

**ENSINO MÉDIO COM HABILITAÇÃO PROFISSIONAL DE  
TÉCNICO EM QUÍMICA**

**PROGRAMA DE ARTICULAÇÃO DA FORMAÇÃO  
PROFISSIONAL  
MÉDIA E SUPERIOR (AMS)**

ALICE BEATRIZ CABRAL MENDES  
ALINE DE ALMEIDA ANDRADE  
AQUILES DE OLIVEIRA  
GABRIELA DELVAJE ERLER  
MARIA EDUARDA PÊGO PIROMAL

**ANÁLISE DA PRESENÇA E CONCENTRAÇÃO DE COBRE (Cu),  
NÍQUEL (Ni) E CROMO (Cr) NAS ÁGUAS DA BACIA DO RIO  
PIRACICABA**

**Piracicaba – SP**

**2025**

ALICE BEATRIZ CABRAL MENDES  
ALINE DE ALMEIDA ANDRADE  
AQUILES DE OLIVEIRA  
GABRIELA DELVAJE ERLER  
MARIA EDUARDA PÊGO PIROMAL

**ANÁLISE DA PRESENÇA E CONCENTRAÇÃO DE COBRE (Cu),  
NÍQUEL (Ni) E CROMO (Cr) NAS ÁGUAS DA BACIA DO RIO  
PIRACICABA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Técnico em Química da escola ETEC Cel. Fernando Febeliano da Costa, orientado pelos professores Eduardo Antedomenico e Wagner Fernando Ferreira , como requisito parcial para a obtenção do título de Técnico em Química.

**Piracicaba – SP**

**2025**

ALICE BEATRIZ CABRAL MENDES  
ALINE DE ALMEIDA ANDRADE  
AQUILES DE OLIVEIRA  
GABRIELA DELVAJE ERLER  
MARIA EDUARDA PÊGO PIROMAL

**ANÁLISE DA PRESENÇA E CONCENTRAÇÃO DE COBRE (Cu),  
NÍQUEL (Ni) E CROMO (Cr) NAS ÁGUAS DA BACIA DO RIO  
PIRACICABA**

Data de Aprovação: 19/11/2025

**FOLHA DE APROVAÇÃO DA BANCA EXAMINADORA**

 Prof. Wagner Fernando Ferreira Etec Coronel Fernando Febeliano da Costa	 Prof. Eduardo Antedomenico Etec Coronel Fernando Febeliano da Costa
 Colaborador André Ferrisse Empresa: Fermentec	 Profª Maria Rosa Briense de Oliveira Etec Coronel Fernando Febeliano da Costa
 Colaboradora Débora Fernandes Silva Empresa: Mérieux NutriSciences	 Colaborador Luis Paulo Fava Empresa: Mérieux NutriSciences

**Piracicaba – SP**

**2025**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos a Mérieux NutriSciences por ter nos permitido visitar seu laboratório e ver de perto os procedimentos de análises das amostras, ao Rogério Caldorin por nos explicar cada procedimento laboratorial e ao presidente da Remo Piracicaba, José Valdir, por nos acompanhar nessa visita.

As empresas Bluestone, Mérieux NutriSciences em parceria com a associação Remo Piracicaba que desenvolveram o projeto “Diagnóstico Ambiental da Bacia do Rio Piracicaba” e nos permitiram a participação para nosso Trabalho de Conclusão de Curso.

Aos nossos professores Eduardo Antedomenico e Wagner Fernando Ferreira, que nos acompanharam e compartilharam de seus conhecimentos durante os três anos de estudo. Especialmente ao nosso professor e coordenador do curso Wagner, que foi o responsável por nos indicar a ONG Remo e suas análises nos efluente de Piracicaba.

As pessoas que nos guiaram, enviaram os resultados por e-mail e ajudaram durante esse longo progresso, Igor Tosselo, Patrícia Ribeiro e Pedro Gonçalves.

*"A teoria guia. O experimento decide."*  
(Izaak Maurits Kolthoff)

## RESUMO

O estudo analisa a presença e concentração dos metais pesados cobre (Cu), níquel (Ni) e cromo (Cr) nas águas da bacia do rio Piracicaba, considerando a influência das atividades industriais, especialmente da galvanoplastia, sobre a qualidade dos corpos hídricos da região. O objetivo principal foi avaliar se os níveis desses metais ultrapassam os limites estabelecidos pela legislação ambiental vigente e identificar possíveis fontes de contaminação. O estudo empregou metodologia descritiva e hipotético-dedutiva, com base em dados secundários obtidos pela empresa Mérieux em parceria com a ONG Associação Remo, por meio da técnica de Espectrometria de Massa com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-MS). As amostras foram coletadas em quatro pontos representativos: Córrego da Corredeira, Ribeirão Tatu, Ribeirão Lagoa Nova e Ponte Estaiada, e comparadas aos parâmetros da Resolução CONAMA nº 357/2005. Os resultados indicaram que a Ponte Estaiada, o Córrego da Corredeira e o Ribeirão Lagoa Nova se encontram dentro do valor máximo permitido, indicando baixa interferência antropológica. O Ribeirão Tatu apresentou concentração de níquel (Ni) acima do valor máximo permitido, evidenciando possível influência de atividades industriais na região. De modo geral, os dados demonstram que a maioria dos pontos apresenta condições adequadas.

Concluiu-se que não há alta contaminação metálica nesses pontos da bacia do rio Piracicaba, com excesso do Ribeirão Tatu, que exige atenção. O estudo contribui para o entendimento da poluição por metais pesados e ressalta a importância da gestão ambiental e da responsabilidade industrial para a preservação dos recursos hídricos.

**Palavras-chave:** metais pesados; galvanoplastia; poluição hídrica; rio Piracicaba; meio ambiente.

## **ABSTRACT**

This study analyzes the presence and concentration of the heavy metals copper (Cu), nickel (Ni), and chromium (Cr) in the waters of the Piracicaba River basin, considering the influence of industrial activities, especially electroplating, on the quality of local water bodies. The main objective was to assess whether the levels of these metals exceed the limits established by current environmental legislation and to identify possible sources of contamination. The research employed a descriptive and hypothetico-deductive methodology, based on secondary data obtained by the company Mérieux in partnership with the NGO Associação Remo, using Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS). Samples were collected at four representative sites: Córrego da Corredeira, Ribeirão Tatu, Ribeirão Lagoa Nova, and Ponte Estaiada, and were compared with the parameters established by CONAMA Resolution No. 357/2005. The results indicated that Ponte Estaiada, Córrego da Corredeira, and Ribeirão Lagoa Nova presented concentrations within the maximum permitted values, suggesting low anthropogenic interference. Ribeirão Tatu, however, showed nickel (Ni) concentrations above the legal limit, indicating possible influence from industrial activities in the region. Overall, the data demonstrate that most sampling sites present adequate environmental conditions.

It was concluded that there is no high level of metal contamination in these points of the Piracicaba River basin, with the exception of Ribeirão Tatu, which requires attention. The study contributes to the understanding of heavy-metal pollution and highlights the importance of environmental management and industrial responsibility in the preservation of water resources.

**Key words:** heavy metals; electroplating; water pollution; Piracicaba River; environment.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>
1.1 Justificativa.....	10
1.2 Problema de Pesquisa.....	10
1.3 Hipóteses.....	10
1.4 Objetivo geral.....	11
1.5 Objetivos específicos.....	11
<b>2. DESENVOLVIMENTO.....</b>	<b>12</b>
<b>2.1 Fundamentação Teórica.....</b>	<b>12</b>
2.1.1 Contexto ambiental bacia dos rios Piracicaba.....	12
2.1.1.1 Contexto geográfico.....	12
2.1.1.2 Contexto ambiental.....	12
2.1.1.3 Caracterização.....	12
2.1.1.4 Importância ecológica.....	13
2.1.1.5 Importância socioambiental.....	13
2.1.1.6 Contexto da ocupação industrial.....	14
2.1.1.7 Histórico de contaminação.....	15
2.1.1.8 Relação com limeira.....	16
2.1.2 Processo de Galvanoplastia.....	17
2.1.3 Metais pesados.....	19
2.1.3.1 Cobre.....	19
2.1.3.2 Níquel.....	20
2.1.3.3 Crômio.....	20
2.1.4 Impactos ambientais gerados diretamente.....	20
2.1.4.1 Efeitos Ecológicos.....	21

2.1.4.2 Alterações físico-químicas da água.....	21
2.1.4.3 Casos e riscos de contaminação em limeira e piracicaba.....	22
2.1.4.4 Importância do monitoramento ambiental.....	22
2.1.4.5 Relevância social e científica da pesquisa.....	23
2.1.5 Método de análise.....	23
<b>2.2 Metodologia.....</b>	<b>26</b>
2.2.1 Coleta e preservação de amostra dos rios.....	26
Materiais e reagentes.....	26
Procedimento.....	27
2.2.2 Metais dissolvidos e Metais totais.....	28
Materiais e reagentes.....	28
Procedimento.....	29
<b>Resultados e Discussão.....</b>	<b>32</b>
<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>36</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>37</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>43</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O rio Piracicaba é um dos mais importantes do interior do Estado de São Paulo, desempenhando papel fundamental no abastecimento, agricultura e atividades industriais da região. Com o crescimento urbano e industrial na bacia do Piracicaba, suas águas passaram a ser fortemente impactadas pelo despejo descontrolado de esgotos domésticos e industriais, comprometendo a qualidade da água e dos sedimentos. Entre os principais poluentes dessas atividades antrópicas destacam-se os metais pesados, que podem ser encontrados em diferentes formas químicas nos compartimentos ambientais (água, solos, sedimentos, organismos vivos), com alto fator de enriquecimento e baixa taxa de remoção. Estudos geoquímicos em sedimentos de fundo permitem avaliar historicamente a origem e a distribuição desses metais. Suas concentrações são normalmente comparadas ao fundo geoquímico natural, enquanto extrações sequenciais revelam suas possíveis associações químicas. Este trabalho teve como objetivo analisar a distribuição de Cr, Cu e Ni nos sedimentos do rio Piracicaba, identificando os impactos antrópicos por meio dos fatores de enriquecimento e níveis de poluição.

### 1.1 Justificativa

A região de Piracicaba abriga um grande número de empresas cujos processos envolvem a galvanoplastia, muitas vezes sem o devido tratamento dos efluentes gerados. Tal situação tem sido associada a diversos incidentes de descarte inadequado de resíduos industriais, em especial na região de Limeira, que influencia diretamente as bacias de Piracicaba, conforme registrado em relatórios ambientais e estudos anteriores. Essas práticas podem resultar na presença de compostos tóxicos, como cobre (Cu), níquel (Ni) e cromo (Cr), em diferentes trechos das bacias hidrográficas locais. Diante disso, o presente trabalho visa investigar a possível contaminação dessas bacias por metais pesados, avaliando se os processos industriais em questão representam riscos à saúde pública e ao meio ambiente da região de Piracicaba.

## **1.2 Problema de Pesquisa**

A presença excessiva de contaminantes nas águas do rio Piracicaba pode comprometer diretamente a qualidade da água e a segurança das populações que dela dependem. Neste contexto, a pesquisa busca analisar se a contaminação desses metais nas bacias de Piracicaba, e caso sim, se estão dentro dos limites estabelecidos pelas normas ambientais vigentes.

## **1.3 Hipóteses**

Considera-se a possibilidade de que as nascentes do rio Piracicaba apresentem traços de metais pesados (Cu, Ni e Cr), com potenciais origens antrópicas, hipótese que será investigada por meio da análise das amostras coletadas.

## **1.4 Objetivo geral**

Avaliar a presença e a distribuição dos metais Cr, Cu e Ni nos sedimentos das nascentes da bacia do rio Piracicaba, SP, identificando possíveis pontos de contaminação.

## **1.5 Objetivos específicos**

Coletar e analisar amostras de sedimentos nas nascentes da bacia.

Determinar as concentrações de Cr, Cu e Ni por métodos analíticos adequados.

Comparar os resultados com padrões ambientais e valores de fundo biogeoquímico.

Avaliar os fatores de enriquecimento e identificar possíveis fontes antrópicas.

## **2. DESENVOLVIMENTO**

### **2.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

#### **2.1.1 Contexto Ambiental Bacia dos Rios Piracicaba**

##### **2.1.1.1 Contexto geográfico**

A bacia do rio Piracicaba é formada pela junção dos rios Atibaia e Jaguari, em Americana (SP). O rio percorre cerca de 241 km até sua foz (ponto onde ele deságua em outro corpo de água) no rio Tietê. Nesse percurso a bacia inclui importantes municípios como Bragança Paulista, Campinas, Limeira e Americana. O relevo da bacia é diversificado, com áreas de planícies e planaltos que influenciam o curso dos rios e a distribuição das atividades humanas com sua formação geológica predominante da Formação Corumbataí, com solos avermelhados e ricos em fósseis. (AGÊNCIA DAS BACIAS PCJ, 2019)

##### **2.1.1.2 Contexto Ambiental:**

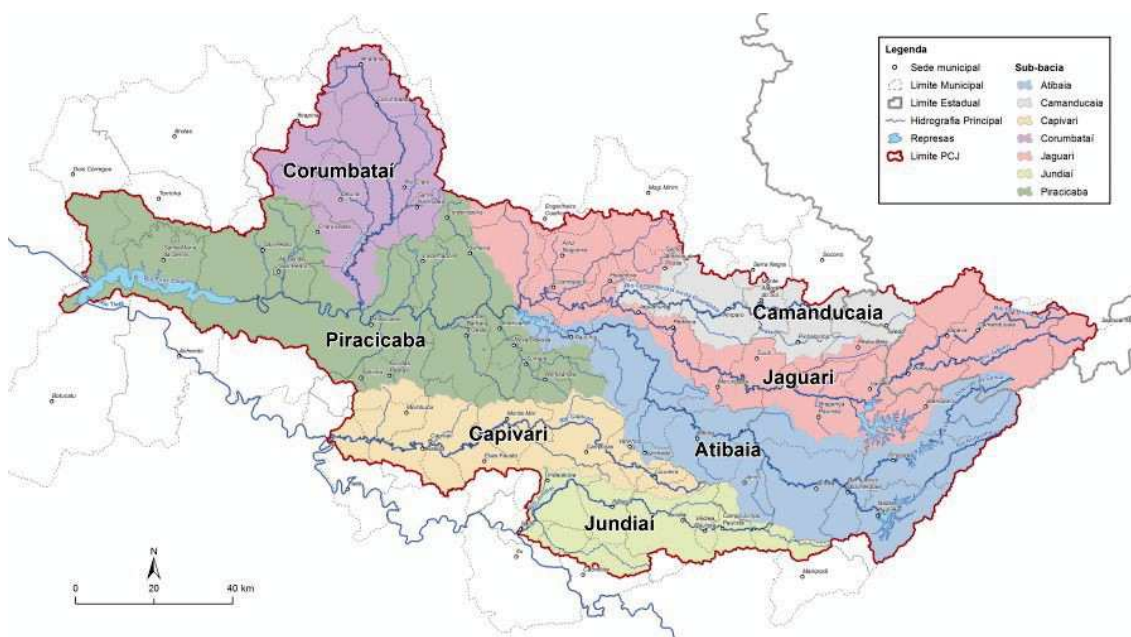
Anteriormente o bioma predominante era a Mata Atlântica, porém grande parte da cobertura vegetal original foi desmatada. A bacia enfrenta diversos problemas ambientais como erosão, assoreamento e poluição devido à ocupação humana e atividades industriais. Entretanto a bacia do rio é uma grande área de proteção ambiental (APAs), com medidas como o enquadramento dos corpos d'água superficiais para garantir a preservação e recuperação dos recursos hídricos, sendo também um importante manancial de abastecimento para diversos municípios. (SIGAM, 2022)

##### **2.1.1.3 Caracterização**

De acordo com a Agência Bacia PCJ (2019), a área de 15,303,67 km<sup>2</sup> onde as bacias hidrográficas dos rios Piracicaba (onde se incluem as áreas de contribuição dos rios Camanducaia, Atibaia, Jaguari e Corumbataí) Capivari e Jundiá são representadas, decorrem que dessa área 92,6% estão localizados no estado de São

Paulo e 7,4% no estado de Minas Gerais.

Figura 1 - Área de Localização das Cabeceiras dos Rios Jaguari, Camanducaia e Atibaia



Acesso em: <https://agencia.baciaspcj.org.br/bacias-pcj/localizacao>

A bacia do rio apresenta um desnível topográfico de cerca de 1.400m em uma extensão da ordem de 320 km, desde suas cabeceiras na serra da Mantiqueira (MG) até a sua foz no rio Tietê. (CBH PIRACICABA MG, 2013)

#### 2.1.1.4 Importância Ecológica

Sua biodiversidade abriga diversos ecossistemas aquáticos e terrestres ao longo de sua extensão, com espécies de peixes nativos como o lambari, curimatá e cascudo, além de aves como o biguá e garça-vaqueira, e mamíferos típicos da Mata Atlântica, como o bugio-ruivo e o quati. Suas matas ciliares ajudam a manter a qualidade da água e o equilíbrio ecológico da região. Além disso, o rio contribui para a recarga do Aquífero Guarani, um dos maiores reservatórios subterrâneos de água doce do mundo, regula o clima e tem um ciclo hidrológico, sendo parte de um sistema hídrico crucial para o abastecimento de outros rios. (AGÊNCIA DAS BACIAS PCJ,

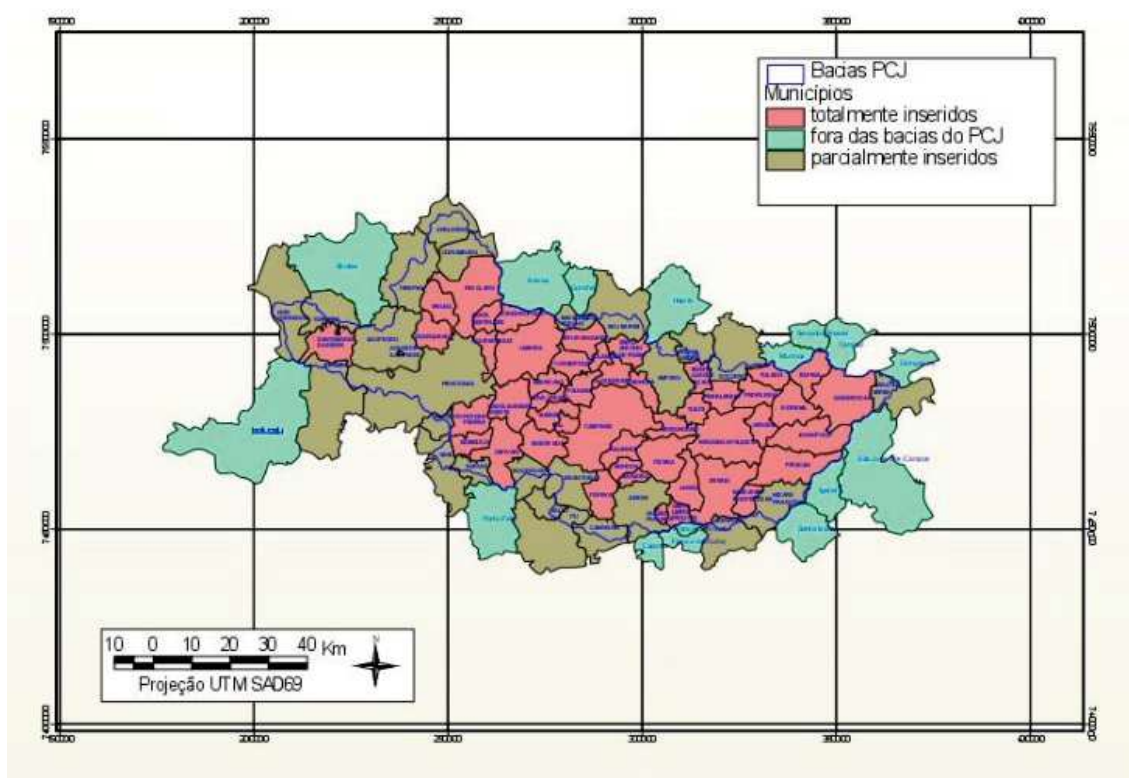
2019; BIÓLOGO, 2021; CARTA CAPITAL, 2022)

### 2.1.1.5 Importância Socioambiental:

Mais de 5 milhões de pessoas que dependem direta ou indiretamente da água da Bacia do Piracicaba para consumo humano. A cidade de São Paulo também utiliza da água da Bacia PCJ (Bacias de Piracicaba, Capivari e Jundiá) via o Sistema Cantareira, um dos maiores sistemas de abastecimento do Brasil. Outrossim é que além da produção agrícola e irrigação que abastece lavouras, pastagens e atividades agroindustriais o rio também ajuda na geração de energia, possuindo pequenas centrais hidrelétricas ao longo do curso. (AGÊNCIA DAS BACIAS PCJ, 2021)

Figura 2 – Município das bacias hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá.

Fonte: AGÊNCIA DAS BACIAS PCJ (2021)



### 2.1.1.6 Contexto da ocupação industrial

A galvanoplastia é um processo eletroquímico que surgiu no século XIX, junto com a Revolução Industrial, é uma técnica usada para recobrir objetos metálicos (ou

não) com uma fina camada de outro metal, como níquel, cobre, ouro, prata ou cromo, com o objetivo de prevenir corrosão, melhorar a aparência e conferir condutividade elétrica ou resistência ao desgaste. Esse processo é comum em setores de joias folhadas e bijuterias, autopeças, eletrodomésticos, eletrônicos e materiais hospitalares. (MECÂNICA INDUSTRIAL, 2025)

Em cidades como Limeira, a rápida expansão de micro e pequenas empresas do setor de galvanoplastia ocorre sem planejamento ambiental e sem infraestrutura adequada para o tratamento de efluentes industriais. Os galvanicos, em muitos casos, se instalam em áreas urbanas e ribeirinhas —como no caso do Ribeirão Tatu —, contribuindo para a contaminação de mananciais e comprometendo a qualidade das águas utilizadas no entorno. (JORNAL UNICAMP, 2007; UNESP, 2015)

Os efluentes líquidos gerados são altamente tóxicos, contendo metais pesados, cianetos e ácidos, que sem tratamento adequado, podem contaminar solos, lençóis freáticos, prejudicar corpos hídricos próximos e aumentar os riscos à saúde pública. (AMBISCIENCE, 2025)

#### **2.1.1.7 Histórico de Contaminação**

Em 7 de julho de 2024, de acordo com o G1 Globo, foi registrado ocorrências de mortandade de peixes e dia 15 ocorreu o mesmo relato no bairro Tanquã, local conhecido como mini pantanal paulista e sendo uma área de proteção ambiental. Segundo a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb), a morte dos peixes ocorreu devido a poluentes agroindustriais lançados irregularmente por uma usina de açúcar e álcool em Rio das Pedras. (G1, 2024)

Figura 3 - Mortandade de Peixes



Acesso em: <https://g1.globo.com/sp/piracicaba-regiao/noticia/2024/07/14/cartao-postal-de-piracicaba-rio-piracicaba-registra-17-episodios-de-mortandade-de-peixes-em-10-anos.ghtml>

Em fevereiro de 2025 foi divulgado um diagnóstico ambiental da Bacia do Rio Piracicaba. Seus primeiros dados apontam concentrações de coliformes fecais até 24 vezes maiores que os níveis máximos estabelecidos. (G1, 2025)

O rio Piracicaba registra, no trecho que corta o centro de Piracicaba (160km da capital paulista), índice de poluição que supera cinco vezes o observado em rios com poluição considerada aceitável. A medição, realizada dia 19 de agosto de 2014 consta que o rio atingiu índice de condutividade elétrica de 944. Quanto mais alto esse valor, mais o rio conduz eletricidade, o que indica maior presença de poluentes. “Se fosse um rio limpo, o nível de condutividade iria variar entre 100 e 200”, explica o pesquisador Plínio Barbosa de Camargo que realizou a medição. (G1, 2025)

O pesquisador informou ainda que o manancial tem uma série de indicadores ruins, sendo o pH da água um exemplo, estando em 7.63 quando seu ideal seria 7. Já o nível de oxigênio no rio durante a medição foi de 2,90 mg/L, quando o ideal seria de 5 mg/L. “Fazemos a medição há 17 anos e não vejo melhora no índice de poluição. Temos, ao lado do Piracicaba, o rio Corumbataí, que mostra o quão poluído o Piracicaba está”, afirma. (UOL, 2014)

#### **2.1.1.8 Relação com Limeira**

Limeira é considerada o maior polo brasileiro de joias folheadas, setor que faz uso intensivo da galvanoplastia. Sabe-se que muitos influentes gerados por esse segmento não recebem tratamento correto para seu descarte, contribuindo para a contaminação dos corpos hídricos locais, como o Ribeirão Tatu, e potencialmente afetando a bacia do Piracicaba. (JORNAL UNICAMP, 2007)

“Dois importantes mananciais da cidade de Limeira, os ribeirões Graminha e Águas da Serra, estão poluídos com metais pesados. As concentrações de alumínio, ferro, zinco, cromo, cobre e chumbo ultrapassam o limite permitido pela legislação”, apontam estudos da Unicamp. Mananciais esses que desembocam no Rio Piracicaba, o que evidencia a passagem de poluentes da zona urbana para a bacia. As indústrias que utilizam da galvanoplastia são apontadas como fontes prováveis desses impactos. (JORNAL UNICAMP, 2007)

Além disso, testes realizados por técnicos da CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) medindo toxicidade de efluentes industriais da bacia do Rio Piracicaba mostraram que o impacto é agudo: efluente de setores como têxtil e petroquímico apresentaram toxicidade significativa para organismos aquáticos, como o microcrustáceo *Daphnia similis*. (REVISTA AMBIENTE, 1998)

### **2.1.2 Processos de Galvanoplastia**

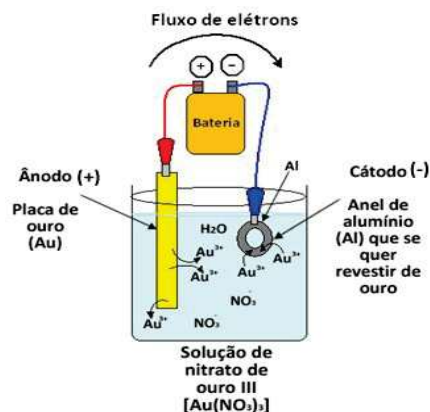
#### **Conceitos de eletrólise e galvanoplastia.**

O uso de revestimento de metais data de 3 000 anos, entretanto foi somente em 1 800 que Luige Valentino Brugnatelli, realizou a primeira deposição de metais, sendo o precursor da galvanoplastia, tendo desenvolvido métodos com complexos metálicos amoniacais e revestimentos com cobre, prata e zinco. (BERTORELLE, 1977 apud PUGAS, 2007, pg.3)

O uso da galvanoplastia só foi possível devido a consolidação de leis da eletrólise, descobertas pelo químico e físico Michael Faraday, sendo a eletrolise um processo eletroquímico no qual se é aplicado uma corrente elétrica contínua a um sistema contendo um eletrólito, uma substância capaz de formar íons positivos ou negativos, provocando reações químicas não espontâneas. Durante esse processo a movimentação de íons na solução e a transferência de elétrons nos eletrodos, polos condutores de corrente elétrica de um sistema que a gere ou que a consome, leva à formação ou decomposição de substâncias químicas. (MASTERON, 1990 apud

PUGAS, 2007, pg. 1)

Figura 4 – Esquema da galvanoplastia ou eletrodeposição. Fonte: MUNDO EDUCAÇÃO (2025).



Os eletrodos utilizados na eletrolise podem ser classificados como inertes ou ativos, sendo esse último o que será abordado no presente trabalho, sendo os eletrodos ativos aqueles que sofrem oxidação ou fornecem íons para a solução durante o processo, enquanto os inertes não sofrem alteração.

O processo de galvanostegia refere-se ao processo químico que consiste na aplicação, mediante deposição eletrolítica, de revestimentos metálicos aderentes, para modificar as propriedades ou as dimensões da superfície de um metal (BUZZONI, 1991), enquanto a galvanoplastia, é o processo de deposição de várias camadas metálicas sobre determinado material a partir dos processo de eletrolise, em específico os processos de metais não nobres revestidos por outros com potencial de oxidação maior, com função de proteção ou decorativa, o que assume também as definições de galvanização ou eletrodeposição (SONG; BHADBAHDE; HUANG; 2016 apud NASCIMENTO et AL., 2021, pg. 200), por tanto, a galvanoplastia se trata de uma subdivisão da galvanostegia, embora no Brasil o primeiro termo seja usado genericamente para todos os processos galvânicos.

O processo galvânico pode ser dividido em três partes: o pré-tratamento, tratamento e pós-tratamento. O pré-tratamento consiste na preparação da superfície a ser tratada, por meio físico/mecânico ou e/ou químico, para que o revestimento tenha boa aderência, uniformidade ou aparência. Para o tratamento químico é comum a separação do processo em dois: desengraxe e decapagem. Sendo o desengraxe feito com o auxílio de solventes clorados e álcalis, tais como: percloroetileno (C<sub>2</sub>Cl<sub>4</sub>);

carbonato de sódio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), hidróxido de sódio ( $\text{NaOH}$ ), entre outros.

A decapagem por sua vez é realizada em solução ácida, geralmente ácido sulfúrico, clorídrico ou fluorídrico, pela remoção de camada de óxidos, hidróxidos ou outras impurezas sólidas.

No tratamento é realizado o processo de eletrólise citado acima, onde a peça devidamente preparada é ligada ao polo negativo, sendo o cátodo, e a fonte dos íons da eletrodeposição serão ligados ao polo positivo, sendo o ânodo. Essa etapa pode ser realizada em uma sequência de banhos, onde utilizando os metais que serão analisados como exemplo, as sequências dos banhos com cobre ( $\text{Cu}^{2+}$ ), níquel ( $\text{Ni}^{2+}$ ) e cromo ( $\text{Cr}^{3+}$ ), cada um deles adquire uma função no processo, onde genericamente o cobre é utilizado para condutividade e camada inicial, o níquel é utilizado como camada de aderência e proteção, e o cromo é usado para dar acabamentos, como no caso da cromação. (NASCIMENTO et al., 2021.)

E o pós-tratamento a peça passa por uma lavagem com água fria ou quente, e depois pelos processos finais para o uso comercializado ou não da peça.

Por meio do processo galvânico é feita o revestimento em indústrias de larga escala, como: a automotiva, a aeroespacial, a eletrônica etc. E também podem utilizadas para peças de uso civil, como joias/bijuterias, utensílios domésticos etc.

### **2.1.3 Metais Pesados**

Os metais pesados residuais liberados podem ser prejudiciais as formas de vida do rio. Esses metais passam por um processo de bioacumulação:

“Uma vez que os metais e metaloides são elementos, eles não podem ser divididos em formas mais simples e menos tóxicas. Eles persistem inalterados no meio ambiente durante muitos anos e são biomagnificados por organismos aquáticos. Os elementos tóxicos podem causar danos ao cérebro, doenças nos rins e no fígado e danos ósseos. Muitos são cancerígenos.” (Gerard, 2013, p. 241).

Ou seja, é a acumulação de componentes tóxicos nos seres vivos e sua incapacidade de serem eliminados.

### 2.1.3.1 Cobre

O cobre é obtido em larga escala e é usado como metal puro sendo biologicamente importante para plantas e alguns invertebrados. Ele é mais comumente encontrado na natureza na forma de Calcopirita ( $\text{CuFeS}_2$ ), mas também pode ser encontrado como calcocita ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ), malaquita ( $\text{CuCO}_3$ ), cuprita ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ), bornita ( $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ ) e turquesa ( $\text{CuAl}_6(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_8 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ). O metal é amplamente utilizado na indústria elétrica por ter alta condutividade e em tubulações de água por sua inércia química. Além disso, também é muito usado em ligas metálicas, como o bronze, liga de Cu com Zn. O cobre também é usado na agricultura, como, por exemplo, na mistura de Bordeaux, um importante fungicida pulverizado. Seu único íon estável em solução aquosa é o  $\text{Cu}^{2+}$  e a maioria dos sais de Cu (II) são azuis (LEE, 1996). De acordo com a resolução CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005, para que um rio esteja considerado não poluído, classificação 1 ou 2, ele deve possuir a concentração de cobre dissolvido em até 0,009 mg/L.

### 2.1.3.2 Níquel

O níquel é abundante de forma moderada e é produzido em escala significativa. Nos compostos simples ele é predominantemente iônico e na maioria dos complexos é encontrado como Ni (II). Seus minérios de maior importância comercial são os sulfetos, principal fonte do níquel, e depósitos aluviais de silicato e óxidos/hidróxidos, sendo mais usadas a pentlandita ( $(\text{Fe,Ni})_9\text{S}_8$ ), a garnierita,  $(\text{Fe,Ni})\text{O}(\text{OH})(\text{H}_2\text{O})$  n. O metal é utilizado na fabricação de ligas ferrosas e não-ferrosas, já que ele melhora a resistência mecânica e química do aço. O aço inoxidável, por exemplo, pode conter cerca de 12 a 15% de níquel. Outro exemplo seria o metal-monel, resistente a corrosão e formado por 68% de níquel. Além disso, as ligas não ferrosas podem ser usadas em turbinas e motores a jato por resistirem a altas temperaturas e tensões. Mais um exemplo seria a “prata alemã”, composta por 60% de Cu, 20% de Ni e 20% Zn, usada na imitação da prata. O Ni pode ser encontrado no estado de oxidação de (-I) a (+IV), mas é predominante o Ni (+II), que é estável em solução e em compostos simples e também forma muitos complexos (LEE, 1996). De acordo com a resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, para um rio ser considerado não-poluído, ele deve conter até 0,025 mg/L de níquel total.

### **2.1.3.3 Cromo**

O cromo é empregado em ligas com ferro, com metais não ferrosos e em revestimentos obtidos por eletrodeposição. Ele é o vigésimo primeiro elemento mais abundante na crosta terrestre e seu único minério de importância comercial é a cromita,  $\text{FeCr}_2\text{O}_4$ . Também são mineradas pequenas quantidades de crocoíta,  $\text{PbCrO}_4$  e óxido de cromo,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ . É empregado principalmente eletroliticamente sobre um metal, conferindo à sua superfície proteção contra corrosão e lhe dar um aspecto brilhante. Os íons mais importantes do Cr são nos estados (II), (III) e (VI), sendo o Cr (III) o mais estável e importante e o Cr (VI) um forte oxidante. O metal apresenta ponto de fusão elevado, é duro e tem baixa volatilidade. Além disso é inerte a baixas temperaturas, por isso é usado para evitar corrosão (LEE, 1996). De acordo com a resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, para um rio ser considerado não-poluído, ele deve conter até 0,05 mg/L de cromo total.

### **2.1.4 Impactos Ambientais Gerados Diretamente**

A galvanoplastia é um processo eletroquímico de deposição de metais sobre superfícies condutoras, comumente utilizado para proteção contra corrosão, melhora estética e aumento da durabilidade de peças metálicas. Dentre os metais mais utilizados estão o cobre (Cu), o níquel (Ni) e o cromo (Cr), todos classificados como metais pesados de alta toxicidade.

Durante as etapas do processo como a limpeza, decapagem, ativação, banho eletrolítico e enxágue, são geradas grandes quantidades de efluentes líquidos contaminados. Esses resíduos industriais, se descartados sem tratamento adequado, atingem os corpos hídricos próximos, alterando sua qualidade e ameaçando os ecossistemas. A galvanoplastia está entre os processos industriais que mais demandam atenção em relação à gestão de resíduos e ao controle ambiental, principalmente em regiões densamente urbanizadas ou com bacias hidrográficas sensíveis, como ocorre na cidade de Limeira.

Além disso, o setor de galvanização em Limeira se caracteriza majoritariamente por pequenas e médias empresas, muitas vezes com infraestrutura limitada para o correto tratamento de seus efluentes, o que agrava o risco de poluição crônica dos corpos d'água da região.

#### **2.1.4.1 Efeitos Ecológicos**

Os metais pesados atuam de forma tóxica nos organismos aquáticos mesmo em concentrações muito baixas. No caso do cobre, há interferência na respiração dos peixes por meio da disfunção das brânquias e alterações neurológicas (FERNANDES; GONÇALVES; LIMA, 2013). O níquel, por sua vez, afeta o metabolismo celular de micro-organismos, reduzindo a capacidade de autodepuração dos rios (EMBRAPA, 2001). Já o cromo, especialmente em sua forma hexavalente ( $\text{Cr}^{6+}$ ), é considerado um dos mais perigosos, sendo mutagênico, teratogênico e carcinogênico (MORESCO, 2016).

Esses metais também se acumulam nos sedimentos, tornando-se uma fonte contínua de contaminação ao longo do tempo. Podem entrar na cadeia alimentar por meio da bioacumulação em organismos menores, afetando toda a cadeia trófica, incluindo aves, mamíferos e seres humanos. O impacto ecológico, portanto, vai muito além da água contaminada, afetando a biodiversidade e o equilíbrio dos ecossistemas aquáticos (MARQUES; PINÊ AMÉRICO-PINHEIRO, 2019).

#### **2.1.4.2 Alterações físico-químicas da água**

A presença de metais pesados está frequentemente associada a alterações relevantes nas propriedades físico-químicas da água. O pH, por exemplo, pode se tornar mais ácido devido à composição dos efluentes. A condutividade elétrica aumenta consideravelmente, refletindo a presença de íons metálicos dissolvidos (EMBRAPA, 2001).

A turbidez da água também tende a subir, dificultando a penetração da luz solar e afetando a fotossíntese das plantas aquáticas. Há ainda elevação na Demanda Química de Oxigênio (DQO), comprometendo a disponibilidade de oxigênio dissolvido (BRASIL, 2005).

A Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece limites para esses parâmetros, classificando os corpos d'água em diferentes categorias de uso. A superação desses limites, como já observado em trechos da bacia do rio Piracicaba, aponta para um processo de degradação ambiental preocupante (BRASIL, 2005).

#### **2.1.4.3 Casos e riscos de contaminação em Limeira e Piracicaba**

O município de Limeira, com forte presença da indústria de joias folheadas, é um dos polos de galvanoplastia mais ativos do Estado de São Paulo. Relatórios da CETESB já apontaram altos índices de contaminação por metais em cursos d'água urbanos da cidade, como o Ribeirão Tatu e o Ribeirão Pinhal, que deságuam na bacia do rio Piracicaba (CETESB, 2002).

Apesar de avanços em legislações e fiscalização, ainda é comum o descarte irregular de efluentes, principalmente em áreas industriais periféricas ou em empresas clandestinas. Esse tipo de despejo, muitas vezes feito em redes pluviais, contamina os córregos e rios mesmo sem visibilidade (SANTOS et al., 2014).

Em Piracicaba, embora nem sempre se registre a fonte direta da poluição, os riscos são crescentes. Em 2024, um episódio de mortandade de cerca de 50 toneladas de peixes evidenciou o desequilíbrio ambiental em um trecho do rio Piracicaba, conforme divulgado pela CETESB e mídias locais, que apontaram a combinação de efluentes industriais e baixa vazão do rio como causas principais (PREFEITURA DE PIRACICABA, 2024).

A bacia hidrográfica, ao receber cargas de poluentes a montante, sofre efeitos acumulativos que comprometem sua integridade ecológica e dificultam a recuperação de áreas degradadas. Isso demonstra que os impactos não são apenas locais, mas regionais (GUIMARÃES et al., 2009).

#### **2.1.4.4 A importância do monitoramento ambiental**

O monitoramento da qualidade da água é uma ferramenta essencial para identificar áreas críticas e prevenir danos ambientais irreversíveis. Por meio da coleta de amostras em diferentes pontos estratégicos, como propõe este trabalho, é possível analisar a distribuição espacial dos contaminantes e avaliar suas fontes prováveis.

Além disso, o acompanhamento contínuo contribui para a educação ambiental das comunidades locais, a pressão por responsabilidade empresarial e a melhoria nos processos industriais.

#### **2.1.4.5 Relevância social e científica da pesquisa**

A degradação das águas da bacia do rio Piracicaba tem impacto direto sobre a saúde pública, a economia local e a sustentabilidade dos ecossistemas. Por abastecer várias cidades da região, inclusive Piracicaba e Limeira, a poluição desse rio representa uma ameaça real ao bem-estar das populações ribeirinhas.

Assim, a proposta deste trabalho tem caráter preventivo, diagnóstico e propositivo. Ao investigar a concentração de metais pesados nos principais cursos d'água da região, contribui-se para a ampliação do conhecimento científico sobre os efeitos da atividade industrial no meio ambiente, e também para ações práticas voltadas à mitigação dos danos ambientais.

#### **2.1.5 Método de Análise**

**Tipo de análise:** Será utilizada a técnica de Espectrometria de Massa com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-MS), por sua elevada sensibilidade, capacidade multielementar e baixos limites de detecção para metais pesados (Zn, Cu, Cr, Ni) em efluentes líquidos de galvanoplastia, oferecendo boa precisão, rapidez na análise sequencial e custo operacional relativamente baixo, conforme descrito por Skoog, Holler e Crouch (2017).

#### **Parâmetros de comparação:**

Os resultados obtidos serão confrontados com os limites legais estabelecidos para corpos receptores conforme o Decreto Estadual nº 8.468/76, que regulamenta a Resolução CONAMA nº 357/2005 e, no que tange aos metais analisados em águas de Classes 2, 3 e 4:

- **Águas de Classe 2:**

São destinadas ao abastecimento público após tratamento convencional, proteção à fauna aquática e atividades recreativas.

Limites máximos para os metais analisados:

- Zinco (Zn): **5,0 mg/L**

- Cobre (Cu): **1,0 mg/L**
- Cromo (Cr total): **0,05 mg/L**
- Níquel (Ni): não especificado no decreto, adotando-se limite similar de **1,0 mg/L**

- **Águas de Classe 3:**

Destinadas ao abastecimento público com tratamento convencional, irrigação de culturas menos exigentes e recreação de contato secundário.

Limites máximos para os metais analisados:

- Zinco (Zn): **5,0 mg/L**
- Cobre (Cu): **1,0 mg/L**
- Cromo (Cr total): **0,05 mg/L**
- Cromo hexavalente — **0,1 mg/l**
- Níquel (Ni): não especificado, adotando-se limite similar de **1,0 mg/L**

- **Águas de Classe 4:**

Destinadas à navegação, harmonia paisagística, e usos menos exigentes. Aplicam-se os mesmos limites da Classe 3 para substâncias potencialmente prejudiciais quando a água for usada para abastecimento público com tratamento especial, conforme §2º do Art. 13. Caso contrário, os limites são mais flexíveis, mas recomenda-se não ultrapassar os limites da Classe 3 para segurança ambiental.

Além disso, serão consideradas as diretrizes da Organização Mundial da Saúde (OMS), que indicam valores guia para água potável, tais como:

- Zinco (Zn): concentrações acima de **3,0 mg/L** podem afetar a aceitabilidade da água (sabor e odor), mas não apresentam risco significativo à saúde.
- Cobre (Cu): limite orientador em torno de **2,0 mg/L**.
- Cromo (Cr): limite orientador para o total de cromo é **0,05 mg/L**.
- Níquel (Ni): valores específicos da OMS não foram encontrados para água potável.

Quanto às diretrizes da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), não foram localizados valores específicos públicos para Zn, Cu, Cr e Ni em efluentes

industriais, mas as avaliações devem seguir a legislação vigente e padrões ambientais recomendados para garantir a proteção dos recursos hídricos.

## 2.2 Metodologia

Foi utilizado o método de pesquisa descritiva, pois este estudo busca descrever e analisar o fenômeno existente da poluição, com o objetivo de investigar a influência do processo de galvanoplastia relacionado ao rio Piracicaba e seus possíveis poluentes. Com isso, tornou-se necessário investigar os rios de Limeira, que são afluentes do rio Piracicaba, e compreender se essa influência tem origem em Piracicaba ou em Limeira.

Adotou-se também o método hipotético-dedutivo, uma vez que o trabalho é baseado em uma hipótese. A finalidade é investigar se esse processo contribui para a poluição dos rios e, em caso afirmativo, identificar sua origem.

Além disso, foi realizado um procedimento documental, pois os dados não foram coletados diretamente pelo grupo, esses se referem à presença dos metais pesados cobre (Cu), cromo (Cr) e níquel (Ni) derivados da galvanoplastia no Ribeirão Tatu, Ribeirão Lagoa Nova, Córrego da Corredeira e Rio Piracicaba. Para isso, foi utilizada como técnica de análise a Espectrometria de Massas com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-MS), realizada pela empresa Mérieux em parceria com a ONG Remo em agosto de 2025, no âmbito do projeto “Diagnóstico Ambiental da Bacia do Rio Piracicaba”.

Para interpretação dos resultados, foi adotada como parâmetro de comparação a resolução CONAMA N° 357, que regulamenta a concentração dos metais pesados analisados para um rio ser considerado poluído. A partir disso, será possível entender se galvanoplastia é uma causa para essa poluição e o quanto esse processo afeta o rio.

### 2.2.1 Coleta e preservação de amostra dos rios

#### Procedimento

De acordo com o POP fornecido pela Mérieux (Anexo A), o procedimento foi realizado da seguinte forma:

Foram coletadas amostras dos quatro rios, em agosto, período de estiagem: Córrego da Corredeira, Ribeirão Tatu, Ribeirão Lagoa Nova e Rio Piracicaba. Não foi o grupo que as coletou, mas as etapas seguiram o padrão operacional descrito pela empresa responsável.

Para o Córrego da Corredeira e o Rio Piracicaba, a coleta foi realizada na margem dos rios, utilizando uma jarra de aço inox acoplada a uma barra, posicionada a 10 cm da superfície do rio. Em seguida, as amostras foram transferidas para frascos previamente limpos conforme o guia da empresa e foram abrigadas do sol e refrigeradas em caixas térmicas.

Nos pontos do Ribeirão Lagoa Nova e Ribeirão Tatu a coleta foi realizada pela ponte, localizada em uma região longe das margens, utilizando um balde de inox atado a uma corda. Após a coleta, o balde foi retirado, tomando cuidado para que a corda não contaminasse a amostra. Por fim, a amostra foi transferida em frascos previamente limpos e colocados em abrigo do sol e refrigeração em caixa térmica.

Todas as amostras foram conservadas e levadas para o laboratório para as análises. Ao serem recebidas, as amostras passam por um processo de preservação, onde é adicionado 1ml de Ácido Nítrico a 30% (v/v) para 50 ml de amostra, com o objetivo de que ela tenha um pH menor que 2. Com isso, uma amostra que duraria 6 a 8 horas passa a durar até 6 meses.

### **2.2.2 Metais dissolvidos e Metais totais**

#### **Procedimento**

De acordo com o material “METHOD 6020B INDUCTIVELY COUPLED PLASMA—MASS SPECTROMETRY” e com a visita realizada no laboratório, o procedimento consistiu em:

Primeiramente, foi realizado o tratamento das amostras, onde é adicionado ITRIO, com concentração conhecida nas amostras para monitoração do equipamento e correção de variações de sinal. Após isso, é adicionado 5ml do ácido nítrico para 50ml de amostra para ser realizada a evaporação em vaso aberto para a remoção de matéria orgânica. Por fim, é ajustando o volume final para 50 mL com água reagente ultrapura, para as análises de metais dissolvidos, foi filtrado com membrana de 0,45µm.

#### **Imagem 1 – Evaporação em vaso aberto**



Fonte: Autoria Própria

Depois, foi realizada a verificação do equipamento, utilizando a solução tuning e foi realizada a verificação de interferência espectral (SIC), preparada com concentrações conhecidas de elementos interferentes (por exemplo, Al, Ca, Fe, Mg, Na, P, K, S, C, Cl, Mo, Ti) para testar as correções de interferência.

Na próxima etapa, foi feita a calibração, usando uma solução padrão multielementar em ácido nítrico 1% com os elementos que se quer determinar com concentração conhecida, padrões internos apropriados e o branco com água ultrapura para verificar contaminações.

Dando continuidade, foi realizado o Padrão de Verificação de Calibração Inicial (ICV) e o Padrão de Verificação de Calibração Contínua (CCV). Após isso, o sistema é limpo pela solução branco de  $\text{HNO}_3$  1-2% para que a amostra possa ser inserida. Então, amostra é analisada pelo equipamento ICP-MS da marca Argilent e modelo 7800.

**Imagem 2: ICP-MS**



Fonte: Autoria Própria

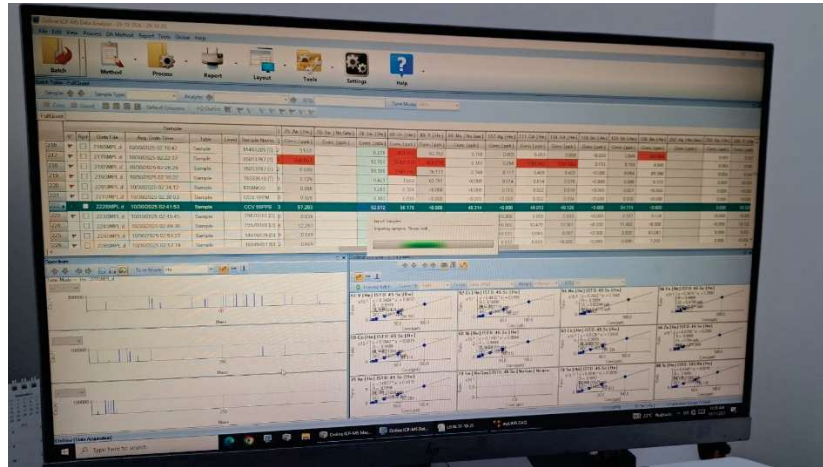
**Imagem 3: ICP-MS**



Fonte: Autoria Própria

Os resultados obtidos foram comparados com as curvas padrão previamente realizadas, então o software Lims da Labsoft interpreta os resultados e, por tanto, foram obtidas as concentrações. Por último, eles foram disponibilizados pela empresa para análise e discussão neste trabalho.

**Imagem 4: Softwear dos resultados**



Fonte: Autoria Própria

## 2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises realizadas por Espectrometria de Massa com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-MS) permitiram determinar as concentrações dos metais pesados cobre (Cu), cromo (Cr) e níquel (Ni) presentes nas amostras de efluente líquido provenientes do processo de galvanoplastia. Os resultados obtidos foram comparados com os limites máximos permitidos pela legislação ambiental vigente, a fim de avaliar a conformidade e o potencial de impacto ambiental associado ao descarte desses resíduos.

**Tabela 01. Concentrações dos metais pesados localizados na Ponte Estaiada**

Local	Parâmetro	Diluição	Limite de Quantificação (mg/L)	Resultado (mg/L)	Incerteza	VMP Conama 357 (mg/L)
Ponte Estaiada	Cobre Dissolvido	1	0,00025	<0,00025		0,009
Ponte Estaiada	Cromo	1	0,0005	0,0021		0,05
Ponte Estaiada	Níquel	1	0,001	0,00267		0,025

**Fonte:** Autoria Própria.

As amostras coletadas na Ponte Estaiada correspondem a um ponto de monitoramento urbano, situado próximo à confluência de escoamentos domésticos e industriais. Os resultados obtidos para cobre (Cu), cromo (Cr) e níquel (Ni) apresentaram valores inferiores aos limites máximos permitidos (VMP) pela Resolução CONAMA nº 357/2005, Art. 15, para corpos d'água de Classe 2 — que são, respectivamente, 0,009 mg/L para Cr, 0,05 mg/L para Ni e 0,025 mg/L para Cu. Esses resultados indicam que o local apresenta baixo impacto antrópico direto e boa qualidade em relação à presença de metais pesados, sugerindo que os efluentes lançados na região não comprometem significativamente a integridade do corpo hídrico. Assim, a área da Ponte Estaiada encontra-se em conformidade com o VMP estabelecido pela legislação ambiental vigente.

**Tabela 02. Concentrações dos metais pesados localizados no Córrego da Corredeira**

Local	Parâmetro	Diluição	Limite de Quantificação (mg/L)	Resultado (mg/L)	Incerteza	VMP Conama 357 (mg/L)
Córrego da Corredeira	Cobre Dissolvido	1	0,00025	0,00038	0,000046	0,009
Córrego da Corredeira	Cromo	1	0,0005	0,00076	0,0000091	0,05
Córrego da Corredeira	Níquel	1	0,001	<0,001	n.a	0,025

**Fonte:** Autoria Própria.

O ponto de coleta no Córrego da Corredeira situa-se em uma região de escoamento superficial que recebe contribuições domésticas e, em menor escala, resíduos industriais. As análises indicaram baixas concentrações de cobre, cromo e níquel, todas bem abaixo dos valores máximos permitidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, o que demonstra que a qualidade da água se mantém dentro dos padrões legais.

A presença desses metais em pequenas quantidades pode estar associada a fontes difusas, como o escoamento superficial urbano e o desgaste natural de materiais metálicos. Apesar disso, os resultados sugerem que não há indícios de contaminação significativa no córrego, indicando um ambiente de boa qualidade ambiental.

Recomenda-se, contudo, monitoramento contínuo, uma vez que a proximidade com áreas urbanas e industriais pode futuramente elevar as concentrações metálicas, comprometendo a biota aquática e a integridade ecológica do corpo hídrico.

**Tabela 03. Concentrações dos metais pesados localizados no Ribeirão Tatu**

Local	Parâmetro	Diluição	Limite de Quantificação (mg/L)	Resultado (mg/L)	Incerteza	VMP Conama 357 (mg/L)
Ribeirão Tatu	Cobre Dissolvido	1	0,00025	0,00706	0,00085	0,009
Ribeirão Tatu	Cromo	1	0,0005	0,00292	0,00035	0,05
Ribeirão Tatu	Níquel	1	0,001	0,0532	0,0064	0,025

**Fonte:** Autoria Própria.

O Ribeirão Tatu é um importante corpo hídrico que atravessa áreas de uso misto — industrial, urbano e agrícola. As análises indicaram concentrações variáveis de metais pesados, com destaque para o níquel, que apresentou valor acima do limite máximo permitido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (0,0532 mg/L frente ao limite de 0,025 mg/L). Já os teores de cobre e cromo permaneceram dentro dos padrões legais.

Esses resultados sugerem influência antrópica, possivelmente associada a efluentes industriais e urbanos. Embora parte dos contaminantes possa ser atenuada

pela capacidade de autodepuração do curso d'água, o ribeirão encontra-se em condição de alerta ambiental, exigindo monitoramento contínuo para prevenir agravamento da qualidade da água.

**Tabela 04. Concentrações dos metais pesados localizados no Ribeirão Lagoa Nova**

Local	Parâmetro	Diluição	Limite de Quantificação (mg/L)	Resultado (mg/L)	Incerteza	VMP Conama 357 (mg/L)
Ribeirão Lagoa Nova	Cobre Dissolvido	1	0,00025	0,0078	0,00094	0,009
Ribeirão Lagoa Nova	Cromo	1	0,0005	0,00082	0,000098	0,05
Ribeirão Lagoa Nova	Níquel	1	0,001	0,00179	0,00021	0,025

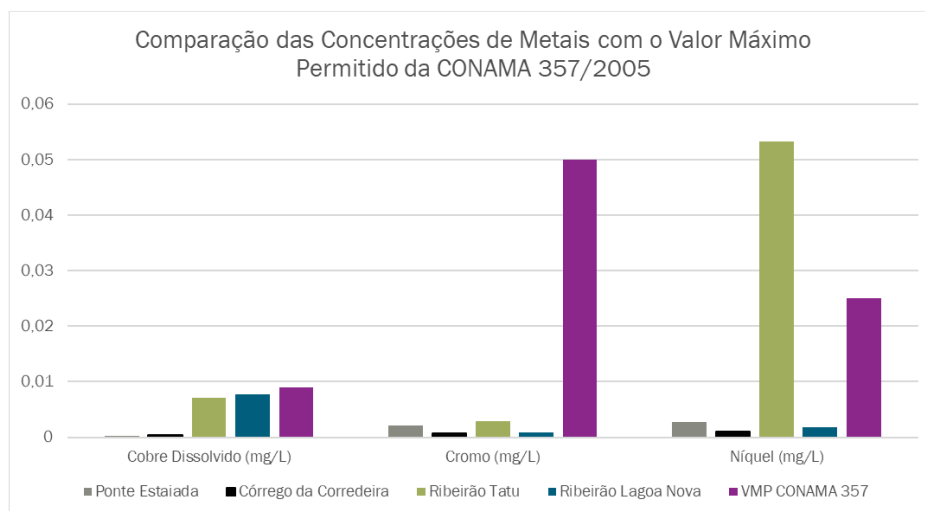
**Fonte:** Autoria Própria.

O ponto amostral do Ribeirão Lagoa Nova está localizado em uma região de menor adensamento urbano e com predominância de áreas verdes e agrícolas. As concentrações de cobre, cromo e níquel ficaram bem abaixo dos valores máximos permitidos pela CONAMA 357/2005, caracterizando um baixo nível de contaminação metálica.

Esses resultados sugerem que o corpo d'água mantém boas condições ambientais, com pouca interferência antrópica direta e um processo natural de renovação da água eficiente. Portanto, o Ribeirão Lagoa Nova é considerado dentro do VMP e em bom estado de conservação química.

Por fim foi criado uma gráfico comparando os dados de cada amostra com o valor máximo permitido (VMP), para melhor visualização:

**Gráfico 1. Comparação das Concentrações de Metais com o Valor Máximo Permitido da CONAMA 357/2005.**



**Fonte:** Autoria Própria

### 3. CONCLUSÃO

Inicialmente nossa pesquisa buscava analisar os impactos causados por indústrias que se utilizam de processos de galvanoplastia, processo esse que sem o devido tratamento pode resultar na contaminação de compostos tóxicos como cobre (Cu), níquel (Ni) e cromo (Cr), a preocupação se deu em geral devido a alguns casos recentes e notáveis de poluição na região, em específico a mortandade de peixes que ocorreu em julho de 2024.

Diante disso a pesquisa teve como objetivo geral avaliar a presença desses metais, em pontos onde seria provável a distribuição deles, como o Córrego da Corredeira, Ribeirão Tatu, Ribeirão Lagoa Nova e Ponte Estaiada. Algo que foi possível realizar, por meio da parceria com a Organização Remo e a Mérieux.

Além disso foram satisfatoriamente realizados a coleta de amostras, da determinação das concentrações por meio do ICP-MS, e a comparação com padrões ambientais estabelecidos pela Resolução CONAMA n 357/2005, Art. 15.

No qual foi concluído que a Ponte Estaiada, o Córrego da Corredeira e o Ribeirão Lagoa Nova se encontram dentro do valor máximo permitido, indicando que não há uma relação direta com a contaminação por galvanoplastia como sugerido pela nossa hipótese, já no Ribeirão Tatu, apresentou concentração de níquel acima do valor máximo permitido, evidenciando possível influência de atividades industriais na região. De modo geral, os dados demonstram que a maioria dos pontos apresenta condições adequadas,

Diante dos resultados obtidos e analisados, considera-se que os problemas que nosso trabalho buscava responder foram atendidos, fornecendo informações importantes sobre os efluentes e sobre possíveis contaminações.

No entanto, a pesquisa apresentou limitações espaciais como a limitação dos espaços que foram analisados e também uma limitação de escopo, no qual apenas uma forma de fonte de contaminação foi investigada.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA, Bacias PCJ. Caracterização Das Bacias. Brasil: IRRIGART. Disponível em:

[https://agencia.baciaspcj.org.br/wp-content/uploads/2021/01/RS-02-03\\_Cap-2-1\\_Caracterizacao-Bacias.pdf](https://agencia.baciaspcj.org.br/wp-content/uploads/2021/01/RS-02-03_Cap-2-1_Caracterizacao-Bacias.pdf). Acesso em: 06 ago. 2025

BNT NBR 9898 – Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos – disponível em PDF:

[sistema.ceteclins.com.br/.../B8E15D63-B64B-4106-81AB-0E807999C6DD\\_29012020115558.pdf](https://sistema.ceteclins.com.br/.../B8E15D63-B64B-4106-81AB-0E807999C6DD_29012020115558.pdf)

BRASIL. Decreto nº 8.468, de 08 de setembro de 1976. Aprova o Regulamento da Lei nº 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente. Diário Oficial do Estado de São Paulo, 08 set. 1976.

Disponível em:

<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/1976/decreto-8468-08.09.1976.html>.

BUZZONI, H. A.. Galvanoplastia. 2. ed. São Paulo: Editora Ícone, 1991.

CBH PIRACICABA. A bacia. Piracicaba(SP): CBH, 2013. Disponível em:

<https://cbhpiracicabamg.org.br/rio-piracicabamg>. Acesso em: 05 ago. 2025

COMDEMA. Coligação: Piracicaba Merece o Melhor. Disponível em:

<https://conselhos.piracicaba.sp.gov.br/comdema/files/2024/09/respostas-condema-Barjas-Negri.pdf>. Acesso em: 07 ago. 2025.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo 2020. São Paulo: CETESB, 2021. Disponível em: (<https://cetesb.sp.gov.br/aguasinteriores/wp-content/uploads/sites/12/2021/09/Relatorio-Qualidade-das-Aguas-Interiores-no-Estado-de-Sao-Paulo-2020.pdf>).

EMBRAPA. Manual de Procedimentos de Amostragem e Análise Físico-Química. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/921050/1/Doc232ultimaversao.pdf>. Acesso em: 07 ago. 2025.

ENGENHARIA, AmbScience. O que é galvanoplastia e quais são seus efeitos ambientais?. Disponível em: <https://ambscience.com/galvanoplastia>. Acesso em: 07 ago. 2025.

SIGAM, Planos de Manejo. Área de Proteção Ambiental Tanquã e Rio Piracicaba. Brasil: Sigam, 2022. Disponível em: <https://sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam3/Default.aspx?idPagina=16825>. Acesso em: 07 ago. 2025.

FELTRE, Ricardo. Fundamentos da Química. 3. ed. São Paulo: Editora Moderna, 2001.

FUKUI, Vivian Saory. Determinação de metais pesados em águas superficiais e sedimentos na Bacia do Rio Piracicaba. Revista

Acadêmica da Faculdade Oswaldo Cruz, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 45-58, 2019.

Disponível em: ([https://oswaldocruz.br/revista\\_academica/content/pdf/Vivian%20Saory%20Fukui.pdf](https://oswaldocruz.br/revista_academica/content/pdf/Vivian%20Saory%20Fukui.pdf)).

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ – FIOCRUZ. Impactos da contaminação por metais pesados na saúde pública. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2020. Disponível em: (<https://arca.fiocruz.br/items/80cfa8bd-59e3-4c56-afd1-715d0ab4a433>).

G1, PIRACICABA E REGIÃO. Níveis de coliformes fecais na bacia do Rio Piracicaba estão até 24 vezes acima do permitido, diz estudo. Piracicaba(SP): EPTV; G1, 2025. Disponível em:

<https://www.miranteppp.com.br/2024/04>. Acesso em: 07 ago. 2025.

G1 PIRACICABA E REGIÃO. Usina suspeita de poluição que causou mortandade de toneladas de peixes no Rio Piracicaba volta a operar. G1, 22 jul. 2025. Disponível em: (<https://g1.globo.com/sp/piracicaba-regiao/noticia/2025/07/22/usina-suspeita-de-poluicao-que-causou-mortandade-de-toneladas-de-peixes-no-rio-piracicaba-volta-a-operar.ghtml>).

GIRALD, E. James. Princípios de Química Ambiental. 2ª Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

LEE, J.D.

JORNAL UNICAMP. Metais pesados poluem mananciais de Limeira. Brasil: Unicamp, 2007. Disponível em:

[https://unicamp.br/unicamp/unicamp\\_hoje/ju/outubro2007/ju377pag8b.html](https://unicamp.br/unicamp/unicamp_hoje/ju/outubro2007/ju377pag8b.html). Acesso em: 07 ago. 2025.

MECANICA INDUSTRIAL.História da galvanoplastia. Disponível em:

<https://www.mecanicaindustrial.com.br/100-historia-da-galvanoplastia>. Acesso em:

07 ago. 2025.

MIRANTE. Rio Piracicaba: Um manancial de histórias. Americana(SP): Paintbox, 2024. Disponível em:

<https://www.miranteppp.com.br/2024/04>. Acesso em: 06 ago. 2025.

NASCIMENTO, Ronaldo Ferreira do; RIBEIRO, Jeferson Pereira; ABDALA NETO, Eliezer Fares; OLIVEIRA, André Gadelha de; ROMERO, Francisco Belmino, organizadores. Processos eletrolíticos: fundamentos e aplicações em matrizes ambientais [livro eletrônico]. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2021. 5347 Kb : il. color. Disponível em:

[https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/58652/1/2021\\_liv\\_rfnascimento.pdf](https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/58652/1/2021_liv_rfnascimento.pdf). Acesso em: 2 ago. 2025.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). Guidelines for drinking-water quality. 4. ed. Geneva: World Health Organization, 2011. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241548151>.

PIRES, Marcelo Aurélio. Determinação de metais pesados em águas da Bacia do Rio Piracicaba utilizando espectrometria de absorção atômica. 2007. Dissertação (Mestrado em Química Analítica) – Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007. Disponível em: (<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44138/tde-02052007-114138/publico/MSP.pdf>).

PREFEITURA PIRACICABANA. Áreas protegidas, unidades de conservação. Piracicaba(SP): Simap, 2023. Disponível em:

<https://piracicaba.sp.gov.br/servicos/areas-protégidas-unidades->

de-conservacao. Acesso em: 05 ago. 2025.

PUGAS, Marisa Santiago. Íons de metais pesados Ni, Cu e Cr em área impactada por resíduo de galvanoplastia na Região Metropolitana de São Paulo – SP. 2007. 82 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Minerais e Hidrogeologia) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44138/tde-02052007-114138/publico/MSP.pdf>. Acesso em: 2 ago. 2025.

Química Inorgânica não tão Concisa. 5. ed. São Paulo: Blucher, 1999. ISBN 978-85-212-0176-2.

RAPID DIRECT. O que é galvanoplastia? Definição, como funciona e aplicações. China: Elijah Morgan, 2022. Disponível em: <https://www.rapiddirect.com/pt/blog/electroplating-process>. Acesso em: 06 ago. 2025.

REPÓRTER BRASIL. Inquérito sobre morte de 235 mil peixes no rio Piracicaba cita Ajinomoto e Raízen. Brasil: Repórter brasil, 2024. Disponível em: <https://reporterbrasil.org.br/2024/09/inquerito-morte-peixes-piracicaba-ajinomoto-e-raizen>. Acesso em: 07 ago. 2025.

REVISTA AMBIENTE, Cetesb. Toxicidade de efluentes industriais da bacia do rio Piracicaba. São Paulo: Cetesb, 1988. Disponível em: <https://revistacetesb.emnuvens.com.br/revista/article/view/55>. Acesso em: 07 ago. 2025.

ROCHA, Paula Vieira. A galvanoplastia e seus principais banhos: níquel: como buscar uma perfeita eletrodeposição. 2007. 69 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química) – Universidade do Sagrado Coração, Bauru, 2007. Disponível em:

[https://repositorio.unisagrado.edu.br/bitstream/handle/2119/1/A\\_galvanoplastia\\_e\\_s\\_eus\\_principais\\_banhos\\_niquel\\_como.pdf](https://repositorio.unisagrado.edu.br/bitstream/handle/2119/1/A_galvanoplastia_e_s_eus_principais_banhos_niquel_como.pdf). Acesso em: 1 ago. 2025.

SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE, INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA. Guia de Áreas Protegidas. São Paulo: São Paulo Governo do Estado, 2025. Disponível em:

<https://guiadeareasprotegidas.sp.gov.br/ap/area-de-protecao-ambiental-tanqua-rio-piracicaba>. Acesso em: 05 ago. 2025.

SILVA, Daniely de Lucena; CRUZ, Patrícia Silva; CHAVES, Tatiany Liberal Dias; VIANA, Leandro Gomes; VIEIRA, Fernando Fernandes. Processo de eletrólise em banhos galvânicos. 2016. 9 p. Anais do Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências (CONAPESC), 2016. Disponível em:

[https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/conapesc/2016/TRABALHO\\_EV058\\_MD1\\_SA86\\_ID1941\\_17052016200759.pdf](https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/conapesc/2016/TRABALHO_EV058_MD1_SA86_ID1941_17052016200759.pdf). Acesso em: 3 ago. 2025.

UOL. Rio Piracicaba tem poluição cinco vezes maior que a aceitável.

Americana(SP): Eduardo Schiavoni, 2014. Disponível em:

<https://noticias.uol.com.br/meio-ambiente/ultimas-noticias/redacao/2014/08/19/rio-piracicaba-tem-poluicao-cinco-vezes-maior-que-a-aceitavel.htm>. Acesso em: 07 ago. 2025.

U.S. Environmental Protection Agency (EPA). Method 6020B (SW-846): Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry. Washington, DC: EPA, July 2014. Disponível em: <https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-12/documents/6020b.pdf>. Acesso em: 20 out. 2025

## ANEXOS

### ANEXO A – POP de Amostragem em Rios da Mérieux Nutrisciences

- I) Manter registro de todas as informações de campo, preenchendo uma ficha de coleta por amostra, contendo os seguintes dados:
- I. Número de identificação da amostra (que já consta nas fichas impressas);
  - II. Identificação do ponto de amostragem e sua localização;
  - III. Data e hora da coleta;
  - IV. Tipo de amostra (efluente industrial, água de rio, mar, potável, etc.);
  - V. Medidas de campo (temperatura ar/água, pH, condutividade etc.);
  - VI. Eventuais observações de campo;
  - VII. Condições meteorológicas nas últimas 24 horas e que possam interferir com a qualidade das águas (chuvas);
  - VIII. Indicação dos parâmetros a serem analisados no laboratório (já constam nas fichas impressas);
  - IX. Nome do responsável pela amostragem;
  - X. Equipamento utilizado;
  - XI. Tipo de amostragem (simples, composta);
  - XII. Assinaturas na ficha de coleta.

#### 2. Amostragem de água superficial

Amostras de água superficial podem ser amostradas de 3 modos, existindo, em cada um deles cuidados específicos que serão descritos a seguir:

- a) **Amostragem pela margem:** O fluxo aquoso possui zonas mortas nas proximidades das margem, nestas zonas, a velocidade da água é muito pequena ou nula, e a mesma não representa o todo. Para realizar este tipo de amostragem, deve-se utilizar uma jarra de inox acoplada a uma barra de modo que a mesma consiga atingir parte do rio que contenha fluxo. Retirar a amostra a pelo menos 10cm da superfície e transferir para os frascos de amostragens. Nunca devemos imergir os frascos diretamente no rio ou lago, pois os mesmos já possuem os preservantes químicos e parte destes podem ser perdidos com o enchimento do frasco. Realizar a medida dos parâmetros de campo preferencialmente introduzindo diretamente o equipamento no fluxo aquoso. Quando não for possível, retirar uma jarra específica para a leitura dos mesmos.
- b) **Amostragem com o auxílio de embarcações:** Para a realização deste tipo de atividade é obrigatório, além da licença da marinha para pilotar a embarcação (ARAES), a utilização de colete salva vidas. Posicionar o barco no local desejado para a realização da amostragem, ancorar corretamente a embarcação e com o auxílio de um balde ou jarra de inox, coletar a amostra a aproximadamente 10cm de profundidade sempre em contracorrente (no caso de rio), ou seja, antes da água chegar na embarcação. Preencher os frascos, já com o preservante com a amostra iniciando sempre pelos de microbiologia, caso esteja no escopo do projeto.  
Medir os parâmetros de campo do escopo do projeto lançando o sensor do equipamento diretamente no rio ou lago ou, quando não for possível, recolher uma amostra com a jarra ou balde e realizar as análises neste conteúdo da amostra.
- c) **Amostragens por pontes:** A amostragem por pontes devem ser realizadas em locais onde veículos não transitem, ou que pelo menos exista um recuo (acostamento seguro) no local. Não realizar este tipo de amostragem de locais inseguros.

**NOTA:** As pontes, por exemplo, são usadas para amostragem em rios devido a sua acessibilidade, mas nem sempre são os locais mais apropriados, pois sua presença pode interferir ou alterar fatores básicos do corpo d'água. Entretanto, esta pode ser uma opção quando o local adequado de amostragem for totalmente inviável. Para esses casos é importante:

- Ter definido com o cliente objetivo da escolha do local para realização da amostragem.
- Inserir tal informação no plano de amostragem.
- Levar em consideração o sentido da correnteza, para evitar interferentes causado pela presença estrutural da ponte. Ou seja, a coleta deverá acontecer antes da ponte.

Escolher uma local da ponte que permita acesso a parte do rio onde exista fluxo ou que não fique próximo



---

## UGQ 073/2025

---

Piracicaba, 27 de Outubro de 2025

Prezado Cliente,

A Bioagri Laboratórios Ltda vem através desta informar o procedimento interno referente ao POP LB.010 "Amostragem de Matrizes Líquidas".

### POP LB.010 – "Amostragem de Matrizes Líquidas"

#### 1. Resumo

A técnica a ser adotada para a amostragem depende da matriz a ser coletada (água superficial, água subterrânea, água para o consumo humano, água residuária, biota aquática), do tipo de amostragem (amostra simples ou composta) e, também, da natureza do exame a ser solicitado (análises físico-químicas, microbiológicas, biológicas ou radiológicas). Independente dessas características, porém, há os seguintes cuidados a serem tomados:

- a) As amostras não devem incluir partículas grandes, detritos, folhas, ou outro tipo de material acidental, salvo quando se tratar de amostra de sedimento;
- b) Para cada ponto deve ser preenchido um formulário de registro com um código de identificação próprio;
- c) A amostra coletada deve ser identificada com uma codificação adequada nos frascos. A identificação deve ser feita com etiquetas firmemente presas;
- d) Para minimizar a contaminação das amostras dos parâmetros microbiológicos convém recolhê-la com a boca do frasco de coleta contra a corrente;
- e) Amostrar sempre um volume suficiente e homogêneo, usando um recipiente que comporte a quantidade de amostra suficiente para preencher todos os frascos de coleta, assegurar que seja coletada quantidade suficiente para eventual necessidade de se repetir alguma análise no laboratório;
- f) Para os frascos sem preservação deve se fazer a rinsagem dos mesmos com a própria amostras antes da coleta, este procedimento serve para eliminar qualquer impureza que possa conter no interior do frasco, para os frascos que contenham algum preservante este procedimento não deve ser adotado, pois o mesmo já possui por inspeção e foi preservado estando apto para ser utilizado em campo;
- g) Fazer todas as determinações de campo em alíquotas de amostra separadas das que será enviado ao laboratório, evitando-se assim o risco de contaminação;
- h) Empregar somente os frascos e as preservações recomendadas para cada tipo de determinação, conforme Guia, verificando se todos os reativos para preservação estão adequados ao uso; em caso de dúvida, substituí-los. Verificar também a limpeza dos frascos e demais materiais de coleta (baldes, garrafas, pipetas, etc.);

**Nota:** Para frascos que já contenham preservantes o passo anterior não se aplica.

- i) A parte interna dos frascos e do material de amostragem, assim como os batoques e tampas não podem ser tocados com a mão ou ficar expostos ao pó, fumaça e outras impurezas (gasolina, óleo e fumaça de exaustão de veículos podem ser grandes fontes de contaminação de amostras). Cinzas e fumaça de cigarro podem contaminar fortemente as amostras com metais pesados e fosfatos, entre outras substâncias. Recomenda-se, portanto, que os coletores mantenham as mãos limpas e usem luvas plásticas, tipo cirúrgicas ou não coloridas, e não fumem durante a coleta das amostras;
- j) Imediatamente após a coleta e preservação das amostras, colocá-las ao abrigo da luz solar;
- k) As amostras que exigem refrigeração para sua preservação devem ser acondicionadas em caixas de isopor com gelo;

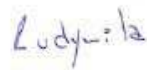
a margem em caso de lagos.

Utilizando uma corda, lançar o balde de inox tomando cuidado para que o mesmo não atinja o fundo do rio ou lago e suspenda sedimentos. Puxar cuidadosamente o balde de modo a não permitir que a corda venha raspando nas laterais da ponte e crie condições de contaminação da amostra. Ao puxar a corda, não permita que a mesma encoste no chão, pois no próximo lançamento, ela pode contaminar a amostra. Para isto utilize uma lona no chão.

Preencha todos os frascos necessários, começando pelos das análises microbiológicas, se fizerem parte do escopo dos serviços

Em todos os casos, armazenar os frascos em caixa térmica com gelo.

Atenciosamente,



---

Ludymila René Arquilha Sacchi  
Analista de Qualidade