

**CENTRO DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA**

**ETEC TRAJANO CAMARGO**

**3º MTEC PI Química**

**Bento Augusto Darós**

**Letícia Amador de Almeida**

**Luccas Gabriel Farias de Souza**

**ESTUDO DO BIOMONITORAMENTO ATRAVÉS DA UTILIZAÇÃO DE  
MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS**

**Limeira – SP**

**2025**

**Bento Augusto Darós**

**Letícia Amador de Almeida**

**Luccas Gabriel Farias de Souza**

**ESTUDO DO BIOMONITORAMENTO ATRAVÉS DA UTILIZAÇÃO DE  
MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso Técnico em  
Química da Etec Trajano Camargo,  
orientado pela prof. Dra. Gislaine  
Aparecida Delbianco, como  
requisito parcial para obtenção do  
título de técnico em química

**Limeira – SP**

**2025**

## RESUMO

Este trabalho estuda o biomonitoramento da qualidade da água por meio da análise de macroinvertebrados bentônicos no Ribeirão Tatu, abrangendo sua nascente em Cordeirópolis, bem como trechos na entrada e no centro de Limeira (SP). O objetivo principal consiste em avaliar a influência das atividades antrópicas na composição da fauna bentônica e nos parâmetros físico-químicos da água. A metodologia baseia-se na coleta de organismos bentônicos e na realização de análises físico-químicas in loco e em laboratório, permitindo uma avaliação comparativa entre os pontos amostrados. Os resultados indicam variação na diversidade de macroinvertebrados e nos parâmetros de qualidade da água, revelando maior impacto no trecho urbano. Conclui- se que o uso de macroinvertebrados é eficaz como ferramenta complementar ao monitoramento convencional, oferecendo dados relevantes para a gestão ambiental de corpos hídricos urbanos.

**Palavras-chave:** biomonitoramento; macroinvertebrados; qualidade da água.

## ABSTRACT

This study examines water quality biomonitoring through the analysis of benthic macroinvertebrates in the Tatu Stream, encompassing its source in Cordeirópolis, as well as sections at the entrance and in the center of Limeira, São Paulo. The main objective is to assess the influence of anthropogenic activities on the composition of the benthic fauna and the physicochemical parameters of the water. The methodology is based on the collection of benthic organisms and the performance of physicochemical analyses in place and in the laboratory, allowing for a comparative evaluation between the sampled points. The results indicate variations in macroinvertebrate diversity and water quality parameters, revealing a greater impact in the urban section. It is concluded that the use of macroinvertebrates is an effective complementary tool to conventional monitoring, providing relevant data for the environmental management of urban water bodies.

**Keywords:** biomonitoring; macroinvertebrates; water quality.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>5</b>
<b>2.1. Objetivo Geral .....</b>	<b>5</b>
<b>2.2. Objetivos Específicos.....</b>	<b>5</b>
<b>3. INTRODUÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>6</b>
<b>3.1. Classificação de corpos hídricos .....</b>	<b>6</b>
<b>3.2. Diferença entre Bentos e organismos bentônicos.....</b>	<b>7</b>
<b>3.2.1.Características diagnosticantes de cada filo e de algumas classes ...</b>	<b>9</b>
<b>3.2.2.Identificação, Classificação e Chave de identificação.....</b>	<b>13</b>
<b>3.3. Bioindicadores .....</b>	<b>13</b>
<b>3.3.1.Bentônicos como bioindicadores.....</b>	<b>14</b>
<b>3.3.2.Sensibilidade à poluição de organismos bentônicos .....</b>	<b>14</b>
<b>3.3.3.Métodos de coleta dos bentônicos .....</b>	<b>19</b>
<b>3.3.4.Vantagens do Biomonitoramento com a aplicação de organismos bentônicos .</b>	<b>19</b>
<b>3.4. Legislações pertinentes .....</b>	<b>21</b>
<b>3.5. Utilização de I.A .....</b>	<b>21</b>
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>23</b>
<b>4.1. Metodologia geral .....</b>	<b>23</b>
<b>4.2. Estudo dos locais .....</b>	<b>23</b>
<b>4.3. Biomonitoramento com Macroinvertebrados Bentônicos .....</b>	<b>24</b>
<b>4.4. Análises físico-químicas .....</b>	<b>26</b>
<b>4.4.1.Alcalinidade total .....</b>	<b>26</b>
<b>4.4.1.1.Preparação da Amostra.....</b>	<b>26</b>
<b>4.4.1.2.Adição do Indicador (Reagente 2).....</b>	<b>27</b>
<b>4.4.1.3.Observação da Coloração.....</b>	<b>27</b>
<b>4.4.1.4.Titulação com Reagente 3.....</b>	<b>27</b>
<b>4.4.1.5.Cálculo da Alcalinidade Total .....</b>	<b>27</b>
<b>4.4.2.Cloreto .....</b>	<b>27</b>
<b>4.4.2.1.Transferência da Amostra.....</b>	<b>28</b>
<b>4.4.2.2.Adição do Indicador (Reagente 01) .....</b>	<b>28</b>
<b>4.4.2.3.Titulação com Reagente 02.....</b>	<b>28</b>

4.4.2.4.Identificação do Ponto Final .....	28
4.4.2.5.Cálculo da Concentração de Cloreto .....	28
4.4.3.Amônia Indotest .....	29
4.4.3.1.Transferência da Amostra .....	29
4.4.3.2.Adição do Reagente 01 .....	29
4.4.3.3.Adição do Reagente 02 .....	29
4.4.3.4.Adição do Reagente 03 .....	30
4.4.3.5.Tempo de Reação .....	30
4.4.3.6.Comparação da Coloração .....	30
4.4.3.7.Cálculo da Concentração de NH <sub>3</sub> .....	30
4.4.4.Ferro .....	30
4.4.4.1.Transferência da Amostra .....	31
4.4.4.2.Adição do Reagente Tiofer .....	31
4.4.4.3.Agitação da Cubeta .....	31
4.4.4.4.Tempo de Reação .....	31
4.4.4.5.Leitura Visual da Concentração .....	32
4.4.5.Oxigênio Dissolvido (OD) .....	32
4.4.5.1.Preparação da amostra .....	33
4.4.5.2.Adição do Reagente 01 .....	33
4.4.5.3.Adição do Reagente 02 .....	33
4.4.5.4.Tempo de reação .....	33
4.4.5.5.Leitura do resultado .....	33
4.4.6.Cloro Residual/Livre .....	34
4.4.6.1.Adição do Reagente 01 .....	34
4.4.6.2.Adição do Reagente 02 .....	34
4.4.6.3.Transferência da Amostra .....	35
4.4.6.4.Homogeneização: .....	35
4.4.6.5.Leitura Imediata .....	35
4.4.7.pH .....	35
4.4.7.1.Transferência da Amostra .....	36
4.4.7.2.Adição do Reagente .....	36
4.4.7.3.Homogeneização .....	36
4.4.7.4.Abertura e Posicionamento .....	36
4.4.7.5.Leitura da Cor .....	37
4.4.8.Cor .....	37

4.4.8.1.Transferência da Amostra.....	38
4.4.8.2.Preparação da Amostra.....	38
4.4.8.3.Posicionamento para Leitura.....	38
4.4.8.4.Comparação Visual.....	38
4.4.9.Conduvidade .....	39
4.4.9.1.Ligar o aparelho .....	39
4.4.9.2.Calibração .....	39
4.4.9.3.Medição de condutividade .....	39
4.4.9.4.Desligar o equipamento .....	40
4.4.9.5.Manutenção preventiva .....	40
5. DISCUSSÃO DE RESULTADOS .....	41
6. Considerações finais.....	54
REFERÊNCIAS.....	55

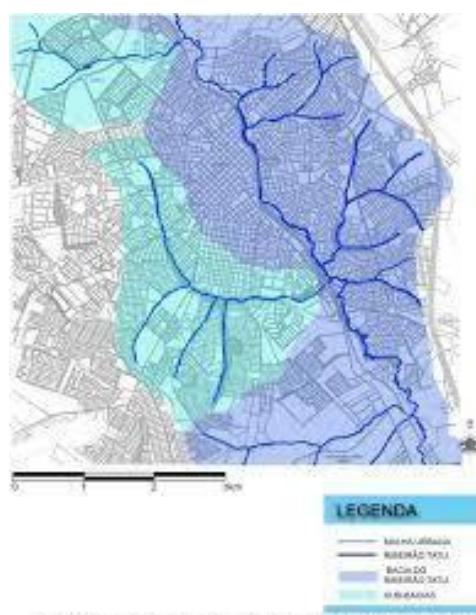
## 1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Uma bacia hidrográfica se trata de uma área para captação natural de água oriunda de chuvas, que escoa superficialmente para um corpo d'água ou um de seus afluentes (SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E INFRAESTRUTURA, 2024).

O responsável por nomear uma bacia hidrográfica é o corpo de água mais destacado e este recebe contribuição de seus afluentes (correntes de água que alimentam ou deságuam em outra corrente maior ou num lago), que - por sua vez - podem possuir contribuintes menores (SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E INFRAESTRUTURA, 2024). É o caso da Bacia do Ribeirão Tatu (LIMEIRA ONLINE, 2024).

A bacia citada abrange 75% da região urbana de Limeira, compreendendo o Ribeirão do Tatu e mais 14 afluentes. O corpo d'água destacado possui 6,5 Km de extensão, passando pelas áreas urbanas de Limeira e Cordeirópolis (figura 1). Em tais trechos, vários problemas que se estendem com seu curso podem ser percebidos, problemas prejudiciais à qualidade da água do ribeirão (LIMEIRA ONLINE, 2024), tanto que este é considerado de classe 4, conforme as informações presentes nos estudos de Izabela Oliveira Santos (2021), sendo isso algo nada atraente tanto em perspectiva econômica quanto em questão ambiental (MATARAZO, EVANGELISTA, PEIXOTO, 2022).

**Figura 1 – Bacia do Ribeirão Tatu em Limeira.**



**Fonte:** AZEVEDO, CONSTANTINO, 2021.

Ao longo do Ribeirão Tatu, a poluição é ocasionada por resíduos (sólidos e líquido) oriundos da industrialização, agricultura e ocupação antrópica (AZEVEDO, SALCEDO, CONSTANTINO, 2020).

Um exemplo de poluição pode ser percebido em Cordeirópolis, na qual se encontra seu alto curso, utilizado para despejo in natura de esgotos do município, recebendo muitos poluentes que acabam por ser carregados até Limeira, prejudicando, por consequência, as águas do município também (SANTOS, 2021).

Outros bons exemplos também são notáveis em Cordeirópolis, com suas indústrias de cerâmica e a agricultura local. Atualmente, o município abriga 10 dessas indústrias, com algumas estando muito próximas do corpo d'água estudado, que chegam a descartar de maneira errônea seus resíduos, prejudicando a qualidade da água do ribeirão (como já ocorreu com outros corpos d'água próximos), além de gerarem poluição sonora e malefícios ao ar (VIERA, 2022). Além disso, se tem uma problemática relacionada à agricultura em torno do ribeirão (AZEVEDO, SALCEDO, CONSTANTINO, 2020).

Tais culturas intensivas são voltadas à cana-de-açúcar, na qual se utiliza uma quantidade exorbitante de fertilizantes fosfatados, este que podem possuir radionuclídeos das séries de decaimento do  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{238}\text{U}$  e  $^{40}\text{K}$ , oriundos das matérias-primas de sua produção (RINALDI, 2022). Dessa forma, segundo RINALDI (2022): “o uso intensivo da adubação fosfatada pode aumentar a concentração de radionuclídeos no solo e, potencialmente, comprometer a qualidade dos solos e dos recursos hídricos locais e regionais”.

Algo que exemplifica também o quão grandes podem ser os problemas relacionados à Bacia do Ribeirão Tatu é a tabela retirada dos estudos de JUNQUEIRA (2022) (Figura 2), a qual demonstra a ocupação do solo no entorno de Cordeirópolis.

**Figura 2** - Quantificação do uso e ocupação do solo na bacia do Ribeirão Tatu, na região de Cordeirópolis.

Classe de Uso e ocupação do solo	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)
Cana de Açúcar	46,46	53,06
Vegetação Nativa	12,99	14,48
Área Antropizada	11,84	13,34
Agricultura	6,48	7,41
Pastagem	6,05	6,92
Solo Exposto	2,67	3,05
Corpos Hídricos	1,19	1,37
Total	87,68	100

**Fonte:** JUNQUEIRA, 2022.

Para lidar parcialmente com tal problema, foi entregue em 2020 a Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) de Cordeirópolis pelo governo de São Paulo, a fim de tratar o esgoto do município e revitalizar o Ribeirão Tatu, enquanto Limeira resolve tal problema tratando a água por meio de 4 ETE's e uma ETA (Estação de Tratamento de Água) (SANTOS, ALVES, 2021). Isso evidencia o óbvio interesse governamental pela qualidade da água, já que esta é um recurso importante para todos os seres vivos (PREFEITURA DE LIMEIRA, 2025).

Logo, pode-se utilizar bioindicadores, uma vez que são seres vivos de natureza diversa, vegetais ou animais, para avaliação da qualidade ambiental - nesse caso, da água (CETESB, 2025). De acordo com Luis Alberto Oliveira (GOVERNO DE SÃO PAULO, 2022), a comunidade aquática (incluindo peixes e outros organismos vivos) responde diretamente pela qualidade da água, ou seja, quando há uma mudança brusca na qualidade da água, como quantidade elevada de fósforo e nitrogênio, por exemplo, a comunidade aquática é afetada.

Com isso, ocorre-se uma diminuição evidente de grupos de seres vivos na região, deixando claro um problema na área (GOVERNO DE SÃO PAULO, 2022). É dessa forma que funcionam os bioindicadores. Sua presença, quantidade e distribuição indicam os impactos ambientais em um ecossistema (PRESTES, VINCENCI, 2019).

Eles podem ser empregados de uma forma ativa, expondo-se no ambiente espécies previamente preparadas, ou de uma forma passiva, quando se proceda uma avaliação dos seres que habitam a área de estudo, possibilitando assim, a partir de sua resposta, a avaliação da qualidade ambiental local (CETESB, 2025). Um exemplo disso é a aplicação de macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores (AVELINO, SILVA, AVELINO, SÁ, SOARES, 2023).

O uso de macroinvertebrados bentônicos pode ser considerado como um método bem simples, rápido e de baixo custo, já que são de fácil manuseio e aplicação, são espécies visíveis a olho nu e de rápida identificação, além de serem amplamente reconhecidos pela comunidade científica. Ao analisar os bentônicos, podemos considerar que são um importante aliado no ambiente aquático ao indicar impactos ambientais por contaminação e responder facilmente ao estresse hidráulico, orgânico e químico (BARBIERE, 2022).

Além disso, outro motivo para se empregar o método está na perspectiva econômica, nesse caso, na piscicultura. Segundo Mariana Silveira Guerra Moura

e Silva, nas últimas duas décadas, a Embrapa Meio Ambiente vem desenvolvendo pesquisas na área de monitoramento ambiental da aquicultura com uso de bioindicadores, os macroinvertebrados bentônicos. Em todos os projetos, a espécie produzida foi a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), com objetivos de utilizar a comunidade macrobentônica colonizadora do sedimento desses sistemas como bioindicadora da qualidade da água. Por isso, a região do Ribeirão Tatu poderia, perfeitamente, ser utilizada para a criação de peixes comerciais, uma atividade muito praticada no Brasil (SEBRAE, 2022).

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo Geral

Estudar as características e propriedades dos bentônicos em três pontos do leito do rio, identificando, assim, a qualidade da água e sua poluição, através de bioindicadores e sua aplicação e na piscicultura.

### 2.2. Objetivos Específicos

- Estudar os métodos de coleta de amostra de leito de rios e lagos, além de entender a diferença dos mesmos;
- Estudar as características dos bentônicos macroinvertebrados como bioindicadores de poluição da água para promover a piscicultura;
- Compreender a importância da piscicultura, do biomonitoramento e dos bioindicadores bentônicos;
- Estudar o (s) local (is) onde será feita a amostragem;
- Realizar análise óptica dos organismos que vivem no solo do Ribeirão Tatu, bem como sua coleta;
- Pesquisar a história do cultivo de peixes no mundo;
- Pesquisar e compreender as metodologias aplicadas em diferentes processos.

### **3. INTRODUÇÃO TEÓRICA**

#### **3.1. Classificação de corpos hídricos**

A classificação de corpos hídricos é um processo utilizado para categorizar os diferentes tipos de corpos d'água – águas doces, salinas e salobras – com base em suas características físico-químicas, biológicas e seus usos. No Brasil, a classificação é regulamentada pelo CONAMA 357/2005 que dispõe os recursos hídricos (BRASIL, 2005)

Conforme o artigo 4º da resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005: Art. 4º As águas doces são classificadas em:

Classe Especial: águas destinadas ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas e à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral;

Classe 1: águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº274, de 2000; à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película e à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas;

Classe 2: águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000; à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto e à aquicultura e à atividade de pesca;

Classe 3: águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; à pesca amadora; à recreação de contato secundário e à dessedentação de animais;

Classe 4: águas que podem ser destinadas à navegação e à harmonia paisagística.

Conforme o artigo 5º da resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005: Art. 5º As águas salinas são assim classificadas:

Classe Especial: águas destinadas à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral e à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas;

Classe 1: águas que podem ser destinadas à recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000; à proteção das comunidades aquáticas e à aquicultura e à atividade de pesca;

Classe 2: águas que podem ser destinadas à pesca amadora e à recreação de contato secundário;

Classe 3: águas que podem ser destinadas à navegação e à harmonia paisagística.

Conforme o artigo 6º da resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005: Art. 6º As águas salobras são assim classificadas:

Classe especial: águas destinadas à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral e à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas;

Classe 1: águas que podem ser destinadas à recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000, à proteção das comunidades aquáticas, à aquicultura e à atividade de pesca, ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado e à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película, e à irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto;

Classe 2: águas que podem ser destinadas à pesca amadora e à recreação de contato secundário;

Classe 3: águas que podem ser destinadas à navegação e à harmonia paisagística.

### **3.2. Diferença entre Bentos e organismos bentônicos**

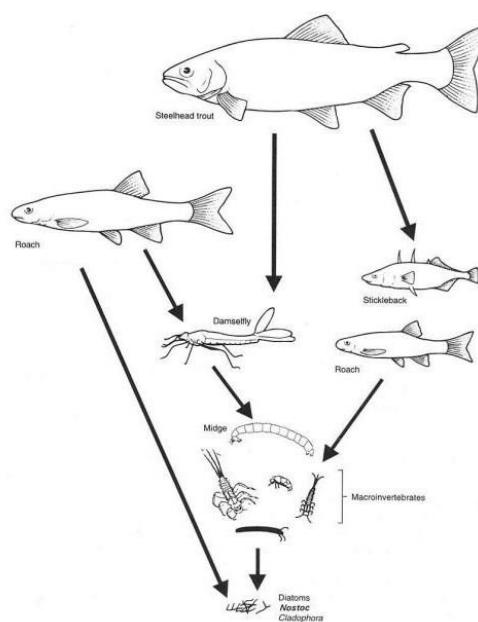
Há, predominantemente, no planeta Terra água. Cerca de 1,4 bilhão km<sup>3</sup> se encontra apenas nos oceanos (MATIAS, 2024). Esta água é responsável por abrigar uma copiosidade de seres vivos, dentre eles estão aqueles que habitam

camadas superficiais de sedimentos (depósitos de partículas que podem ser formadas por restos de zooplânctons e fitoplânctons ou por partículas oriundas de rochas vulcânicas ou terrestres), os denominados organismos bentônicos/bênticos (PETROBRAS, 2007).

A macrofauna bentônica é composta por organismos que ficam retidos em peneiras granulométricas com abertura de malha de 500 µm, habitando os sedimentos de ecossistemas aquáticos. Os grupos mais representativos incluem decápodes, moluscos, poliquetas e equinodermos. Esses organismos colonizam substratos diversos, como restos de troncos, acúmulos de folhas, pedras, macrófitas aquáticas e algas filamentosas, durante uma parte ou durante todo o seu ciclo de vida (AVELINO et. al, 2023).

Os seres bentônicos dependem diretamente do meio aquático, sendo eles componentes essenciais dentro deste meio, considerando suas intensas participações quanto à manutenção e regulação dos processos ecossistêmicos, principalmente decomposição da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes. Em adição, têm importante atuação nas cadeias alimentares aquáticas, já que são os principais consumidores secundários – como pode ser visto na figura 3, que demonstra uma teia alimentar aquática (AVELINO et. al, 2023).

**Figura 3 – Teia Alimentar Aquática**



**Fonte:** DANUBE, 2012.

Além disso, podem ser fixos ou posicionados livremente no ambiente, mas não têm a capacidade de nadar ativamente na água, como peixes e outros animais (SIQUEIRA, 2023, s.p), e coletivamente formam parte do Bentos, termo vindo do grego *benthos* - fundo do mar (ARIESS, 2018) - e que se trata de comunidades que abrigam uma enorme quantidade de espécies (PETROBRAS, 2007).

### 3.2.1. Características diagnosticantes de cada filo e de algumas classes

Os bentônicos do filo Platyelminthes pertencem a uma única classe, sendo ela a Turbellaria. Um exemplo dessa classe é a planária (figura 4), que possuem uma locomoção realizada pela atuação da musculatura, que também é responsável pela mudança de forma do corpo da mesma (LOPES, 1997).

**Figura 4 - Planária**



**Fonte:** SANTOS, 2024.

Já no filo Annelida, os bentônicos podem ser encontrados em duas classes, sendo elas, Oligochaeta e Hirudinea, apresentados nas figuras 5 e 6. A primeira classe apresenta poucas cerdas no corpo que servem como apoio para que essa classe consiga de deslocar. No entanto, a segunda classe se encontra em água doce e em ambiente terrestre úmido, possuindo um corpo mais achatado dorso-ventralmente, se diferenciando da primeira classe pela localização do clitelo e número de segmentos (LOPES, 1997).

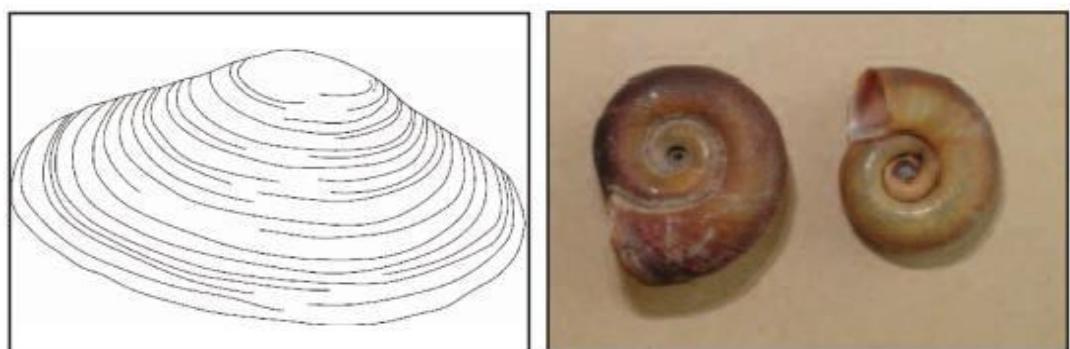
**Figuras 5 e 6 - Oligochaeta e Hirudinea**



**Fonte:** PLANETA INVERTEBRADOS, 2012; SÓ BIOLOGIA, 2024.

No filo Mollusca, há duas classes em que os bentônicos também se encontram. Os bivalves (Bivalvia), que tem um exemplar observável na figura 7, possuem um corpo mais achatado lateralmente e possuem uma concha, além de um pé musculoso com forma chata responsável pelo deslocamento desses animais. Entretanto, os gastropodes (Gastropoda) também podem conter uma concha ou não, sendo a classe mais diversificada do filo Mollusca, respirando através de brânquias e uma estrutura quitinosa (LOPES, 1997). Na imagem 8 se observa uma concha de Gastropoda:

**Figuras 7 e 8 - Bivalvia e Gastropoda**



**Fonte:** BIS, KOMALA, 2005.

Outro filo é o Arthropoda, que engloba animais invertebrados que tiveram um grande sucesso evolutivo, com uma estimativa de cerca de um bilhão de bilhões de espécies existentes. As ordens de bentônicos a serem destacadas deste filo são: Crustacea (figura 9), animais invertebrados que possuem exoesqueleto quitinoso impregnado de carbonato de cálcio (CASTILHO, 2024), e Insecta, que possui várias classes em que os bentônicos se encaixam, sendo elas: Odonata, Ephemeroptera, Hemiptera e Diptera, etc (SANTOS, 2024).

**Figura 9 - Crustacea**



**Fonte:** BIS, KOMALA, 2005.

Os insetos da ordem Odonata (figura 10) tem uma estrutura semelhante a dentes presente nas mandíbulas dos adultos, sendo predadores tanto na fase adulta como na de ninfa. São hemimetábolos e na fase imatura (aquática) são chamadas de náiades, as quais passam por várias mudanças e podem levar até cinco anos para atingir a fase adulta (CAMARGO, 2024)

**Figura 10 - Odonata**



**Fonte:** BIS, KOMALA, 2005.

Ephemeroptera (figura 11) são ninfas com palpos maxilares sem musculatura e geralmente reduzidos ou ausentes, paraglossas fusionadas ao submento, brânquias abdominais sobrepondo as subseqüentes, às vezes formando verdadeiras brânquias operculares (DIAS, MOLINERI, FERREIRA, 2008).

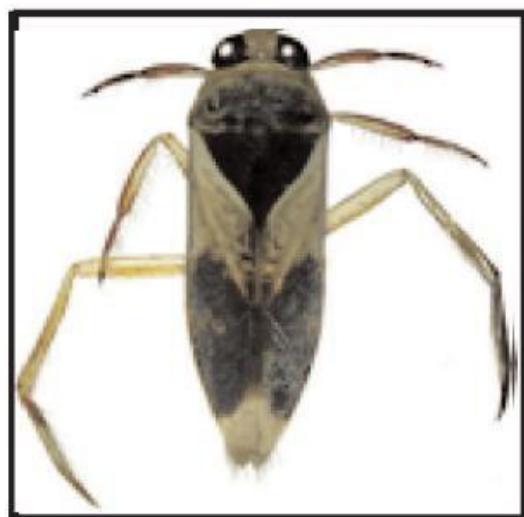
**Figura 11 - Ephemeroptera**



**Fonte:** BIS, KOMALA, 2005.

Já a ordem Hemiptera (figura 12) possui asas anteriores, que são metade membranosas e metade do tipo coriácea, sendo dividida entre Sternorrhyncha, Auchenorrhyncha, Heteroptera e Coleorrhyncha, onde há animais terrestres, aquáticos ou semiaquáticos (CAMARGO, 2024).

**Figura 12 - Hemiptera**



**Fonte:** BIS, KOMALA, 2005.

A última a ser destacada é a ordem Diptera (figura 13) possui asas posteriores modificadas em forma de halteres e funcionarem apenas como estabilizadores de voo, sendo holometábolos, ocupam diversos nichos alimentares e muitos dípteros desempenham importante papel ecológico, especialmente como inimigos naturais de vários organismos (CAMARGO, 2024).

**Figura 13 - Diptera**



**Fonte:** BIS, KOMALA, 2005.

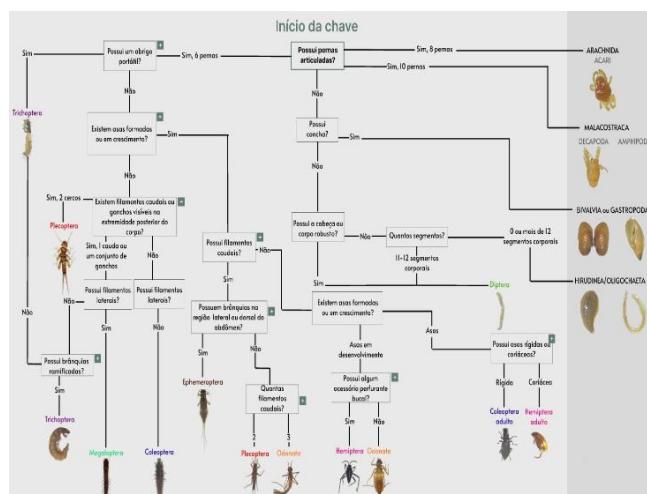
### 3.2.2. Identificação, Classificação e Chave de identificação

Identificar, na perspectiva da biologia, se trata do ato de constatar a que grupo da classificação pertence determinado organismo, podendo ser inserido em classes mais reservadas, espécies ou até em conjuntos infra-específicos. Já classificar é uma ação mais branda. Classificar organismos é o mesmo que organizá-los em grupos (classes), os denominados táxons, que podem ou não ter nomes (USP, 2007).

Para identificação, o processo comumente utilizado por biólogos envolve o uso de chaves de identificação (USP, 2007). Uma chave de identificação - também chamada de chave dicotômica - é uma ferramenta que proporciona a identificação por meio de palavras oriundas do latim e grego (radicais, prefixos e sufixos), que descrevem características visíveis nos grupos, podendo ter imagens também (CARMAZIO, SANTOS, 2020). É por meio de um exemplar desta que são identificados organismos bentônicos.

Abaixo, na figura 14, está a chave de identificação de bentônicos apresentada por Nascimento e Affonso (2022), que destaca as características diagnosticantes de cada classe:

**Figura 14 - Chave de identificação**



**Fonte:** NASCIMENTO, AFFONSO, 2022.

### 3.3. Bioindicadores

Bioindicadores são espécies, grupos de espécies ou comunidades cuja presença, abundância e condições são indicativos biológicos de uma determinada condição ambiental. Eles servem para analisar um determinado fator antrópico ou

um fator natural com potencial impactante, representando importante ferramenta na avaliação da integridade ecológica (AZEVEDO, 2024).

Nesse âmbito, diversos grupos taxonômicos podem servir como bioindicadores, mas, nem todos os processos biológicos, espécies ou comunidades são bons parâmetros da qualidade do ambiente. Ou seja, os bons bioindicadores são espécies que, precocemente, indicam alterações ambientais; possibilitando a intervenção antes que essas se agravem (ZATELLI, 2019).

Assim, um bioindicador ideal deve apresentar as seguintes características: ter reconhecimento fácil por não especialistas; distribuição na maior parte do globo, para ser facilmente comparado regional e internacionalmente; possuir indivíduos de diversos grupos taxonômicos, com diferentes reações de sensibilidade a mudanças ambientais; possuir grande quantidade de organismos e ter grandes dimensões; dentre outras (ZATELLI, 2019).

### **3.3.1. Bentônicos como bioindicadores**

A metodologia da reação e respostas de organismos vivos vem sendo estudado, com tal acabando por ser aplicada em regiões poluídas. Em ambientes aquáticos, se destacam como bioindicadores espécies de plantas, algas, crustáceos, moluscos, peixes, mamíferos, aves e insetos. Entre os invertebrados, se encontram os macroinvertebrados bentônicos (QUEIROZ, SCHAFFER, VILLELA et. al, 2018).

A macrofauna bentônica é muito utilizada devido ao seu ciclo de vida longo (trazendo respostas temporais), por serem grandes, sésseis ou por terem pouca mobilidade; por apresentarem técnicas de amostragem padronizadas (com custo de equipamentos consideravelmente baixo), por possuírem uma alta diversidade biológica, sensíveis a concentrações de poluentes de formas distintas e capazes de sinalizar respostas a longa distância (CALLISTO, 2012). Esses organismos, por viverem na água, ficam expostos a todo tempo ao ambiente em que habitam, com algumas famílias sendo grandemente notadas por sua tolerância à contaminação, como Chironomidae (QUEIROZ, SCHAFFER, VILLELA et. al, 2018).

### **3.3.2. Sensibilidade à poluição de organismos bentônicos**

A base para a aplicação de uma comunidade aquática como bioindicadora da qualidade da água é a consciência de que diferentes organismos demonstram

maior ou menor sensibilidade a determinados poluentes. Certos compostos tóxicos e

poluentes, quando estão no ambiente em certas concentrações, podem evidenciar graus de resistência diferentes entre algumas espécies (ou para todo um ecossistema) (QUEIROZ, MOURA, TRIVINHO-STRIXINO, 2008).

Portanto, segundo QUEIROZ, MOURA e TRIVINHO-STRIXINO (2008), um bom bioindicador de qualidade de água deve refletir as condições de estresse às quais o sistema está exposto, em função da composição das comunidades presentes nos corpos d'água.

Em outras palavras: os organismos bentônicos selecionados precisam entregar respostas quanto à concentração dos poluentes e à intensidade de estresse em função do tempo - considerando que os organismos aquáticos tendem a acumular xenobióticos, especialmente aqueles com baixa solubilidade em água (QUEIROZ, MOURA, TRIVINHO-STRIXINO, 2008).

A figura 15, fundamentada nos estudos de BIS e KOSMALA (2005), mostra bentônicos comuns em água doce, organizados por filos e classes, e suas diferentes tolerâncias à poluição e certas quanto ao local que vivem:

**Figura 15 - Tolerância à poluição**

<b>Filo</b>	<b>Classe</b>	<b>Nome</b>	<b>Tolerância à poluição e algumas preferências quanto ao ambiente</b>
		Larvas de Efemeróptero	Muito sensíveis a baixos níveis de oxigênio na água. São também sensíveis à poluição química da água, fraco fluxo de água e luz solar.
		Larvas de Plecóptero	Muito sensíveis a baixos níveis de oxigênio na água. Preferem água fria uma vez que esta dissolve mais facilmente o oxigênio do que as águas quentes.

<b>Arthropoda</b>	<b>Insecta</b>	Larvas de Tricóptero	Não toleram baixos níveis de oxigênio, e os que fragmentam os depósitos de folhas necessitam de rios com
			vegetação, com árvores a pender sobre a água.
		Larvas de Megaloptero	Sensíveis a baixos níveis de oxigênio na água, preferem águas frias saturadas de oxigênio a águas quentes.
		Larvas de libélula	Tolerantes às perturbações de habitat.
		Larvas de libelinha	Tolerantes. As suas larvas são sensíveis às perturbações do habitat porque precisam de vegetação aquática ou ripária nas águas onde habitam.
		Carochas (Coleópteros)	Tolerantes. Algumas espécies (Gyrinidae) não toleram níveis baixos de oxigênio dissolvido.
		Alfaiates	Tolerantes, vivem sobre a água e não são influenciados pela poluição desta.
		Larvas e pupas de mosca	Tolerantes, podem tolerar poluição orgânica uma vez que se alimentam de partículas orgânicas. Podem viver em águas com baixos níveis de oxigênio dissolvido, pois vêm muitas vezes à superfície para respirar.

	Larvas e pupas de mosquito	Muito tolerantes. Podem tolerar a poluição orgânica, uma vez que se alimentam de pequenas partículas orgânicas. Toleram também baixos níveis de oxigênio dissolvido na água porque vêm à superfície para respirar.
	Larvas de quironomideo	Muito tolerantes, têm hemoglobina, como os mamíferos, o que lhes permite
		captar melhor o oxigênio. Por este motivo não necessitam de muito oxigênio dissolvido no seu ambiente.
	Lagostins	São sensíveis à poluição química, que lhes afeta as brânquias essenciais para respirarem. Podem sobreviver numa vasta gama de temperaturas da água.
	Anfípodes	Sensíveis, não toleram a poluição química. A poluição afeta as brânquias que usam para respirar.
	Isópodes	Não toleram poluição química.
<b>Annelida</b>	<b>Oligochaeta</b>	Minhocas aquáticas Muito tolerantes. Podem viver em rios com poluição orgânica uma vez que conseguem sobreviver em ambientes de baixa concentração de oxigênio. Alimentam-se das algas e bactérias que crescem nestes ambientes.

	<b>Hirudinea</b>	Sanguessuga	Tolerantes. São capazes de sobreviver onde não existe muito oxigénio. Também toleram vários poluentes químicos.
<b>Mollusca</b>	<b>Bivalvia</b>	Mexilhões de água doce	Tolerantes. Contudo, não são frequentes em sistemas muito poluídos.
	<b>Gastropoda</b>	Caracóis de água doce	Tolerantes, podem viver em águas ricas em nutrientes uma vez que se alimentam de algas. No entanto, são sensíveis à poluição tóxica.
<b>Platyhelmintha</b>	<b>Turbellaria</b>	Planárias	Tolerantes, tendem a viver onde há material em decomposição, tanto de origem animal como de origem vegetal.

**Fonte:** BIS, KOMALA, 2005.

O reconhecimento da tolerância de poluentes através de seres vivos em meio hídrico deu origem em 1976, na Grã-Bretanha, ao sistema conhecido por Biological Monitoring Working Party Score System (BMWP), um método de biomonitoramento que classifica as famílias de macroinvertebrados aquáticos em grupos, atribuindo uma pontuação referente à sua tolerância às alterações do meio. A classificação (figura 16) adota um intervalo de 1 a 10, na qual as famílias mais tolerantes à poluição recebem valores menores e as mais sensíveis a essa variação, os maiores (QUEIROZ *et al*, 2018).

**Figura 16:** Classes de qualidade da água de acordo com BMWP

Famílias	Pontuação
Siphlonuridae, Heptageniidae, Leptophlebiidae, Potamanthidae, Ephemeridae, Taeniopterygidae, Leuctridae, Capniidae, Perlodidae, Perlidae, Chloroperlidae, Aphelocheiridae, Phryganeidae, Molannidae, Beraeidae, Odontoceridae, Leptoceridae, Goeridae, Lepidostomatidae, Brachycentridae, Sericostomatidae, Athericidae, Blephariceridae.	10
Astacidae, Lestidae, Calopterygidae, Gomphidae, Cordulegasteridae, Aeshnidae, Cordulidae, Libellulidae, Psychomyiidae, Philopotamidae, Glossosomatidae.	8
Ephemerellidae, Prosopistomatidae, Nemouridae, Rhyacophilidae, Polycentropodidae, Limnephilidae, Ecnomidae.	7

Neritidae, Viviparidae, Ancyliidae, Thiaridae, Hydroptilidae, Unionidae, Corophiidae, Gammaridae, Atyidae, Platycnemididae, Coenagrionidae.	6
Oligoneuriidae, Polymitarcidae, Dryopidae, Elmidae, Helophoridae, Hydrochidae, Hydraenidae, Clambidae, Hydropsychidae, Tipulidae, Simuliidae, Planariidae, Dendrocoelidae, Dugesiidae.	5
Baetidae, Caenidae, Halophilidae, Curculionidae, Chrysomelidae, Tabanidae, Stratiomyidae, Empididae, Dolichopodidae, Dixidae, Ceratopogonidae, Anthomyidae, Limoniidae, Psychodidae, Sciomyzidae, Rhagionidae, Sialidae, Piscicolidae, Hidracarina.	4
Mesoveliidae, Hydrometridae, Gerridae, Nepidae, Naucoridae, Pleidae, Veliidae, Notonectidae, Corixidae, Helodidae, Hydrophilidae, Hygrobiidae, Dytiscidae, Gyrinidae, Valvatidae, Hydrobiidae, Lymnaeidae, Physidae, Planorbidae, Bithyniidae, Bythinellidae, Sphaeridae, Glossiphoniidae, Hirudidae, Erpobdellidae, Asellidae, Ostracoda.	3
Chironomidae, Culicidae, Ephydriidae, Thaumaleidae.	2
Oligochaeta (todas as classes), Syrphidae	1

**Fonte:** QUEIROZ *et al.*, 2018.

### 3.3.3. Métodos de coleta dos bentônicos

A metodologia de coleta utilizada em riachos é diferente daquela de rios em regiões de foz ou potamal, uma vez que as condições hidrológicas são completamente diversas. O sedimento da calha principal também será diferente, assim como a fauna associada a ele. Assim, o tipo de coletor irá variar de acordo com o ambiente estudado (SILVEIRA, 2004).

- para a coleta com Surber, o procedimento é feito da seguinte forma: posicionar o Surber contra a correnteza, e fixar a área de amostragem no leito do rio;
- recolher com a mão, ou com a ajuda de uma pequena escova (no caso, por exemplo, de coleta de perifítón aderido a rochas) todo o substrato contido dentro da área de 900cm<sup>2</sup> para dentro da rede coletora;
- transferir, o material recolhido para sacos plásticos (40,5 x 60 cm);
- verificar cuidadosamente se nenhum animal ficou preso na rede;
- fixar em álcool a 70% todos os animais coletados;
- fechar os sacos plásticos com um nó simples, e acondicioná-los em baldes plásticos. (SILVEIRA, 2004)

O surber é utilizado para fazer coletas em riachos de pouca profundidade. A amostragem é feita arrastando o sedimento contido no quadrado para dentro da rede. (SILVA, 2012)

O puçá é utilizado para fazer coletas em rios pouco profundos ou lagos. A

amostragem é feita arrastando a rede no fundo e levantando-a com o sedimento, que será a amostra (SILVA, 2012)

A draga é utilizada para coletas em lagos ou represas com grandes profundidades. Após acionada, a draga é cuidadosamente conduzida até atingir o fundo e automaticamente fechada, coletando assim o sedimento que será trazido de volta à superfície, sendo a amostra a ser analisada. (SILVA, 2012)

Considerando que a maior parte dos organismos concentra-se nos 10 cm superiores do sedimento, para uma amostra adequada o equipamento deverá estar preenchido com cerca de 2/3 a 3/4 de material. (KUHLMANN, 2012)

### **3.3.4. Vantagens do Biomonitoramento com a aplicação de organismos bentônicos**

As ações humanas geram mudanças no caráter da água, afetando as características físicas, químicas e biológicas dos ecossistemas aquáticos (HEPP et al, 2007). Além disso, os próprios seres do ecossistema podem constantemente contribuir de forma negativa com estas mudanças. No ambiente aquático, os peixes excretam amônia por meio de suas brânquias (que é tóxica aos peixes, podendo aumentar a mortalidade no cultivo) e também podem, com suas fezes, prejudicar a qualidade da água (KUBITZA, 1998), podendo aumentar a concentração de algas (fenômeno denominado “waterbloom”), por exemplo (TORGAN, 1989). Por isso, algo que pode bem auxiliar na administração de tais alterações são os organismos bentônicos (TELES et al, 2013).

O biomonitoramento é uma metodologia destinada a monitorar as condições dos ecossistemas aquáticos - com o objetivo principal de identificar impactos acidentais ou resultantes de atividades produtivas - (SILVEIRA, 2004) e se destaca com a aplicação destes seres, pois tem como base as respostas dos macroinvertebrados bentônicos às mudanças no ambiente (TELES et al, 2013). Segundo TELES et al (2013): “macrobentos refletem alguns dos processos chave do ecossistema, como a decomposição de detritos e a liberação e transporte de nutrientes”. Estes organismos apresentam diversas características que, ao serem aplicadas, possibilitam a detecção e o entendimento das consequências das ações antrópicas, bem como a apreensão das variações dos ecossistemas naturais (TELES et al, 2013). Algumas delas são: sua sedentariedade (o que os torna indicativos da área em que foram coletados); a rápida reflexão das mudanças da

paisagem por meio de alterações na ordenação das populações e comunidades, proporcionada principalmente pelo pouco tempo de vida destes seres e pelos seus comportamentos (como o local de habitação deles serem os sedimentos, nos quais se acumulam muitas toxinas); alta diversidade em suas comunidades, possibilitando diferentes reações às influências no meio ambiente e; apresentam vínculo direto com os produtores primários, atuando também como fonte de alimento para muitos peixes, como processadores de matéria orgânica e como cicladores de nutrientes (SCHÄFFER, MARTINS, BARONI, 2017).

Em adição a tudo isso, é pertinente destacar que o biomonitoramento é mais preciso (porque é capaz de detectar perturbações sutis sobre o ecossistema), tendo o custo para realização inúmeras vezes mais barato que análises físico-químicas. Isso se deve à quantidade de análises (mais de 10), que envolvem análises com oxigênio dissolvido, concentração de nitrogênio, nitrificação, desnitrificação, amonificação, concentração de fósforo, etc (MORO et al, 2014), necessitando de muitos profissionais certificados, uma diretoria especializada com riqueza de conhecimento técnico, corpo técnico qualificado, uma sede própria, diversos equipamentos com alta tecnologia e um gasto considerável com reagentes (PRO AMBIENTE, 2024).

### **3.4. Legislações pertinentes**

O decreto Nº 8.468 (de 08 de setembro de 1976) aborda sobre o controle da poluição ambiental em geral. Em seu artigo 2º, por exemplo, é afirmado que não se deve ter o lançamento ou a liberação de poluentes nas águas, exceto em casos onde os corpos de água são projetados para tratamento e transporte de águas residuárias (conforme o que diz artigo 9º deste decreto) (BRASIL, 2024).

A resolução Conama Nº 357 (de 17 de março de 2005) dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Nos artigos 4º, 5º e 6º, por exemplo, apresentam, respectivamente, as classificações das águas doces, salinas e salobras (BRASIL, 2005).

### **3.5. Utilização de I.A**

O termo inteligência artificial foi criado em 1956, mas só se popularizou hoje

graças aos crescentes volumes de dados disponíveis, algoritmos avançados, e melhorias no poder e no armazenamento computacionais. Enquanto os filmes de Hollywood e os romances de ficção científica retratam a inteligência artificial como robôs humanoides que dominam o mundo, a evolução atual das tecnologias de IA não é tão assustadora, uma vez que fornece muitos benefícios específicos para todas as pessoas e indústrias (SAS, 2023).

Ela se baseia na capacidade de os dispositivos pensarem como seres humanos, conseguindo aprender, perceber, raciocinar, decidir e deliberar de forma racional e inteligente. Essa tecnologia permite uma maior automação em processos e redução de custos, além de maior comodidade para o usuário. Por isso, é usada em diversos setores que abrangem o cidadão comum, as pesquisas médicas e até processos em grandes empresas (PRODEST, 2025).

A IA generativa é um tipo de inteligência artificial que utiliza um banco de dados já existente para criar algo novo, como uma nova poesia (baseado em todos os poemas que ela possui no seu sistema) ou, até mesmo, um e-mail para um novo lead, baseado

na mesma lógica. Existem várias maneiras de fazer uma IA generativa funcionar, mas uma que está ganhando bastante força é usar modelos largos de linguagem (MLL) pré-treinados para criar conteúdo a partir de comandos baseados em texto. Para se ter uma ideia, a IA generativa já está ajudando pessoas a criarem resumos de estudo, planos de negócio e até arte digital dessa forma (SALESFORCE, 2023).

Um dos objetivos do uso da IA na educação é abrir a chamada "caixa preta do aprendizado", ou em outras palavras, contribuir para uma compreensão mais profunda e detalhada de como o aprendizado realmente acontece. Neste contexto, a IA na educação oferece a possibilidade de uma aprendizagem mais personalizada, flexível, inclusiva e envolvente (INSTITUTO UNIBANCO, 2024).

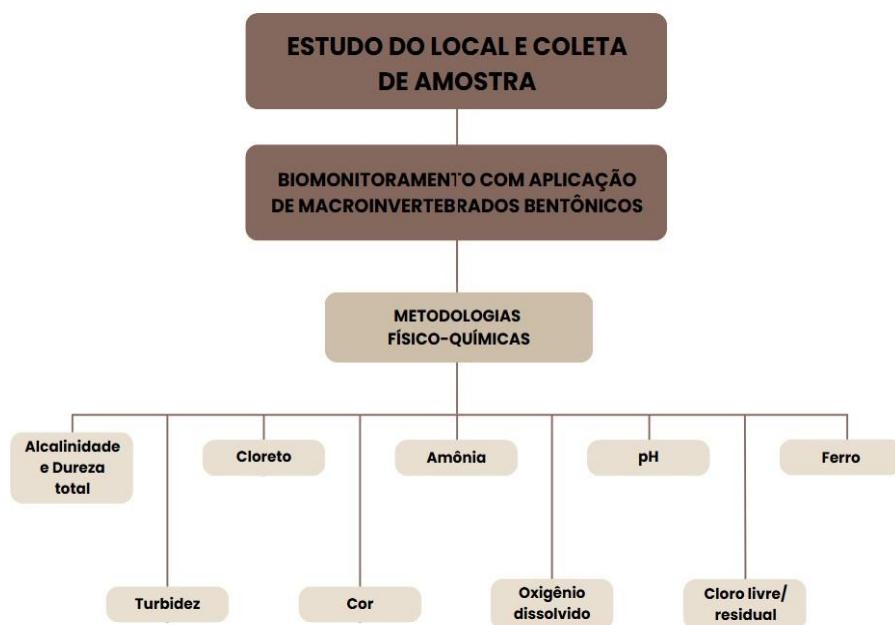
## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1. Metodologia geral

As atividades experimentais serão realizadas sob supervisão da professora Dr<sup>a</sup> Gislaine Aparecida Delbianco conforme o fluxograma (figura 17). As atividades a serem realizadas foram baseadas nas metodologias presentes no AlfaKit da ETEC Trajano Camargo e nos estudos de Silveira, Queiroz e Boeira (2004), sendo divididas em três principais grupos: Estudo dos locais, biomonitoramento com macroinvertebrados bentônicos e análises físico-químicas; com a ordem de citação dos grupos sendo a mesma de aplicação das etapas do procedimento.

É importante reafirmar que tais análises são complementares e fundamentais, considerando os aspectos como os organismos não explicarem as causas (apenas indicando que há um problema). Ou seja, o diagnóstico também depende das avaliações físico-químicas, apesar do método reduzir a utilização destas.

**Figura 17 - Metodologia Geral**



**Fonte:** Os autores, 2025.

### 4.2. Estudo dos locais

A cidade de Limeira nasce às margens do Ribeirão Tatu, em 1824, através da doação de uma gleba de terras pelo Capitão Luiz Manoel da Cunha Bastos ao

patrimônio católico, em local de passagem de bandeirantes que iam e voltavam de Mato Grosso (o caminho para as minas de Goiás) e por conta da abertura de uma estrada que ligava a Fazenda do Morro Azul a Campinas, implantada com o objetivo de melhoramento do transporte de cargas, pessoas, móveis e maquinários à Capital. A partir de meados do século XIX, os enriquecidos “Barões do Café” impulsionam a formação do núcleo urbano, incentivando atividades relacionadas ao comércio, o avanço do setor de serviços e a instalação, que então se faria necessária, de unidades habitacionais. Também na segunda metade do século XIX, a ferrovia foi utilizada como instrumento de expansão da cultura cafeeira, contribuindo também para melhorar as condições anteriores de transporte de mercadorias, pessoas e a na infraestrutura urbana, assim os trilhos da Companhia Paulista de Estradas de Ferro chegam em 1876 em solo limeirense, utilizando-se da margem direita do Ribeirão Tatu (AZEVEDO, 2020).

O ribeirão Tatu localiza-se na UGRHI-5 considerada como industrial. Também verifica-se que há apenas um ponto de monitoramento no ribeirão Tatu (TATU04850) localizado nas coordenadas 22°39'36" e 47°21'09" 2 Km a montante da foz do Rio Piracicaba, o tipo de amostragem deste ponto é caracterizado como “rede básica de monitoramento” (SANTOS, 2019).

Estudos elaborados no Ribeirão Tatu por Levighin e Camargo (2006) comprovaram que no município de Cordeirópolis/SP os dejetos domésticos são despejados no Ribeirão Tatu sem nenhum tipo de tratamento onde foram identificados coliformes totais e coliformes fecais. Além disso, em trechos do seu curso d’água, observa-se aspecto turvo e cheiro desagradável, indicando o comprometimento da sua qualidade. O Ribeirão Tatu recebe 82% da carga poluidora de origem doméstica de Cordeirópolis/SP. Vale ressaltar, que algumas dessas indústrias cerâmicas estão instaladas próximas aos cursos d’água.

#### **4.3. Biomonitoramento com Macroinvertebrados Bentônicos**

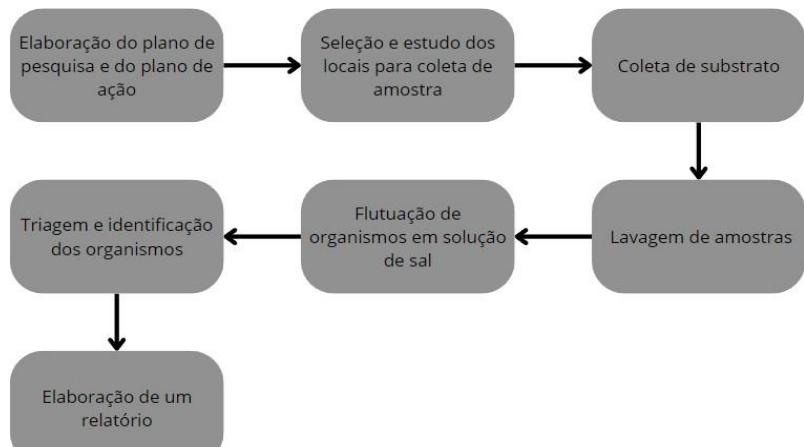
Após a seleção e estudo dos locais - um ponto próximo à nascente, em Água Branca (Cordeirópolis), um ponto intermediário (trecho próximo à Rua Antônio Lucato em Limeira) e um ponto onde desagua o ribeirão (Rio Piracicaba), se faz a coleta de amostras (nesse caso, substrato), seguindo uma adaptação do procedimento apresentado por Silveira, Queiroz e Boeira (2004), no qual se recolhe - com a mão - o substrato, o transfere para sacos plásticos, o fixa em álcool etílico

a 70% e, por fim, fecham-se os sacos, os rotula e os coloca em baldes.

Para isso, antes se mostra necessário elaborar uma ficha de coleta de água para recolher os dados do ambiente e de cada amostra. Os pontos de coleta devem ser descritos de forma detalhada na ficha de coleta, incluindo informações sobre suas coordenadas geográficas, condições hidrológicas e geológicas, características topográficas, condições meteorológicas registradas no dia da coleta e nas últimas 24 ou 48 horas, além da utilização da água na área de estudo. Além disso, ela deve conter as análises feitas pelo grupo. Deste modo, e com base na ficha técnica de Manual de Coleta e Transporte de Amostras de Água para Consumo Humano (2020), elaborou-se a ficha de coleta (conforme o anexo 1). Apesar de se aplicar ao consumo humano, a coordenadora do projeto aprovou utilizá-la como base.

Em seguida, se leva as amostras ao laboratório (da escola ETEC Trajano Camargo, neste estudo) para se fazer a lavagem do material coletado, a fim de separar o material grosseiro do material mais particulado (com uma peneira e água corrente da pia). Depois, enche-se bandejas plásticas translúcidas de solução de água com sal (500g de sal para cada 2 litros de água), a fim de fazer a flutuação de certos organismos, facilitando e otimizando a triagem com lupa estereoscópica. Por fim, se realiza a triagem e identificação dos organismos presentes no material, com base na chave de identificação de Nascimento e Affonso (2022), e se discute a presença destes nos ambientes selecionados, agrupando as conclusões do grupo em formato de relatório (SILVEIRA, QUEIROZ, BOEIRA, 2004). Tudo isso conforme a figura 18:

**Figura 18** – Fluxograma das atividades experimentais



**Fonte:** Os autores, 2024.

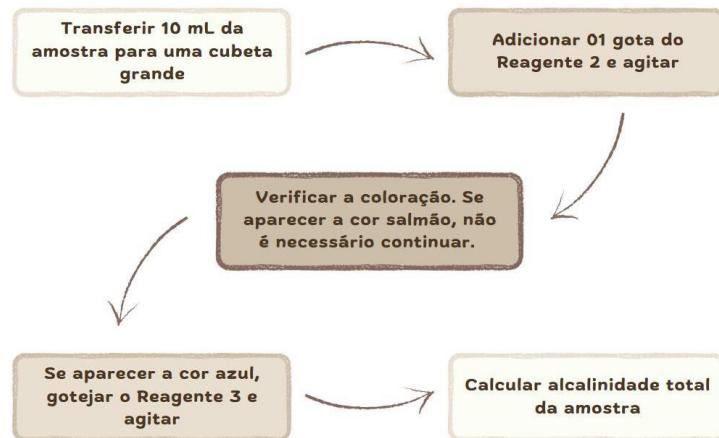
## 4.4. Análises físico-químicas

As análises físico-químicas são procedimentos laboratoriais utilizados para determinar as propriedades físicas e químicas de uma substância ou produto. Essas análises são essenciais em diversas áreas, como indústria alimentícia, farmacêutica, ambiental e cosmética, pois permitem avaliar a qualidade, a composição e a conformidade dos materiais com padrões regulatórios. Isso não é diferente no cenário de análise de água, principalmente considerando a usualidade desses métodos.

### 4.4.1. Alcalinidade total

A determinação da alcalinidade total em amostras de água é um procedimento analítico importante para avaliar a capacidade tamponante da água, ou seja, sua resistência à variação de pH. A metodologia descrita no fluxograma a seguir (figura 19) utiliza reagentes indicativos de pH e um titulante específico, permitindo uma estimativa prática da concentração de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) na amostra.

**Figura 19** - Metodologia de Alcalinidade total



**Fonte:** Os autores, 2025.

#### 4.4.1.1. Preparação da Amostra

Inicialmente, transfere-se exatamente 10 mL da amostra de água para uma cubeta grande ou outro recipiente limpo e transparente.

#### 4.4.1.2. Adição do Indicador (Reagente 2)

Em seguida, adiciona-se 1 gota do Reagente 2, que atua como um indicador de pH sensível à alcalinidade presente. A amostra deve ser agitada suavemente para assegurar uma homogeneização adequada.

#### 4.4.1.3. Observação da Coloração

Após a adição do Reagente 2, observa-se a coloração da solução:

Cor salmão: indica que a alcalinidade total é inferior ao limite mínimo de detecção do método. Neste caso, nenhuma titulação adicional é necessária e o resultado é 0;

Cor azul: indica a presença de alcalinidade. Deve-se prosseguir com a titulação.

#### 4.4.1.4. Titulação com Reagente 3

Com a amostra apresentando coloração azul, inicia-se a titulação, gotejando o Reagente 3 (solução titulante) gota a gota, agitando após cada adição, até que a coloração da solução mude de azul para salmão, indicando o ponto final da reação.

#### 4.4.1.5. Cálculo da Alcalinidade Total

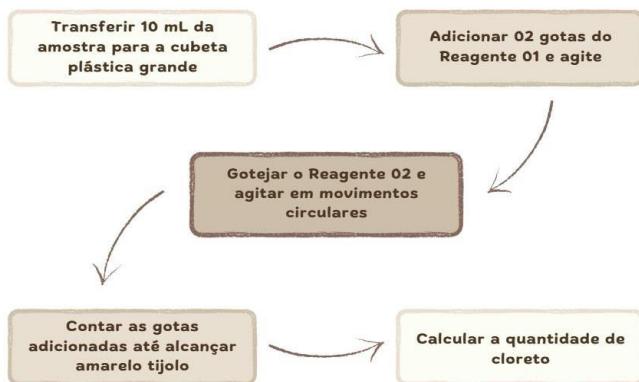
Após atingir o ponto final (cor salmão), contabiliza-se o número total de gotas do Reagente 3 utilizadas. A alcalinidade total é então calculada pela seguinte relação (eq.1):

$$\text{Nº de gotas do Reagente 3} \cdot 10 = \text{Alcalinidade Total (mg/L de CaCO}_3\text{)}$$

#### 4.4.2. Cloreto

A determinação da concentração de íons cloreto ( $\text{Cl}^-$ ) em amostras de água é fundamental para o controle de qualidade em sistemas de abastecimento, águas residuais e processos industriais. A seguir, no fluxograma abaixo (figura 20), é descrita uma metodologia colorimétrica simples e eficaz, baseada em titulação visual, que permite estimar a concentração de cloreto com boa reproduzibilidade em campo ou laboratório.

**Figura 20 - Metodologia de Cloreto**



**Fonte:** os autores, 2025.

#### 4.4.2.1. Transferência da Amostra

Inicia-se o ensaio transferindo 10 mL da amostra de água para a cubeta plástica grande, previamente limpa e seca.

#### 4.4.2.2. Adição do Indicador (Reagente 01)

Adicionam-se 2 gotas do Reagente 01 na amostra. Este reagente atua como indicador visual, sinalizando o ponto final da reação. A amostra deve ser agitada suavemente para assegurar completa homogeneização.

#### 4.4.2.3. Titulação com Reagente 02

Com a solução preparada, inicia-se a titulação com o Reagente 02, que reage com os íons cloreto presentes. Deve-se gotejar o Reagente 02 na amostra uma gota por vez, realizando agitação em movimentos circulares após cada adição.

#### 4.4.2.4. Identificação do Ponto Final

O processo de titulação continua até que a coloração da amostra mude para amarelo tijolo, indicando o ponto final da reação e, portanto, o esgotamento dos íons cloreto disponíveis.

#### 4.4.2.5. Cálculo da Concentração de Cloreto

Após o aparecimento da coloração final, conta-se o número total de gotas de Reagente 02 utilizadas. A concentração de cloretos na amostra é então calculada conforme a seguinte relação:

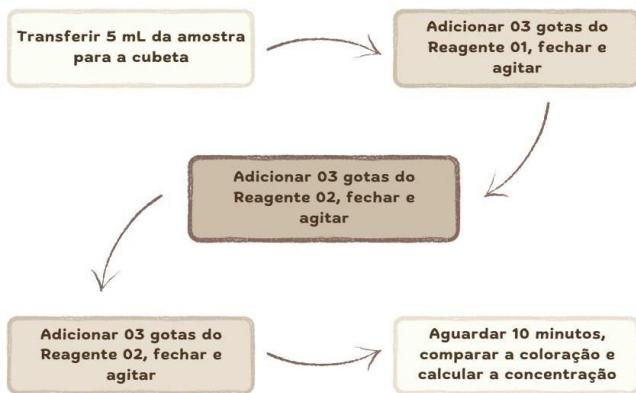
$$N^{\circ} \text{ de gotas do Reagente 3} \cdot 10 = \text{Cloreto (mg/L de Cl}^{-}\text{)}$$

#### 4.4.3. Amônia Indotest

A análise de amônia em amostras de água é crucial para monitorar a qualidade ambiental. O método Indotest, colorimétrico e eficiente, determina a concentração de amônia pela formação de um complexo colorido.

O fluxograma (figura 21) abaixo mostra todas as etapas do método a serem realizadas:

**Figura 21 - Metodologia de Amônia**



**Fonte:** Os autores, 2025.

##### 4.4.3.1. Transferência da Amostra

Com auxílio de um medidor ou pipeta, transferem-se 5 mL da amostra de água para a cubeta plástica limpa e seca.

##### 4.4.3.2. Adição do Reagente 01

Adicionam-se 3 gotas do Reagente 01. Em seguida, a cubeta deve ser fechada com a tampa e agitada suavemente, promovendo a homogenização do reagente com a amostra.

##### 4.4.3.3. Adição do Reagente 02

Adicionam-se 3 gotas do Reagente 02, repetindo o processo de fechar e agitar a cubeta.

##### 4.4.3.4. Adição do Reagente 03

Adicionam-se 3 gotas do Reagente 03, repetindo o processo de fechar e agitar a cubeta.

#### 4.4.3.5. Tempo de Reação

Após a adição dos reagentes, deve-se aguardar 10 minutos para que a reação ocorra completamente e a cor característica da presença de amônia se desenvolva.

#### 4.4.3.6. Comparação da Coloração

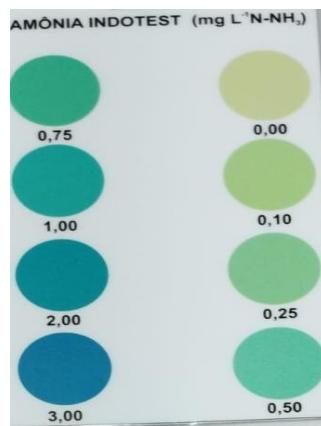
Passado o tempo de reação, a cor da solução deve ser comparada com a tabela de cores (Figura Y) fornecida pelo fabricante do teste. A tonalidade observada corresponde a um valor de amônia em mg/L, conforme indicado na escala.

#### 4.4.3.7. Cálculo da Concentração de NH<sub>3</sub>

O valor obtido na figura 22 (referente à concentração de amônia) deve ser multiplicado por 1,214 para a conversão da leitura final em concentração real de NH<sub>3</sub> (mg/L):

$$\text{Valor Lido} \cdot 1,214 = \text{Amônia (mg/L de NH}_3\text{)}$$

**Figura 22** - Tabela de coloração (Amônia Indotest)



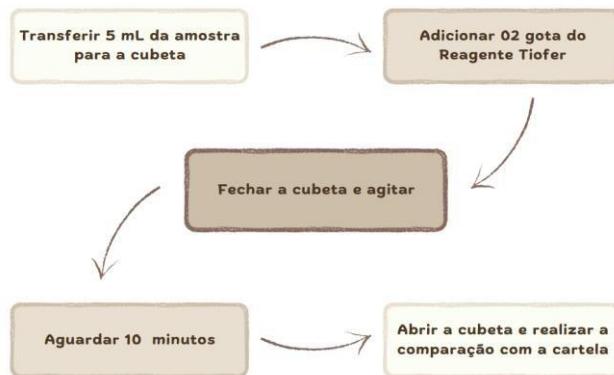
**Fonte:** Os autores, 2025.

#### 4.4.4. Ferro

A determinação da concentração de ferro (Fe) em amostras de água é um parâmetro essencial no controle da qualidade, tanto em sistemas de abastecimento quanto em águas subterrâneas, industriais ou naturais. O ferro em excesso pode causar gosto metálico, coloração amarelada, formação de depósitos em

tubulações e interferência em processos químicos e biológicos. O método descrito a seguir (figura 23) utiliza o reagente Tiofer, baseado em uma reação colorimétrica de fácil execução e leitura visual.

**Figura 23 - Metodologia de Ferro**



**Fonte:** Os autores, 2025

#### 4.4.4.1. Transferência da Amostra

Com uma pipeta ou outro instrumento de medição apropriado, transferem-se 5 mL da amostra de água para uma cubeta plástica limpa e transparente.

#### 4.4.4.2. Adição do Reagente Tiofer

Adicionam-se 2 gotas do Reagente Tiofer à amostra. Este reagente reage com o ferro presente na água, formando um complexo colorido que permite a leitura visual da concentração.

#### 4.4.4.3. Agitação da Cubeta

A cubeta deve ser fechada com sua tampa e agitada suavemente para garantir uma mistura homogênea entre o reagente e a amostra.

#### 4.4.4.4. Tempo de Reação

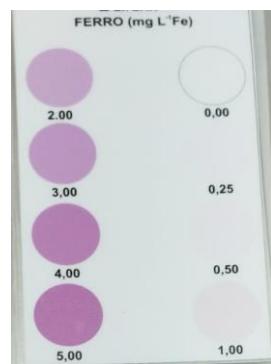
Após a agitação, deve-se aguardar 10 minutos para que a reação ocorra completamente e a coloração característica se desenvolva.

#### 4.4.4.5. Leitura Visual da Concentração

Passado o tempo de reação, abre-se a cubeta e realiza-se a comparação visual da coloração formada com a cartela de cores fornecida (figura 24). Cada

tonalidade na cartela corresponde a um valor de concentração de ferro em mg/L.

**Figura 24 - Tabela de coloração (Ferro)**

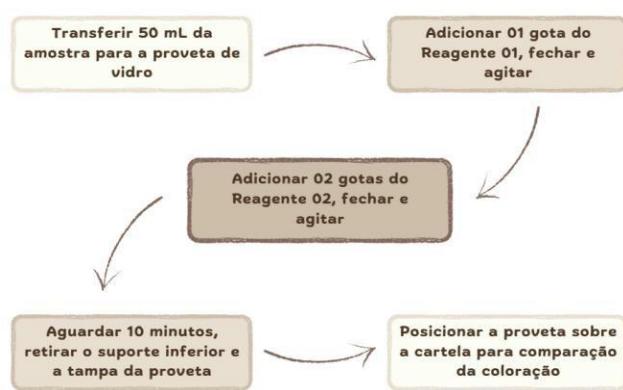


**Fonte:** Os autores, 2025.

#### 4.4.5. Oxigênio Dissolvido (OD)

A determinação do oxigênio dissolvido (OD) na amostra de água será realizada por meio de um teste colorimétrico, utilizando reagentes específicos que reagem com o oxigênio presente, formando um complexo colorido proporcional à sua concentração. A figura 25 mostra que o procedimento seguirá as seguintes etapas:

**Figura 25 - Metodologia de OD**



**Fonte:** Os autores, 2025.

##### 4.4.5.1. Preparação da amostra

Serão transferidos 50 mL da amostra de água para uma proveta de vidro limpa e seca.

#### 4.4.5.2. Adição do Reagente 01

Será adicionada 01 gota do Reagente 01 à amostra. Em seguida, a proveta será imediatamente fechada com a tampa e agitada suavemente para promover a homogeneização do reagente com a amostra.

#### 4.4.5.3. Adição do Reagente 02

Após a homogeneização, serão adicionadas 02 gotas do Reagente 02. A proveta será novamente fechada e agitada cuidadosamente, garantindo o progresso adequado da reação.

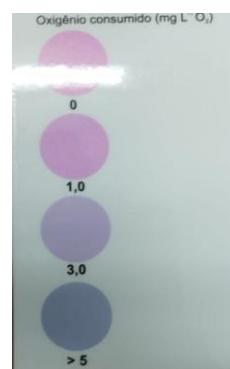
#### 4.4.5.4. Tempo de reação

A amostra será deixada em repouso por um período de 10 minutos, permitindo que a reação colorimétrica se complete e a coloração final se estabilize.

#### 4.4.5.5. Leitura do resultado

Após os 10 minutos, o suporte inferior e a tampa da proveta serão removidos. A proveta será posicionada sobre a cartela de comparação (Figura 26), permitindo a leitura visual da coloração desenvolvida. A intensidade da cor será comparada com a escala de referência para determinar a concentração de oxigênio dissolvido na amostra.

**Figura 26** - Tabela de coloração (OD)



**Fonte:** Os autores, 2025.

#### 4.4.6. Cloro Residual/Livre

A determinação do cloro livre ou residual em amostras de água é uma etapa essencial no controle da qualidade da água, especialmente em sistemas de

abastecimento público, piscinas, indústrias alimentícias e laboratórios. O método descrito a seguir (figura 27) baseia-se em uma reação colorimétrica entre o cloro presente na amostra e reagentes específicos, formando um complexo cuja intensidade de cor é proporcional à concentração de cloro livre. A metodologia apresentada é prática, rápida e adequada para análises em campo ou em ambientes laboratoriais de rotina.

**Figura 27 - Metodologia de Cloro Livre**



**Fonte:** Os autores, 2025.

#### 4.4.6.1. Adição do Reagente 01:

Gotejar cuidadosamente 10 gotas do Reagente 01 na cubeta de análise limpa e seca.

#### 4.4.6.2. Adição do Reagente 02:

Com auxílio da pá medidora nº 1, adicionar 1 medida do Reagente 02 (em pó) à cubeta contendo o Reagente 01.

#### 4.4.6.3. Transferência da Amostra:

Completar o volume da cubeta até a marca de nível indicada com a amostra de água a ser analisada. Evitar introdução de bolhas de ar ou impurezas externas.

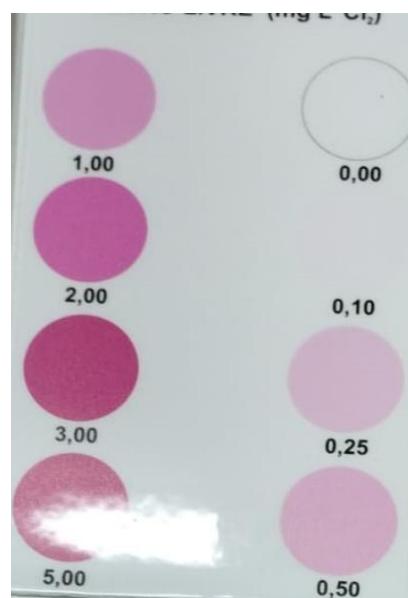
#### 4.4.6.4. Homogeneização:

Tampar a cubeta e agitar suavemente até completa dissolução do reagente em pó e formação homogênea da coloração.

#### 4.4.6.5. Leitura Imediata:

Após a reação, abrir a cubeta imediatamente e realizar a comparação da coloração com a escala de cores correspondente à concentração de cloro livre (figura 28).

**Figura 28** - Tabela de coloração (Cloro Livre)

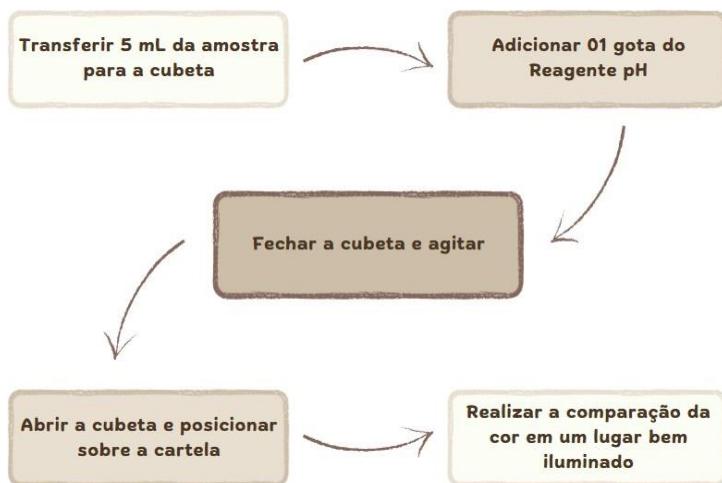


**Fonte:** Os autores, 2025.

#### 4.4.7. pH

A determinação do pH em amostras de água é um parâmetro fundamental para avaliação da qualidade da água, influenciando diretamente em processos físico- químicos, na solubilidade de compostos, na toxicidade de contaminantes e na eficiência de tratamentos. A seguir (figura 29), descreve-se uma metodologia simplificada de análise de pH baseada em reação colorimétrica com indicador líquido, adequada para análises de campo ou laboratoriais com necessidade de resposta rápida.

**Figura 29 - Metodologia de pH**



**Fonte:** Os autores, 2025.

#### 4.4.7.1. Transferência da Amostra

Com o auxílio de uma pipeta ou recipiente dosador, transferir 5 mL da amostra de água para a cubeta de análise limpa.

#### 4.4.7.2. Adição do Reagente

Adicionar cuidadosamente 1 gota do Reagente pH na amostra contida na cubeta.

#### 4.4.7.3. Homogeneização

Tampar a cubeta e agitar suavemente para garantir a completa mistura entre o reagente e a amostra.

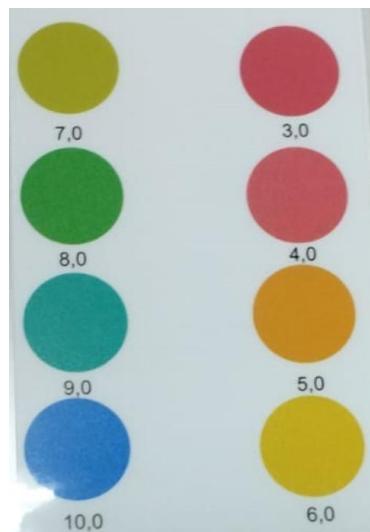
#### 4.4.7.4. Abertura e Posicionamento

Abrir a cubeta e posicioná-la diretamente sobre a cartela de cores, de forma que o fundo da cubeta fique em contato com a escala impressa.

#### 4.4.7.5. Leitura da Cor

Realizar a comparação visual da cor resultante com os padrões da cartela de pH (figura 30), em ambiente bem iluminado, preferencialmente sob luz natural ou branca difusa, para garantir maior precisão na leitura.

**Figura 30 - Tabela de coloração (pH)**



**Fonte:** Os autores, 2025.

#### 4.4.8. Cor

A cor aparente da água é um parâmetro físico importante na avaliação da qualidade da água bruta ou tratada. Ela pode indicar a presença de substâncias orgânicas em decomposição, metais, resíduos industriais ou contaminantes naturais. A metodologia a seguir (figura 31) baseia-se na comparação visual direta da amostra com uma cartela de cores padrão, sendo adequada para análises rápidas em campo ou em laboratório.

**Figura 31 - Metodologia de Cor**



**Fonte:** Os autores, 2025.

##### 4.4.8.1. Transferência da Amostra

Medir e transferir 50 mL da amostra de água para o recipiente de vidro previamente limpo, tomando cuidado para não introduzir bolhas ou partículas

externas.

#### 4.4.8.2. Preparação da Amostra

Remover o suporte inferior de plástico e retirar a tampa da amostra, deixando o recipiente aberto para visualização superior.

#### 4.4.8.3. Posicionamento para Leitura

Posicionar o recipiente de vidro sobre a cartela de cores, conforme a orientação da figura de referência do fabricante ou protocolo adotado.

#### 4.4.8.4. Comparação Visual

Observar a amostra por cima (visão vertical) e realizar a comparação da coloração da amostra com os padrões impressos na cartela (figura 32), identificando o valor de cor mais próximo da coloração observada.

**Figura 32** - Tabela de coloração (Cor)

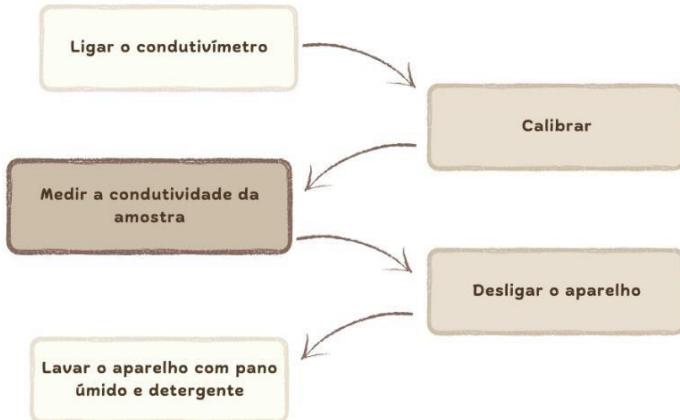


**Fonte:** Os autores, 2025.

#### 4.4.9. Condutividade

A condutividade da água é uma importante parte das análises porque mede a capacidade da água de conduzir corrente elétrica. Íons dissolvidos como sódio, cálcio, cloro e sulfato, facilitam a condução de eletricidade na água, ou seja, quanto maior a presença de íons, maior a condutibilidade. Água com maior condutividade pode indicar poluição, intrusão salina ou excesso de fertilizantes.

**Figura 33 – Metodologia de condutividade**



**Fonte:** Os autores, 2025.

#### 4.4.9.1. Ligar o aparelho

Verificar a voltagem do aparelho e conectar à rede elétrica. Em seguida, ligar o equipamento utilizando a chave geral. O medidor iniciará automaticamente o processo de auto-check e estará pronto para a operação. A tela do display exibirá informações iniciais, e pressionar a tecla "C" para iniciar a medição.

#### 4.4.9.2. Calibração

Para calibrar o medidor, pressionar a opção "CAL" (tecla "C"). Lavar o eletrodo com água deionizada e secá-lo cuidadosamente com papel absorvente. Em seguida, colocar a célula de calibração na solução padrão (146,9  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) e pressionar "OK" (tecla "C"). Aguardar a calibração ser concluída e anotar o valor da constante "K" no registro de manutenção preventiva. Para sair da calibração, pressionar a tecla "C" novamente.

#### 4.4.9.3. Medição de condutividade

Após a calibração, inserir a amostra a ser medida no medidor. Pressionar "MEDIR" (tecla "C") para que o display mostre o valor da condutividade. Depois de obter a leitura, pressionar "ESC" (tecla "A") e retirar a amostra. Lavar o eletrodo com água desionizada e secá-lo levemente com papel absorvente.

#### 4.4.9.4. Desligar o equipamento

Para desligar o equipamento, pressionar "ESC" (tecla "A"), escolher a opção "DESL" (tecla "B") no menu e desligar a chave geral. Em seguida, remover

o plugue da fonte de energia para garantir que o aparelho está totalmente desligado.

#### **4.4.9.5. Manutenção preventiva**

Para realizar a manutenção preventiva, utilizar um pano úmido ou com um pouco de detergente para limpar o equipamento e seus acessórios. Consultar o manual do equipamento para informações adicionais e registrar o procedimento de manutenção no registro de verificação e manutenção preventiva, próximo ao equipamento.

## 5. DISCUSSÃO DE RESULTADOS

### 5.1. Análise de trecho próximo à nascente

Foram feitas análises neste local. Entretanto, pouco se constatou a partir das amostras coletadas pelos mesmos problemas registrados em tópico a seguir (5.3), muito porque a catação desta foi feita em período próximo a outra (com apenas algumas horas de diferença). Portanto, isso preceitua que mais análises devem ser feitas em projetos futuros.

### 5.2. Análise do trecho na entrada de Limeira

Foram coletadas as amostras empregadas no reconhecimento de macroinvertebrados bentônicos e análises físico-químicas nesse contexto no dia 09/10/2025 em um local próximo a uma ferrovia e próximo a uma obra da cidade (perto das coordenadas geográficas: -22.522834, -47.425139). Este trecho do corpo hídrico não seria analisado inicialmente. Entretanto, após uma conversa breve da coordenadora do projeto com a secretaria do meio ambiente de Cordeirópolis, se presumiu que a fonte de poluição se origina da cidade da nascente do Ribeirão Tatu. Com isso em mente, se realizou a coleta neste ponto.

Outra coisa a se destacar é que tínhamos poucas informações sobre essa área, pois se pensava antes em coletar em localidade mais próxima da cidade de Cordeirópolis. Ou seja, não se sabia sobre chuvas nas 48h anteriores, o que afeta notavelmente as análises. Além disso, foi notada a presença de materiais flutuantes (espuma) no objeto de estudo (figura 34) – algo não visto no ponto posterior a este – e que afeta a classificação do corpo d’água.

**Figura 34** – Ribeirão Tatu na entrada de Limeira



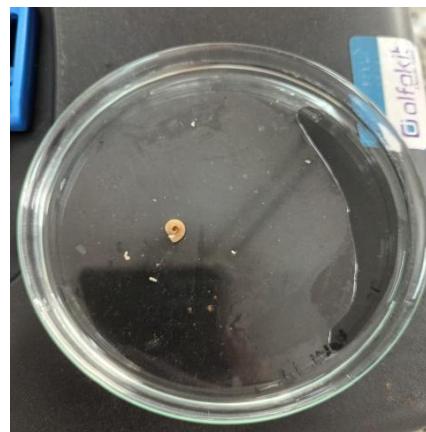
**Fonte:** Os autores, 2025.

### 5.2.1. Triagem e identificação de macroinvertebrados bentônicos na entrada de Limeira

Em relação ao processo de recognição dos seres macroinvertebrados: obteve-se resultados pífios, com pouca variedade e quantidade de bentônicos (figura 35), o que provavelmente se deve à amostra não possuir tantos, exigindo que se repita a análise no local. Entretanto, pode-se considerar que isso aconteceu devido ao manuseador da amostra, que não encontrara muitos por se assemelharem à cor da terra, ou porque a água estava extremamente poluída, fazendo com que seres vivos evitassem se abrigar às proximidades do trecho.

Foram encontrados exemplares principalmente de Tabanidae, que apresentam mecanismos morfo-ecológicos eficiente (se adaptando a muitos locais) e que comuns em ambientes como o estudado (FERREIRA, RAFAEL, 2006), além de um indivíduo Gastropoda, de concha lenticular, sendo possivelmente um Oestophora, de espécie não definida, o que não possibilitou encontrar o nível do ser vivo no índice BMWP.

**Figura 35** – Macroinvertebrados bentônicos na entrada de Limeira



**Fonte:** Os autores, 2025.

### 5.2.2. Análises físico-químicas na entrada de Limeira

Em comparação com os resultados obtidos em outras análises, esses se demonstraram mais preocupantes, uma vez que apresenta diversas irregularidades, com alguns que beiram os limites, como o cloreto e a dureza, por exemplo. A figura abaixo (36) mostra quais os resultados obtidos.

Além disso, é importante ressaltar que os ensaios não foram realizadas imediatamente após a coleta, o que expôs as amostras ao ambiente e pode

ter ocasionado alterações em alguns resultados. Ademais, tais análises não possuem caráter definitivo, apresentando limitações quanto à sua precisão — especialmente no caso do oxigênio dissolvido (OD) — e, portanto, não devem ser interpretadas como um laudo técnico.

**Figura 36** – Análises físico-químicas na entrada de Limeira

9/out.	Alcalinidade	530 mg/L de CaCO <sub>3</sub>
	Amônia	>3,00 mg/L de N-NH <sub>3</sub>
	Cloreto	80 mg/L de Cl <sup>-</sup>
	Cloro Residual Livre	0,00 mg/L de Cl <sub>2</sub>
	Condutividade	-
	Cor	>100 mg/L de Pt/Co
	Dureza	410 mg/L de CaCO <sub>3</sub>
	Ferro	1,00 mg/L de Fe
	Oxigênio Dissolvido	-
	pH	7,0

**Fonte:** Os autores, 2025.

### 5.3. Análise de trecho antes da ETA em Limeira

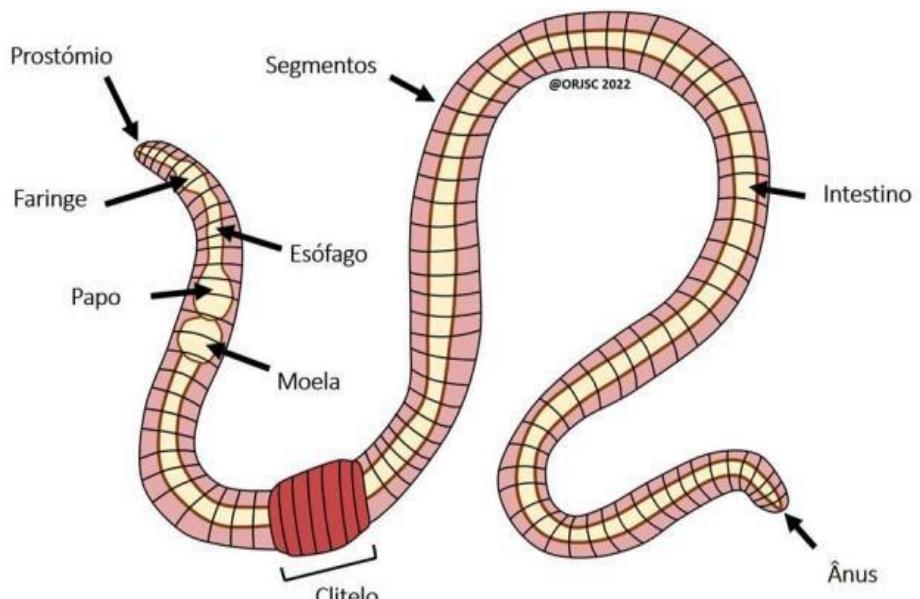
No dia 13/08/25 foram coletadas as amostras que foram utilizadas tanto nas análises físico-químicas quanto na identificação de macroinvertebrados bentônicos em trecho da Rua Antônio Lucato em Limeira (respectivamente em: -22.551472, -47.402372). Foi a segunda tentativa desta prática, já que a primeira tentativa realizada no dia 11/08/25 com amostras coletadas no dia 09/08/25 evidenciou que a prática deveria ser realizada no dia da coleta, já que não se pode identificar com clareza os bioindicadores presentes devido a já estarem em decomposição, o que gera – como consequência – a perda de coloração de muitos seres.

Outra observação importante a ser feita de forma geral pode ser notada enquanto ocorria a obtenção dos exemplares de solo e água: um cheiro incômodo de produtos de despejo era perceptível, sendo superior na primeira tentativa (dia 11/08/25). Isso mostra que entre o período de sábado à quarta há uma menor concentração de certos compostos, como pode ser visto nas análises físico-químicas deste dia.

### 5.3.1. Triagem e identificação de macroinvertebrados bentônicos em Limeira

Quanto à triagem e identificação de macroinvertebrados bentônicos, pouca variedade de seres pode ser percebida, tendo muitos oligoquetas (minhocas aquáticas), que apresentam uma epiderme (cutícula muito permeável) quimiorreceptores no prostómio e estruturas sensoriais na epiderme (o que é simplificado pela figura 37), conferindo uma alta resistência a xenobióticos a estes seres e justificando o porquê de estarem no nível 1 de poluição do índice BMWP (RIBEIRO et al., 2022). Respirar pela pele provavelmente auxiliam-as a sobreviver em ambientes adversos por mais tempo, podendo ser algo a se destacar.

**Figura 37 – Morfologia de Oligoquetas**



**Fonte:** RIBEIRO et al., 2022.

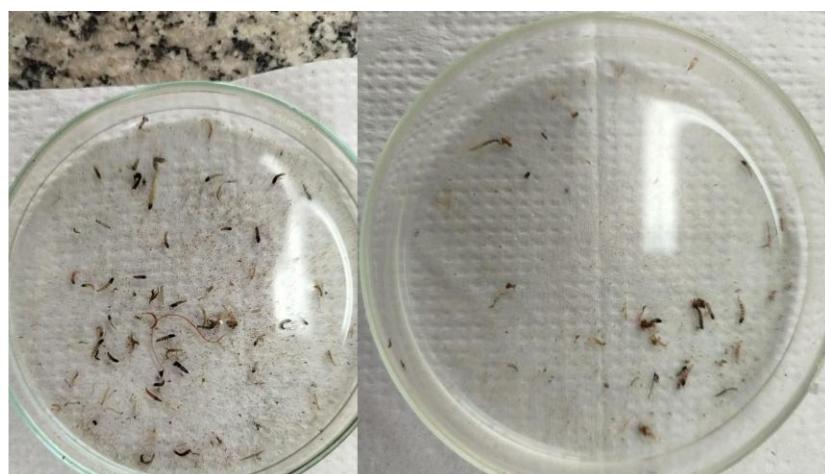
Além disso, foram encontrados dípteros (larvas de mosquitos), que englobam indivíduos de famílias variadas. Foram encontrados exemplares de seres dipteros presentes na chave identificação feita por NASCIMENTO e AFFONSO (2022), sendo eles das famílias: Simuliidae, Chironomidae, Ceratopogonidae e Tabanidae, sendo os 3 últimos os mais notados nas amostras. As famílias apresentam características diagnosticantes diferentes, com o mesmo se aplicando aos seu níveis no índice BMWP, mas todas que, de certa forma, indicam poluição. A tabela abaixo explicita as principais características e o nível BMWP dos indivíduos (figura 38).

**Figura 38** - Indivíduos encontrados em Limeira

Família	Características	Nível
Chrinomidae	De 11 a 12 segmentos, falsas pernas (2) e excesso de projeção da mandíbula inferior para a frente, em relação à maxila superior	2
Tabanidae	De 11 a 12 segmentos, acephalas, falsas pernas que rodeiam o corpo.	4
Ceratopogonidae	Sem falsas pernas, de 11 a 12 segmentos, toráx tão largo quanto o abdome, similares a minhocas.	4
Simulidae	Eucephalia, falsas pernas e 11 a 12 segmentos.	5

**Fonte:** Os autores, 2025.

Com isso, é evidente que há algo incomum afetando as águas do lugar, o que pode ser confirmado pelos diagnósticos elaborados pela prefeitura de Limeira e pelas análises físico-químicas também. Ademais, é pertinente destacar que nossas observações não servem para fins legais de classificação, devido à falta de profissionalismo envolvendo biologia entre os membros do grupo, e que algumas imagens dos resultados obtidos podem ser vistos abaixo (figuras 39 e 40).

**Figuras 39 e 40** – Respectivos resultados dos dias 11/08 e 14/08

**Fonte:** Os autores, 2025.

Um fator importante sobre essas imagens é a quantidade, que reduziu drasticamente. Isso ocorreu porque tivemos mais dificuldades em identificar os seres vivos, pois estes se confundiam bastante com o substrato. Isso, em tese, demonstraria que o método seria falho, já que era esperado uma maior quantidade de indivíduos. Entretanto, nesse caso, além de erros do manuseador, pode-se determinar que a amostra não fora totalmente representativa, o que exigiria uma coleta em mais pontos, que deveria ser repetida a cada certos períodos, como é feito em trabalhos com maiores investimentos e profissionalização (diferente da metodologia aplicada, que fora mais simplificada).

### **5.3.2. Análises físico-químicas em Limeira**

Como já dito, há 2 dias de resultados, com semelhanças e diferenças, mas ambos evidenciando problemas que há no trecho do ribeirão. Os parâmetros de amônia e alcalinidade mostraram que há uma redução de suas concentrações ao longo da semana, já que parte é levado pela água corrente ou se relaciona com a quantidade de compostos despejados, variável entre os dias da semana. Além destes, também se percebeu redução da quantidade de cloro residual livre e da dureza da água.

Em contrapartida, pode-se notar uma concentração de 0,25 mg Fe/L, inexistente no dia 11 (provavelmente em decorrência de chuvas, o que pode justificar parcialmente as variações). Ademais, não se testou condutividade no dia 11 devido a problemas com o condutivímetro (afetando nossas considerações acerca da tentativa falha), enquanto o teste de oxigênio dissolvido do kit não se mostrou eficiente em nenhuma análise, já que muito simplifica o método convencional, no qual se utiliza uma vidraria relativamente cara, o frasco de DBO, para manter a água fora de contato com o oxigênio do ar atmosférico e um equipamento custoso, chamado “garrafa coletora de Kemmerer”, para antes se inserir a água à vidraria.

Além disso, é importante destacar novamente que as análises não foram feitas de imediato - expondo as amostras ao ambiente e modificando alguns resultados - e que elas não são necessariamente consolidadas, não sendo completamente efetivas (como no caso de OD), não servindo, desta maneira, como um laudo técnico.

A tabela abaixo (figura 41) fornece com precisão quais foram os resultados

obtidos em ambos os dias:

**Figura 41 – Análises Físico-Químicas em Limeira**

Dia	Parâmetro	Concentração
14/ago	Alcalinidade	330 mg CaCO <sub>3</sub> /L
	Amônia	Cerca de 3,00 mg N-NH <sub>3</sub> /L
	Cloreto	60 mg Cl/L
	Cloro residual livre	0,00 mg/L Cl <sub>2</sub>
	Condutividade	523,1 uS/cma
	Cor	15 mg (Pt/Co)/L
	Dureza	100 mg CaCO <sub>3</sub> /L
	Ferro	0,25 mg Fe/L
	Oxigênio Dissolvido	--
11/ago	pH	7,0.
	Alcalinidade	420 mg CaCO <sub>3</sub> /L
	Amônia	Maior que 3,00 mg N-NH <sub>3</sub> /L
	Cloreto	60 mg Cl/L
	Cloro residual livre	0,10 mg/L Cl <sub>2</sub>
	Condutividade	Não realizado
	Cor	15 mg (Pt/Co)/L
	Dureza	220 mg CaCO <sub>3</sub> /L
	Ferro	0,00 mg Fe/L
	Oxigênio Dissolvido	--
	pH	7,0.

**Fonte:** Os autores, 2025.

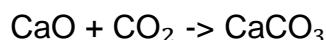
#### **5.4. Discussão sobre os resultados apresentados e o porquê de serem percebidos**

##### **5.4.1. Altas Concentrações de Carbonato de Cálcio (CaCO<sub>3</sub>) - Explicando a Alcalinidade e Dureza**

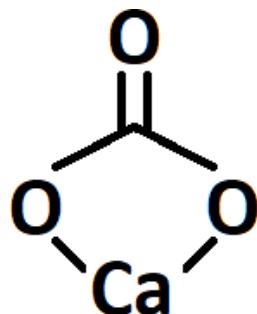
Primeiramente, se é preciso determinar os motivos para todas as amostras coletadas apresentarem alta concentração de carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>), fator responsável por indicar dureza e alcalinidade na água, parâmetros que mais fugiram dos limites estabelecidos pela Portaria GM/MS Nº 888/ 2021, que normalmente seria aplicada apenas para água de consumo humano. Entretanto, a resolução CONAMA 357/2005 não engloba tais parâmetros, necessitando de outra base para o estudo (algo, inclusive, autorizado pela coordenadora do projeto) (SOUTO, 2008). De acordo com a portaria citada, a amostra de água do dia 11/08 é dura, a do dia 14/08 é moderadamente dura, e a do 09/10 é muito dura, pois ultrapassa os 300 mg/L permitidos (BRASIL, 2021). Em relação à alcalinidade, utilizou-se o Decreto N. 33.047, de 4 de Julho de 1958, que também aborda potabilidade, para se estabelecer um limite para tal, sendo 120 mg/L de CaCO<sub>3</sub> o

valor máximo permitido, o que demonstra que em todos os cenários há “irregularidades”.

Quanto ao carbonato de cálcio: se trata de uma substância química de fórmula  $\text{CaCO}_3$  (figura 42) em formato de um pó branco e fino, atóxico em concentrações comuns, naturalmente oriundo principalmente do mineral calcário, podendo ser obtido pela reação entre óxido de cálcio ( $\text{CaO}$ ) e dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), descrita abaixo (equação 1) (SOUTO, 2008).



**Figura 42** – Carbonato de cálcio

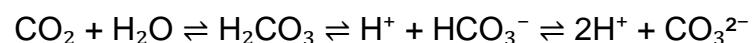


**Fonte:** Os autores, 2025.

Quanto ao carbonato de cálcio: trata-se de uma substância química de fórmula  $\text{CaCO}_3$  (figura 42) em formato de um pó branco e fino, atóxico em concentrações comuns, naturalmente oriundo principalmente do mineral calcário, podendo ser obtido pela reação entre óxido de cálcio ( $\text{CaO}$ ) e dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), descrita abaixo (equação 1) (SOUTO, 2008). O carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) é amplamente empregado como carga mineral inorgânica e/ou agente extensor em diversos sistemas materiais, sendo um dos aditivos particulados mais utilizados nas indústrias de papel, tintas, polímeros, selantes, adesivos, alimentos, têxteis (como em carpetes), cosméticos e formulações farmacêuticas, entre outros setores industriais. As especificações técnicas do  $\text{CaCO}_3$  variam conforme a aplicação, exigindo controle rigoroso de parâmetros como pureza química, distribuição granulométrica, morfologia e área superficial específica das partículas, índice de brancura, além de propriedades reológicas do sistema disperso (ERDOGAN, EKEN, 2015).

Com isso em vista, pode-se determinar que, pela conjuntura dos entornos do local de estudo analisada no capítulo 3, empresas podem estar descartando esse composto ou derivados dele no corpo de estudo. Além disso, o calcário também é um corretivo agrícola - sendo o mais comum e mais utilizado neste contexto - empregado com o intuito de retificar a acidez e melhorar a qualidade do solo com um maior teor de cálcio, mineral pertinente para plantas (PRIMAVESI, PRIMAVESI, 2004). Isso pode também ser determinante para explicar o motivo das altas concentrações do composto na água, já que há muitas plantações próximas do Ribeirão Tatu.

Por fim, a alcalinidade corresponde à capacidade que a água possui de neutralizar íons hidrogênio ( $H^+$ ) liberados por ácidos, refletindo seu poder de tamponamento e sua aptidão para resistir a variações de pH, o que justifica o pH da água estar neutro (FHINGANI, RESTELATTO, 2015). A reação abaixo, que define o equilíbrio fundamental de um sistema na água, esclarece bem esse fato:



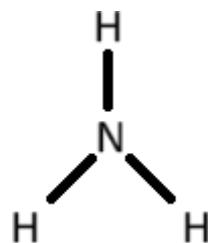
#### 5.4.2. “Altas” Concentrações de Amônia

A amônia se trata de um composto que apresenta uma estrutura em formato de pirâmide trigonal, com um nitrogênio central ligado a 3 hidrogênios (figura 43), sendo representado pela fórmula molecular  $NH_3$ . É um gás incolor deveras odorífero, que detém uma densidade menor que o ar atmosférico e ponto de fusão e ebulição baixos (respectivamente de  $-77^{\circ}C$  e  $-33,35^{\circ}C$ ), sendo também muito solúvel em água nas condições normais de temperatura e pressão (CNTP). Em contrapartida, pode ser facilmente retirada com a fervura da água.

É feita sua produção por meio da reação entre o nitrogênio presente na atmosfera e o hidrogênio proveniente de processos industriais (equação 2), realizada sob altas temperaturas e pressões, na presença de um catalisador. Quando armazenada e manuseada em condições normais, a amônia se demonstra bem estável. Pode ser encontrada no estado líquido em condições de temperaturas reduzidas ou de pressões elevadas, podendo ser decomposta em temperaturas acima de  $450^{\circ}C$  (FELIX, CARDOSO, 2004).



**Figura 43 – Estrutura da amônia**



**Fonte:** Os autores, 2025.

Quanto às suas aplicações: são variadas, mas bem evidenciam o porquê de concentrações altas do composto foram percebidas. Quanto às suas aplicações: são variadas, mas bem evidenciam o porquê de concentrações altas do composto foram percebidas. A amônia é aplicada principalmente na indústria de fertilizantes, aplicados em agricultura, não sendo diferente na conjuntura do corpo de estudo (PUC-RIO, 2005). Proximamente a todo o curso d'água, há plantações, maiormente de cana de açúcar, que podem utilizar ou não tais fertilizantes, esses que têm potencial para penetrar o solo e invadirem o curso d'água (GHIBERTO, LIBARDI, 2010).

Ademais, é importante ressaltar que o Ribeirão Tatu é utilizado para despejo de esgoto. Ou seja, produtos químicos (muitos que contém amônia) e urina acabam por ir ao córrego e prejudicar a qualidade da água. Muito disso se deve à desativação da estação de tratamento de Cordeirópolis, conforme o que afirmou a coordenadora do projeto Dra. Gislaine Aparecida Delbianco após breve conversa com a ministra do meio ambiente de Cordeirópolis.

Apesar dessas constatações, não se tem certeza da concentração exata do químico, já que a metodologia vê como máximo 3 mg/L, o que ainda estaria condizente com a resolução CONAMA nº357/2005 (já que estabelece que o limite máximo seria de 13,3 mg/L). Entretanto, pode-se inferir que as concentrações obtidas já são suficientes para prejudicar a qualidade da vida nas águas, conforme o que afirma a Companhia Ambiental de São Paulo (a CETESB) em texto publicado: “A amônia é um tóxico bastante restritivo à vida dos peixes, sendo que muitas espécies não suportam concentrações acima de 5 mg/L e valores acima de 0,01 mg/L podem ser tóxicos aos peixes [...]”.

#### **5.4.3. Concentração de Cloreto**

O cloreto é referente ao ânion inorgânico  $\text{Cl}^-$  que se apresenta tanto em águas superficiais tanto quanto subterrâneas, nesse cenário proveniente da percolação da água através de solos e rochas. Ele é atóxico para os seres humanos, provocando sabor “salgado” na água e podendo causar problemas apenas caso um indivíduo apresente deficiência no metabolismo de cloreto de sódio - como pode ser visto com quem apresente insuficiência cardíaca congestiva (CETESB, 2015).

Sua presença em água é comum e mais tolerada pelo motivo acima, principalmente em águas de esgoto, as quais costumam apresentar mais que 15 mg/L do ânion, já que está muito presente na urina e nas fezes dos seres humanos e em produtos de limpeza (CETESB, 2015).

Entretanto, concentrações acima de 250 mg/L são consideradas anormais segundo a resolução CONAMA nº357/2005. Devido a isso, não se pode incluir tal parâmetro como sendo de classe 4 em nenhuma interpretação, mesmo a quantidade estando próxima de um limite imaginário proposto por alguns autores.

#### **5.4.4. Coloração**

Na natureza, a água adquire cor principalmente devido à decomposição da matéria orgânica, à presença de certos íons metálicos, como ferro e manganês, e à existência de material em suspensão. Existem dois tipos de cor: cor aparente e cor verdadeira. A cor verdadeira é causada por substâncias dissolvidas e partículas coloidais. Já a cor aparente resulta da combinação da cor verdadeira com a turbidez, uma vez que as partículas em suspensão refletem e dispersam a luz, modificando a coloração original da água (MATIAS, 2025).

Esgotos domésticos, por sua vez, apresentam predominantemente matéria orgânica em forma coloidal. Já diversos efluentes industriais podem conter compostos como taninos (comuns em curtumes), anilinas (presentes em indústrias têxteis e de pigmentos), lignina e celulose (oriundos das indústrias de papel, celulose e madeira) (CETESB, 2015).

Além dos compostos orgânicos, alguns inorgânicos também são responsáveis por conferir cor à água — principalmente os óxidos de ferro e

manganês, frequentemente encontrados em solos. Embora certos metais presentes em efluentes industriais possam causar coloração, a maioria dos íons dissolvidos interfere pouco na transmissão da luz (CETESB, 2015).

Em geral, o principal impacto da cor na água é estético, pois tende a causar rejeição por parte da população. No entanto, também aponta que pode haver muitos contaminantes na água. Fora registrada irregularidades quanto este aspecto apenas na entrada da cidade.

#### 5.4.5. Cloro Residual Livre

O cloro é um agente químico empregado na desinfecção da água. Monitorar sua concentração é essencial para garantir a dosagem correta e acompanhar seu comportamento ao longo do processo de tratamento e seu estado.

O cloro gasoso, quando em meio aquoso, reage com água, realizando hidrólise e formando íons hidrogênio ( $H^+$ ), cloreto ( $Cl^-$ ) e ácido hipocloroso ( $HClO$ ), que, por sua vez, se decompõe e gera íons hidrogênio ( $H^+$ ) e hipoclorito ( $ClO^-$ ). Com isso, ocorre oxidação de matéria orgânica, já que o íon hipoclorito - bem como o ácido hipocloroso - é um agente oxidante. Além disso, também servem para definir cloro residual livre, parâmetro que varia conforme temperatura e pH. Um pouco deste processo pode ser visto na reação abaixo (equação 3)



Esses ânions estão presentes em compostos clorados, substâncias muito utilizadas para higienização e desinfecção na indústria de alimentos (bem como em agricultura, durante a pós-colheita), pisos, utensílios em áreas industriais e no tratamento de águas para abastecimento. Ou seja, tais produtos chegam às águas por meio do esgoto não tratado.

Quanto aos resultados obtidos: apenas foi registrada uma anormalidade relacionada ao padrão (no dia 11 de agosto), pois o limite estabelecido pela resolução CONAMA nº357/2005 é de 0,01 mg/L de  $Cl_2$  como padrão de qualidade de água classe 1, mostrando que o resultado obtido equivale a 10 vezes essa concentração- limite.

Já analisando o porquê disso ter sido registrado somente uma vez:

provavelmente se deve a um maior despejo de produtos clorosos na água, que posteriormente podem ter sido retirados pela estação de tratamento de água (ETA) de Limeira. Outro fator que pode ser pertinente é a dificuldade em se realizar essa medição, necessitando-se de aparelhos caros e alguns outros reagentes (também custosos), o que não se compara com a análise simplificada proporcionada pelo kit analítico.

#### 5.4.6. Outros parâmetros (condutividade, ferro e pH)

O restante apresenta conformidades com a legislação, isso é, seguindo os limites estabelecidos até águas doces de classe 3, exceto condutividade, um parâmetro que não tem seu valor máximo permitido pelo CONAMA 357/2005, muito menos na Portaria nº888/2021. No entanto, se pode ter uma noção de anormalidade ao comparar o valor visto com águas de torneiras, que variam entre 100 a 150  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Para melhores resultados, deveria se repetir com as outras amostras o mesmo teste, mas o aparelho teve seu funcionamento prejudicado. Algo melhor para se determinar, tendo isso em vista, seriam sólidos totais dissolvidos, pois é determinado por lei e indica mais facilmente os problemas. Para destacar melhor o que fora visto, a tabela abaixo (figura 44) mostra os valores máximos permitidos para todos os parâmetros, fazendo uma comparação com os valores obtidos pelo grupo:

**Figura 44** - Comparação dos resultados com os valores máximo permitidos.

Local	Data	Parâmetros									
		Alcalinidade	Amônia	Cloreto	Cloro Residual Livre	Condutividade	Cor	Dureza	Ferro	Oxigênio Dissolvido	pH
Limeira (cidade)	11/08/2025	420 mg/L de $\text{CaCO}_3$	>3,00 mg/L de $\text{N-NH}_3$	60 mg/L de $\text{Cl}^-$	0,10 mg/L de $\text{Cl}_2$	-	15 mg/L de $\text{Pt/Co}$	220 mg/L de $\text{CaCO}_3$	0,00 mg/L de Fe	-	7,0
	14/08/2025	330 mg/L de $\text{CaCO}_3$	>3,00 mg/L de $\text{N-NH}_3$	60 mg/L de $\text{Cl}^-$	0,00 mg/L de $\text{Cl}_2$	523,1 $\mu\text{S}/\text{cm}^3$	15 mg/L de $\text{Pt/Co}$	100 mg/L de $\text{CaCO}_3$	0,25 mg/L de Fe	-	7,0
Limeira (entrada)	9/10/2025	530 mg/L de $\text{CaCO}_3$	>3,00 mg/L de $\text{N-NH}_3$	80 mg/L de $\text{Cl}^-$	0,00 mg/L de $\text{Cl}_2$	-	>100 mg/L de $\text{Pt/Co}$	410 mg/L de $\text{CaCO}_3$	1,00 mg/L de Fe	-	7,0
Valor Máximo Permitido (ate Classe 3)		120 mg/L de $\text{CaCO}_3$	13,3 mg/L de $\text{N-NH}_3$	250 mg/L de $\text{Cl}^-$	0,00 mg/L de $\text{Cl}_2$	-	75 mg/L de $\text{Pt/Co}$	300 mg/L de $\text{CaCO}_3$	5,00 mg/L de Fe	-	9,0

**Fonte:** Os autores, 2025.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A macrofauna bentônica é formada por organismos que vivem nos sedimentos de ecossistemas aquáticos e são retidos em peneiras de 500 µm. entre os principais grupos estão decápodes, moluscos, poliquetas e equinodermos, que colonizam diferentes substratos, como troncos, folhas, pedras, macrófitas e algas. esses organismos são amplamente utilizados em estudos ambientais por possuírem ciclo de vida longo, baixa mobilidade, alta diversidade biológica e sensibilidade a poluentes, além de apresentarem amostragem padronizada e de baixo custo. por estarem constantemente em contato com o ambiente aquático, refletem suas condições, sendo que algumas famílias, como chironomidae, destacam-se pela tolerância à contaminação.

A análise dos resultados obtidos ao longo do estudo sobre o biomonitoramento da qualidade da água do Ribeirão Tatu permitiu compreender de forma clara a influência das atividades antrópicas sobre este corpo hídrico. As coletas realizadas em diferentes pontos — especialmente nas regiões próximas à nascente, na entrada de Limeira e antes da ETA — evidenciam contrastes significativos nos parâmetros físico-químicos e na diversidade de macroinvertebrados bentônicos.

Constatou-se que os trechos urbanos apresentam maior degradação ambiental, demonstrada pela baixa diversidade biológica e pela predominância de organismos resistentes à poluição, como os oligoquetas e dípteros. Esse fato, somado à presença de compostos químicos como amônia e carbonato de cálcio em concentrações elevadas, reforça a hipótese de contaminação por esgoto doméstico, resíduos industriais e fertilizantes agrícolas. Além disso, a presença de espuma e odores desagradáveis durante as coletas reforça a deterioração da qualidade da água. Os resultados físico-químicos apontaram, ainda, variações na alcalinidade, dureza e concentração de ferro, fatores que podem ser atribuídos à influência de chuvas, descargas industriais e uso de corretivos agrícolas. Tais evidências corroboram os diagnósticos oficiais que classificam o Ribeirão Tatu como um corpo d'água de classe 4, inadequado para usos mais exigentes, como o abastecimento humano sem tratamento avançado. Dessa forma, conclui-se que os macroinvertebrados bentônicos são eficazes na identificação dos níveis de contaminação hídrica, mas não identificam a razão físico-química para a mesma.

## REFERÊNCIAS

AFP. **Estudo revela que egípcios já praticavam aquicultura há 3.500 anos.**

AFP, 2018.

Disponível

em:

[https://www.em.com.br/app/noticia/internacional/2018/10/16/interna\\_internacional,997666/estudo-revela-que-egipcios-ja-praticavam-aquicultura-ha-3-500-anos.shtml](https://www.em.com.br/app/noticia/internacional/2018/10/16/interna_internacional,997666/estudo-revela-que-egipcios-ja-praticavam-aquicultura-ha-3-500-anos.shtml)

Acesso em: 28 ago 2024.

AFFONSO, Ana Lucia; NASCIMENTO, Maria Clara. **Chave de Identificação para Macroinvertebrados Bentônicos de Fragmentos de Floresta Ombrófila Mista.** Figma, 2022.

Disponível

em:

<https://www.figma.com/community/file/1213127949094821927/chave-de-identificacao-para-macroinvertebrados-bentonicos-de-fragmentos-de-floresta-ombrofila-mista>. Acesso em: 03 set 2024.

AVELINO et al.. **Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores da qualidade ambiental dos recifes de arenito da praia de Porto de Galinhas(Pernambuco).** RBMA, 2023. Disponível em:

<https://revistabrasileirademedioambiente.com/index.php/RVBMA/article/view/1370/37>. Acesso em: 17 ago 2025.

AZEVEDO, Julia. **O que são bioindicadores e para que servem?** Ecycle, 2024. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/bioindicadores/>. Acesso em: 02 set 2024.

AZEVEDO, Patricia Cereda de; SALCEDO, Rosio Fernandéz Baca; CONSTANTINO, Norma Regina Truppel. **Ribeirão Tatu: o Patrimônio Cultural e Natural de Limeira**

— SP. GC, 2020. Disponível em:

[https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/gerenciamento\\_de\\_cidades/p\\_t\\_BR/article/view/2479/2245](https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/gerenciamento_de_cidades/p_t_BR/article/view/2479/2245). Acesso em: 20 out 2025.

AZEVEDO, Patricia Cereda de; SALCEDO, Rosio Fernandéz Baca; CONSTANTINO, Norma Regina Truppel. **A Paisagem dos Fundos de Vale em Limeira: Ribeirão Tatu.** Pluris, 2021.

Disponível em:

<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fpluris2020.faac.unesp.br%2Fpaper738.pdf&psig=AOvVaw04qA2sVSU5z0d4qVadBk5&ust=1764332273695000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBUQ3YkBahcKEwjIxJqLqJKRAxUAAAAHQAAAAAQBA>. Acesso em: 20 out 2025.

USP. **Identificação Biológica.** USP, 2007. Disponível em: <http://lhe.ib.usp.br/lhe/lib/exe/fetch.php?media=wiki:psb:articles:apostila:identificacao.pdf> Acesso em: 20 ago 2024.

BARBIERE, Flávio César. **OS MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS COMO BIOINDICADORES PARA AVALIAR A QUALIDADE AMBIENTAL DA ÁGUA.** UNINTER, 2021. Disponível em:

<https://repositorio.uninter.com/bitstream/handle/1/1165/TCC%20FL%c3%81VIO%20C%c3%89SAR%20BARBIERE.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 5 nov 2025.

BARBOSA, Antônio. **MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS COMO BIOINDICADORES DA QUALIDADE DA ÁGUA EM UM TRECHO DO RIO APODI- MOSSORÓ.** IFRN, 2016. Disponível em: <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/4183> Acesso em: 25 ago 2024.

BARCELLOS, Christiane Maria. **Avaliação da qualidade da água e percepção higiênico-sanitária na área rural de Lavras, Minas Gerais, Brasil, 1999-2000.** SCIELO, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csp/a/PBksfZGRxRSLgc5VDzRtX7k/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 12 mar 2025.

BEVERIDGE, Malcolm; LITTLE, David. **The History of Aquaculture in Traditional Societies.** ResearchGate, 2002. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/257655025\\_The\\_History\\_of\\_Aquaculture\\_in\\_Traditional\\_Societies](https://www.researchgate.net/publication/257655025_The_History_of_Aquaculture_in_Traditional_Societies) Acesso em: 02 set 2024.

BIS, Barbara; KOMAL, Grażyna. **Os Macroinvertebrados são organismos visíveis a olho nu (macro) e sem coluna vertebral (invertebrados).** CONFRESH, 2005. Disponível em: <https://www.nhmc.uoc.gr/confresh>. Acesso em 29 ago 2024.

BRABO, Marcos; FERREIRA, Leandro; VERAS, Galileu. **Aspectos Históricos do Desenvolvimento da Piscicultura no Nordeste Paraense: Trajetória do Protagonismo à Estagnação.** UNICESUMAR, 2016. Disponível em: <https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/4388>. Acesso em: 23 ago 2024.

BRASIL. **DECRETO N.º 8.468, DE 8 DE SETEMBRO DE 1976.** Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo, 2024. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/1976/decreto-8468-08.09.1976.html>. Acesso em: 30 set 2024.

BRASIL. **PORTARIA GM/MS Nº 888, DE 4 DE MAIO DE 2021 (\*).** Ministério da Saúde, 2021. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888\\_24\\_05\\_2021\\_rep.html](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_24_05_2021_rep.html). Acesso em: 22 out 2025.

BRASIL. **RESOLUÇÃO CONAMA N° 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005.** Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. São Paulo, 2005.

CAMARGO, Amabilio. **Ordem Diptera, EMBRAPA, (s/d).** Disponível em:

<https://www.embrapa.br/cerrados/colecao-entomologica/diptera> Acesso em: 04 set 2024.

CAMARGO, Amabilio. **Ordem Hemiptera**, EMBRAPA, (s/d). Disponível em: <https://www.embrapa.br/cerrados/colecao-entomologica/hemiptera> Acesso em: 04 set 2024.

CAMARGO, Amabilio. **Ordem Odonata**, EMBRAPA, (s/d). Disponível em: <https://www.embrapa.br/cerrados/colecao-entomologica/odonata> Acesso em: 04 set 2024.

CARMAZIO, Érica; SANTOS, Débora. **CHAVES DICOTÔMICAS NO ENSINO DE BIOLOGIA E LÍNGUA PORTUGUESA**. IFC, 2020. Disponível em: <https://publicacoes.ifc.edu.br/index.php/fepexfraiburgo/article/view/1450/1316> Acesso em: 17 ago 2024.

CEROZI, Bruno. **Piscicultura**. USP, 2023. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/mod/resource/view.php?id=4798095&forceview=1> Acesso em: 24 ago 2024.

DIAS, Lucimar; MOLINERI, Carlos; FERREIRA, Paulo. **Ephemerelloidea (Insecta: Ephemeroptera) do Brasil**. SCIELO, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/paz/a/TqkKKXgd5pD4kspBjQPr7Yd/> Acesso em: 04 set 2024.

Equipe Aquantia. **Enquadramento e classificação dos corpos d'água. Tratamento de Água**, 2018. Disponível em: <https://tratamentodeagua.com.br/classificacao-corpos-agua/>. Acesso em: 17 out 2024.

Equipe CETESB. **Fundamentos do Controle de Poluição das Águas**. CETESB, 2018. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/33/2018/07/Apostila-Fundamentos-do-Controle-de-Poluicao-das-Aguas.pdf>. Acesso em: 19 mar 2025.

Equipe CETESB. **Guia Nacional De Coleta E Preservação De Amostras**. CETESB, 2011. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2021/10/Guia-nacional-de-coleta-e-preservacao-de-amostras-2012.pdf>. Acesso em: 12 mar 2025.

Equipe CETESB. **Amônia**. CETESB, (s.d.). Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/mortandade-peixes/alteracoes-fisicas-e-quimicas/contaminantes/amonia/>. Acesso em: 22 mai 2025.

Equipe CETESB. **Coliformes totais - determinação pela técnica de membrana filtrante: método de ensaio**. CETESB, 2007. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2024/09/Norma-Tecnica-Cetesb-L5.214- Coliformes-totais-%E2%80%93-Determinacao-pela-tecnica-de-membrana->

filtrante-  
 %E2%80%93-Metodo-de-ensaio.pdf. Acesso em: 24 mai 2025.

Equipe CETESB. **Determinação de Clorofila a e Feofitina a: método espectrofotométrico.** CETESB, 2014. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2024/09/Norma-Tecnica-Cetesb-L5.306-Determinacao-de-pigmentos-fotossintetizantes-clorofila-A-B-e-C-e-feofitina-A-Metodo-de-ensaio.pdf>. Acesso em: 29 mai 2025.

Equipe CETESB. **Monitoramento de Escherichia coli e coliformes termotolerantes em pontos da rede de avaliação da qualidade de águas interiores do Estado de São Paulo.** CETESB, 2008. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguasinteriores/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/2008-ecoli.pdf>. Acesso em: 24 mai 2025.

Equipe CETESB. **Oxigênio Dissolvido.** CETESB, (s.d.). Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/mortandade-peixes/alteracoes-fisicas-e-quimicas/oxigenio-dissolvido/>. Acesso em: 22 mai 2025.

Equipe CETESB. **pH.** CETESB, (s.d.). Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/mortandade-peixes/alteracoes-fisicas-e-quimicas/ph/>. Acesso em: 22 mai 2025.

Equipe Cuide dos Rios. **Qualidade das Águas.** CuidadosRios, (s.d.). Disponível em: <https://cuidadosrios.eco.br/qualidade-das-aguas/index.html>. Acesso em: 15 mar 2025.

Equipe DANUBE NEWS. **Invertebrates and algae – small in size but an important component in ecosystem function and river basin management.** Danube News, 2008. Disponível em: substituir por: [https://www.danube-iad.eu/docs/danube\\_news/Danube\\_News\\_18.pdf](https://www.danube-iad.eu/docs/danube_news/Danube_News_18.pdf). Acesso em: 27 abr 2025.

Equipe Embrapa. **Qualidade de água.** EMBRAPA, (s.d.). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/972064/1/agua.pdf>. Acesso em: 14 jun 2025.

Equipe Funasa. **Manual Prático de Análise de Água.** Funasa, 2004. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual\\_analise\\_agua\\_2ed.pdf](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_analise_agua_2ed.pdf). Acesso em: 21 out 2025.

Equipe LGSONIC. **Oxigênio dissolvido: fundamental para a qualidade da água.** LGSONIC, (s.d.). Disponível em: <https://www.lgsonic.com/pt-br/oxigenio-dissolvido/>. Acesso em: 05 jun 2025.

Equipe PRO AMBIENTE. **Análises Físico Químicas.** PRO AMBIENTE, 2024. Disponível em: <https://www.pro-ambiente.com.br/analises-fisico-quimicas>. Acesso em: 10 jun 2025.

Equipe SALESFORCE. **"O que é IA Generativa?"**. Salesforce Brasil Blog, 2025. Disponível em: <https://www.salesforce.com/br/blog/ia-generativa/>. Acesso em: 10 jun 2025.

Equipe SEBRAE, **Criação de peixes - Piscicultura**. SEBRAE, 2022. Disponível em: [https://bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS\\_CHRONUS/IDEIAS\\_NE\\_GOCIO/PDFS/ideia-de-negocio\\_criacao-de-peixes--piscicultura.pdf](https://bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/IDEIAS_NE_GOCIO/PDFS/ideia-de-negocio_criacao-de-peixes--piscicultura.pdf). Acesso em: 10 nov 2025.

Equipe Tera Ambiental. **Classificação dos rios: classes e condições para lançamento de efluentes**. TeraAmbiental, 2024. Disponível em: <https://www.teraambiental.com.br/blog-da-tera-ambiental/classificacao-dos-rios-classes-e-condicoes-para-lancamento-de-efluentes>. Acesso em: 05 jun 2025.

ERDOGAN, Necmettin; EKEN, Haci Ali. **Precipitated Calcium carbonate production, synthesis and properties**. Turquia: Aksaray University, 2017. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/312128810\\_Precipitated\\_Calcium\\_carbonate\\_production\\_synthesis\\_and\\_properties](https://www.researchgate.net/publication/312128810_Precipitated_Calcium_carbonate_production_synthesis_and_properties). Acesso em: 5 nov 2025.

FELIX, Erika Pereira; CARDOSO, Arnaldo Alves. **AMÔNIA (NH<sub>3</sub> ) ATMOSFÉRICA: FONTES, TRANSFORMAÇÃO, SORVEDOUROS E MÉTODOS DE ANÁLISE**. UNESP, 2004. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/9644bfcd-2eee-46e6-b043-a01f860c4e78/content>. Acesso em: 10 set 2025.

FERREIRA, Ruth; José Rafael. **Criação de imaturos de mutuca (Tabanidae: Diptera) utilizando briófitas e areia como substrato**. Scielo, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ne/a/VHGd4Kg6yLKnNQ9bjXFwNc/?lang=pt>. Acesso em: 10 nov 2025.

FORBES. **Não tem pra outro peixe, Brasil vai se tornando o país da tilápia**. Forbes, 2024. Disponível em: <https://forbes.com.br/forbesagro/2024/02/nao-tem-pra-outro-peixe-brasil-vai-se-tornando-o-pais-da-tilapia/#:~:text=De%20til%C3%A1pia%20foram%206%2C5,de%20Egito%2C%20Indon%C3%A9sia%20e%20China> Acesso em: 02 set 2024.

FRINHANI, Natali da Rocha; FRINHANI, Eduarda de Magalhães Dias. **VALIDAÇÃO DO MÉTODO PARA DETERMINAÇÃO DE ALCALINIDADE TOTAL EM ÁGUA**. Disponível em: <https://periodicos.unoesc.edu.br/acet/article/view/5012/pdf>. Acesso em: 20 nov 2025.

GHIBERTO, Pablo Javier; LIBARDI, Paulo Leonel. **Lixiviação de nutrientes em um Latossolo cultivado com cana-de-açúcar**. Piracicaba: USP, 2010. Disponível em: [https://repositorio.usp.br/item/001816522?utm\\_source=chatgpt.com](https://repositorio.usp.br/item/001816522?utm_source=chatgpt.com). Acesso em: 6 nov 2025.

GIANTOMASO, Caroline et al. **O que se sabe sobre poluição que causou mortandade de peixes no Rio Piracicaba e no Tanquã**. G1, 2024. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/piracicaba-regiao/noticia/2024/07/17/o-que-se-sabe-sobre-poluicao-que-causou-mortandade-de-peixes-no-rio-piracicaba-e-no-tanqua.ghtml> Acesso em: 03 set 2024.

GOVRS. **Dados Gerais das Bacias Hidrográficas**. GovRS. Disponível em: <https://sema.rs.gov.br/bacias-hidrograficas#:~:text=Entende-se%20por%20bacia%20hidrográfica,águas%20as%20áreas%20mais%20elevadas>. Acesso em: 21 ago 2024.

GRASSI, Marco Tadeu. **As águas do planeta Terra**. Química Nova, 2001. Disponível em: <https://qnesc.sbz.org.br/online/cadernos/01/aguas.pdf>. Acesso em: 08 nov 2025

HASSAAN, Mohamed. **Winkler Method for DO Determination**. ResearchGate, 2016. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/311607103\\_Winkler\\_Method\\_for\\_DO\\_Determination](https://www.researchgate.net/publication/311607103_Winkler_Method_for_DO_Determination). Acesso em: 17 mai 2025.

HEPP, Luiz et al. **MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS COMO BIOINDICADORES DA QUALIDADE DAS ÁGUAS**. Erechim, 2007. Disponível em: [https://files.abhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/151/1c925f9b006f85585604645801df04b7\\_a807c339a9eb447e2652d004e284a041.pdf](https://files.abhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/151/1c925f9b006f85585604645801df04b7_a807c339a9eb447e2652d004e284a041.pdf). Acesso em: 03 ago 2024.

INSTITUTO UNIBANCO. **INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL A FAVOR DA APRENDIZAGEM**. Instituto Unibanco. 2024. Disponível em: <https://www.institutounibanco.org.br/boletim/inteligencia-artificial-a-favor-da-aprendizagem/>. Acesso em: 10 jun 2025.

JUNQUEIRA, Felipe Correr. **MAPEAMENTO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PRELIMINAR DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO TATU NO MUNICÍPIO DE CORDEIRÓPOLIS, SP, NA ESCALA DE 1:25.000**. UNESP: Rio Claro, 2023. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/entities/publication/64e26c59-489a-40c6-8196-dece9ae23053>. Acesso em 4 nov 2025.

KUBITZA, Fernando. **Qualidade da Água na Produção de Peixes**. Paronama da Aquicultura, 1998. Disponível em: <https://panoramadaaquicultura.com.br/qualidade- da-agua-na-producao-de-peixes-parte-i/>. Acesso em: 23 ago 2024.

KUHLMANN, Mônica Luisa; JOHNSCHER-FORNASARO, Guiomar; OGURA, Lucy Lina; IMBIMBO, Hélio Rubens Victorino. **Protocolo para o biomonitoramento com as comunidades bentônicas de rios e reservatórios do estado de São Paulo**. CETESB, 2012. Disponível em: <https://repositorio.cetesb.sp.gov.br/items/212b211d-73b7bf05455a/full>. Acesso em: 21 out. 2024.

LIMEIRA. **Água**. Limeira, 2024. Disponível em:

<https://www.limeira.sp.gov.br/secretarias/meio-ambiente-e-agricultura/agua>  
Acesso em: 01 set 2024.

**LIMEIRA ONLINE. Meio Ambiente.** Limeira Online, 2024. Disponível em: <https://www.limeiraonline.com.br/setor%20historia/meio%20ambiente.php> Acesso em: 19 ago 2024.

**LEVIGHIN, S. C.; CAMARGO, J. C.G. Problemas Ambientais e Impactos Sociais Provocados pela Atividade Ceramista nos Município de Santa Gertrudes e Cordeirópolis (SP).** AGETEO, 2006. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams>. Acesso em: 21 out 2025.

**LOPES, Sônia. Bio**, São Paulo. Editora Saraiva, 1997. Acesso em: 05 set 2024.

**LYLE, Kenneth. Compartilhando a química com a comunidade: A solubilidade e a alcalinidade da amônia.** UWATERLOO, 2015. Disponível em: [https://uwaterloo.ca.translate.goog/chem13-news-magazine/november-2015/feature/sharing-alkalinity?\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=pt&\\_x\\_tr\\_hl=pt&\\_x\\_tr\\_pto=tc](https://uwaterloo.ca.translate.goog/chem13-news-magazine/november-2015/feature/sharing-alkalinity?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=pt&_x_tr_hl=pt&_x_tr_pto=tc). Acesso em: 29 mar 2025.

**MANZANO, Barbara Cassu. Avaliação dos potenciais citotóxico, genotóxico e mutagênico das águas do Ribeirão Tatu, região de Limeira/SP, após o recebimento de efluentes urbanos.** UNESP, 2010. Disponível em: [https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UNSP\\_9f66296cd32bacd4689ca0a9feeeecf79](https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UNSP_9f66296cd32bacd4689ca0a9feeeecf79). Acesso em: 30 mai 2025.

**MANZANO, Barbara Cassu. Programa De Pós-Graduação Em Ciências Biológicas Biologia Celular E Molecular Avaliação Dos Potenciais Citotóxico, Genotóxico E Mutagênico Das Águas Do Ribeirão Tatu, Região De Limeira/Sp, Após O Recebimento De Efluentes Urbanos.** SemanticScholar, 2010. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/PROGRAMA-DE-GRADUA%C3%87%C3%83O-EM-CI%C3%83ANCIAS-BIOL%C3%93GICAS-E-Manzano/8414496ff89f5e5961f2068555a11de8dd5ce14e>. Acesso em: 30 mai 2025.

**MATIAS, Wiiliam Gerson. Cor.** UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, 2025. Disponível em: [https://limaens.paginas.ufsc.br/files/2019/01/Cor.pdf?utm\\_source=chatgpt.com](https://limaens.paginas.ufsc.br/files/2019/01/Cor.pdf?utm_source=chatgpt.com). Acesso em 7 nov 2025.

**MATOS, Mateus Pimentel de, et al. Nota Técnica: Demanda Bioquímica De Oxigênio Em Diferentes Tempos De Incubação Das Amostras.** REVENG, 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/reveng/article/view/346>. Acesso em: 05 jun 2025.

**MORO, G.; TORATI, L.; LUIZ, D.; MATOS, F. Monitoramento e manejo da qualidade da água em pisciculturas.** EMBRAPA, 2013. Disponível em:

[https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/](https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/publicacao/1083545/monitoramento-e-manejo-da-qualidade-da-agua-em-pisciculturas)  
[/publicacao/1083545/monitoramento-e-manejo-da-qualidade-da-agua-em-pisciculturas](https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/publicacao/1083545/monitoramento-e-manejo-da-qualidade-da-agua-em-pisciculturas) Acesso em: 27 ago 2024.

MUDERNO, Josiane. **Modelagem matemática aplicada à piscicultura: estudo voltado à construção de uma represa.** FAROL, 2017. Disponível em: <https://revista.farol.edu.br/index.php/farol/article/view/49/98>. Acesso em: 28 ago 2024.

NETO, Olegario Fernandes Vieira; BILA, Daniele Maia; GIORDANO, Gandhi. **VALIDAÇÃO DO MÉTODO PARA DETERMINAÇÃO DO CLORO RESIDUAL TOTAL - DPD APLICADO EM ÁGUAS DE SUPERFÍCIE E ABASTECIMENTO.** ABES, 2019. Disponível em: [https://abes-dn.org.br/anaiseletronicos/45\\_Download/TrabalhosCompletosPDF/I-191.pdf](https://abes-dn.org.br/anaiseletronicos/45_Download/TrabalhosCompletosPDF/I-191.pdf). Acesso em: 21 out 2025.

NEVES, Raquel; Valentin, Jean. **REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE A MACROFAUNA BENTÔNICA DE FUNDOS NÃO-CONSOLIDADOS, EM ÁREAS COSTEIRAS PRIORITÁRIAS PARA CONSERVAÇÃO NO BRASIL.** Fortaleza: Labomar, 2011. Disponível em: [https://r.search.yahoo.com/\\_ylt=AwrFYhTCwzFpTQIAFBz6Qt.;\\_ylu=Y29sbwNiZjEEcG9zAzEEdnRpZAMEc2VjA3Ny/RV=2/RE=1766078658/RO=10/RU=https%3a%2f%2fwww.researchgate.net%2fpresentation%2f260157654\\_REVISAO\\_BIBLIOGRAFICA\\_SOBRE\\_A\\_MACROFAUNA\\_BENTONICA\\_DE\\_FUNDOS\\_NAO-CONSOLIDADOS\\_EM\\_AREAS\\_COSTEIRAS\\_PRIORITARIAS\\_PARA\\_CONSERVACAO\\_NO\\_BRASIL\\_Benthic\\_macrofauna\\_of\\_soft-bottoms\\_in\\_priority\\_coastal\\_areas\\_fo/RK=2/RS=Quw55gwHXOBuovvcL3NBWjnNGKA-](https://r.search.yahoo.com/_ylt=AwrFYhTCwzFpTQIAFBz6Qt.;_ylu=Y29sbwNiZjEEcG9zAzEEdnRpZAMEc2VjA3Ny/RV=2/RE=1766078658/RO=10/RU=https%3a%2f%2fwww.researchgate.net%2fpresentation%2f260157654_REVISAO_BIBLIOGRAFICA_SOBRE_A_MACROFAUNA_BENTONICA_DE_FUNDOS_NAO-CONSOLIDADOS_EM_AREAS_COSTEIRAS_PRIORITARIAS_PARA_CONSERVACAO_NO_BRASIL_Benthic_macrofauna_of_soft-bottoms_in_priority_coastal_areas_fo/RK=2/RS=Quw55gwHXOBuovvcL3NBWjnNGKA-). Acesso em: 10 jun 2025.

NUNES, Nathaskia Silva Pereira; CARVALHO, Emerson Machado de; NAKAGAKI, Jelly Makoto. **"Chironomidae (diptera) são bons indicadores de impacto em ambientes lóticos?"**. Sustenere, 2020. Disponível em: <https://sustenere.inf.br/index.php/rica/article/view/CBPC2179-6858.2020.004.0010/2072>. Acesso em: 05 nov 2025.

PEREIRA, Deusamir. **PARQUE TECNOLÓGICO DE BIOINDÚSTRIAS DO PEIXE – PTecBIO, UMA OPORTUNIDADE DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL PARA O AMAZONAS.UFAM,** 2009. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/3132>. Acesso em: 27 ago 2024.

PINTO, André Luiz, et al. **O OXIGÊNIO DISSOLVIDO COMO INSTRUMENTO DE CONTROLE E GESTÃO DE QUALIDADE E ENQUADRAMENTO DOS CORPOS HÍDRICOS CONTINENTAIS: ESTUDO DE CASO A BACIA DO RIO SUCURIÚ-MS. OLAM,** 2008. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/olam/article/view/2007>. Acesso em: 07 jun 2025.

PIRATOBA, Alba Rocio Aguilar, et al. **Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil.** SCIELO, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/f45JMMTdfXvPWLM6mbDX6K/?format=pdf&la>

n g=pt. Acesso em: 26 jun 2025.

PRESTES, Rosi Maria; VINCENCI, Kelin Luiza. **BIOINDICADORES COMO AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL**. Curitiba: Brazilian Journal of Animal and Environmental Research, 2019. Disponível em:[file:///C:/Users/Usuario/AppData/Local/Packages/5319275A.WhatsAppDesktop\\_cv1g1gvanyjgm/LocalState/sessions/2F46EC997EBACBA55C044CB1F0DB58439B8040BC/transfers/2025-49/admin,+Kelin%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/AppData/Local/Packages/5319275A.WhatsAppDesktop_cv1g1gvanyjgm/LocalState/sessions/2F46EC997EBACBA55C044CB1F0DB58439B8040BC/transfers/2025-49/admin,+Kelin%20(1).pdf). Acesso em: 5 nov 2025.

PRIMAVESI, Ana Cândida; PRIMAVESI, Odo. **Características de corretivos agrícolas**. Embrapa, 2004. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/42323/1/Doc37ACP2004.pdf>. Acesso em: 5 nov 2025.

PRIMAVESI, Ana Cândida; PRIMAVESI, Odo. **Características de corretivos agrícolas**. Embrapa, 2004. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/42323/1/Doc37ACP2004.pdf>. Acesso em: 5 nov 2025.

PROAMBIENTE. **Análise físico química da água preço**. ProAmbiente, 1998. Disponível em: <https://www.pro-ambiente.com.br/analise-fisico-quimica-da-agua-preco> Acesso em: 19 ago 2024.

PRODEST. **Veja como a inteligência artificial é utilizada em vários setores**. PRODEST, 2025. Disponível em: <https://prodest.es.gov.br/veja-como-a-inteligencia-artificial-e-utilizada-em-varios-setores>. Acesso em: 08 jul 2025.

PUC. **Anexo**. Rio de Janeiro: PUC, 2009. Disponível em: [https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/12964/12964\\_9.PDF](https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/12964/12964_9.PDF). Acesso em: 6 nov 2025.

QUEIROZ, Júlio; SILVA, Mariana; STRIXINO, Suzana. **Organismos Bentônicos: biomonitoramento de qualidade de água**. EMBRAPA, 2008. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMA/7773/1/LivroBentonicos.pdf>. Acesso em: 20 ago 2024.

QUEIROZ, Maria Elisa Ferreira et al. **Utilização de macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores em córrego urbano de Conceição do Araguaia-PA**. Brasília: Sustentabilidade em debate, 2018. Disponível em:[https://r.search.yahoo.com/\\_ylt=AwrhS0eywTFpEQIAUB\\_z6Qt.;\\_ylu=Y29sbwNiZjEEcG9zAzEEdnRpZAMEc2VjA3Ny/RV=2/RE=1766078131/RO=10/RU=https%3a%2f%2fwww.researchgate.net%2fpublication%2f330112759\\_Utilizacao\\_de\\_macroinvertebrados\\_bentonicos\\_como\\_bioindicadores\\_em\\_corigo\\_urbano\\_de\\_Conceicao\\_do\\_Araguaia-PA/RK=2/RS=LXTMtWd26eT932rMDD91Qv81TjY-](https://r.search.yahoo.com/_ylt=AwrhS0eywTFpEQIAUB_z6Qt.;_ylu=Y29sbwNiZjEEcG9zAzEEdnRpZAMEc2VjA3Ny/RV=2/RE=1766078131/RO=10/RU=https%3a%2f%2fwww.researchgate.net%2fpublication%2f330112759_Utilizacao_de_macroinvertebrados_bentonicos_como_bioindicadores_em_corigo_urbano_de_Conceicao_do_Araguaia-PA/RK=2/RS=LXTMtWd26eT932rMDD91Qv81TjY-). Acesso em: 10 jun 2025.

RAMOS, Jonatas. **IMPORTÂNCIA DO pH DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO: ESTUDO DE CASO DE UM MATERIAL ALCALINIZADOR**. ResearchGate, 2019. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/341413439\\_IMPORTANCIA\\_DO\\_pH\\_DA\\_AQUA\\_PARA\\_CONSUMO\\_HUMANO\\_ESTUDO\\_DE\\_CASO\\_DE\\_UM\\_MATERIAL\\_ALCALINIZADOR](https://www.researchgate.net/publication/341413439_IMPORTANCIA_DO_pH_DA_AQUA_PARA_CONSUMO_HUMANO_ESTUDO_DE_CASO_DE_UM_MATERIAL_ALCALINIZADOR). Acesso em: 12 jun 2025.

RIBEIRO, Juliana Martins; CANUTO, Kirley Marques; VESCHI, Josir Laine Aparecida. **Compostos Clorados: Aspectos Gerais e sua Utilização como Agente Sanitizante na Agricultura, Micropropagação e Pecuária.** EMBRAPA, 2008. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/159162>. Acesso em: 22 out 2025.

RINALDI, João Gabriel Lahoz. **Estudo gamaespectrométrico da influência da agricultura em uma área úmida geograficamente isolada na Depressão Periférica Paulista.** UNESP: Rio Claro, 2022. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/22962bc7-c860-49cd-a558-a7562b329dec/content>. Acesso em: 5 nov 2025.

SANTOS, Sarah Felix. **ANÁLISE DA FRAGILIDADE AMBIENTAL DOS SETORES ALTO E MÉDIO DA BACIA DO RIBEIRÃO TATU – LIMEIRA/SP.** Unesp, 2019. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams>. Acesso em: 21 out 2025.

SAS. **Inteligência Artificial.** SAS, 2025. Disponível em: [https://www.sas.com/pt\\_br/insights/analytics/inteligencia-artificial.html](https://www.sas.com/pt_br/insights/analytics/inteligencia-artificial.html). Acesso em: 08 jul 2025.

SCHAFFER, Alexandre; MARTINS, Danilo; BARONI, Suzymeire. **BIOMONITORAMENTO EM AMBIENTES AQUÁTICOS DE ÁGUA DOCE.** URI, 2017. Disponível em: <https://www.uffs.edu.br/campi/cerro-largo/repositorio-ccl/anais-viii-simposio-iberoamericano-de-cooperacao-para-o-desenvolvimento-e-a-integracao-regional/biomonitoramento-em-ambientes-aquaticos-de-agua-doce/@@download/file> Acesso em: 29 ago 2024.

SILVA, Mariana e et al. **Estudo preliminar para determinação da frequência de deformidade em mento de Chironomus sancticaroli (diptera: chironomidae) em cultura de laboratório.** EMBRAPA, 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1078088>. Acesso em: 17 ago 2024.

SILVA, M.; LOSEKANN, M.; SONODA, K.; VALDEVINO K.; CARVALHO, M.; MARIGO, A.; ZAMBON, G. **Biomonitoramento com macroinvertebrados bentônicos utilizando coletores de substrato artificial em piscicultura do interior paulista.** EMBRAPA, 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1078024/biomonitoramento-com-macroinvertebrados-utilizando-coletores-de-substrato-artificial-em-piscicultura-do-interior-paulista>. Acesso em: 02 ago 2024.

SILVA, Newton. **DINÂMICAS DE DESENVOLVIMENTO DA PISCICULTURA E POLÍTICAS PÚBLICAS NO VALE DO RIBEIRA / SP E ALTO VALE DO ITAJAÍ / SC – BRASIL.** CAUNESP, 2005. Disponível em: [https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UNSP\\_00a654565a5d6ec1e6f23924413a4070](https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UNSP_00a654565a5d6ec1e6f23924413a4070)

Acesso em: 04 set 2024.

SILVA, Mariana Silveira Guerra Moura e; QUEIROZ, Julio Ferraz de; LOSEKANN, Marcos Eliseu; MARIGO, Ana Lucia Silva; NASCIMENTO, Marisa. **Utilização de coletores com substrato artificial para o biomonitoramento da qualidade da água na aquicultura.** EMBRAPA, 2012. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/951391>. Acesso em: 22 out 2024.

SILVEIRA, Mariana; QUEIROZ, Júlio; BOEIRA, Rita. **Protocolo de Coleta e Preparação de Amostras de Macroinvertebrados Bentônicos em Riachos.** Jaguariúna, 2004. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes-/publicacao/14553/protocolo-de-coleta-e-preparacao-de-amostras-de-macroinvertebrados-bentonicos-em-riachos> Acesso em: 25 ago 2024.

SOBIOLOGIA. **Os Hirudíneos: Sugadores de Sangue.** SoBiologia, 2024. Disponível em: <https://www.sobiologia.com.br/conteudos/Reinos2/bioanelideos3.php> Acesso em: 28 ago 2024.

SOUTO, Eliane Cristina Silva. **Estudo de condições operacionais para obtenção de carbonato de cálcio precipitado.** Uberlândia: UFU, 2008. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/15107/1/Eliane.pdf>. Acesso em: 5 nov 2025.

SOUZA, Luiz Carlos, et al. **BACTÉRIAS COLIFORMES TOTAIS E COLIFORMES DE ORIGEM FECAL EM ÁGUAS USADAS NA DESSEDENTAÇÃO DE ANIMAIS.**

SCIELO, 1983. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rsp/a/d3VGCP9t6RpPdVcQzgzzsjz/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 28 jun 2025.

TELES, Herlânia et al. **Macroinvertebrados Bentônicos como Bioindicadores no Parque Nacional da Serra Itabaiana, Sergipe, Brasil.** Revista Brasileira de Zoociências, 2013. Disponível em: [https://www.scribd.com/document/549123282/Teles-et-al-2013-2?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.scribd.com/document/549123282/Teles-et-al-2013-2?utm_source=chatgpt.com). Acesso em: 14 jun 2025.

TORDIN, Cristina. **Embrapa publica estudo sobre bioindicadores de qualidade de água na produção de jundiara em tanques-rede.** EMBRAPA, 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias-/noticia/13513757/embrapa-publica-estudo-sobre-bioindicadores-de-qualidade-de-agua-na-producao-de-jundiara-em-tanques-rede> Acesso em: 18 ago 2024.

TORGAN, Lezilda. **Floração de algas: composição, causas e consequências.** Florianópolis, 1989. Disponível em: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUK>

E wi6hf7vyY-  
IAxXxqZUCHUHXKzwQFnoECAwQAQ&url=https%3A%2F%2Fperiodicos.ufsc.br%  
2  
2  
Findex.php%2Finsula%2Farticle%2Fdownload%2F22299%2F20259&usg=AOvVaw  
0 2vAIAbMLF\_Fouul\_wRGBP&opi=89978449. Acesso em: 23 ago 2024.

VALENTE, José Pedro Serra; PADILHA, Pedro de Magalhães; SILVA, Assunta Maria Marques da. **Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no ribeirão Lavapés/Botucatu – SP.** UNESP, 1997. Disponível em: <https://revista.iq.unesp.br/ojs/index.php/ecletica/article/view/608>. Acesso em: 12 jun 2025.

VALÉRIO, Lucas; RODRIGUES, Alice. **TILAPICULTURA: perspectivas e produção em tanques-rede.** FATECTQ, 2021.  
Disponível em:  
<https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/1260> Acesso em: 27 ago 2024.

VINATEA, Luis. **Aquicultura: Evolução Histórica. Paronama da aquicultura,** 1995. Disponível em: <https://panoramadaaquicultura.com.br/aquicultura-evolucao-historica/> Acesso em: 16 ago 2024.

ZATELLI, Katucia Sandra. **Bioindicadores: Conceito e Aplicação.** MataNativa, 2019. Disponível em: [matanativa.com.br/bioindicadores-conceito-aplicacao/](http://matanativa.com.br/bioindicadores-conceito-aplicacao/). Acesso em: 02 set 2024.