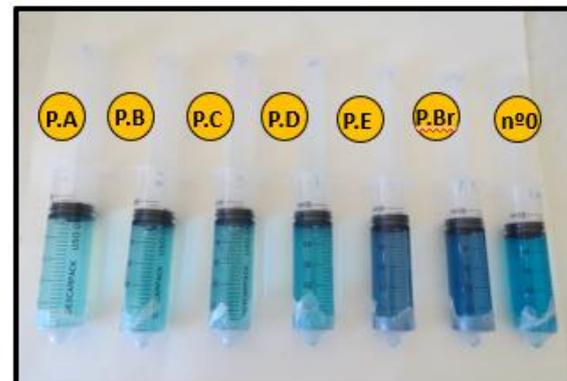
Fonte: Autor, 2018.

Figura 26 - Amostras após 168 h (Dia 8)



Fonte: Autor, 2018.

Figura 27 - Amostras após 336 h (Dia 15).



Fonte: Autor, 2018.

Nota-se que os Pontos Branco e PE não demonstraram perda significativa da coloração do Azul de Metileno, mantendo um aspecto semelhante a amostra controle. As demais amostras apresentaram sinais de redução em sua cor, sendo que o ponto que teve a maior taxa dessa redução foi o ponto A, tendo como base a Figura 9, a faixa de coloração na qual ela se encaixa é entre os níveis Alto e Máximo de contaminação. Os pontos B, C e D se enquadraram na escala como pontos com índice de poluição entre Médio e Alto.

4.2 Análises espectrofotométricas

A partir das análises espectrofotométricas, foram obtidos dados das concentrações de Azul de Metileno em mol/L por meio das respectivas absorbâncias das amostras PA, PB, PC, PD, PE e BRANCO no pico de absorbância máxima.

4.2.1- Primeira Coleta

A partir dos processos e das análises laboratoriais foi possível a determinação da concentração de Azul de Metileno restante nas amostras. O Quadro 1 mostra os dados das concentrações das amostras referentes a primeira coleta.

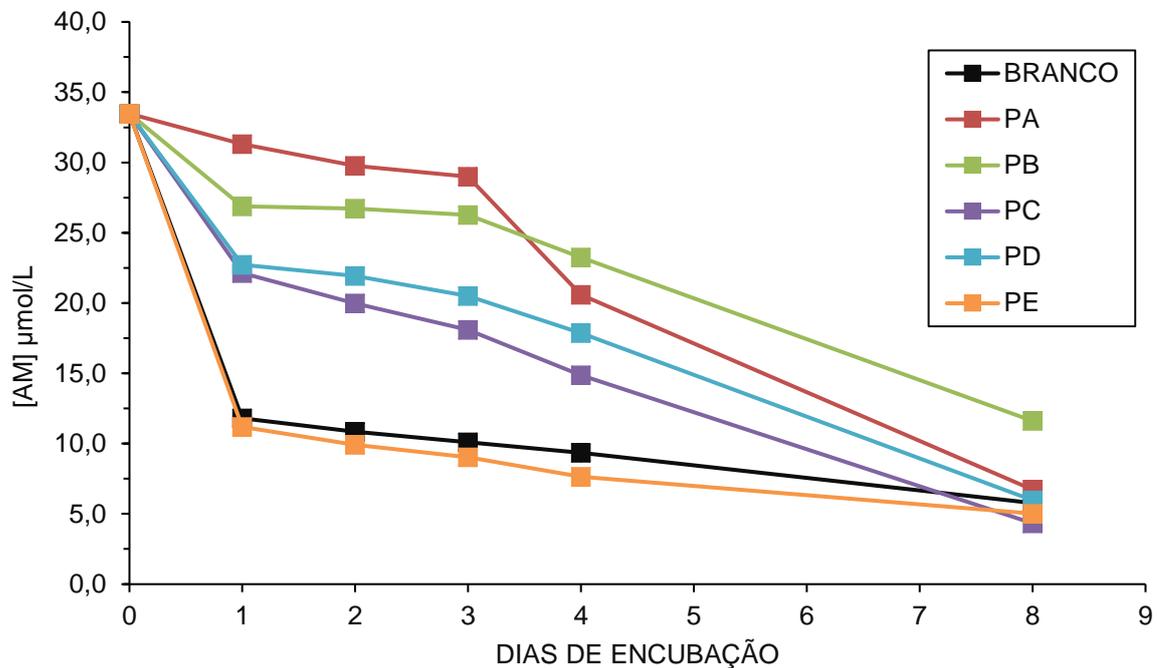
Quadro 1 - Dados das concentrações das amostras da 1ª coleta com o AM ao longo do tempo.

	TEMPO	BRANCO	PA	PB	PC	PD	PE
		CONCENTRAÇÃO ($\mu\text{mol/L}$)					
DIAS	Inicial	33,5	33,5	33,5	33,5	33,5	33,5
	1	11,8	31,3	26,9	22,1	22,7	11,2
	2	10,9	29,8	26,7	20,0	21,9	9,9
	3	10,1	29,0	26,3	18,1	20,5	9,0
	4	9,3	20,6	23,2	14,9	17,9	7,6
	8	5,8	6,7	11,6	4,3	6,0	5,0

Fonte: Autor, 2018

Observa-se neste quadro que há a interação do AM com a matéria orgânica, dada pela redução da concentração do indicador. Tendo o valor de 4,3 $\mu\text{mol/L}$ da amostra do ponto C, como a menor concentração no oitavo dia. A Figura 28, representa de forma gráfica os dados do Quadro 1, disponibilizando assim um maior entendimento da proporção da reação de Azul de metileno nas amostras da primeira coleta, durante o período de análises.

Figura 28 - Proporção da reação azul de metileno com as amostras da 1ª coleta com a passagem do tempo.

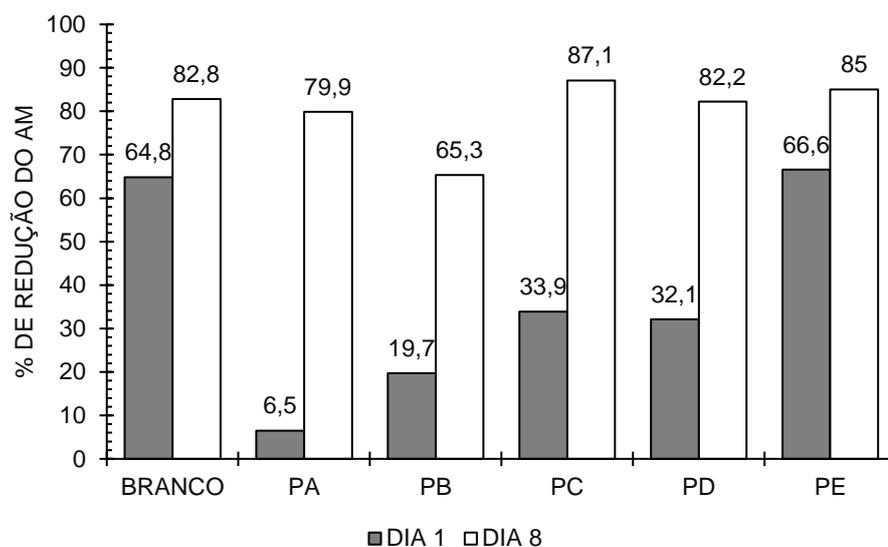


Fonte: Autor, 2018.

O comportamento difere para cada amostra, sendo o Ponto Branco que fica localizado a montante do encontro dos corpos d'água, o indicador das condições naturais ou já saturadas do sistema hídrico da região. Este ponto juntamente com o Ponto E, são os que apresentaram um decaimento abrupto logo no primeiro dia de análise. Indo da concentração de 33,5 µmol/L (concentração inicial de AM para todas as amostras), para as concentrações de 11,8 e 11,2 µmol/L, respectivamente. Tendo um percentual de redução de cerca de 64,8% no ponto Branco e 66,6% no ponto a jusante da junção dos dois arroios, como é mostrado na Figura 29 que apresenta os percentuais de redução do Azul de Metileno no primeiro e no último dia de análise em comparação a concentração inicial.

O ponto que apresenta o comportamento mais gradativo é o ponto D (disposto próximo a uma área que antigamente era utilizada como depósito de lixo), onde sua concentração foi decaindo lentamente ao longo dos dias. Indo da concentração inicial de 33,5 µmol/L para uma concentração final de 6,0 µmol/L.

Figura 29 - Percentuais de redução do AM no primeiro e no último dia de análise (Coleta 1).



Fonte: Autor, 2018

Como visto no Quadro 1, o ponto C foi o que apresentou a maior redução, demonstrando uma perda de aproximadamente 87,1% do teor de AM na amostra.

Os pontos A e B são os mais próximos da zona urbana, entretanto seus percentuais de reação foram os menores, obtendo 80% e 65% de oxidação do Azul de Metileno, respectivamente. A partir da Figura 29 também é possível notar que o ponto A obteve uma diferença de 73,4% entre o primeiro e último dia de análise. Sendo o ponto com maior diferença dentre todos os outros.

4.2.2 Segunda Coleta

Por meio dos processos e das análises laboratoriais estipuladas na metodologia, foram obtidos os dados de concentração de Azul de Metileno que permaneceu nas alíquotas, mostrado no Quadro 2.

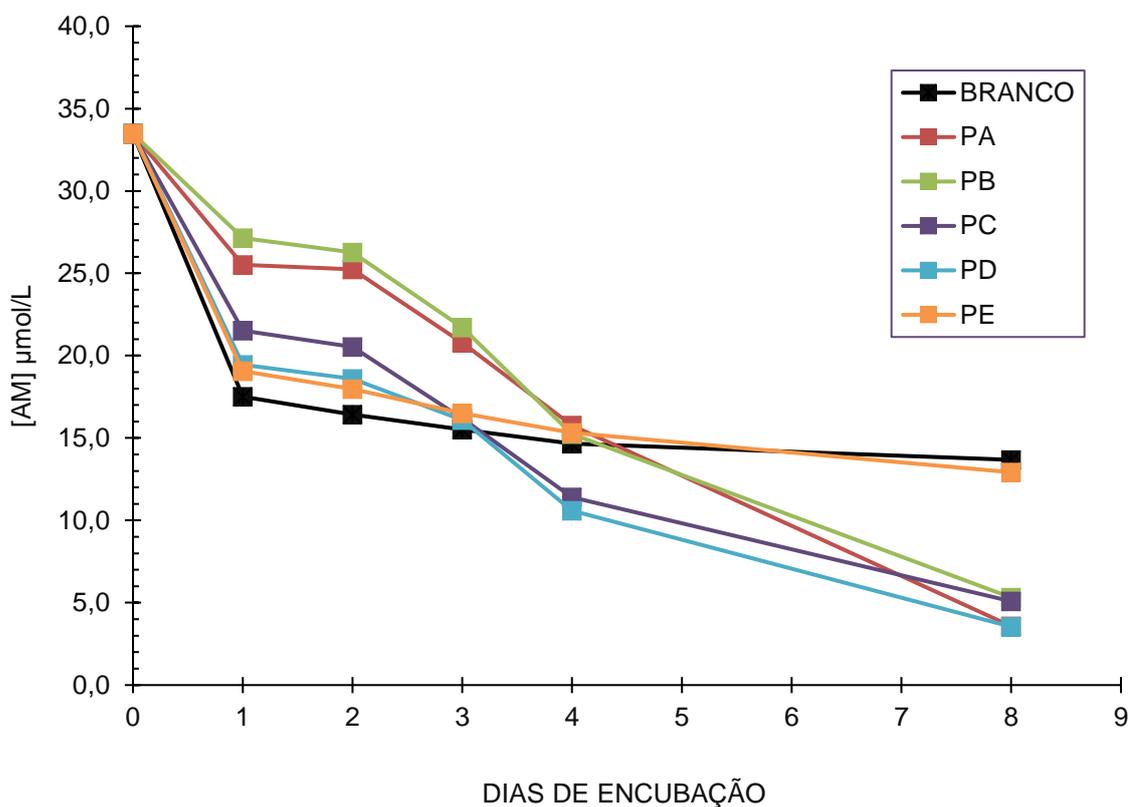
Quadro 2 - Dados das concentrações das amostras da 2ª coleta com AM ao longo do tempo.

	TEMPO	BRANCO	PA	PB	PC	PD	PE
		CONCENTRAÇÃO ($\mu\text{mol/L}$)					
DIAS	Inicial	33,5	33,5	33,5	33,5	33,5	33,5
	1	17,5	25,5	27,2	21,5	19,4	19,1
	2	16,4	25,2	26,3	20,5	18,6	18,0
	3	15,5	20,8	21,7	16,2	16,1	16,5
	4	14,7	15,8	15,2	11,4	10,6	15,3
	8	13,7	3,6	5,3	5,1	3,5	12,9

Fonte: Autor, 2018

Neste quadro a reação do corante com a matéria orgânica se mostra nítida. Pelos dados obtidos é possível observar que no último dia o ponto que obteve a menor concentração foi o ponto D, com $3,5 \mu\text{mol/L}$. A Figura 30, mostra de forma gráfica os dados representados no Quadro 2, possibilitando deste modo a percepção da proporção da reação de Azul de metileno nas amostras da segunda coleta, durante o período em que foram analisadas.

Figura 30 - Proporção da reação azul de metileno com as amostras da 2ª coleta com a passagem do tempo.

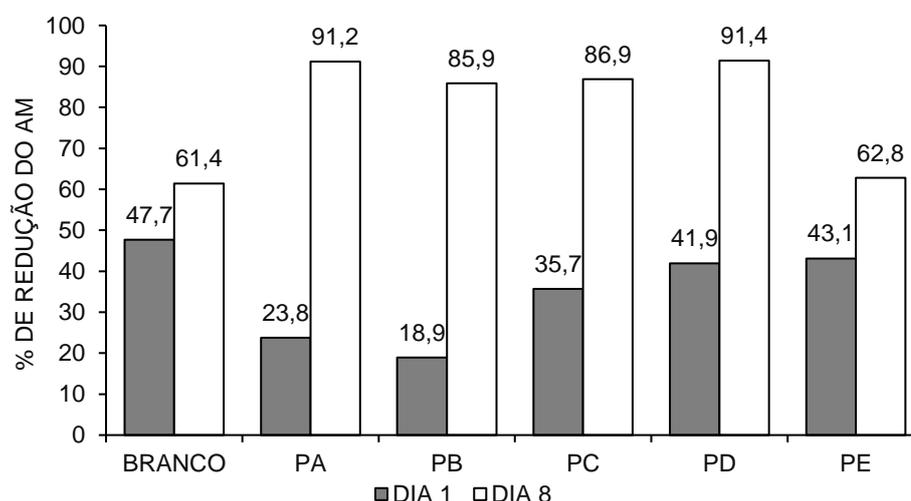


Fonte: Autor, 2018

De modo semelhante a primeira coleta os pontos Branco e PE obtiveram o maior decaimento da concentração de Azul de Metileno, já no primeiro dia de análise. Tendo um percentual de redução na Figura 31, de 47,7% e 43,1%, respectivamente. Entretanto a reação de oxidação do AM para essas amostras se sucedeu de forma lenta, onde após o 8º dia de análise o seu percentual de redução foi somente para 61,4% no ponto Branco e 62,8% no P.E, em comparação aos outros pontos.

Dentre todos, o Ponto B apresentou a menor taxa de diminuição do AM 15 minutos após a adição do corante, indo do valor inicial de 33,5 µmol/L para somente 27,2 µmol/L, um total de apenas 18,9% de redução.

Figura 31 - Percentuais de redução do AM no primeiro e no último dia de análise (Coleta 2).



Fonte: Autor, 2018

Os pontos amostrais A e D tiveram a maior taxa de redução do Azul de Metileno, com aproximadamente 91% em seu decaimento no último dia de verificação. Seguidos pelo Ponto C com 86,9 % e o ponto B com 85,9%.

É possível observar que na Figura 19 e na Figura 31, os pontos localizados no Arroio dos Lanceiros, tem uma estabilidade com relação a reação do corante. Não ocasionando uma mudança brusca em sua coloração e sua concentração.

4.2.3 Terceira Coleta

Nessa referida coleta foi possível a determinação da concentração de Azul de Metileno restante nas amostras através dos métodos previamente estipulados. O

Quadro 3 mostra os dados das concentrações das amostras referentes a terceira coleta.

Quadro 3 - Dados das concentrações das amostras da 3ª coleta com AM ao longo do tempo.

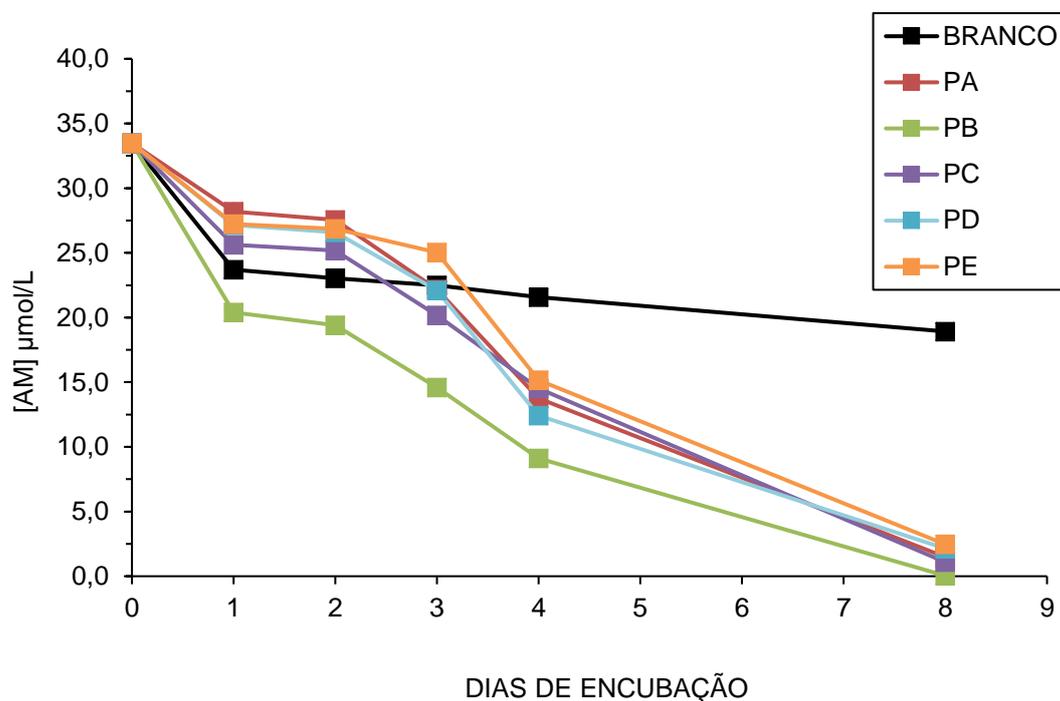
	TEMPO	BRANCO	PA	PB	PC	PD	PE
		CONCENTRAÇÃO ($\mu\text{mol/L}$)					
DIAS	Inicial	33,5	33,5	33,5	33,5	33,5	33,5
	1	23,7	28,2	20,4	25,6	27,2	27,2
	2	23,0	27,5	19,4	25,2	26,6	26,9
	3	22,5	22,2	14,6	20,2	22,1	25,0
	4	21,6	13,7	9,1	14,5	12,4	15,2
	8	18,9	1,5	0,036	1,1	2,1	2,5

Fonte: Autor, 2018

Como vem sendo visto nas coletas anteriores, o indicador tem sua reação de oxidação nas amostras. Onde o ponto B apresentou a maior taxa de redução da concentração do corante, indo do valor inicial de 33,5 $\mu\text{mol/L}$ para uma concentração de apenas 0,036 $\mu\text{mol/L}$.

De modo a tornar mais claro a visualização dos dados das concentrações de Azul de Metileno nas amostras nesta coleta, foram gerados gráficos com base nas informações obtidas no Quadro 3. Como mostrada nas Figuras 32 e 33 que apresentam, respectivamente, a proporção da reação do corante nas amostras com o passar do tempo e o percentual de redução do AM no primeiro e último dia de análise da terceira coleta.

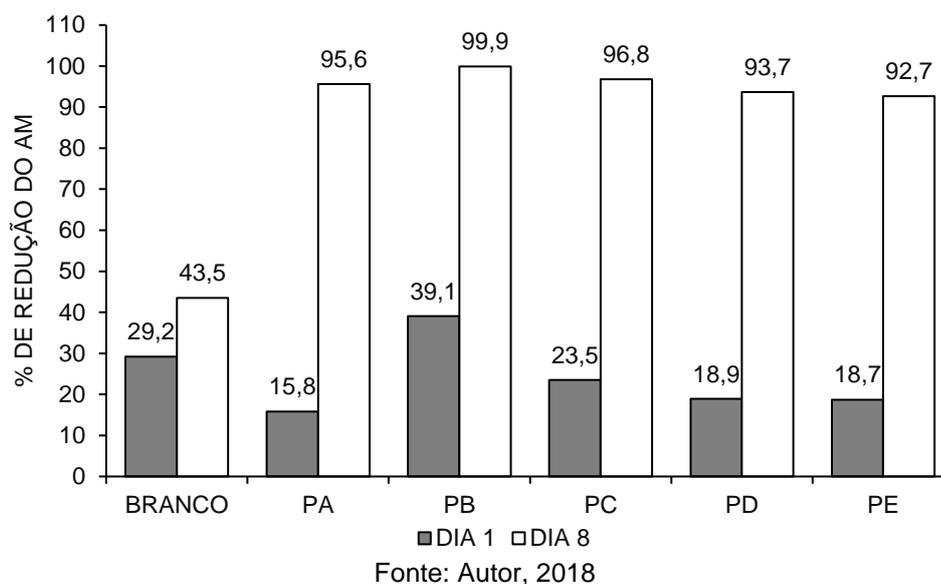
Figura 32 - Proporção da reação azul de metileno com as amostras da 3ª coleta com a passagem do tempo.



Fonte: Autor, 2018

Em comparação as coletas anteriores, esta apresentou uma maior proporção da reação de oxidação do Azul de metileno nas amostras. Isto pôde ser visto pela mudança da coloração das amostras na Figura 22 e pela mudança de concentração da Figura 32, onde a maioria das alíquotas tiveram a descoloração. Este comportamento pode ser justificado, pois no dia da referida coleta, o clima estava extremamente quente e seco. Tornando-se um fator determinante para os dados desta coleta. Pois a inclinação das curvas se tornou mais abrupta a ponto de a maioria dos pontos apresentarem valores finais de concentração do corante menores que 3,0 µmol/L. Onde dentre todos, o ponto B atingiu quase 100% de reação, como mostrado na Figura 33.

Figura 33 - Percentuais de redução do AM no primeiro e no último dia de análise (Coleta 3).



Como foi mencionado acima, a maioria das amostras obtiveram percentuais de redução do AM bem elevados no oitavo dia de análise. Com exceção do Ponto Branco que teve somente 43,5% em sua taxa de reação de oxidação do corante com a matéria orgânica da amostra.

Esses altos índices acontecem, pois, como mostrado na Figura 5 os dados de precipitação acumulada para o mês desta coleta foram os menores, em comparação aos dois meses anteriores. Influenciando assim no nível d'água da sanga, onde quanto menor o nível da coluna de água, a probabilidade do percentual de matéria orgânica presente tende a ser maior, pelo simples fato de que o corpo hídrico não terá vazão suficiente para suprir essa carga que é despejada. O que vem de acordo como Sperling, 2004.

4.2.4 Quarta Coleta

Dando sequência ao procedimento visto nas demais coletas, os dados das concentrações da 4ª coleta com o Azul de Metileno ao longo das 168 horas, são mostrados no Quadro 4.

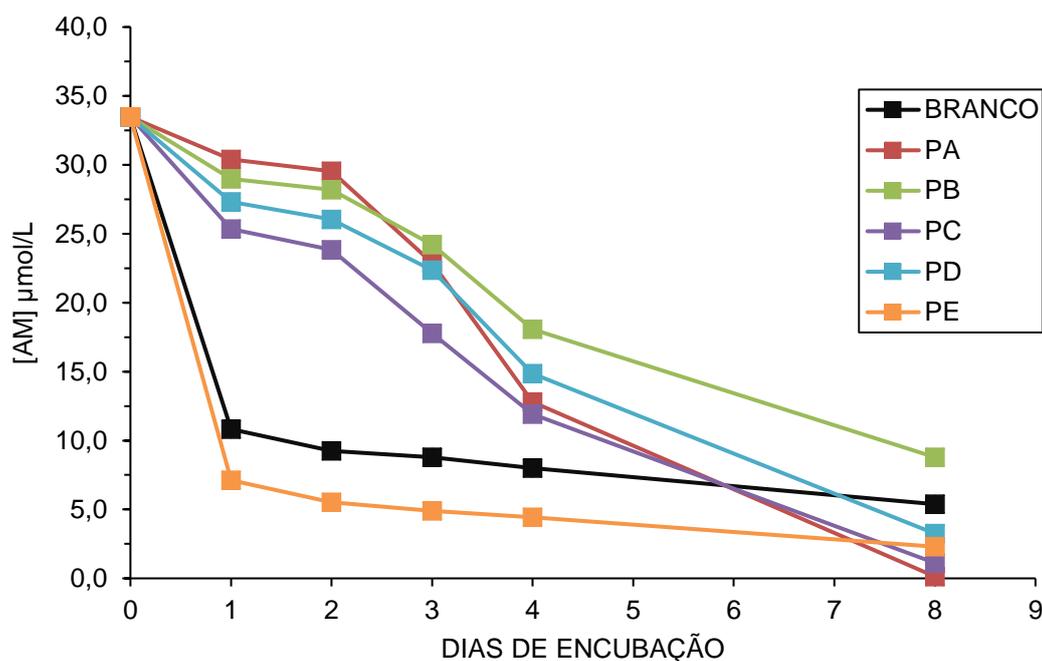
Quadro 4 - Dados das concentrações das amostras da 4ª coleta com AM ao longo do tempo.

	TEMPO	BRANCO	PA	PB	PC	PD	PE
		CONCENTRAÇÃO ($\mu\text{mol/L}$)					
DIAS	Inicial	33,5	33,5	33,5	33,5	33,5	33,5
	1	10,8	30,4	29,0	25,3	27,3	7,1
	2	9,2	29,5	28,2	23,8	26,0	5,5
	3	8,8	22,9	24,2	17,8	22,4	4,9
	4	8,0	12,8	18,1	11,9	14,9	4,4
	8	5,4	0,13	8,8	1,1	3,2	2,3

Fonte: Autor, 2018

Do mesmo modo que as coletas passadas, é possível observar a redução do Azul de Metileno nas amostras partir interação do corante com a matéria orgânica existente nas alíquotas. Sendo que nesta coleta o ponto que teve a maior taxa de redução da concentração foi a amostra PA, que apresentou uma concentração final de $0,13 \mu\text{mol/L}$. A Figura 34 demonstra o comportamento dos dados do Quadro 4, relacionando a perda de concentração das amostras no período de 8 dias de análise.

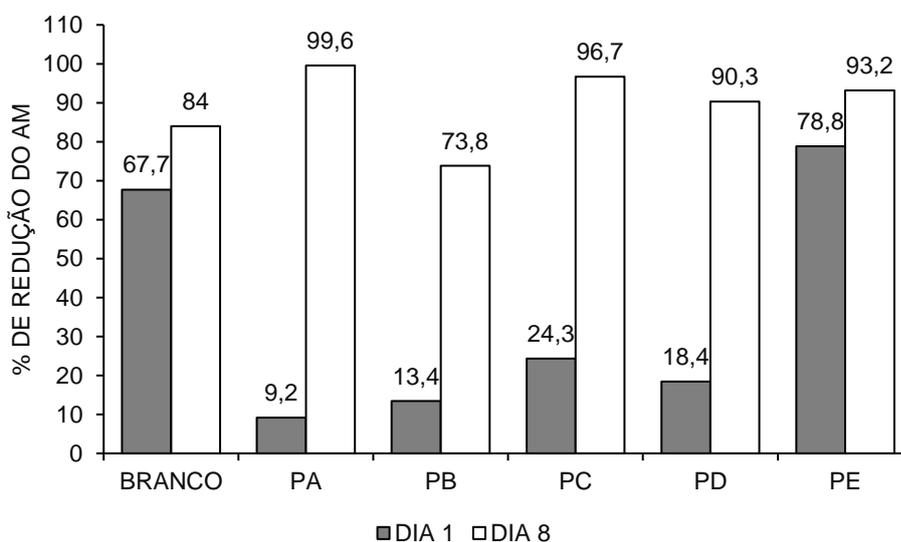
Figura 34 - Proporção da reação azul de metileno com as amostras da 4ª coleta com a passagem do tempo.



Fonte: Autor, 2018

Nos pontos Branco e PE desta coleta, ocorreu algo semelhante aos mesmos pontos na primeira coleta. Estes pontos apresentaram um decaimento do Azul de Metileno muito abrupto logo no primeiro dia de análise, tendo sua concentração decaído de $33,5 \times 10^{-6}$ mol/L para $10,8 \times 10^{-6}$ e $7,71 \times 10^{-6}$ mol/L, respectivamente. Assim, obteve-se os maiores percentuais de redução do AM neste período inicial, como mostrado na Figura 35. Entretanto, os mesmos pontos apresentaram certa estabilidade nos dias seguintes, tendo uma mudança mais branda da curva ao longo dos 7 dias restantes. Em contraste com os demais pontos que após o 2º dia tiveram uma pequena aceleração no processo de oxidação do Azul de Metileno.

Figura 35 - Percentuais de redução do AM no primeiro e no último dia de análise (Coleta 4).



Fonte: Autor, 2018

Por mais que o Ponto A na fase inicial apresentou somente 9,2% de decaimento do indicador. No último dia de análise o mesmo apresentou o maior nível de redução do corante, chegando a um percentual de 99,6%. Mostrando desta forma que esse ponto é o mais contaminado ao compararmos com a Figura 27, que indica o mesmo comportamento para esta alíquota. Juntamente com este ponto, as amostras C, D e E, ultrapassaram a faixa dos 90% de redução da concentração do Azul de Metileno. Deixando somente os pontos B e Branco com taxas menores, sendo para PB (73,8%) e para P. Branco (84%).

4.3 Parâmetros de Qualidade

4.3.1 Temperatura

Conforme é possível observar no Quadro 5, a temperatura da água variou conforme o horário da coleta. Nos pontos B e D, observou-se a temperatura mais baixa (9°), sendo que a coletas foram realizadas por volta das 9:20 e 10:30, respectivamente.

Quadro 5 - Dados de Temperatura da água das amostras em todas as coletas (°C).

PARÂMETROS	AMOSTRAS					
	P. Branco	PA	PB	PC	PD	PE
I COLETA	10	10	9	10	9	10
II COLETA	19	18	18	18	18	19
III COLETA	20	16	16	16	17	23
IV COLETA	15	15	14	15	17	18

Fonte: Autor, 2018

No ponto Branco, na região do Arroio dos Lanceiros, a temperatura apresentou-se mais elevada (20°C), já que a coleta deste ponto foi feita próximo ao meio dia, sendo o último a ser coletado.

No Quadro 6 a Temperatura do Ar apresentou variações condizentes com a temperatura que foi registrada para os meses de cada coleta (Tabela 2). Nos pontos B e D (Primeira Coleta) foi observada a temperatura mais baixa (10°C), dentre todas as outras coletas.

Quadro 6 - Dados de Temperatura do Ar nos pontos amostrados em todas as coletas (°C).

PARÂMETROS	PONTOS					
	P. Branco	PA	PB	PC	PD	PE
I COLETA	12	12	10	11	10	16
II COLETA	26	20	25	23	21	24
III COLETA	23	19	17	19	22	20
IV COLETA	15	15	16	17	21	20

Fonte: Autor, 2018

O comportamento da temperatura se justifica pelo fato de a mesma ter sido feita no período de inverno.

4.3.2 Potencial Hidrogeniônico

Através dos dados mostrados no Quadro 7 é possível observar que os valores de pH das amostras coletadas estão na faixa entre 7 e 8.

Quadro 7 - Dados de pH das amostras.

PARÂMETROS	AMOSTRAS					
	P. Branco	PA	PB	PC	PD	PE
I COLETA	7,27	7,53	7,19	7,34	7,69	7,49
II COLETA	7,41	7,83	7,31	7,43	7,81	7,59
III COLETA	7,31	7,12	7,46	7,52	7,74	7,66
IV COLETA	7,1	7,24	7,48	7,42	7,28	7,64

Fonte: Autor, 2018

Quando comparamos os valores deste parâmetro com a legislação ambiental, podemos observar que o valores de pH da sanga da Brandina, em todas as coletas, encontram-se dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 367/05 que é de 6,0 a 9,0 para águas de classe 3.

4.3.3 Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica está relacionada à concentração de íons dissolvidos no corpo d'água, portanto, quanto maior a concentração desses íons dissolvidos, maior o valor da condutividade elétrica.

Quadro 8 - Dados de Condutividade Elétrica em ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

PARÂMETROS	AMOSTRAS					
	P. Branco	PA	PB	PC	PD	PE
I COLETA	88,3	662	306,7	260,3	276,7	121,6
II COLETA	87,3	508	270	206,2	209	119,6
III COLETA	133,5	482	314,4	341,3	324,6	203,2
IV COLETA	463	316,5	332	298	107,2	85

Fonte: Autor, 2018

Nos resultados do Quadro 8, observam-se valores bem elevados em todos os pontos de amostragem variando entre 85 a 662 $\mu\text{S}/\text{cm}$, sendo o menor valor observado no ponto E na quarta coleta e o maior no ponto A da primeira coleta.

A Resolução do CONAMA nº 357/05, não estabelece limites para este parâmetro.

Nota-se que o ponto que sofre a maior variação nos dados de condutividade é o Branco, onde na última coleta ele apresentou o valor de 463 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Quando relacionamos com o comportamento deste mesmo ponto no método espectrofotométrico, é possível perceber uma certa semelhança na variação dos dados. Supondo deste modo, que a concentração de íons dissolvidos está influenciando no processo de redução do Azul de Metileno.

4.3.4 Turbidez

A turbidez da água reflete o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessa-la, devido à presença de sólidos em suspensão.

Em cada uma das coletas foi retirado os valores de Turbidez de cada amostra afim de saber se estão ou não nos limites do que é previsto pela lei. O quadro 9 mostra os dados de turbidez das amostras nas quatro coletas.

Quadro 9 - Dados de Turbidez das amostras.

PARÂMETROS	AMOSTRAS					
	P. Branco	PA	PB	PC	PD	PE
I COLETA	29,07	0,39	5,23	13	12,3	25,83
II COLETA	17,6	0,4	4,1	8,8	10,3	16,4
III COLETA	6,44	0,42	2,76	2,66	2,37	4,02
IV COLETA	36,35	1,11	4,57	8,53	8,2	33,65

Fonte: Autor, 2018

Podemos destacar que os valores de turbidez registrados na Sanga da Brandina variam de 0,39 NTUs (Ponto A; Coleta 1) a 36,35 NTUs (Ponto Branco; Coleta 4). Do mesmo modo que para os parâmetros anteriores, a turbidez registrada nas quatro coletas, apresenta-se abaixo do limite máximo estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/5, para águas doces de classe 3, que é de 100 NTUs.

Os dados de turbidez podem justificar a redução brusca das concentrações das amostras dos pontos Branco e PE, no primeiro dia de análise das coletas. Pois tendo

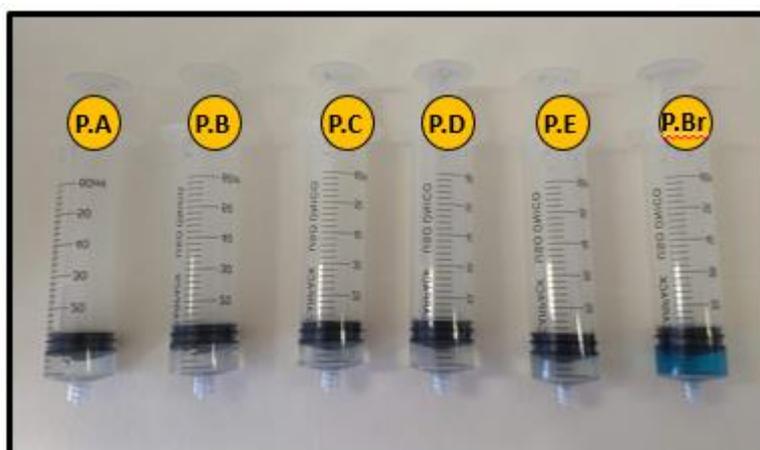
níveis mais elevados de NTU, conseqüentemente a reação do AM ocorra mais rápido. Ao relacionarmos os dados de turbidez apresentados pelo ponto Branco, com o comportamento de reação do mesmo ponto nos métodos de Azul de Metileno, fica evidente que a medida que a turbidez varia, o comportamento do corante também sofre variação.

4.4 Comparação dos métodos

Ao analisarmos e compararmos os dados dos dois métodos de Azul de Metileno, nota-se que em alguns aspectos eles apresentam concordância. Como o fato dos dois apresentarem a redução da coloração/concentração do AM nas amostras, indicando os pontos com possível grau de poluição mais elevado. Como é possível visualizar na Figura 22 e na Figura 32, por exemplo.

Entretanto, em alguns casos os dados obtidos diferem, onde a reação do método de espectrofotometria tem o decaimento bem mais acelerado do que o método visual. Isso ocorre pois ao retiramos alíquotas das amostras para as análises no espectrofotômetro, o volume contido nas seringas acaba diminuindo, tendo assim uma agitação nas amostras. Este fato pode ocasionar a aceleração na oxidação do corante, em comparação ao procedimento em que apenas observamos a reação, não ocorrendo variação no volume das amostras. Como mostrado na Figura 36, referente a mudança de coloração nas alíquotas da 3ª coleta do método espectrofotométrico no último dia de análise.

Figura 36 - Amostras da 3ª coleta após 168 horas no método espectrofotométrico.



Fonte: Autor, 2018

Nota-se que esse comportamento da coloração pode ser visualizado no comportamento da redução da concentração do Figura 33. Onde somente o ponto Branco não teve mudança drástica em sua coloração. Ao compararmos a Figura 36 com a Figura 22, que tratam da mesma coleta e mesmo período de tempo, fica evidente que cada método age em condições diferentes.

5. CONCLUSÃO

Os parâmetros de qualidade demonstram que a condição da sanga está dentro dos padrões estabelecidos pela Resolução do CONAMA nº 357 para as águas doces de Classe 3. Em contrapartida as análises com o corante utilizado confirmam que há a reação do indicador com a matéria orgânica presente no meio hídrico que está sendo estudado, deste modo isso supõe que há contaminação na qualidade hídrica da Sanga da Brandina.

Os níveis de MO, por ações antrópicas, estão favoráveis para indicação de possível contaminação do corpo hídrico. Entretanto até o momento os dados obtidos não são conclusivos, sendo necessário um tempo maior de monitoramento deste corpo hídrico e também um aperfeiçoamento deste método para a aferição da real qualidade do local de estudo.

Ambos os métodos indicam a reação de oxidação do Azul de Metileno, entretanto essa reação age em condições e tempos diferentes para cada um. O método visual é o mais simples em termos práticos, mas foi o que demandou mais tempo de análise. Já o método espectrofotométrico teve um menor tempo de análise, mesmo sendo o mais complicado em termos de execução. Com base no desempenho apresentado pelos métodos, o procedimento espectrofotométrico se torna o mais eficiente em termos de apresentar mais clareza nos dados, pois além dos dados das concentrações poderem ser datados, o processo de acompanhamento da coloração também pode ser observado.

Com o auxílio dos parâmetros, alguns dados obtidos nos métodos puderam ser justificados, evidenciando assim que até o momento o método do Azul de Metileno deve ser considerado como indicador secundário. Deste modo os objetivos previamente estipulados puderam ser alcançados.

6. RECOMENDAÇÃO

É esperado que esse Trabalho de Conclusão de Curso sirva como contribuição acadêmica, onde esse processo de monitoramento trará oportunidade de ampliação e aplicação de conhecimentos adquiridos na Instituição.

Estima-se que esse procedimento com o Azul de Metileno tenha potencial para se tornar um indicador de qualidade primário a partir da evolução das pesquisas relacionadas ao tema proposto pelo presente trabalho.

7. REFERÊNCIAS

- Agência Nacional de Águas (ANA) - **Situação da Água no Mundo**. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/panorama-das-aguas/agua-no-mundo>>. Acesso em 16 de março de 2018.
- BARBOSA, F.A.R. **Variações diurnas (24 horas) de parâmetros limnológicos básicos e da Produtividade Primária do fitoplâncton na Lagoa Carioca – Parque Florestal do Rio Doce – MG- Brasil**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de São Carlos. 1981.
- BATALHA, B. L. **A dispersão ambiental das substâncias químicas**. São Paulo: Cetesb, 1980.
- BATALHA, B. L. e PARLATORRE, A. C., **Controle da qualidade da água para consumo humano: bases conceituais e operacionais**. São Paulo: Cetesb, 1977.
- BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; BARROS, M. T.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S., **Introdução à Engenharia Ambiental: O desafio do desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Prentice Hall, 2005.
- BRASIL. Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005. **Ministério do Meio Ambiente**. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em 22 de novembro de 2018.
- CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Básico. **Índices de Qualidade das Águas**. São Paulo, 2008: 2p. (Séries relatórios)
- CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Básico. **Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas de Amostragem**. São Paulo, 2008: 41p. (Séries relatórios)
- ESTEVEES, F.A. **Fundamentos de limnologia**, Rio de Janeiro, - Editora Interciência Ltda, FINEP. 1998, 574P
- HARMANCIOGLU, N.B.; OZKUL, S.A.; ALPASLAN, M.N. Water monitoring and network design. In: HARMANCIOGLU, N.B.; SINGH, V.P.; ALPASLAN, M.N. (Ed.) Environmental data management. The Hague: Kluwer Academic Publishers, 1998. p.61-100. (Water Science Technology Library, 27).
- GOOGLE EARTH-MAPS. **Http://mapas.google.com**. Consulta realizada em 06/06/2018.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Caçapava do Sul – Panorama. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/cacapava-do-sul/panorama>>. Acesso em 08 de maio de 2018.
- Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), **Gráficos Climatológicos (1931-1960 e 1961-1990)**. Disponível em: < <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/graficosClimaticos>>. Acesso em 08 de maio de 2018.
- LEITE, A. E. B. **Simulação do lançamento de esgotos domésticos em rios usando o modelo de qualidade d'água, SisBAHIA**. 2004. 94f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) - Escola Nacional de Saúde Pública, Fiocruz, Rio de Janeiro, 2004.

- LIMA, A., et al, **Efeito do Solvente Sobre as Propriedades Espectroscópicas do Azul De Metileno**. Anais do XI Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, VII Encontro Latino Americano de Pós-Graduação; São José dos Campos, SP, 2007.
- MACHADO, A.E.H. Terapia fotodinâmica: Princípios, potencial de aplicação e perspectivas. Química Nova, V. 23 n. 2, 2000 p.237.
- MEYBECK, M.; HELMER R. Na introduction to water quality In: CHAPMAN, D. **Water quality assessment**. Cambridge, University Press, 1992. 585p.
- MORENO. J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961.
- MONTEIRO, A. B (2009). **O Azul de Metileno como indicador de poluição em córregos urbanos: o caso do córrego Wenzel – Rio Claro – SP**. Trabalho de Especialização. Rio Claro: UNESP, p. 81.
- MONTEIRO, A. B.; VIADANA, A. G. **ANÁLISE DE POLUIÇÃO DA ÁGUA: A técnica do Azul de Metileno. 2009**
- PALMA-SILVA, G. M. **Diagnóstico ambiental, qualidade da água e índice de depuração do Rio Corumbataí - SP**. 1999. 155 f. Dissertação (Mestrado em Manejo Integrado de Recursos) - Centro de Estudos Ambientais, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1999.
- PINEDA, M.D.; SCHÄFER, A. **Adequação de critérios e métodos de avaliação da qualidade de águas superficiais baseada no estudo ecológico do rio Gravataí, Rio Grande do Sul, Brasil**. Ciência e Cultura, v.39, p.198206, 1987.
- POLETO, C. **Monitoramento e Avaliação de uma Microbacia Hidrográfica no Município de Ilha Solteira (SP)**, Ilha Solteira – SP, 2003. 161 f. Dissertação (Mestrado. em Engenharia Civil) Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista. 2003.
- Portal da Qualidade das Águas (PNQA) - **INDICADORES DE QUALIDADE - INTRODUÇÃO**. Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-introducao.aspx>> acessado em 12/06/2018.
- REDMOND, R., **Photochemistry and Photobiology**, 1999.
- SANTOS, A. C. **Noções de Hidroquímica**. In: **Hidrologia: Conceitos e aplicações**. Fortaleza: CPRM/LABHID-UFPE, 1997.
- SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. SEMA. **Relatório anual sobre a situação dos recursos hídricos no estado do Rio Grande do Sul**. 2007.
- SERAFIM J. A., et al, **Vanadato de Bismuto Sintetizado por Combustão em Solução na Presença de Diferentes Combustíveis: Síntese, Caracterização e Estudo da Atividade Fotocatalítica**. Quim. Nova, Vol. 37, No. 7, 2014, p.1158.
- SEVERINO, D.; GABRIELLI, D.; BELISE, E.; KOWALSTOWSKI, A.J.; BAPTISTA, M.S. **Agregação do azul de metileno em mitocôndrias**. In: **Workshop em terapia fotodinâmica: Complexo de moléculas fotoativas e suas aplicações. Aspectos físicos, químicos, biológicos e médicos**, São Pedro, SP – Anais de Resumo, 2003, p. 117.
- SPERLING, Marcos Von. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3ª Edição. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Editora da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG – Belo Horizonte, 2005.

SPERLING, E. V., JARIDM F. A., GRANDCHAMP, C.; **Water quality during the filling of deep mining lakes: case study of Águas Claras pit lake -MG**, Eng. Sanit. Ambient. V.9 n.3 Rio de Janeiro jul./set. 2004

TELLES, P.N.G. **MAPEAMENTO HIDROGEOQUÍMICO DO MUNICÍPIO DE CAÇAPAVA DO SUL (RS)**, Caçapava do Sul – RS, 2016. 78 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia) Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA). 2016.

Toledo, L. G. de; Niconella, G. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. Scientia Agrícola, v.59, n.1, p.181-186, 2002.

TROPPEMAIR, H. **Metodologias simples para pesquisar o Meio Ambiente**. Rio Claro: Edição do Autor, 1988

TUNDISI, J.G. **Água no século XX: enfrentando a escassez**. 2.ed. São Carlos: Rima, 2003. 264 p.

WAINWRIGHT, M., et. al., Increased cytotoxicity and phototoxicity in the methylene blue series via chromophore methylation. Journal of Photochemistry and Photobiology V. 40, 1997, p. 233.