

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

ANDERSON GOULART MEUS

**ANÁLISE PRELIMINAR DE DADOS DE QUALIDADE DA ÁGUA DO ARROIO
OLARIA EM ITAQUI, RS**

**Itaqui
2018**

ANDERSON GOULART MEUS

**ANÁLISE PRELIMINAR DE DADOS DE QUALIDADE DA ÁGUA DO ARROIO
OLARIA EM ITAQUI, RS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientador: Nelson Mario Victoria Bariani

**Itaqui
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) .

M599a Meus, Anderson Goulart

Análise preliminar de dados de qualidade da água do Arroio
Olaria em Itaqui, RS / Anderson Goulart Meus.

30 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -- Universidade
Federal do Pampa, INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA,
2018.

"Orientação: Nelson Mario Victoria Bariani".

1. Qualidade da Água. 2. Análise Microbiológica. 3. Análise
Físico-Química. I. Título.

ANDERSON GOULART MEUS

**ANÁLISE PRELIMINAR DE DADOS DE QUALIDADE DA ÁGUA DO ARROIO
OLARIA EM ITAQUI, RS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 05 de novembro de 2018.

Banca examinadora:



Prof. Dr. Nelson Mario Victoria Bariani
Orientador



Prof. Dr. Valcenir Junior Mendes Furlan



Prof. Dra. Cassiane Jraj de Melo Victoria Bariani



Dedico este trabalho a meus pais Angelo e Rita e minha namorada Mariana.

AGRADECIMENTO

A Deus nosso maior professor por me permitir alcançar este objetivo.

Aos meus pais Angelo e Rita, e a minha namorada Mariana, meus alicerces nesta jornada. E aos familiares e amigos que me deram seu apoio.

Ao Prof. Dr. Nelson Mário Victoria Bariani meu grande mentor que dispôs de seu tempo para me passar um pouco de seu enorme conhecimento e experiência para o desenvolvimento deste estudo.

Ao Técnico Roberto Dutra de Felice pela colaboração e auxílio na execução das análises.

Ao colega Régis da Silveira De Leon por toda a assistência prestada na coleta dos pontos.

Aos demais professores que contribuíram com minha formação.

A todos os colegas de curso pelo companheirismo.

E a todos os demais funcionários por toda a assistência prestada.

“Forte é aquele que não desiste dos seus sonhos, mesmo com tantas dificuldades no caminho”.

Vitor Sousa

RESUMO

A presente pesquisa se objetiva pela análise da qualidade da água do Arroio Olaria na Cidade de Itaqui, RS, e das técnicas analíticas necessárias para tal fim, analisando as variáveis Físico-Químicas e Microbiológica de coliformes em amostras de água obtidas em diferentes pontos dos córregos da cidade. Para isso, foram escolhidos 10 pontos dentro do Sistema de Informação Geográfica (SIG) com base nas experiências anteriores de monitoramento realizadas no laboratório. As amostras foram coletadas e analisadas seguindo as recomendações do *Standard Methods* durante os meses de outubro e novembro de 2018, em períodos secos e após precipitações. Os pontos amostrados correspondem majoritariamente a uma sequência desde a nascente até a foz do Arroio Olaria, que atravessa a área urbana a oeste. O córrego recebe várias vertentes ao longo do seu trajeto, em parte ocultadas pela urbanização. O avanço pela cidade aumenta o número de coliformes, a condutividade, a turbidez, a DBO, o pH, e diminui o OD e o ORP, porém a diluição com águas de vertentes puras ou do Rio Uruguai nos pontos próximos da foz amenizam estes efeitos. Uma das causas visíveis de poluição é o aumento de conexões de esgoto diretas nos córregos, se somam ainda descargas industriais e comerciais e a pecuária extensiva nos arredores. As inundações e enchentes também aparecem como fatores que influenciam na qualidade da água dos diferentes córregos, devido à grande vazão do Rio Uruguai. O presente estudo trata-se de um caso bem sucedido de curricularização da extensão e a pesquisa, do qual este trabalho formou parte através da amostragem, pesquisa, análise e discussão de resultados para amostras de um dos córregos mais poluídos da região. O trabalho pode ser certamente continuado mediante a implementação e aprimoramento de mais metodologias de análise que não foram discutidas neste estudo.

Palavras-Chave: Qualidade da Água, Arroio Olaria, Análise Microbiológica, Análise Físico-Química, Colilert.

ABSTRACT

The present research is objectified by the analysis of water quality of Olaria Stream in the city of Itaqui, RS, and of the analytical techniques necessary for this purpose, analyzing the Physical-Chemical and Microbiological variables of coliforms in water samples obtained in different points of the streams of the city. For this, 10 points were chosen within the Geographic Information System (SIG) based on previous laboratory monitoring experiences. The samples were collected and analyzed following the recommendations of the *Standard Methods* during the months of October and November 2018, in dry periods and after precipitation. The points sampled correspond mainly to the to a sequence from the source to the mouth of the Olaria Stream, which runs through the city. The stream receives several slopes along its route, partly hidden by urbanization. The advance through the city increases the number of coliforms, conductivity, turbidity, the DBO, the pH, and decreases the and the ORP, but the dilution with waters of pure slopes or of the Uruguay River in the points near the mouth lessen these effects. One of the visible causes of pollution is the increase of direct sewage connections in streams, industrial and commercial discharges and the intensive raising of animals in the surroundings are added. The floods appear to be factors that influence water quality of the different streams, due to the great flow of the Uruguay river. The present study This is a successful case of curricularisation the extension and research, of which this work was part through the sampling, research, analysis and discussion of results for samples from one of the most polluted streams in the region. The work can certainly be continued through the implementation and refinement of more analytical methodologies that were not discussed in this study.

Keywords: Water Quality, Olaria Stream, Microbiological Analysis, Chemical Physical Analysis, Colilert.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Carta-imagem contendo os pontos de amostragem.....	07
Figura 2. Resultado das análises pelo método Colilert.....	20

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Pontos de amostragem com coordenadas.....	07
Tabela 2 – Resultado das medições de condutividade em diferentes pontos.....	14
Tabela 3 – Resultado das medições de pH em diferentes pontos.....	15
Tabela 4 – Resultado das medições de OD em diferentes pontos.....	16
Tabela 5 – Resultado das medições de ORP em diferentes pontos.....	17
Tabela 6 – Resultado das medições de temperatura em diferentes pontos.....	18
Tabela 7 – Resultado das medições de DBO.....	18
Tabela 8 – Resultado das medições Coliformes em diferentes pontos e datas...	21
Tabela 9 – Exemplo de tabela desenvolvida para titulação com balança digital..	22
Tabela 10 – Resultados com uso de filtros na planilha.....	23
Tabela 11 –. Resultado em mg/L das medições com fotômetro de chama em diferentes pontos do arroio Olaria.....	24

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Art - Artigo

Ca⁺⁺ - Cálcio íon

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

CSS - Concentração de Sólidos Suspensos

DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio

HCl – Ácido Clorídrico

HTTP - Hypertext Transfer Protocol

KCl - Cloreto de Potássio

K⁺ - Potássio íon

LABii - Laboratório Interdisciplinar Integrado

LED - Diodo Emissor de Luz

Li⁺ - Lítio íon

mg/L - miligramas por litro

mL - Mililitro

mV- milivolts

NaOH – Hidróxido de Sódio

Na⁺ - Sódio íon

O₂ - Oxigênio Molecular

OD - Oxigênio Dissolvido

ORP - Potencial Redox

pH - Potencial Hidrogeniônico

RS - Rio Grande do Sul

SIG - Sistema de Informação Geográfica

UNIPAMPA - Universidade Federal do Pampa

°C - Grau Celsius

μS - micro Siemens

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	01
2 OBJETIVOS.....	02
2.1. Objetivo Geral.....	02
2.2. Objetivos Específicos.....	03
3 CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA.....	03
4 METODOLOGIA.....	05
4.1. Pontos de coleta e técnicas de amostragem.....	06
4.2. Condutividade.....	08
4.3. Oxigênio Dissolvido (OD).....	08
4.4. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).....	08
4.5. Potencial Hidrogeniônico (pH).....	09
4.6. Potencial Redox (ORP).....	09
4.7. Coliformes (Número Mais Provável).....	10
4.8. Acidez e Alcalinidade por Titulação.....	11
4.9. Temperatura da água e seus efeitos nas medições.....	11
4.10. Fotometria de Chama (Na ⁺ , K ⁺ , Li ⁺ , Ca ⁺⁺).....	12
4.11. Incerteza nas medições.....	12
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	12
5.1. Condutividade.....	13

5.2. Potencial de Hidrogênio (pH).....	14
5.3. Oxigênio dissolvido.....	15
5.4. Potencial Redox (ORP).....	16
5.5. Temperatura.....	17
5.6. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).....	18
5.7. Coliformes.....	18
5.8. Acidez e alcalinidade por titulação.....	21
5.9. Fotometria de chama.....	23
5.10. Discussão geral.....	24
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	26
REFERÊNCIAS.....	27

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a qualidade das águas de rios, lagos e reservatórios, vivenciam mudanças significativas que afetam nossos recursos hídricos, mesmo sendo eles protegidos por lei. Como consequência, tem-se observado uma expressiva queda da qualidade da água, perda de biodiversidade aquática, além de desequilíbrios à fauna, à flora e aos ciclos biogeoquímicos (BEM, 2009).

Rios e riachos são os ecossistemas de água doce que mais têm sido influenciados pela poluição ambiental ocasionada, principalmente pelo descarte inadequado de efluentes (ARAÚJO et al., 2013). Em áreas urbanas e industrializadas é comum a poluição orgânica associada ao uso e ocupação do solo (DAMASCENO et al., 2015).

No Brasil existe legislação específica que se refere à qualidade da água, com destaque para a lei 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2005), que 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.

No entanto, a implementação de técnicas para analisar as condições de qualidade de corpos de água e a posterior manutenção da capacidade de análise de forma permanente são tarefas complexas que ainda não foram resolvidas para a maioria dos corpos de água do país e do mundo, geralmente devido a ausência de instalações locais ou regionais capazes de levar adiante essas tarefas de forma sistemática e a custos razoáveis.

A área urbana é banhada pelos arroios Cambaí, ao leste, e Olaria, ao oeste, ambos afluentes do rio Uruguai que banha a cidade pelo norte.

No entorno da cidade de Itaqui, RS, confluem processos ambientais intensos e conflitantes oriundos da presença do rio Uruguai e afluentes, das atividades de pesca e lazer, esgotos e resíduos sólidos da população urbana, da população rural associada à pecuária extensiva, das atividades agrícolas e agroindustriais relacionadas a cultura do arroz, da criação intensiva de suínos e outras atividades antrópicas (BARIANI et al., 2011).

Neste cenário, a Universidade Federal do Pampa (Unipampa), após a abertura das suas atividades acadêmicas em 2006, iniciou algumas avaliações

preliminares dos corpos de água da região. Os trabalhos tiveram seu máximo desenvolvimento entre 2009 e 2013, com a aprovação de vários projetos financiados pelo governo federal, que contribuíram para a criação do Laboratório Interdisciplinar Integrado (LABii), que contou com recursos para equipamentos, reagentes, saídas a campo, divulgação e numerosas bolsas para estudantes e profissionais, o que manteve funcionando um sistema de monitoramento ambiental entre 2009 e 2013 (BARIANI, 2013). Com o encerramento dos projetos, e a drástica mudança na disponibilidade de recursos públicos para ensino, pesquisa e extensão acontecidos a partir de 2014, o LABii concentrou os esforços na organização das atividades acadêmicas para que o esforço combinado de professores, técnicos e alunos permitisse a avaliação frequente da qualidade de corpos de água da cidade e da região. Surgiu assim a disciplina de Tópicos de Laboratório Interdisciplinar I e recentemente, em 2018, a de Tópicos de Laboratório Interdisciplinar II, com as quais concretiza-se o estabelecimento de uma rotina de avaliação permanente dos corpos de água e de desenvolvimento de novas técnicas de medição, o que acontece inserido dentro das próprias atividades de ensino.

O presente trabalho forma parte desse processo, dedicando esforços para a re-implantação de técnicas de medição que já tinham funcionado no LABii no período anterior mencionado, e na implantação inovadora de novas técnicas de baixo custo que contribuem para o aprimoramento do sistema de monitoramento ambiental. Os trabalhos foram realizados como parte das atividades das aulas das disciplinas de Tópicos de Laboratório II e de Trabalho de Conclusão de Curso em 2018.

O foco principal do trabalho esteve em contribuir para a organização e aperfeiçoamento das rotinas laboratoriais destinadas à análise de águas, usando como alvo amostras do Arroio Olaria, que com o crescimento da cidade sofre com a contaminação de suas águas por estar destinado a ele a grande maioria do esgoto doméstico, além de efluentes industriais, segundo os estudos anteriormente realizados no LABii (BARIANI, 2011).

2 OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Diante do apresentado, este estudo se objetiva pela análise da qualidade da água do Arroio Olaria na Cidade de Itaqui, RS, e das técnicas analíticas necessárias para tal fim.

2.2. Objetivos Específicos

Referente aos objetivos específicos têm-se: i) obter amostras de água em diferentes pontos dos córregos da cidade; ii) calibração de aparelhos e técnicas para análise das variáveis físico-químicas, análise microbiológica de coliformes e acompanhamento de outras técnicas; iii) análise de consistência das medições mediante interpretação dos valores.

3 CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA

A água é um bem natural considerada renovável, mas necessita de uso responsável e otimizado, que garanta a continuidade do ciclo hidrológico. A escassez dos recursos hídricos projetados frente ao aumento da população e a crescente poluição doméstica ou industrial determinam a necessidade de monitoramento da qualidade das águas, com a finalidade de propor medidas que auxiliem na melhoria dos mananciais hídricos superficiais e subterrâneos (NAIME et al., 2009).

A qualidade da água é de responsabilidade do estado e da nação, devendo o primeiro assegurar que seja feita a gestão adequada dos recursos hídricos, e o segundo de usar o recurso conscientemente. A garantia de segurança e de potabilidade da água depende do funcionamento adequado de diversas etapas no processo de abastecimento, que vão desde o tratamento até a distribuição e, caso alguma delas apresente falhas, pode desencadear um processo de contaminação (BRASIL, 2011).

A norma de qualidade de água para consumo humano, aprovada na Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde, define que o controle da água consiste no “conjunto de atividades exercidas de forma contínua pelos responsáveis destinada a verificar se a água fornecida à população é potável, assegurando a manutenção desta condição.” A Norma dispõe sobre os procedimentos e responsabilidades

relacionadas ao controle e à vigilância da qualidade da água nos diferentes níveis de governo e gestão (BRASIL, 2011).

A contribuição dos setores agrícola, urbano e industrial levando poluentes para rios em várias partes do mundo levaram à deterioração dos recursos hídricos. Uso e ocupação do solo sem planejamento contribuem para ações antrópicas que causam mudanças na qualidade da água local e induzem sua poluição a níveis inaceitáveis (SOUZA et al., 2014).

Para Massoud (2012), a qualidade da água reflete os efeitos agregados de vários processos que ocorrem ao longo do fluxo de água e é influenciada pelas características da bacia do rio. Portanto, é importante avaliar a qualidade da água para se adequar ao seu respectivo uso (BARRETO et al., 2014).

Entretanto, a qualidade da água não depende apenas de condições naturais. A ação antrópica interfere qualitativa e quantitativamente à medida que afeta as características químicas, físicas e biológicas dos sistemas hídricos (PINTO et al., 2009). A urbanização engendrada de forma acelerada e sem o devido planejamento aumentou a pressão antrópica sobre os recursos hídricos, sobretudo no que se refere àqueles usados para o abastecimento urbano. Isso gerou numerosos impactos sobre esse recurso natural, principalmente por meio do lançamento de esgotos e de resíduos urbanos e industriais nas águas (TUCCI, 2008 apud SILVA et al., 2016).

Diversos estudos apontam a agricultura e outras atividades agropecuárias, como uma atividade de alto potencial degradador, sendo responsáveis pela elevação da concentração de nutrientes nas águas superficiais, como por exemplo, fósforo e nitrogênio, bem como o uso e o manejo do solo em áreas agrícolas acarretam alterações na qualidade da água (MENEZES et al., 2016).

Segundo Pompêo et al. (2011), a maioria dos rios nas cidades brasileiras está substancialmente degradada. Sendo assim, as características físicas, químicas e biológicas de um curso d'água refletem tanto a configuração geológica quanto os insumos da bacia hidrográfica circundante (VOZA et al., 2015 apud MEDEIROS et al., 2016).

O crescimento populacional no Brasil, não é acompanhado por investimentos em saneamento, opera com baixos índices de coleta e tratamento de esgoto doméstico. Portanto, a maior parte do monitoramento pontos nas águas superficiais

dos centros urbanos são de baixa qualidade, fato que compromete o abastecimento de água potável (ANA, 2017).

Muitos parâmetros físico-químicos e biológicos são utilizados pelos órgãos responsáveis para monitorar e controlar a poluição da água (CURADO et al, 2017). Estes parâmetros são fundamentais para classificar e enquadrar os corpos de água de acordo com as classes de qualidade da água, e os padrões de potabilidade e banho, indicando os impactos gerados pela inadequada gestão dos recursos hídricos (ANA, 2017).

A compreensão dos efeitos nos ecossistemas, resultantes da exposição crônica a uma gama de poluentes, é um desafio que exige abordagens inovadoras (CURADO et al, 2017). Os ecossistemas aquáticos são os principais receptores de misturas de poluentes oriundos da produção doméstica e industrial (GAVRILESCU et al., 2015).

A tendência observada rotineiramente nos ambientes aquáticos da cidade de Itaquí e registrada em alguns trabalhos científicos, aponta para uma deterioração da qualidade da água. As águas dos diferentes entornos da cidade são usadas tanto para abastecimento público, dessedentação de animais e recreação, mas também como destino final para diluição e escoamento natural de descargas industriais e de esgoto (BARIANI, 2011).

Todos estes elementos se somam no interesse de avaliar, de forma frequente, a qualidade da água superficial em diferentes pontos da cidade, para o qual é necessária a preparação, calibração e aplicação de diferentes técnicas de medição, propósito para o qual este trabalho pretende contribuir.

4 METODOLOGIA

As metodologias aplicadas neste trabalho estão baseadas nas diretrizes dos métodos padrão de análise de águas, o “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” (APHA, 2005). Os Métodos Padrão são produzidos com os recursos combinados e o conhecimento coletivo das maiores associações de saúde pública e de água do mundo, sendo considerada uma referência crítica para qualquer laboratório envolvido na análise de água. Esta referência atualizada e abrangente cobre todos os aspectos das técnicas de análise de água e águas

residuais. No entanto, a implementação das técnicas de análise em cada laboratório, de forma sustentável, levando em consideração as condições locais, é um processo demorado e bastante complexo, que atualmente está em andamento no Laboratório Interdisciplinar Integrado. O presente trabalho faz parte do processo mencionado, acontecendo em consonância com as aulas de Tópicos de Laboratório Interdisciplinar II. A revisão, implementação e teste de funcionamento dos procedimentos faz parte dos objetivos deste trabalho, e o material resultante será incluído como parte da metodologia e também dentro dos resultados e discussão, indicando quais métodos sofreram modificações ou adaptações.

A determinação dos parâmetros físico-químicos (Condutividade, Oxigênio Dissolvido, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Potencial Hidrogeniônico, Potencial Redox e Temperatura) e da concentração de alguns componentes químicos (Alcalinidade e Acidez e Fotometria de Chama) foi executada com base na metodologia do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005). As medições de condutividade, potencial redox, alcalinidade, acidez e coliformes realizaram-se em laboratório imediatamente após a coleta e posteriormente foram guardadas sob refrigeração para novas análises.

A análise dos resultados será realizada mediante comparação dos valores tanto por tipo de análise quanto por ponto ou data de amostragem, procurando achar consistências e inconsistências entre as informações disponíveis, com o objetivo final de validar o sistema de monitoramento implantado.

Procedemos, a continuação, na descrição das técnicas utilizadas, metodologia de medição e de interpretação.

4.1. Pontos de coleta e técnicas de amostragem

Os pontos de coleta foram escolhidos dentro do Sistema de Informação Geográfica (SIG) com base nas experiências anteriores de monitoramento realizadas no laboratório.

Para analisar as águas do Arroio Olaria, foram coletadas amostras de água em dez pontos de monitoramento: Nascente (1), Ciclovía (2), Av Independência (3), Rua Uruguaiana (4), Rua Felipe Nery (5), Hipódromo (6), Rua Tiradentes (7), Rua David Canabarro (8), Foz (9) e Porto (10), conforme Tabela 1 e Figura 1. A coleta

das amostras ocorreu durante os meses de outubro e novembro de 2018, em períodos secos e após precipitações. As amostras foram armazenadas em garrafas plásticas ou de vidro e encaminhadas de imediato para o Laboratório Interdisciplinar Integrado (LABii), da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), onde foram analisadas de imediato ou guardadas sob refrigeração a 4° C quando necessário.

Tabela 1. Pontos de amostragem com coordenadas.

Nº	Ponto	Latitude	Longitude
1	Nascente	29° 8'57.70"S	56°32'19.50"O
2	Ciclovia	29° 8'44.50"S	56°33'16.80"O
3	Av. Independência	29° 8'24.23"S	56°33'32.96"O
4	Rua Uruguaiana	29° 8'21.42"S	56°33'45.22"O
5	Rua Felipe Nery	29° 8'10.90"S	56°33'58.80"O
6	Hipódromo	29° 7'50.91"S	56°34'09.55"O
7	Rua Tiradentes	29° 7'27.48"S	56°34'19.84"O
8	Rua David Canabarro	29° 7'17.53"S	56°34'17.10"O
9	Foz	29° 7'06.54"S	56°34'26.44"O
10	Porto	29° 7'04.70"S	56°33'15.56"O

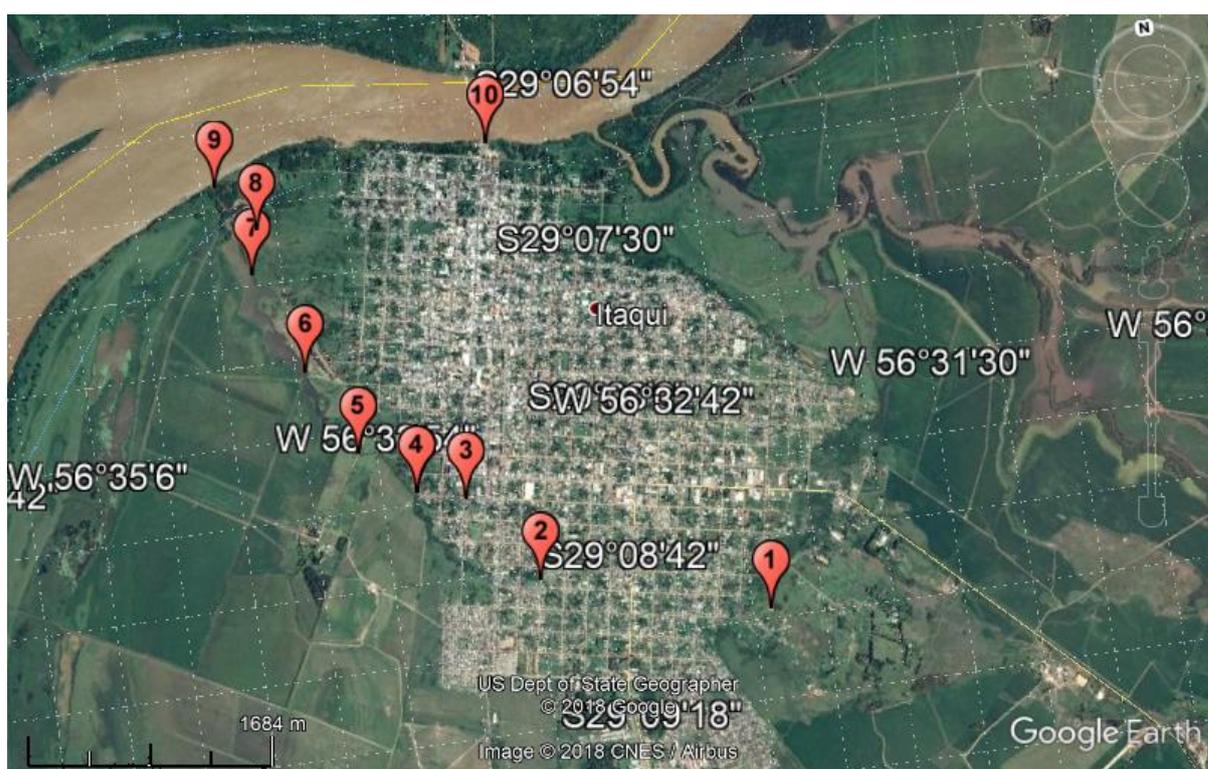


Figura 1. Carta-imagem contendo os pontos de amostragem, obtida no programa Google Earth.

4.2. Condutividade

A condutividade elétrica mede a capacidade que uma solução aquosa tem de conduzir eletricidade, dependendo da quantidade e tipo de íons encontrados em sua concentração. Essa variável foi medida por meio de um Condutímetro, modelo INSTRUTHERM CDR-870, com precisão de $\pm (1\% \text{ medição} + 2 \cdot \text{resolução})$ operando em temperaturas de 0 a 60°C. O aparelho é composto por um eletrodo com hastes de carbono, captor da facilidade do meio líquido para a transferência de energia elétrica, expressa na maioria dos casos em microsiemens (μS). Para sua calibração utilizou-se cloreto de potássio, KCl, de concentração 0,01 Molar, com condutividade de 1412, $\pm 14 \mu\text{S}$ (INSTRUTHERM, 2003).

Portando, de maneira geral a condutividade elétrica é capaz de medir a quantidade de sais presentes na água, tornando-se assim uma ferramenta de fundamental importância para diagnóstico e avaliação de corpos hídricos (BARIANI, 2012).

4.3. Oxigênio Dissolvido (OD)

Oxigênio dissolvido, podemos conceituar como o oxigênio que se dissolve em uma massa de água, variável expressa em miligramas por litro (mg/L). O oxigênio é um gás de extrema importância biológica, se fazendo presente em numerosas reações em meios aquáticos, e sua má qualidade pode ocasionar a mortandade de peixes e de vegetação aquática. Esta variável foi medida por um oxímetro modelo LUTRON DO-5509, com precisão de $\pm 0,4 \text{ mg/L}$, instrumento composto por um eletrodo do tipo polarográfico que serve para uma medição mais precisa, operando em temperaturas de 0 a 50°C. Para sua calibração utilizamos o ar atmosférico como parâmetro de teste, com concentração de 20,9% em locais bem ventilados.

4.4. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A técnica denominada DBO analisa, de forma indireta, através do oxigênio dissolvido, a quantidade de matéria orgânica biodegradável presente na amostra de água analisada. Durante o ensaio, um volume de amostra de 300 mL, recentemente

extraído do corpo de água sob análise, é saturado com oxigênio por agitação reiterada, e sua concentração de OD é medida. O recipiente é incubado durante 5 dias, após os quais a concentração de OD é medida novamente. O consumo de OD durante esse período será associado com a quantidade de matéria orgânica biodegradável presente, pois o consumo da mesma durante esses 5 dias por parte dos microorganismos presentes no efluente é a causa da diminuição do OD (MULLER, 2002). Na atualidade é um parâmetro mais empregado para medir graus de poluição, variável expressa em mg/L correspondentes à diferença: $OD_{inicial} - OD_{final}$. A técnica pode requerer a adição de sais nutritivas e a realização de diluições para garantir a eficiência da colônia de microorganismos que consomem a matéria orgânica e o OD.

4.5. Potencial Hidrogeniônico (pH)

O Potencial Hidrogeniônico (pH), é uma grandeza que aponta acidez, neutralidade ou alcalinidade de uma solução aquosa, adotamos pH igual a 7 uma solução neutra, superior a 7 (até 14) uma solução alcalina e inferior a 7 (até zero) uma solução ácida.

Teve suas medidas realizadas por um pHmetro modelo ADWA AD111, medidor com calibração automática, operando com temperaturas de 0 a 50°C, equipamento constituído por um eletrodo de pH e uma sonda de eletrodo e temperatura, além disso, o aparelho pode medir na faixa de milivolts (mV), se usando o eletrodo adequado (ADWA, 2014).

Águas com valores de pH afastados da neutralidade podem afetar a vida aquática. Com a diminuição do pH da água, os peixes apresentam uma maior frequência respiratória, passando a abocanhar o ar na superfície, em pH extremamente baixo tem morte imediata (BARIANI, 2012).

4.6. Potencial Redox (ORP)

Potencial Redox (ORP) é uma medida da tendência de espécies químicas de adquirir elétrons que é muito utilizada em matrizes ambientais tais como águas, efluentes, sedimentos e solos. As variáveis foram levantadas de modo equivalente

às medidas de pH, utilizando o pHmetro modelo ADWA AD111, porém configurado para medir em milivolts (mV) com um eletrodo combinado de platina, com eletrodo de referência Ag/AgCl (KCl saturado) e uma sonda de temperatura. Sua calibração foi feita com soluções de referência feitas em laboratório.

Medidas de potencial redox podem ser utilizadas em matrizes ambientais tais como águas, efluentes, sedimentos e solos. Nas reações redox, o potencial elétrico está associado com cada uma das semirreações de redução e de oxidação, e o potencial medido é aquele obtido no equilíbrio de todos os pares redox ativos presentes numa dada amostra. No entanto, para o caso de águas naturais ou sedimento, sabe-se que este equilíbrio dificilmente é atingido, e os valores do potencial são influenciados pelos pares que estão em concentrações mais elevadas (JARDIM, 2014).

4.7. Coliformes NMP (Número Mais Provável)

Coliformes são provenientes principalmente dos dejetos de animais e vivem costumeiramente nos intestinos de todos os seres vivos, pois ajudam em nossa digestão, formando a maior parte do volume fecal. Segundo Bariani et al. (2011), “cada ser adulto expele diariamente, com suas fezes, um número situado entre 50 bilhões e 400 bilhões de bactérias coliformes. Tendo em vista esse elevado número e o fato que, uma cidade, somente uma parcela relativamente pequena dos habitantes é portadora de bactérias patogênicas, percebe-se facilmente que a proporção de coliformes em relação à patogênicos, nos esgotos e várias ordens de magnitudes superiores.”

O grupo coliforme possui um subgrupo de bactérias denominadas coliformes termotolerantes, que, são capazes de fermentar a lactose a 44 há 45°C ($\pm 0,2$) em 24 horas (BRASIL, 2004).

As análises microbiológicas foram feitas no LABii em uma Capela de Fluxo Laminar Horizontal (modelo Compact Flow H-120 Filtex), incubadas a 35°C durante 24h ou a temperaturas menores compensando o tempo. As amostras foram avaliadas por meio do sistema Colilert, com algumas adaptações para redução de custos, tais como a minimização da quantidade de reagente usada, trabalho com tubos em lugar de cartelas e incubação a temperatura ambiente.

De acordo com estudos desenvolvidos por IDEXX (2002), o Colilert detecta simultaneamente coliformes totais e *E. coli* em água. Baseia-se na Tecnologia de Substrato Definido patenteada da IDEXX, composto de dois nutrientes indicadores, o-nitrofenil- β -D-galactopiranosídeo (ONPG) e o β -D glucuronídeo (MUG). Quando os coliformes totais metabolizam o indicador de nutrientes da Colilert, ONPG, a amostra fica amarela, quando a *E. coli* metaboliza o indicador de nutrientes de Colilert, MUG, a amostra também fluoresce. As substâncias inibidoras contidas junto com os nutrientes permitem eliminar a competição de até 2 milhões de bactérias heterotróficas simultaneamente. O Colilert pode detectar até 200 coliformes (cartela Quanty-tray) ou 2419 coliformes (Quanty-tray 2000), superados os quais se trabalha com diluições. Nas diferentes configurações de cartela varia o número de células em que os 100 ml de amostra são divididos e o volume das mesmas. Entendendo a estatística por trás do teste é possível utilizá-lo com qualquer número de células e volume, desenvolvimento este que continua em andamento ao momento da publicação deste trabalho.

4.8. Acidez e Alcalinidade por Titulação

A alcalinidade de uma água é dada pelo somatório das diferentes formas de alcalinidade existentes, isto é, a concentração de hidróxidos, carbonatos e bicarbonatos, expressa em termos de Carbonato de Cálcio. Pode-se dizer que a alcalinidade mede a capacidade da água em neutralizar os ácidos. A medida da alcalinidade é de fundamental importância durante o processo de tratamento de água, pois, é em função do seu teor que se estabelece a dosagem dos produtos químicos utilizados (BRASIL, 2004).

4.9. Temperatura da água e seus efeitos nas medições

No período das coletas a temperatura das amostras variaram entre 22 e 28°C, esta variável foi medida com a sonda de eletrodo e temperatura do pHmetro modelo ADWA AD111.

A temperatura das águas superficiais tem importante função na solubilidade dos sais e, sobretudo dos gases e, portanto, na determinação das variáveis físico-

químicas. Também é muito útil em estudos limnológicos, no que diz respeito a fenômenos de estratificação, e do ponto de vista industrial para o cálculo de trocas térmicas (NAIME et al., 2005).

4.10. Fotometria de Chama (Na⁺, K⁺, Li⁺, Ca⁺⁺)

A fotometria de chama é uma técnica espectroscópica, de emissão, utilizada na aplicação de análises quantitativas. De acordo com Okumura et al. (2004) é o mais simples dos procedimentos analíticos baseados em espectroscopia atômica. A fotometria de chama é um dos mais antigos métodos usados para medir as concentrações de Sódio (Na), Potássio (K), Cálcio (Ca) e Lítio (Li) em amostras líquidas (GARCIA et al., 2018).

A amostra é aspirada para uma chama, recebe a energia desta e gera espécies excitadas, que retornam ao estado fundamental e liberam parte da energia recebida na forma de radiação, em comprimentos de onda específicos de cada elemento químico. A função da chama é converter a amostra líquida ao estado gasoso, decompor os constituintes em átomos ou moléculas mais simples e estimular eletronicamente uma fração das espécies atômicas ou moleculares restantes (DIGIMED, 2018).

Para a realização desta análise foi utilizado o fotômetro de chama DIGIMED DM-62, que faz leitura simultânea de Na, K, Ca e Li e possui calibração automática. O fabricante reporta uma precisão de $\pm 1\%$.

4.11. Incerteza nas medições

Para cálculo da incerteza ou erro de medição foram consideradas as componentes advindas da resolução e estabilidade do instrumento, da calibração e do método. De forma geral, os fabricantes reportam uma resolução próxima a 1% do valor medido adicionado de duas unidades da resolução. Já no caso da calibração e o método de medição, a incerteza foi avaliada de acordo com as observações realizadas durante as operações de calibração e durante as medições, considerando fatores tais como o tempo de estabilização das medições, que é um indicador do

estado de eletrodos e sensores, assim como a capacidade de manter a calibração em medições sucessivas.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nas análises de amostras em diferentes pontos do arroio Olaria (Figura 1), para algumas datas do segundo semestre de 2018, serão apresentados em forma de tabelas e discutidos a continuação.

Os locais de amostragem (Tabela 1) correspondem a uma sequência de pontos de montante para jusante, partindo da nascente. Eventualmente é incluída alguma amostra de águas superficiais de outras regiões, como por exemplo, barragens ou rio Uruguai para efeitos de comparação.

Como as diferentes técnicas de medição estão em processo de implantação, em forma de estações, durante as aulas da disciplina Tópicos de Laboratório Interdisciplinar, então, a interpretação dos resultados estará direcionada a analisar a coerência ou não das medições, as possíveis causas disso e as formas de melhorar as medições.

As medições têm um forte valor comparativo, pois os pontos amostrados correspondem a um córrego que atravessa a cidade de Itaqui, recebendo efluentes domésticos e industriais no seu trajeto, assim como o aporte de outras vertentes.

O ponto Olaria Uruguaiana possui perfil topográfico da seção medido, o que possibilita o cálculo de vazão.

5.1. Condutividade

Os resultados de algumas medições de condutividade realizadas durante o período de execução deste trabalho aparecem na Tabela 2.

A condutividade medida acompanha o esperado de acordo com a posição geográfica dos pontos: a nascente apresenta a menor condutividade, embora bastante alta (229-249 microSiemens), indicando poluição local por animais e lixo. A máxima condutividade acontece no ponto Rua Uruguaiana (409) o que indica efeito dos efluentes industriais vertidos logo antes do ponto. Logo antes, o ponto Av Independência apresenta uma condutividade também alta (329-280), indicando que este ponto recebe bastantes efluentes de esgoto embora tenhamos indícios pelo pH

que também recebe águas do escoamento natural e nascentes. O efeito de diluição produzido nos pontos de jusante pela diluição do rio Uruguai ou pelo aumento de vazão por causa das chuvas aparece claramente pela diminuição gradual nos pontos Rua Felipe Nery (249) e Hipódromo (216). Conforme o padrão para águas doces de classe II estabelecido pela resolução nº 357/2005, a condutividade elétrica acima de 100 μS pode indicar ambientes impactados (CONAMA, 2005).

Tabela 2. Resultado das medições de condutividade em diferentes pontos.

Ponto >> Data	Água Destilada	Nascente 01	Nascente 02	Ciclovía	Av.Independência	Rua Uruguiana	Rua Felipe Nery	Hipódromo	Rua Tiradentes	Rua David Canabarro	Foz
Condutividade (μS)											
24/10/2018		110,6	229	257	329	409		306			
31/10/2018	4,0	249		263	280		249	216			
10/11/2018									270	412	449
14/11/2018						278					
20/11/2018				329	242	276		226			60,9

Concluimos que a medição de condutividade parece ser sensível, estável, bem calibrada e confiável, acompanhando as características do entorno geográfico dos pontos.

5.2. Potencial de Hidrogênio (pH)

Os resultados obtidos para o potencial hidrogeniônico (pH) são apresentados na Tabela 3. Na primeira data, 24/10/2018, observa-se uma certa acidez na nascente (pH= 6.41), com aumento do pH para valores básicos na medida que as águas do córrego avançam pela cidade. Na data referida, o rio Uruguai estava em uma cota elevada (7 m acima do normal), o que influencia em termos de vazão do córrego Olaria, pois produz represamento, diminuindo a velocidade do escoamento, assim como causa diluição nos pontos de amostragem de alturas inferiores (Hipódromo). O ponto Av. Independência corresponde a um valo ou canal aberto que recebe uma vertente, e talvez por isso seu valor de pH também é ácido. No ponto Ciclovía, com forte influência de esgoto urbano, o pH já é básico (7.64), tendência

que continua a jusante. No ponto Hipódromo a diluição produzida pelo rio Uruguai, provavelmente misturada com o efeito de limpeza dos canos de esgoto atingidos pelo rio, eleva o pH a valores básicos.

Tabela 3. Resultado das medições de pH em diferentes pontos.

Ponto >> Data	Água Destilada	Nascente 01	Nascente 02	Ciclovía	Av. Independê ncia	Rua Uruguai a	Rua Felipe Nery	Hipódrom o	Rua Tiradentes	Rua David Canabarro	Foz	Porto
Potencial Hidrogeniônico: pH = -log[H⁺]												
24/10/2018		6,41	6,70	7,64	6,78	7,68		7,78				
31/10/2018	8,64	7,73		7,04	6,40		7,07	6,96				
10/11/2018									7,20	7,86	6,70	
14/11/2018						6,90						
20/11/2018				7,52	7,11	7,05		6,92			7,12	7,23

Para a data de 31/10/2018, o rio Uruguai estava baixo, mas uma forte chuva tinha acontecido no dia anterior à coleta, aumentando a vazão do córrego. Esta chuva teve um forte efeito de escoamento superficial nas bacias de captação de cada ponto. O valor de pH da nascente aparece mais elevado (7.73) provavelmente devido ao arrasto de solo e resíduos de fezes de animais e lixo nas redondezas. Os outros valores aparecem próximos da neutralidade, com exceção do Av. Independência que aparece com pH levemente ácido, talvez indicando a origem dessas águas numa vertente natural. Chama a atenção um valor de pH de 8.64 registrado para água destilada, que deverá ser verificado, pois indicaria que o eletrodo não estava bem calibrado naquele momento, mas poderia ser justificado devido a acontecer no início da análise, quando o eletrodo ainda não entrou em regime de trabalho. Na data de 31/10 faltam as medições da Rua Uruguiana, que devem ser recuperadas dos cadernos e arquivos originais.

Conforme o padrão para águas doces de classe II estabelecido pelo Art. 15 da resolução nº 357/2005, o pH deve estar intervalo de 6,0 e 9,0 (CONAMA, 2005).

Conclui-se que deve ser tomado mais cuidado na calibração inicial, e que os valores ainda não são conclusivos para avaliar o estado dos pontos, os quais dependem também das condições climatológicas próximas ao dia da coleta e à cota do rio Uruguai. Observa-se uma tendência de valores levemente ácidos para águas naturais da região, e mais alcalinos para águas com efluentes de esgoto ou industriais.

5.3. Oxigênio dissolvido

Esta medição depende do estado de agitação da amostra, que pode incorporar oxigênio por agitação. Medidas confiáveis do valor existente no córrego só podem ser obtidas com maior facilidade por medição direta a campo, evitando a agitação posterior da amostra, ou então com cuidadosa amostragem, sem deixar espaço com ar na amostra obtida. No geral, todas as águas medidas apresentam valores bastante altos de oxigênio dissolvido, principalmente após chuvas e como efeitos de diluição por maior vazão ou por cota elevada do rio Uruguai, que afeta alguns pontos. No entanto, para momentos de pouca vazão do córrego é perceptível o efeito de diminuição do OD em pontos com recepção de esgotos (Ciclovía, Av. Independência, Uruguaiana, < 3 mg/L de O₂).

Tabela 4. Resultado das medições de oxigênio dissolvido em diferentes pontos.

Ponto >> Data	Água Destilada	Nascente 01	Nascente 02	Ciclovía	Av.Independência	Rua Uruguai ana	Rua Felipe Nery	Hipódromo	Rua Tiradentes	Rua David Canabarro	Foz	Porto
	Oxigênio Dissolvido - OD - mg/L											
24/10/2018		8,6	8,3	8,3	5,5	7,7		8,2				
31/10/2018	9,8						7,9					
10/11/2018									8,2	8,3	8,2	
14/11/2018						7,9						
20/11/2018				2,1	2,8	2,3		3,4			4,2	4,1

O valor mínimo de oxigênio dissolvido em águas doces de classe II para a preservação da vida aquática, estabelecido pelo Art. 15 da resolução nº 357/2005 é não inferior a 5,0 mg/L (CONAMA, 2005).

5.4. Potencial Redox (ORP)

A tendência observada é de pontos com águas mais naturais apresentando um potencial redox próximo aos 200 mV, tendo redução em pontos com forte presença de esgotos (Av Independência, 145 mV). Observa-se efeito de diluição nos pontos a jusante (Rua Felipe Nery (230) e Hipódromo (203, 134). O aumento de potencial redox no ponto Rua Uruguaiana pode ser efeito do vertido de produtos químicos de origem industrial, que modificam os pares redox predominantes, aumentando o potencial redox.

Tabela 5. Resultado das medições de potencial redox em diferentes pontos.

Ponto >> Data	Água Destilada	Nascente 01	Nascente 02	Ciclovia	Av. Indepe ndência	Rua Uruguai a	Rua Felipe Nery	Hipódromo	Rua Tiradentes	Rua David Canabarro	Foz	Porto
ORP (mV)												
24/10/2018		232	202	140	144	198		134				
31/10/2018	241	256		219	145		230	203				
10/11/2018									246	157	221	
14/11/2018						162						
20/11/2018				175	211	171		223			231	247

Dentro desta premissa, numa amostra de água com pH $\pm 7,0$, o oxigênio deve ser o principal receptor de elétrons, quando o ORP medido estiver próximo de 400 mV. Quando o valor encontrar-se entre 100 e 300 mV, todo oxigênio deve ter sido consumido.

5.5. Temperatura

Observa-se que as temperaturas medidas no laboratório estão ao redor de 25 °C, sendo adequadas para medição com relativa uniformidade, de acordo com os estudos de (JARDIM, 2014).

Durante o desenvolvimento do trabalho observou-se a necessidade de aumentar o registro da temperatura, incluindo:

- i) temperatura do ar e da água no momento da amostragem, importante para conhecer as condições iniciais das amostras;
- ii) temperatura durante o processo de medição no laboratório, importante para calcular os tempos de incubação equivalentes usando a temperatura ambiente, nas análises de DBO e microbiológicas.

O registro de temperatura no laboratório e em locais de incubação permite diminuir os custos do monitoramento, poupando os custos de energia elétrica necessária para manter as câmaras incubadoras a temperatura constante de 36 °C. Em compensação, a incubação é monitorada frequentemente a partir das 12 horas, registrando fotograficamente as mudanças na coloração dos tubos até estabilização. Os algoritmos necessários para realizar o cálculo do tempo equivalente de incubação estão ainda em desenvolvimento ao momento da conclusão do presente trabalho.

Tabela 6. Resultado das medições de temperatura em diferentes pontos.

Ponto >> Data	Água Destilada	Nascente 01	Nascente 02	Ciclovía	Av.Independência	Rua Uruguai a	Rua Felipe Nery	Hipódromo	Rua Tiradentes	Rua David Canabarro	Foz	Porto
Temperatura (°C)												
24/10/2018		23,3	24,5	25,9	25,7	25,1		26,3				
31/10/2018	24	23,8		24,1	22,7		24,4	24,3				
10/11/2018									24,9	25,5	25,2	
14/11/2018						24,3						
20/11/2018				24,9	24,8	25,9		28			26,1	27,9

5.6. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

O consumo de oxigênio dissolvido após 5 dias (DBO) indica a presença de matéria orgânica capaz de alimentar as bactérias no efluente. Os resultados obtidos apresentados na Tabela 7 apontam para uma diminuição conforme o avanço das águas desde as nascentes até a foz, que pode ser atribuído ao consumo realizado pelas próprias bactérias - como se fosse um tratamento - e também ao efeito de diluição. A experiência obtida durante a realização desta medição mostrou que o tempo de estabilização dos eletrodos durante a medição de OD varia dependendo da condição inicial dos mesmos, sendo interessante o uso de mais de um aparelho para conferir as medições, e permitindo um tempo de estabilização de vários minutos (>10 min).

Tabela 7. Resultado das medições de DBO em diferentes pontos e datas.

Ponto >> Data	Nascente 01	Nascente 02	Ciclovía	Av.Independência	Rua Uruguai ana	Rua Felipe Nery	Hipódromo
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO - mg/L OD							
24/10/2018	6,3	7,0	3,1		5,2		3,9
31/10/2018	3,5		4,8	5,1	5,1	2,8	2,7

O valor mínimo de DBO em águas doces de classe II para a preservação da vida aquática, estabelecido pelo Art. 14 da resolução nº 357/2005, é de até 5,0 mg/L OD a 20°C (CONAMA, 2005).

5.7. Coliformes

Os coliformes foram medidos através de uma adaptação do método de Colilert, diminuindo consumo de reagente e adaptando os procedimentos e aparelhos para baixo custo. Durante este trabalho o objetivo foi detectar a ordem de magnitude do número de coliformes, verificando em dois tubos, para cada diluição, a presença ou ausência de coliformes em 10 ml. O método detecta a presença de coliformes totais com uma coloração amarela, e de coliformes fecais por fluorescência em luz ultravioleta. Recentemente os dois métodos conseguiram ser implementados (Figura 2), com resultados que indicam forte presença de coliformes em todas as amostras (Tabela 8) desde a nascente (maior a um bilhão, ou seja, 10^{10} coliformes em 100 ml), com diminuição só por efeito de diluição pelo rio Uruguai ou chuva (Hipódromo, 10^6). A variável reportada é o número mais provável de coliformes em 100 ml de amostra, tendo que multiplicar por um fator de 10 para determinações com 10 ml de amostra.

Existiam dúvidas com relação aos coliformes totais, que foram levantadas uma vez que a técnica de coliformes fecais ficou em funcionamento, após construir uma lâmpada de LEDs ultravioletas e câmara escura de leitura (Figura 2). Por esse motivo, alguns valores de coliformes totais avaliados inicialmente foram inferiores aos determinados para coliformes fecais, o que é uma inconsistência que está sendo resolvida mas que apareceu durante este trabalho. Outro fator importante é a determinação do tempo de incubação quando é usada a temperatura ambiente, por economia de recursos, substituindo-a pelo cálculo do tempo equivalente. Observou-se, durante este trabalho, que é possível substituir a incubação a temperatura controlada por um acompanhamento mais frequente do processo, que pode ser feito fotograficamente, até estabilização da cor.



Figura 2. Resultado das análises pelo método Colilert. Observa-se a fluorescência correspondente a coliformes fecais em 7 dos 8 tubos. Só um apresentou coliformes totais sem conter coliformes fecais, ficando então só com a cor amarela, sem fluorescer na luz ultravioleta. Quando os coliformes totais metabolizam o indicador de nutrientes da Colilert, ONPG, a amostra fica amarela, quando a *E. coli* metaboliza o indicador de nutrientes de Colilert, MUG, a amostra também fluoresce.

Com os resultados observados foi decidido implementar o cálculo do tempo de incubação equivalente, levando em consideração a temperatura ambiente no laboratório durante o processo. Esta prática tem potencial de substituir um procedimento de alto custo (incubação a temperatura controlada) por outra metodologia que embora seja mais trabalhosa, tem alto valor didático, sendo apropriada para as aulas. O processo ainda continua em desenvolvimento e não será descrito em este trabalho.

Pelo exposto, esta medição ainda precisa ser consolidada, realizando mais amostragens e testando os novos procedimentos em comparação com os procedimentos padrão.

Tabela 8. Resultado das medições de coliformes em diferentes pontos e datas.

Ponto >> Data	Água Destilada	Nascente 01	Nascente 02	Ciclovía	Av.Independência	Rua Uruguiana	Rua Felipe Nery	Hipódromo	Rua Tiradentes	Rua David Canabarro	Foz	Porto
Coliformes Totais em 100 ml												
24/10/2018		10 ⁵		10 ¹⁰	10 ⁷	10 ¹⁰		10 ⁸				
31/10/2018		10 ⁴		10 ⁴		10 ¹⁰	10 ¹⁰	10 ⁴				
Coliformes Fecais em 100 ml												
31/10/2018		10 ¹⁰		10 ¹⁰	10 ¹⁰	10 ¹⁰	10 ¹⁰					

O valor máximo de Coliformes em águas doces de classe II estabelecido pelo Art. 15 da resolução nº 357/2005, não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mL. (CONAMA, 2005).

5.8. Acidez e alcalinidade por titulação

Esta análise envolve 5 titulações com 4 indicadores, sendo eles, Fenolftaleína 1%, Púrpura de Metacresol, Azul de Bromofenol e Verde de Bromocresol, avaliando o caráter ácido ou básico do efluente. Os resultados foram colocados, durante a determinação, em planilha eletrônica desenvolvida especificamente desenvolvida no software *Microsoft Excel*, para auxiliar no processo de titulação, como ilustrado na Tabela 9. A titulação realizou-se de forma inovadora, com o auxílio de balanças digitais de baixo custo, com precisão de 0.01g, medindo os incrementos de massa ao longo da titulação, até o momento da virada do indicador. As massas do béquer, e os sucessivos incrementos com amostra, indicador, e titulante foram registrados na planilha (Tabela 9). O cálculo do volume a partir da massa (usando a densidade ~ 1g/cm³) pode conseguir uma precisão adequada aos objetivos de monitoramento ambiental, com vantagens sobre o método tradicional com bureta na determinação do volume, pela possibilidade de usar gotas menores por meio de seringas permitindo assim o uso de volumes menores de solução problema (10 ml) e consequentemente de reagentes (ácido clorídrico e hidróxido de sódio). Os materiais usados podem ser de baixo custo (seringas, copos descartáveis, mini-balança digital). O cálculo final de milimoles por litro de acidez ou alcalinidade foi obtido pela fórmula:

$$\text{Moles/litro de acidez ou alcalinidade na amostra} = \frac{\text{Mol de HCl ou NaOH X Volume Titulante em mL}}{\text{Volume Amostra em mL}}$$

Para análise dos resultados é conveniente o uso de filtros na planilha, permitindo a visualização só dos dados de interesse. Por exemplo, com o filtro “azul” na coluna do indicador poderemos visualizar os resultados das titulações com o indicador “azul de bromofenol” para todos os pontos amostrados, em todas as datas (Tabela 9).

Esta técnica ainda continua em processo de implantação ao momento da conclusão deste trabalho, sendo apresentados aqui os resultados preliminares.

Tabela 9. Exemplo de tabela desenvolvida para titulação com balança digital

DATA DA TITULAÇÃO (mm/dd/aa)	19/09/2018	26/09/2018	27/09/2018	03/10/18	03/10/18	10/10/18	10/10/18
IDENTIFICAÇÃO	Água destilada	Olaria 2017 09 21 R. Uruguaiiana	Olaria 2017 09 21 R. Uruguaiiana	P. Minogio 14/12/2017	P. Minogio 14/12/2017	Olaria Uruguaiiana	Olaria Uruguaiiana
PESO ELENMEYER (g)	31.9	31.9	32.8	32	32.7	32	32.7
PESO ELENMEYER + AMOSTRA (10 ml)	42	43.9	44.3	43.1	44.6	44.5	43.7
VOLUME DA AMOSTRA (ml)	10.1	12	11.5	11.1	11.9	12.5	11
NOME INDICADOR	Azul de Bromofenol	Azul de Bromofenol	Fenolftaleína 1%	Verde de bromocressol	Púrpura de metacressol	Verde de Bromocressol	Púrpura de metacressol
PESO ELENMEYER + AMOSTRA + INDICADOR (2 gotas)	42.2	44	44.4	43.2	44.9	44.7	43.8
PESO INDICADOR (g)	0.2	0.1	0.1	0.1	0.3	0.2	0.1
INTERVALOS COR E pH DO INDICADOR	Amarelo 3.0 => Violeta 4.6	Amarelo 3.0 => Violeta 4.6	Incolor 8.2 => 9.8 rosa	3.8 amarelo => Azul 5.4	Vermelho 1.2 => Amarelo 2.8 => 7.4 => púrpura 9.0	3.8 amarelo => Azul 5.4	Vermelho 1.2 => Amarelo 2.8 => 7.4/púrpura 9.0
TITULANTE: ÁCIDO OU BASE	Ácido	Ácido	Base	Ácido	Ácido	Ácido	Base
MOLARIDADE DO TITULANTE	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	1	0.5
PESO ELENMEYER + AMOSTRA + INDICADOR (2 gotas) + ÁCIDO/BASE	48.3	44.5	47.1	43.6	51.9	44.9	44.9
PESO DO ÁCIDO/BASE (g=ml)	6.1	0.5	2.7	0.40	7	0.20	1.1
ÁCIDO OU BASE*MOLARIDADE (milimoles/L)	0.061	0.005	0.027	0.004	0.07	16.00	50.00

Observamos na Tabela 10 que as medições indicam baixa alcalinidade (pouco consumo de ácido) na nascente, e um aumento da alcalinidade que pode ser atribuído ao efeito dos esgotos urbanos vertidos nos pontos posteriores de amostragem dentro da cidade (Ciclovía, Av Independência), com os pontos dentro do córrego também de alta alcalinidade porém sujeitos a efeitos de diluição por chuvas (Olaria Uruguaiiana) ou cota alta do rio Uruguai (Hipódromo), o que tende a

diminuir a alcalinidade. Uma análise mais detalhada dos resultados obtidos encontra-se ainda em andamento.

Tabela 10. Resultados com uso de filtros na planilha.

IDENTIFICAÇÃO	NOME INDICADOR	TITULANTE: ÁCIDO OU BASE	ÁCIDO OU BASE*MOLARIDADE (milimoles/L)
Água destilada	Azul de Bromofenol	Ácido	0.061
Nascente 01	Azul de Bromofenol	Ácido	0.833
Nascente 02	Azul de Bromofenol	Viol/Ácido	0.606
Ciclovía	Azul de Bromofenol	Ácido	4.0404
Av. Independência	Azul de Bromofenol	Viol/Ácido	5.319
Rua Uruguaiana	Azul de Bromofenol	Viol/Ácido	3.960
Hipódromo	Azul de Bromofenol	Viol/Ácido	3.158

5.9. Fotometria de chama

Os resultados das concentrações de Na^+ , Ca^{++} , Li^+ e K^+ são apresentados na Tabela 11. Trata-se de um método rápido, confiável e de boa precisão. Os resultados mostram claramente a baixa concentração de íons na nascente para ir progressivamente aumentando pelo efeito dos efluentes urbanos, tendo um efeito de diluição para os pontos mais próximos da Foz. A incerteza pode ser considerada de 0,2 mg/L conforme estipulado pelo fabricante. Observa-se que embora as nascentes são bastante poluídas com matéria orgânica e coliformes, elas ainda mostram sua natureza mais pura pela baixa concentração de sódio, que posteriormente aumenta pela deposição de efluentes urbanos ricos em sais. O ponto da Rua Independência é um valo que provavelmente corresponde a uma vertente natural local e por isso apresenta valores um pouco mais baixos de concentrações de íons que os pontos com maior concentração de esgotos, como Ciclovía.

Tabela 11. Resultado em mg/L das medições com fotômetro de chama em diferentes pontos do arroio Olaria.

Ponto >> Data	Água Destilada	Nascente 01	Nascente 02	Ciclovia	Av. Indepen- dência	Rua Uruguaiana	Rua Felipe Nery	Hipódrom- o	Rua Tiradentes	Rua David Canabarro	Foz	Porto
24/10/2018												
Na⁺		1,6	1,0	25,6	19,0	24,4		12,8				
Ca⁺⁺		0,8	0,9	7,4	1,3	1,5		1,2				
Li⁺		0,3	0,3	0,3	0,3	0,3		0,3				
K⁺		3,7	4,6	7,7	5,9	4,8		4,9				
31/10/2018												
Na⁺	0,0	0,4		14,4	14,3		12,4	10,5				
Ca⁺⁺	0,4	0,8		1,5	1,9		1,5	1,3				
Li⁺	0,2	0,3		0,3	0,3		0,3	0,3				
K⁺	0,0	2,9		6,9	6,5		6,3	5,8				
20/11/2018												
Na⁺					7,9	22,5		12,8			1,7	1,6
Ca⁺⁺					8,0	8,0		1,2			0,3	0,3
Li⁺					0,2	0,3		0,3			0,2	0,2
K⁺					2,1	6,0		4,9			1,3	1,3
24/11/2018												
Na⁺				25,6	19,0				8,8	4,0		
Ca⁺⁺				1,4	1,3				1,1	0,9		
Li⁺				0,3	0,3				0,3	0,3		
K⁺				7,7	5,9				5,1	3,3		

O valor máximo de Sódio (Na) em águas subterrâneas, estabelecido pelo Anexo I da resolução nº 396/2008, é de até 200 mg/L de Na (CONAMA, 2008).

A valia média de Cálcio (Ca) em águas para a procriação aquífera é de 45,4 mg/L de Ca (PROSAB, 2009).

O valor máximo de íons Lítio (Li⁺) em águas doces de classe II, estabelecido pelo Art. 15 da resolução nº 357/2005, é de até 2,5 mg/L de Li (CONAMA, 2005).

O montante médio de Potássio (K) em águas para a procriação aquífera é de 26,2 mg/L de K (PROSAB, 2009).

5.10. Discussão geral

Os pontos amostrados correspondem maioritariamente a uma sequência desde a nascente até a foz do Arroio Olaria, que atravessa a cidade de Itaqui. As próprias nascentes estão muito poluídas, como demonstrado pelas análises físico-

químicas e microbiológicas, devido à presença intensiva de animais na área, mas não foi ocupada por moradias. O córrego recebe várias vertentes ao longo do seu trajeto, em parte ocultas pela urbanização. Percebe-se que as águas naturais destas nascentes possuem uma leve acidez, talvez pelas características do solo argiloso da região. O avanço pela cidade aumenta o número de coliformes, a condutividade, a DBO, o pH, e diminui o oxigênio dissolvido e o potencial redox, porém a diluição com águas de vertentes puras ou do rio uruguai nos pontos próximos da foz pode amenizar estes efeitos.

Uma das causas visíveis de poluição é o aumento de conexões de esgoto diretas nos córregos, tanto em regiões com rede de saneamento básico próxima ou distante. Soma-se a essa carga poluente as descargas industriais e comerciais que se unem aos esgotos, além da poluição causada pelo escoamento superficial na cidade, arrastando lixo. A pecuária extensiva nas periferias e o escoamento de solos e agroquímicos oriundos das regiões agrícolas adjacentes à cidade também podem afetar fortemente a qualidade dos corpos de água.

O problema é preocupante, pois a administração pública da cidade não tem dado sinais de conseguir organizar uma estratégia capaz de diminuir progressivamente esta situação negativa nos passados 10 anos, quando iniciaram os trabalhos de monitoramento (BARIANI, 2011).

Por estes motivos e outros, é necessária uma avaliação técnica objetiva e frequente da qualidade da água e do ambiente para poder iniciar propostas que possam impactar positivamente esta situação. Conforme estabelecido pelo Art. 24 da resolução nº 357/2005, os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água, após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis (CONAMA, 2005). As normas legais, ainda raramente cumpridas, refletem o ideal e propósito natural do ser humano de manter e recriar os ambientes saudáveis e belos que se observam naturalmente em ausência de intervenção antrópica ou quando estas intervenções são realizadas com cuidado e sabedoria. Urge atualmente uma reação para diminuir e reverter a taxa de deterioro da qualidade da água e ambientes naturais por efeito da atividade antrópica.

As inundações e enchentes ou cotas altas também aparecem como fatores que influenciam na qualidade da água dos diferentes córregos, devido à grande vazão do rio Uruguai, que ocupa cotas internas da cidade em situações de elevação da cota. Estes efeitos foram apreciados nas medições de pontos como Hipódromo ou Foz e outros intermediários.

Com relação às técnicas analisadas em este trabalho pode-se concluir que com a realização de alguns ajustes na metodologia elas podem ficar plenamente funcionais para o monitoramento de água em córregos da região.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A água é essencial em todos os segmentos da vida, sendo considerada um recurso insubstituível. Sendo assim, todos os esforços direcionados à preservação da sua qualidade tem uma profunda justificativa. Dentre os aspectos a serem considerados está o monitoramento da qualidade, que nos mostra os efeitos da atividade antrópica nos cursos de água e permite deduzir as possíveis causas dos mesmos. No entanto, o alto custo e a complexidade dos sistemas de monitoramento tradicionais têm impedido a consolidação de uma sistemática de análise dos corpos de água capaz de nos alertar sobre os processos em curso. Para enfrentar esse problema, o Laboratório Interdisciplinar Integrado da Universidade Federal do Pampa vem organizando uma sistemática baseada em metodologias de baixo custo porém de alto conteúdo conceitual, muito adequadas para atividades acadêmicas. As amostragens, análises e discussões sobre as metodologias são realizadas no âmbito de disciplinas permanentes, o que garante a sustentabilidade do monitoramento. Trata-se de um caso bem sucedido de curricularização da extensão e a pesquisa, do qual este trabalho formou parte através da amostragem, pesquisa, análise e discussão de resultados para amostras de um dos córregos da região. Os resultados mostram um forte impacto na qualidade da água natural do córrego pela atividade antrópica e o vertido de efluentes urbanos que carregam esgoto e lixo. O trabalho pode ser certamente continuado mediante ajustes dos procedimentos, como foi comentado nas seções correspondentes, e mediante a implementação e aprimoramento de mais metodologias de análise que não foram discutidas em este trabalho.

REFERÊNCIAS

ADWA Instruments Kft. Manual do usuário AD110 e AD111. 2014. Disponível em: <<http://www.adwainstruments.com>>. Acesso em: 12 de novembro de 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA (Brasil). **Panorama da qualidade das águas superficiais do Brasil**. Brasília, 2017. 177 p.

APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**, 21sted. Washington, DC, New York: American Public Health Association; 2005.

ARAÚJO, M.C; OLIVEIRA, M.B.M. Monitoramento da qualidade das águas de um riacho da Universidade Federal de Pernambuco, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 08, n. 3, p. 247-257. 2013.

BARRETO, L. V.; FRAGA, M. D. S.; BARROS, F. M.; ROCHA, F. A.; AMORIM, J. D.; CARVALHO, S. R.; BONOMO, P.; SILVA, D. P. Relação entre vazão e qualidade da água em uma seção de rio. **Revista Ambiente & Água**, v. 9, n. 1, p. 118-129, 2014.

BARIANI, C.J.M.V. **Avaliação dos efeitos de atividades antrópicas por meio da análise integrada de variáveis de uso da terra e limnológicas em Itaqui, RS**. Dissertação de Mestrado (Pós-graduação em Geografia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2012.

BARIANI, N.M.V; ZANELLA, A; PAZDIORA, P.C; BARIANI, C.J.M.V; VALIM, M.F; FELICE, R.D. **Sistema integrado de monitoramento ambiental baseado no Spring: SIMA-S**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento REMOTO, 15. (SBSR), 2011, Curitiba, PR. Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte/2011/07.04.12.25/doc/p1564.pdf>>. Acessado em 22 de setembro de 2018.

BEM, C.C. **Determinação do estado de eutrofização de um lago raso: estudo de caso do lago barigui**. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água**. 1ª ed. - Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2004. 146 p. Disponível em: <http://bvsmis.saude.gov.br/bvs/publicacoes/analise_agua_bolso.pdf>. Acessado em 10 de novembro de 2018.

BRASIL, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Portaria n. 2914 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. Disponível em: <http://www.saude.mg.gov.br/index.php?option=com_gmg&controller=document&id=8014>. Acessado em 08 de novembro de 2018.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução Conama n. 357**, de 17 de março de 2005. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLUCAO_CONAMA_n_357.pdf>. Acessado em 22 de setembro de 2018.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução Conama n. 396**, de 07 de abril de 2008. Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLU%C3%87%C3%83O%20CONAMA%20n%C2%BA%20396.pdf>>. Acessado em 11 de dezembro de 2018.

CURADO, A. L.; OLIVEIRA, C. C.; COSTA, W. R.; MARFIL ANHÊ, A. C. B.; SANTOS SENHUK, A. P. M. Urban influence on the water quality of the Uberaba River basin: an ecotoxicological assessment. **Revista Ambiente & Água**, v. 13, n. 1, 2018.

DIGIMED Instrumentação Analítica. Manual de instruções do fotômetro de chama DM-62. Disponível em: < <https://www.digimed.ind.br/br/>>. Acesso em: 01 de novembro de 2018.

DAMASCENO, M.C.S.; RIBEIRO, H.M.C; TAKIYAMA, L.R.; PAULA, M.T. Avaliação sazonal da qualidade das águas superficiais do rio Amazonas na orla da cidade de Macapá, Amapá, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 10, n. 3, p. 598-613. 2015.

GARCIA, R. A.; VANELLI, C. P.; JUNIOR, O. S. P.; CORRÊA, J. O. A. Comparative analysis for strength serum sodium and potassium in three different methods: Flame photometry, ion- selective electrode (ISE) and colorimetric enzymatic. **Journal of Clinical Laboratory Analysis**, v. 32, n. 9. 2018.

GAVRILESCU, M.; EMNEROVÁ, K.; AAMAND, J.; AGATHOS, S.; FAVA, F. Emerging pollutants in the environment: present and future challenges in biomonitoring, ecological risks and bioremediation. **New Biotechnology**, v. 32, n. 1, p. 147–156, 2015.

IDEXX Laboratories Inc. **Cartilha explicativa do método Colilert, Tecnologia do Substrato Definido**. 2002. Disponível em: < <https://www.idexx.com.br> >. Acesso em: 12 de novembro de 2018.

INSTRUTHERM Instrumentos de medição limitada. **Manual de instruções condutivímetro digital modelo CDR-870**. 2003. Disponível em: <<https://www.instrutherm.net.br>>. Acesso em: 12 de novembro de 2018.

JARDIM, W.F. Medição e interpretação de valores do potencial redox em matrizes ambientais. **Revista Química Nova**, v. 37, n. 07, p. 1233-1235, 2014.

MASSOUD, M. A. Assessment of water quality along a recreational section of the Damour River in Lebanon using the water quality index. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 184, n. 7, p. 4151-4160, 2012.

MEDEIROS, W. M. V.; SILVA, C. E.; LINS, R. P. M. Avaliação sazonal e espacial da qualidade das águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Longá, Piauí, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 13, n. 2, 2016.

MENEZES, J. P. C.; BITTENCOURT, R. P.; FARIAS, M. S.; BELLO, I. P.; FIA, R.; OLIVEIRA, L. F. C. Relação entre padrões de uso e ocupação do solo e qualidade da água em uma bacia hidrográfica urbana. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, n. 3, p. 519-534, 2016.

MULLER, A. C. **Introdução à Ciência Ambiental**; Curitiba – PUC-PR, v. 1, p. 67-73, 2002.

NAIME, R.; FAGUNDES, R. S. Controle da qualidade da água do Arroio Portão Portão, RS. **Pesquisas em Geociências**, v. 31, n. 1, p. 27-25, 2005.

NAIME, R.; NASCIMENTO, C. A. Monitoramento de pH, temperatura, OD, DBO, e condições microbiológicas águas do Arroio Pampa em Novo Hamburgo, RS. **Revista Uniciências**, v. 13, p. 107-134, 2009.

OKUMURA, F.; CAVALHEIRO, E. T. G.; NÓBREGA, J. A. Experimentos simples usando fotometria de chama para ensino de princípios de espectrometria atômica em cursos de química analítica. **Revista Química Nova**, v. 27, n. 5, p. 832-836, 2004.

PINTO, A. G. N.; HORBE, A. M. C.; SILVA, M. S. R.; MIRANDA, S. A. F.; PASCOALOTO, D.; SANTOS, H. M. C. Efeitos da ação antrópica sobre a hidrogeoquímica do rio Negro na orla de Manaus, AM. **Acta Amazônica**, v. 39, n. 3, p. 627- 638, 2009.

POMPÊO, C. A.; RIGOTTI, J. A.; FREITAS FILHO, M. D. **Urban stream condition Assessment**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN DRAINAGE, 12., 10-15 set. 2011, Porto Alegre.

PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO - PROSAB. **Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção**, 2009. Disponível em: <https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/prosab5_tema_2.pdf>. Acessado em 13 de dezembro de 2018.

SILVA, R. S. B.; SOUSA, A. M. L.; SODRÉ, S. S. V.; VITORINO, M. I. Avaliação sazonal da qualidade das águas superficiais e subterrâneas na área de influência do Lixão de Salinópolis, PA. **Revista Ambiente & Água**, v. 13, n. 2, p. 01-17. 2016.

SOUZA, M. M.; GASTALDINI, M. C. C. Avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 19, n. 3, p. 263-274, 2014.

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, 2008.

VOZA, D.; VUKOVIC, M.; TAKIC, L.; NICOLIC, D.; MLADENOVIC-RANISAVLJEVIC, I. Application of multivariate statistical techniques in the water quality assessment of Danube river, Serbia. **Archives of Environmental Protection**, v. 41, n. 4, p. 96-103, 2015.