

**CONTRIBUIÇÃO DA POLUIÇÃO FÍSICA, QUÍMICA E  
BIOQUÍMICA NAS ÁGUAS DO RIO DO PEIXE PELO AFLUENTE  
RIO DO TIGRE**

# **Dissertação**

**José Carlos Azzolini**

**2002**

Universidade Federal de Santa Catarina  
Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção

**Contribuição da Poluição Física, Química e  
Bioquímica nas Águas do Rio do Peixe Pelo Afluente  
Rio do Tigre**

Dissertação Submetida à Universidade Federal de Santa  
Catarina para Obtenção do Grau de Mestre em  
Engenharia de Produção

**José Carlos Azzolini**

**FLORIANÓPOLIS, 14 de Maio de 2002**

Contribuição da Poluição Física, Química e  
Bioquímica nas Águas do Rio do Peixe Pelo  
Afluente Rio do Tigre

**José Carlos Azzolini**

Essa Dissertação foi Julgada Adequada para a Obtenção do Título de

**Mestre em Engenharia**

Especialidade em Engenharia de Produção, Área de Concentração Gestão  
Ambiental e Aprovada em sua Forma Final pelo Programa de Pós Graduação  
em Engenharia de Produção.

---

Sebastião Roberto Soares, Dr.  
Orientador

---

Prof. Ricardo Miranda Barcia, Ph.D  
Coordenador do Curso

**Banca Examinadora**

---

Prof. Bruno Szpoganicz, Ph.D

---

Prof. José Carlos Silveira de Oliveira, Dr.

---

Prof<sup>a</sup> Elivete Prim, Ms

À Márcia e Tainá  
com amor.

## **AGRADECIMENTOS:**

- A FUNCITEC, pelo apoio financeiro ao desenvolvimento da dissertação;
- Ao Campus de Joaçaba da UNOESC, pelo apoio financeiro;
- Ao programa de Pós – Graduação em Engenharia de Produção da UFSC pela oportunidade de realizar o curso;
- Ao professor Sebastião Roberto Soares, pela orientação à pesquisa em sua fase inicial, em especial por ajudar-me a estruturá-lo adequadamente;
- Aos dirigentes e professores do Centro Tecnológico e do Campus de Joaçaba da UNOESC, por proporcionar as condições necessárias para desenvolver a dissertação;
- A FATMA, pelo apoio no fornecimento de dados;
- A SIMAE, pelo apoio no desenvolvimento da parte experimental do trabalho;
- Às prefeituras dos municípios de Joaçaba, Herval D'Oeste e Luzerna, pelo apoio financeiro ao desenvolvimento do trabalho;
- Aos amigos Joi, Maliska, Ferreira, Angelo, Douglas, Júlio, Jairo, Jonas, Deon, José Bonato, Rosani, pelo apoio durante o desenvolvimento do trabalho.

## SUMÁRIO

SUMÁRIO .....	vii
GLOSSÁRIO DE SIGLAS, EXPRESSÕES E TERMOS .....	ix
RESUMO .....	x
ABSTRACT.....	xi
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1 Problema de Pesquisa .....	3
1.2 Objetivos.....	3
1.3 Hipóteses de Pesquisa.....	4
1.3.1 Hipótese Geral.....	4
1.3.2 Hipóteses Específicas.....	4
1.4 Delimitações do Trabalho.....	4
1.5 Estrutura do Trabalho.....	5
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>6</b>
2.1 Poluição das Águas.....	6
2.1.1 Conceitos básicos.....	6
2.1.2 Conseqüências da Poluição.....	12
2.1.3 Poluição da água e saúde humana.....	14
2.1.4 Doenças relacionadas com a poluição da água .....	15
2.1.5 Formas de poluição .....	17
2.2 Classificação das Poluições.....	17
2.2.1 Poluição física.....	17
2.2.2 Poluição química.....	19
2.2.3 - Poluição bioquímica .....	20
2.3 Parâmetros de Qualidade da Água.....	21
2.3.1 - Parâmetros físicos.....	21
2.3.2 Parâmetros químicos.....	24
2.4 Utilização dos Parâmetros.....	36
2.5 Requisitos e Padrões de Qualidade da Água.....	37
2.5.1 - Requisitos de qualidade .....	37
2.5.2 Padrões de qualidade.....	38

2.5.3 Padrões de lançamento no corpo receptor.....	38
2.5.4 Padrões de potabilidade .....	39
2.6 Quantificação das Cargas Poluidoras.....	40
3. METODOLOGIA .....	42
4. RESULTADOS E ANÁLISES DE DADOS.....	53
4.1 Cor.....	53
4.2 - Turbidez.....	54
4.3 Alcalinidade.....	55
4.4 Dureza.....	57
4.5 Cloretos.....	58
4.6 Nitrogênio Total.....	59
4.7 - pH.....	61
4.8 Oxigênio Dissolvido.....	62
4.9 DQO.....	63
4.10 DBO5 .....	65
4.11 Sólidos Totais .....	67
4.12 Sólidos Fixos .....	68
4.13 Sólidos Voláteis.....	69
4.14 Oxigênio Consumido em Meio Ácido ( OC ) .....	71
4.15 Média Dos Parâmetros Obtidos Em Relação Aos Padrões Do CONAMA .....	72
4.16 Relação Entre Parâmetros Analisados e Vazões Médias dos Rios .....	74
4.17 Carga Poluidora dos Rios.....	76
4.18 Análise de Custos de Tratamento de Água .....	78
4.19 Custos com Reagentes Químicos .....	78
4.20 Elevação das Cargas Poluidoras e Influência nos Custo com Reagentes.....	81
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	87
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	89
7. BIBLIOGRAFIA .....	91
8. ANEXOS .....	94



## GLOSSÁRIO DE SIGLAS, EXPRESSÕES E TERMOS

pH – Potencial Hidrogeniônico.

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio.

DQO – Demanda Química de Oxigênio.

OD – Oxigênio Dissolvido.

COT – Carbono Orgânico Total.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente.

UH – Unidade Hazen – Padrão de Platina – Cobalto.

UT – Unidade de Turbidez – Unidade de Jackson ou Nefelométrica.

FATMA – Fundação de Amparo à Tecnologia e ao Meio Ambiente.

SIMAE – Sistema Intermunicipal de Água e Esgoto.

FUNCITEC – Fundação de Ciência e Tecnologia do Estado de Santa Catarina.

UNOESC – Universidade do Oeste de Santa Catarina.

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina.

NH<sub>3</sub> – Gás Amônia

CH<sub>4</sub> – Gás Metano

N<sub>2</sub> – Nitrogênio Molecular

NO<sub>2</sub> – Íons Nitritos

NO<sub>3</sub> - Íons Nitratos

CaCO<sub>3</sub> – Carbonato de Cálcio

NaCl – Cloreto de Sódio

Fe – Ferro

Mn - Manganês

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> - Ácido Sulfúrico

O<sub>2</sub> – Oxigênio Molecular

NaOH – Hidróxido de Sódio

AgNO<sub>3</sub> - Nitrato de Prata

H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> - Ácido Oxálico

KI – Iodeto de Potássio

ST – Sólidos Totais

STV –Sólidos Totais Voláteis

STF – Sólidos Totais Fixos

## RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo experimental relacionado com a contribuição das poluições física, química e bioquímica nas águas do Rio do Peixe, ocasionadas pelas cargas poluidoras do seu afluente Rio do Tigre e esgotos domésticos clandestinos existentes na área em estudo.

A partir desta avaliação, o trabalho procura avaliar os custos envolvidos com reagentes químicos utilizados no tratamento de potabilização das águas do Rio do Peixe, na perspectiva de comparar custos de remediação (tratamento da água) com os custos de prevenção (tratamento do esgoto).

A principal conclusão deste trabalho é que o afluente Rio do Tigre influencia no acréscimo da carga poluidora do Rio do Peixe, com um percentual de 1,11% em relação à média dos parâmetros analisados e os esgotos clandestinos contribuem com um acréscimo em percentual de 98,89% , ocasionando um aumento de 49,89% em média nos custos com reagentes químicos, utilizados no tratamento das águas do Rio do Peixe, pela estação de tratamento do SIMAE, acima das desembocaduras dos mesmos.

Palavras chave: Poluição, Águas e Custos

## **ABSTRACT**

This work presents an experimental study related with the contribution of the physical, chemical and biochemist pollutions in the waters of the Peixe's River, caused by the polluting loads of its affluent, the Tigre's River and existing clandestine domestic sewers in the area in study.

From this evaluation, the work intends to evaluate the involved costs with chemical reagents used in the handling of potability of the Peixe's River waters, in the perspective to compare remediation costs (water treatment) with the prevention costs (sewer treatment).

The main conclusion of this work is that the affluent of the Tigre's River influences in the upgrade of the polluting load of the Peixe's River, with a percentage of 1.11% in relation to the average of the analyzed parameters and the clandestine sewers contribute with an upgrade in percentage of 98.89% in the polluting, causing an increase of 49.89% in average in the costs with chemical reagents, used in the handling in the waters of the Peixe's River, by the treatment station of SIMAE, above of its conflux.

**Key Words:** Pollution, Waters and Costs

## 1. INTRODUÇÃO

A região oeste e meio oeste do estado de Santa Catarina é formada por mais de 100 municípios. Ela teve projetos de colonização organizados e bem sucedidos que resultaram na formação de núcleos urbanos prósperos e deram origem a um parque industrial voltado para o setor agro-industrial, o que responde por aproximadamente 30% das exportações catarinenses.

O setor agro-industrial, mais especificamente as indústrias de alimentos, no contexto estadual, ocupa o 1º lugar na produção de frangos e suínos, e responde por aproximadamente 90% das exportações de suínos e 60% das de frango do Brasil.

Destacam-se, também na região, as indústrias de papel e celulose e as indústrias de ração.

A intensa atividade nestes setores faz com que haja uma produção de grandes volumes de efluentes que, por serem inesgotáveis, tornam-se um sério problema para os órgãos responsáveis pela limpeza pública, haja vista que, diariamente, grandes volumes desses efluentes são descartados no meio urbano e não têm um destino final adequado. Soma-se a isto o fato de que a escassez de recursos técnicos e financeiros vêm limitando os esforços no sentido de ordenar a disposição desses resíduos, o que faz com que estes sejam lançados diretamente no solo e nos recursos hídricos. Isso, por sua vez, acarreta a poluição do meio ambiente e reduz a qualidade de vida do homem dessas regiões.

Para agravar mais a situação, observa-se que as populações destas regiões estão crescendo em ritmo acelerado. Tem ocorrido uma expansão gradativa da industrialização, gerando, conseqüentemente, maiores quantidades de alimentos e bens de consumo e, também, consideráveis massas de efluentes de naturezas diversas. O não tratamento dessas massas pode contribuir significativamente para a degradação da biosfera, originando uma queda ainda maior da qualidade de vida nas regiões Oeste e Meio Oeste do Estado de Santa Catarina e, também, no nosso planeta.

Na região meio oeste se encontra a bacia do Rio do Peixe, sendo ela de extrema importância para a região, pois, a mesma é fonte de abastecimento de água de vários municípios localizados na região do meio oeste do estado. Por esse motivo, a mesma é bastante visada com relação à qualidade de suas águas.

Conforme FATMA (1985), o Rio do Peixe nasce na Serra do Espigão, no município de Matos Costa, a uma altitude de 1150 m, percorre uma extensão de 290 km e desemboca no Rio Uruguai com uma cota de 350 m. possui vários afluentes, sendo os principais os rios do Bugre, Quinze de Novembro, São Bento, Estreito, Tigre, Pato Roxo, Pinheiro pela margem direita e os rios Cerro Azul, das Pedras, Castelhana, Caçador, Bonito, do Veado e Leão pela margem esquerda. Entre as cidades da bacia, destacam-se: Caçador, Videira, Tangará, Herval D'Oeste, Joaçaba, Capinzal e Ouro.

O uso das águas da Bacia do Rio do Peixe é múltiplo e continua sendo uma necessidade. Seu uso inadequado para diluição de despejos, pode comprometer praticamente todos os usos, a saber: abastecimento público, matéria-prima para a indústria, fonte de proteínas, recreação, irrigação e dessedentação de animais, com exceção de transporte e geração de energia.

Alguns problemas de usos múltiplos da água já são observados na bacia. Assim, por exemplo, os municípios de Caçador, Videira, Herval D'Oeste, Joaçaba, Ouro e Capinzal tem captação em operação no Rio do Peixe, o qual também recebe, nestes trechos, despejos de resíduos industriais e domésticos, por meio direto ou por intermédio de seus afluentes, sendo um dos principais o Rio do Tigre.

O Rio do Tigre nasce no município de Catanduvas –SC. É afluente do Rio do Peixe na área urbana da cidade de Joaçaba. Sua bacia possui uma área de 58,55 km<sup>2</sup>, com extensão de 29,6 km. Em sua trajetória recebe efluente doméstico e industrial e, além disso, possui em suas margens um lixão a céu aberto, que recebe resíduos de qualquer natureza, provenientes de três cidades vizinhas: Joaçaba, Herval D'Oeste e Luzerna. Através da percolação de água e da decomposição desses resíduos, ocorre a formação de chorume (líquido de cor negra), que tem como destino o Rio do Tigre e, posteriormente, o Rio do Peixe.

A Figura 1.1, mostra a localização da bacia hidrográfica do Rio do Peixe e do respectivo afluente Rio do Tigre no contexto do estado de Santa Catarina:

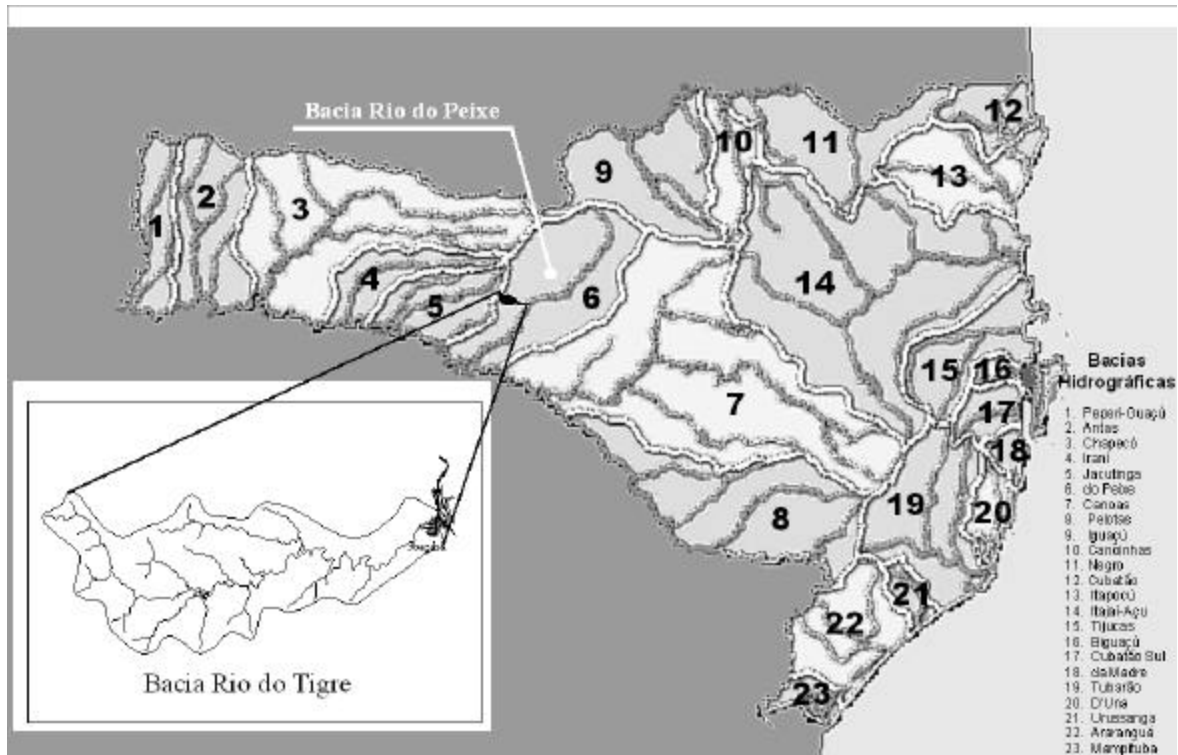


Figura 1.1- Bacias Hidrográficas do Estado de Santa Catarina

Fonte: Adaptado do CD "Bacias Hidrográficas do Estado de Santa Catarina" SDM (Secretaria de Desenvolvimento Urbano e do Meio Ambiente), Governo de Santa Catarina.

### 1.1 Problema de Pesquisa

Qual é a influência na poluição física, química e bioquímica nas águas do Rio do Peixe pelo afluente Rio do Tigre, e quanto isso pode representar nos custos de tratamento das águas?

### 1.2 Objetivos

#### **Geral**

Identificar e caracterizar, por meio de análises físico-químicas, a intensidade de poluição física, química e bioquímica das águas do Rio do Peixe causada pelo afluente Rio

do Tigre. De posse das análises, verificar quanto isso pode representar na perspectiva de comparar custos de remediação com custos de prevenção no tratamento das águas para consumo doméstico e industrial.

### **Específicos**

Definir os parâmetros que caracterizam as poluições física, química e bioquímica do Rio do Peixe.

Definir um procedimento de avaliação do impacto econômico da poluição do Rio do Tigre sobre o tratamento das águas do Rio do Peixe.

## 1.3 Hipóteses de Pesquisa

### 1.3.1 Hipótese Geral

A contaminação do Rio do Tigre tem influência na qualidade e nos custos de tratamento das águas do Rio do Peixe.

### 1.3.2 Hipóteses Específicas

1 – Os parâmetros de qualidade da água que identificam a influência na contaminação das águas do Rio do Peixe pelo afluente Rio do Tigre são de caráter químicos, físicos e biológicos.

2 – Os custos com reagentes químicos utilizados em tratamentos da água do Rio do Peixe, são significativamente superiores em pontos de captação abaixo da desembocadura do afluente Rio do Tigre.

## 1.4 Delimitações do Trabalho

1 – O trabalho desenvolvido se resume em análises da influência da poluição física, química e bioquímica somente do afluente Rio do Tigre no Rio do Peixe.

2 – As análises físico-químicas se resumem a alguns parâmetros como: cor, turbidez, temperatura, alcalinidade, pH, dureza, cloretos, nitrogênio total, sólido

totais, sólido fixos, sólido voláteis, oxigênio dissolvido, demanda química de oxigênio e demanda bioquímica de oxigênio. Não foram analisados os parâmetros relacionados com micropoluentes orgânicos, inorgânicos e com microorganismos.

- 3 – Na questão dos custos de tratamento das águas, considerou-se somente os custos com reagentes químicos.
- 4 – As análises físico-químicas foram desenvolvidas em um período de três meses (agosto, setembro e outubro do ano de 2000).

### 1.5 Estrutura do Trabalho

Esta dissertação está estruturada em cinco capítulos. Neste primeiro, são apresentados a justificativa, o problema de pesquisa, os objetivos, os limites e a estruturação do estudo.

No segundo capítulo, é apresentada uma fundamentação teórica para o tema proposto;

No capítulo terceiro, é apresentada a metodologia utilizada para que os objetivos propostos sejam atingidos;

O capítulo quarto, por sua vez, apresenta os resultados e análises em formas de tabelas e gráficos dos dados obtidos experimentalmente para os parâmetros de qualidade da água, apresenta também, os custos relacionados com os reagentes químicos utilizados no tratamento da água do Rio do Peixe e pelo SIMAE estação de tratamento do município de Joaçaba S.C. Além dos dados experimentais, também são apresentadas as discussões dos resultados encontrados.

Finalmente, no quinto capítulo são apresentadas as conclusões do estudo e recomendações para pesquisas complementares a esta.



## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, são apresentados os fundamentos teóricos necessários para o desenvolvimento e compreensão do trabalho experimental proposto. Como por exemplo: conceitos básicos de poluição das águas associadas a vários autores, conseqüências da poluição, poluição da água e saúde humana, doenças relacionadas com a poluição das águas, conceitos de poluição física, química e bioquímica, parâmetros de qualidades da água, utilização dos parâmetros, requisitos e padrões de qualidade das águas, quantificação das cargas poluidoras e outros.

### 2.1 Poluição das Águas

#### 2.1.1 Conceitos básicos

Segundo Caicedo (1998), contaminantes são solutos dissolvidos ou líquidos não aquosos que entram de alguma maneira, na água, como conseqüência das atividades humanas. Os contaminantes são originários a partir de muitas fontes; imaginar que possam ter origem numa só fonte é quase impossível.

Conforme Vernier (1998), não existe uma, mas formas múltiplas de poluição das águas, entre elas destaca-se:

a) A poluição orgânica – sendo esta a primeira a preocupar os poderes públicos; a que é despejada não só pelas cidades, mas também, por grande número de indústrias mais ou menos “naturais”, como fábricas de papel ou indústrias agroalimentares (os últimos representam sozinhos 42% dos dejetos orgânicos industriais). Às vezes, a opinião pública tem dificuldades em compreender que os dejetos de leite, de açúcar ou de cerveja são nocivos para um rio; afinal, os peixes alimentam-se do efluente de uma leitaria! Isso é esquecer de que, uma vez despejadas no rio, essas matérias orgânicas vão ser “devoradas”, “degradadas” pelas bactérias do rio: melhor existe, por assim dizer, uma autodepuração. As bactérias, porém, para “comer” a poluição, tem igualmente necessidade de oxigênio. Poluição demais para “comer” acarreta então um consumo maciço de oxigênio do curso de água, que mata os animais aquáticos, não por toxicidade, mas por asfixia.

b) A poluição tóxica – esta mata diretamente, por toxicidade, ao contrário da poluição orgânica que, como vimos, mata por asfixia. É claro que ela é provocada

exclusivamente pela indústria e principalmente pelas indústrias químicas. Na química, não falta produtos tóxicos inclusive os metais pesados, e em indústrias metalúrgicas como exemplo, os múltiplos banhos nos quais se mergulham os metais para decapá-los, cromá-los, etc. não são muito amigáveis provocando uma considerável poluição ao meio.

É o caso principalmente de metais pesados (chumbo, cádmio, cromo, mercúrio, que provocam riscos neurológicos) de inseticidas ou herbicidas (principalmente o famoso DDT), etc.

Esses produtos tóxicos de longo prazo podem contaminar as águas diretamente por dejetos na água, por transporte atmosférico por longas distâncias (alguns dos produtos como os pesticidas ou o mercúrio, são bem voláteis) ou por lixiviação de solos ou de vegetais contaminados (caso dos pesticidas). A infiltração de pesticidas agrícolas nas águas subterrâneas tornou-se, aliás, no limiar dos anos 90, uma grande preocupação para produtores de água potável. Quando a origem de uma poluição é difusa a esse ponto (e não localizada em algumas fábricas ou algumas descargas de dejetos perigosos).

c) As “matérias em suspensão” – as águas podem ser carregadas de partículas devidas ou à erosão natural ou dejetos artificiais das cidades ou indústrias. As matérias em suspensão podem criar uma poluição estética (turvação da água), perturbar a vida dos peixes, e algumas dessas matérias em suspensão podem contribuir para a poluição orgânica ou para a poluição tóxica.

d) As matérias nutritivas (nitratos, fosfatos) – os nitratos e os fosfato na água tornaram-se uma grande preocupação. É bem curioso, a priori que essas matérias “nutritivas” possam ser consideradas como uma “poluição”. São, contudo, responsáveis pela eutrofização das águas dos rios lentos, dos lagos e dos mares. De fato, o excesso de nutrientes favorece uma proliferação e até uma “explosão” de algas, que logo se decompõem, consumindo enormes quantidades de oxigênio. Sem oxigênio, a água torna-se a sede de fermentações e putrefações. Os fundos dos lagos, os fundos marinhos, morrem: uma morte por explosão da vida.

e) A poluição bacteriana – é aquela cuja conseqüência sanitária saltam aos olhos com maior rapidez, ou seja, são águas contaminadas por algum tipo de bactéria. Sendo assim, embora os riscos das águas para beber tenham sido praticamente afastadas em países industrializados, substituem dois outros riscos bacteriológicos: nas águas para banho e quanto os frutos do mar.

f) A poluição térmica – grande parte das águas utilizadas pelas indústrias são águas de resfriamento que em seguida, são jogadas fora, quentes. Quanto às centrais elétricas, jogam inevitavelmente calor na atmosfera ou na água. Esse aquecimento das águas pode ter duas conseqüências:

- Uma conseqüência direta sobre a vida de certas espécies vegetais e animais;
- Uma atividade bacteriana mais intensa e, por tanto, um maior consumo de oxigênio (vê-se muitas vezes, nos períodos de muito calor, peixes de barriga para cima no rio asfixiado, vítimas do calor).

Conforme Sperling (1995), a poluição das águas é a devida adição de substâncias ou formas de energia que diretamente alteram a natureza do corpo d'água de uma maneira tal que prejudique os legítimos usos que dela são feitos.

Esta definição é essencialmente prática e, em decorrência, potencialmente polêmica, pelo fato de associar a poluição ao conceito de prejuízo a aos usos do corpo d'água, conceitos esses atribuídos pelo homem. No entanto, esta visão prática é importante, principalmente ao analisar as medidas de controle para redução da poluição. Enquanto, Pessoa (1995), diz que, a poluição dos corpos de água se dá pelo lançamento indiscriminado dos esgotos sem tratamento, podendo causar vários inconvenientes.

Conforme o mesmo autor, estes inconvenientes se apresentam com maior ou menor importância, de acordo com efeitos adversos que podem causar aos usos benéficos das águas. Assim, a poluição causada aos corpos d' águas pelo lançamento de esgotos sem tratamento, ou apenas parcialmente tratados, é função das alterações da qualidade ocasionadas no corpo receptor, e das implicações relativas às limitações aos usos da água. Já, Karl e Klaus (1985), conceituam poluições das águas, como sendo poluições equivalentes, causadas por substâncias tóxicas, como por exemplos: sais, ácidos e outras que podem causar prejuízos aos cursos de águas ou custos operacionais nas estações de tratamento conjuntas.

Segundo SUPREN (1977), os poluentes das águas, podem ocorrer de várias formas, incluindo desde os óleos, sólidos flutuantes e graxas, que são os sinais mais visíveis de poluição, até aqueles que não podem ser descobertos por uma simples inspeção visual.

Conforme Branco (1986), etimologicamente, poluir significa sujar; sujidade (derivado do latim, polluere e pollutus). Dificilmente se poderia, entretanto, para fins práticos, estabelecer uma classificação das águas baseadas em grau de sujidade. Não se

pode estabelecer uma unidade padrão desse fator, simplesmente porque ele pode ser devido a diferentes causas, de diversas naturezas. Além disso, o cheiro de ovos podres, característico da presença do gás sulfídrico ou de mecaptanas em uma água perfeitamente límpida, seria considerada sujidade? A presença de isótopos radioativos, nociva à saúde humana, mas imperceptível aos nossos sentidos, seria qualificada por essa classificação? A presença de vírus e outros organismos altamente patogênicos, como figurariam em relação aos padrões estabelecidos? A Primeira idéia que se tem e que é possivelmente a idéia historicamente mais primitiva, com relação ao fenômeno da poluição, é a de que esta se refere ao lançamento de dejetos humanos ou dos produtos de suas atividades industriais à água; essa poluição se manifesta através, principalmente, de uma alteração da cor, transparência, sabor e odor das águas. Mananciais que não possuíssem essas características desagradáveis, não seriam considerados poluídos e essa concepção leva, ainda hoje, algumas pessoas a preferir abastecer-se de águas de nascentes ou poços, cristalinas, porém, muito freqüentemente, contaminadas por infiltrações de fossas negras situadas nas vizinhanças, a utilizar-se de um rio ou mesmo de águas distribuídas pelas empresas de saneamento, através de redes de águas.

Conforme Branco (1986), o termo poluição não exprime um conceito absoluto. De acordo com Coulson e Forbes *apud* Branco (1986), pode ser definido, juridicamente, como “adição de qualquer coisa à água que altere suas qualidades naturais de tal modo que o vizinho a jusante não receba, em condições naturais, as águas que lhe são transmitidas”. Hynes *apud* Branco (1986), critica essa definição dizendo ser impossível prever que ou quais são as qualidades naturais de um rio. Além disso, quaisquer atividades humanas desenvolvidas nas proximidades ou em relação com a água, tais como irrigação, derrubada ou queima das matas adjacentes, etc., alteram as suas características originais nem sempre podendo, entretanto, tais atividades, ser condenadas como poluidoras. Klein *apud* Branco (1986), é de opinião de que uma definição científica de poluição deve cingir-se mais à impureza introduzida, num dado momento, em um curso d’ água, do que o ato de introduzi-la e sugere a seguinte: poluição é “quaisquer ato que cause ou induza características indesejáveis em qualquer curso d’água e afete, de maneira nociva, qualquer uso ou usos que normalmente se possa fazer do líquido”.

Hawkes *apud* Branco (1986), define biologicamente a poluição, como sendo o lançamento, ao curso d’água, de substâncias que alterem consideravelmente a composição ou distribuição das populações aquáticas, através da modificação de quaisquer fatores

ecológicos como: composição química e física da água, natureza do leito e, correnteza. Tal definição não leva em conta a utilização que se possa fazer da água. Não é uma definição sanitária e sim ecológica; se tomada como base, para estudos sanitários, toda e qualquer alteração verificada na comunidade biótica de um curso d'água deveria ser interpretada como denunciadora de poluição e, provavelmente, toda espécie animal ou vegetal surgida no meio, após uma dessas modificações, entraria para a lista dos indicadores de poluição. Essa definição encerra pois, do ponto de vista da saúde pública, os mesmos inconvenientes da de Coulson e Forbes, Isto é, considera como agentes de poluição, uma série de atividades que, na verdade, não prejudicam sanitariamente a qualidade da água. Essa representa uma oposição á antiga tendência, também falha, de se considerar como fatores de poluição apenas a matéria orgânica ou os patogênicos presentes.

Conforme Leme (1984), a água quimicamente pura não existe na superfície da terra e a expressão água é corretamente sinônima de água potável.

Quando se apresenta com organismos potencialmente patogênicos ou contém substâncias tóxico-venenosas que a tornam perigosa para o consumo humano, a água é considerada contaminada. Quando se apresenta com determinadas substâncias e em quantidades tais que afetam a sua qualidade, prejudicando a sua utilização ou a tornam repulsiva aos sentidos da visão, paladar ou olfato, ela é denominada poluída. É claro que a contaminação pode acompanhar a poluição. Ainda, conforme Leme, as impurezas da água são os agentes da poluição e contaminação e podem se classificar em:

- Impurezas em suspensão, compreendendo: algas, protozoários, fungos, vírus, vermes, larvas, bactérias, areia, silte e argila ;
- Impurezas no estado coloidal, compreendendo: corantes, sílica e vírus;
- Impurezas dissolvidas, compreendendo: sais de cálcio e magnésio, sais sólidos, óxidos de ferro e manganês, chumbo, cobre, zinco, arsênio, selênio, boro, iodo, flúor, compostos fenólicos, substâncias albuminóides e amoniacais, nitritos, nitratos e gases.

Conforme Cécillon (1996), a poluição das águas são várias as fontes de poluição. A poluição doméstica, oriunda das residências e dos prédios onde as pessoas trabalham; a poluição industrial, gerada pelas fábricas e usinas, sob forma de gases, vapores, efluentes líquidos e lixo sólidos, atingindo o ar atmosférico, os recursos hídricos e os solos; a poluição agrícola, decorrente, sobretudo, do uso de inseticidas, herbicidas, praguicidas e outros aditivos químicos utilizados nos campos; a poluição devido a fenômenos naturais, como por exemplo à deposição de cinzas originárias de

vulcões em erupção. Conforme o mesmo autor, ainda pode-se definir os tipos de poluições citados anteriormente como: 1<sup>o</sup> – poluição doméstica os efluentes originários do próprio homem na satisfação de suas necessidades corporais, é em geral, veiculada pela rede sanitária, até a estação de tratamento, ou até o corpo receptor (mancial) quando inexistente a estação. Sendo essa caracterizada, basicamente por:

- Coliformes fecais;
- Fortes teores de materiais orgânicos;
- Sais minerais (nitrogênio, fósforo e outros); e
- Detergente.

2<sup>o</sup> – poluição industrial, como sendo as atividades industriais, em geral, poluente. Por mais que a fábrica adote medidas e práticas preventivas contra a poluição que seu processo produtivo pode gerar, é difícil dissociar os termos industriais e poluição. São incontáveis as situações que geram contaminação dos recursos hídricos pela atividade industrial. Apesar da crescente tomada de consciência, e dos inegáveis esforços, em quase todo o mundo, por parte dos industriais, em assegurar que a indústria não contamine o meio ambiente. A poluição industrial é caracterizada por:

- Materiais orgânicos e gorduras (indústrias agroalimentares);
- Hidrocarbonetos (refinarias);
- Metais (tratamento de superfícies, metalurgia);
- Ácidos, bases, produtos químicos diversos (indústrias químicas) de curtimento, de alimento;
- Água quente (circuitos de refrigeração dos centrais térmicas) e materiais radioativos (centrais nucleares, tratamento de dejetos radiativos).

3<sup>o</sup>- poluição agrícola: é uma atividade capaz de poluir a água, não apenas fazendo carregar sólidos em suspensão como também, por meio de organismos vivos e agentes químicos. Os sólidos em suspensão são oriundos, em geral, de processos de erosão causados pelas atividades de arar, lavrar, terraplenar, desflorestar, quando mal executados.

Os elementos químicos têm origem, principalmente, da aplicação de aditivos como fungicidas, herbicidas e outros produtos fito-sanitários aplicados na agricultura. Alguns desses compostos se fixam no solo e seu efeito em longo prazo não chega a ser adequadamente conhecido. Todavia, uma certa-fração dessas substâncias chega, por lixiviação, as massas d'água e, dependendo de sua concentração, pode oferecer perigo ao

uso dos recursos hídricos. A poluição agrícola também, pode ser procedente da fermentação, ou de culturas, caracterizadas por:

- Fortes teores de sais minerais (nitrogênio, fósforo e potássio);
- Produtos químicos diversos dos aditivos utilizados para a proteção das culturas.

4<sup>o</sup>- poluição devido a fenômenos naturais, é a poluição decorrente de fenômenos naturais causadas pela erupção de vulcões, por vazamentos submarinos de Hidrocarbonetos, além do contato com filons geológicos (metano e arsênicos) e pelas fontes termo minerais.

Conforme ASA (1999), a água no seu estado natural reúne um certo número de características de qualidade, que lhe são conferidas através de processos naturais, não influenciados pela contaminação por resíduos gerados nas atividades humanas. O desenvolvimento industrial, o crescimento demográfico, levam à procura de cada vez maiores quantidades de água de qualidade para a satisfação das suas necessidades. A água revela-se, pois, como um fator condicionante do desenvolvimento de inúmeras atividades humanas, provocando a produção de resíduos e conseqüentemente contaminação/poluição. Sempre que uma água apresenta quantidades de determinadas substâncias fora de determinados limites, torna-se imprópria para os fins em que normalmente é utilizada.

Estas condições podem ser, por exemplo, resultantes de um lançamento de um efluente (fonte pontual) ou por escorrências de terrenos agrícolas onde foram utilizados produtos químicos (fonte não pontuais ou difusas). Esta situação de poluição pode ser monitorada com relativa facilidade, através dos resultados de análises físicos e químicos. Conforme o mesmo autor, quando se pretende um conhecimento mais profundo da evolução dos meios receptores, sob o ponto de vista da qualidade da água, é necessário realizar, além de análises físico-químicos, análises microbiológicas e biológicas, cujos os resultados são expressos em qualidade e quantidade de organismos presentes.

### 2.1.2 Conseqüências da Poluição

Conforme Cécillon (1996), as conseqüências da poluição podem ser agrupados da seguinte forma:

- Sanitárias, que tem relação direta com a saúde do homem;
- Ecológicas, que guardam relação direta com a degradação do meio ambiente;
- Estética, relacionados com a necessidade de reparação do meio ambiente.

As conseqüências ecológicas são aquelas relacionadas com a degradação do meio ambiente, dando conotação relativa à degradação de meio biológico (meio biótico).

Ocorre, sobretudo, com as seguintes atividades: (i) pesca; (ii) aqüicultura; (iii) turismo; (iv) passeios, lazer e recreação.

A poluição, além de causar conseqüências sanitárias importantes, também perturba a imagem do meio ambiente, principalmente com:

- garrafas plásticas, sacos, etc.
- betume descartado;
- efeito sobre o gosto da água, dentre outras.

Estas são chamadas conseqüências estéticas mais perceptíveis do grande público. Já, conforme Branco (1986), a poluição exerce uma conseqüência geralmente deletéria sobre grande parte dos organismos que vivem em uma massa d'água. Haja vista o grande número de peixes que morrem em rios que recebem forte contribuição em esgotos ou quantidades relativamente pequenas de substâncias empregadas como herbicidas, fungicidas ou inseticidas na agricultura. A morte de peixes constitui o efeito biológico mais visível da poluição dos cursos d'águas. Entretanto, além da morte destes, ocorre também a destruição em massa de grande número de outros organismos e microrganismos, cuja ausência passa despercebida.

Por outro lado, entretanto, pode surgir, ocupando lugar desses organismos, uma nova flora e fauna constituídas por organismos resistentes às novas condições estabelecidas no meio. Se essas novas condições se relacionarem à falta de oxigênio, surgem organismos anaeróbicos ou que, providos de estruturas especiais, possam captar ar onde ele exista; relacionando-se á presença de substâncias, tóxicas, orgânicas ou minerais, surgem organismos resistentes até mesmo ao gás sulfídrico, como é o caso de certas sulfobactérias, como *Beggiatoa*; se houver um aumento de temperatura, podem aparecer certas algas que vivem perfeitamente bem até a 70<sup>0</sup>C. Com toda certeza, o número de espécie de viver bem nas condições tão adversas apresentadas pelas águas poluídas, é muito menor do que vivem nos ambientes normais ou naturais. Portanto, as águas poluídas, ao contrário das águas não poluídas, tendem a apresentar pequeno número de espécies, as quais, estando livres de concorrentes e dispendo de grandes quantidades de alimentos no meio, tendem a reproduzir-se rapidamente, desenvolvendo um grande número de indivíduos. Essa regra geral pode sofrer exceções, como no caso, por exemplo, da presença de tóxicos muito poderosos e não seletivos, que destroem todas as espécies indistintamente.



### 2.1.3 Poluição da água e saúde humana

Conforme Cécillon (1996), há vários parâmetros caracterizadores da poluição dos recursos hídricos. Os mais notáveis são os seguintes: temperatura, pH, mineralização, turbidez, sólidos suspensos, coloração, oxigênio dissolvido e potencial de oxi-redução (redox).

Um conceito muito importante sob o ponto de vista de saúde pública é o da toxidez. É importante assinalar que, a presença de determinados produtos tóxicos na água somente é perceptível a olho nu a partir de um certo nível de concentração. Em doses brandas, esses produtos tóxicos podem mesmo ser úteis. É o caso, por exemplo, do selênio e do flúor, este último atuando, em pequenas dosagens, como protetor dos dentes, podendo, no entanto, responder pela chamada fluorose dentária quando presente em condições de elevada concentração.

A manifestação da toxidade pode ser: (i) aguda, causando mortalidade; (ii) sub aguda, sob a qual uma proporção da população pode subsistir; (iii) crônica, causada por doses fracas de produtos tóxicos na água, porém, durante longos períodos.

Conforme o mesmo autor, os tóxicos provocam nos seres humanos certas alterações, as quais podem ser grupadas da seguinte forma:

- Efeitos somáticos;
- Efeitos sobre a capacidade reprodutiva;

Efeitos somáticos, são alterações das funções vegetativas, como a condução nervosa (neuro-tóxicos, inseticidas por exemplo) a função respiratória e as funções de desintoxicação, cumprida pelos rins e pelo fígado.

Efeitos sobre a capacidade reprodutiva, são alterações das funções de reprodução e da descendência em virtude da ação de determinados tipos de agentes tóxicos. Tais efeitos podem se apresentar sob forma de esterilização ou modificação do potencial biótico da espécie, ou ainda sob forma das chamados efeitos tetratógenos, referidos a deformações cogenitais.

Em fim, a poluição da água ataca a saúde humana causando os chamados enfermidade de veiculação hídrica.

Os riscos para a saúde pela ação da poluição da água podem se dar de forma:

- digestiva (água e alimentos);
- cutâneas – respiratória (água recreativa);

- respiratória (aerossóis);
- parenteral (hemodiálise).

#### 2.1.4 Doenças relacionadas com a poluição da água

Conforme Richter (1991), cerca de 80% de todas as doenças que se alastram nos países em desenvolvimento são provenientes da água de má qualidade.

As doenças mais comuns de transmissão hídrica, são as seguintes:

DOENÇAS	AGENTES CAUSADORES
Febre tifóide	Saumonela tifóide
Febres paratífóides	Saumonelas paratífóides (A, B, C)
Disenteria bacilar	Bacilo disentérico
Disenteria amebiana	Entamoeba histolítica
Cólera	Vibrião da cólera
Diarréia	Enterovírus, E.Coli
Hepatite infecciosa	Vírus tipo A
Giardiase	Giárdia Lamblia

Fonte: Richter, 1991

Além desses males, existem ainda os casos que podem ocorrer em consequência da presença na água de substâncias tóxicas ou nocivas. Mais de 40 enfermidades podem ser transmitidas direta ou indiretamente, seja, por contato com águas poluídas, ou por falta de higiene ou ainda devido a vetores que vivem no meio aquático.

Conforme ASA (1999), embora as bactérias patogênicas sejam as mais numerosas, não são os únicos microorganismos patogênicos presentes nas águas residuais e naturais.

Dado que a identificação dos microorganismos patogênicos é difícil e dispendiosa, é habitual considerar a contagem de bactérias coliformes (coliformes totais, coliformes fecais, E.Coli e estreptococos fecais) como um indicador da presença de microorganismos patogênicos e de águas residuais de origem fecal. A presença de coliformes numa água é tomada como uma indicação da possível existência de microorganismos patogênicos. Pelo contrário, a não existência de coliformes é tomada como uma indicação de que a água não contém microorganismos patogênicos.

A tabela 2.1 lista as principais fontes de poluentes, conjuntamente com os seus efeitos poluidores mais representativos.

Tabela 2.1 – Principais agentes poluidores das águas

Poluente	Principais Parâmetros	Fonte					Possível efeito poluidor
		Esgoto			Drenagem superficial		
		Doméstico	Industria	Reutilizados	Urbano	Arquitetura e pastagens	
Sólidos em suspensão	Sólidos em suspensão totais	xxx			Xx	x	- problemas estéticos - depósitos de lodo - adsorção de poluentes - proteção de patogênicos
Matéria orgânica biodegradável	Demanda bioquímica de oxigênio	xxx			Xx	x	- consumo de oxigênio - mortandade de peixe - condições sépticas
Nutrientes	Nitrogênio fósforo	xxx			Xx	x	- crescimento excessivo de algas - toxidade aos peixes (amônia) - doenças em recém nascidos (nitrato) - poluição de água subterrânea
Patogênicas	Coliformes	xxx			Xx	x	- doenças da veiculação hídrica
Matéria orgânica biodegradável	- pesticidas - alguns detergentes - outros					xx	- toxidades (vários) - espumas (detergentes) - redução da transferência de oxigênio (detergente) - não biodegradabilidade - mau cheiro (fenóis)
Metais pesados	- elementos específicos (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn etc)						- toxidade - inibição do tratamento biológico dos esgotos. - Problema na disposição do lado na agricultura - Contaminação da água subterrânea
Sólidos inorgânicos	- sólidos dissolvidos totais - condutividade elétrica			xx		x	- Salinidade excessiva prejuízo as plantações (irrigação) - Toxidade a plantas (alguns íons) - Problemas de permeabilidade do solo (sódio)

Fonte: Sperlig, 1995. Pg. 46.

x = pouco; xx = médio; xxx = muito;      variável

### 2.1.5 Formas de poluição

Segundo (Sperling, 1995) existem basicamente duas formas em que a fonte de poluentes pode atingir um corpo d'água:

- Poluição pontual
- Poluição difusa

Na poluição pontual, os poluentes atingem o corpo d'água de forma concentrada no espaço. Um exemplo é o da descarga em um rio de um emissário transportando os esgotos de uma comunidade.

Na poluição difusa, os poluentes adentram o corpo d'água e são distribuídas ao longo de parte de sua extensão. Tal é o caso típico da poluição veiculada pela drenagem pluvial natural, a qual é descarregada no corpo d'água de uma forma distribuída, e não concentrada em um único ponto.

## 2.2 Classificação das Poluições

Conforme Lima (1991), a poluição das águas pode ser classificada de acordo com os danos causados pela decomposição inadequada de resíduos sólidos, despejos de esgotos domiciliares e industriais nos cursos de águas em:

- Poluição física;
- Poluição Química;
- Poluição Bioquímica;
- Poluição Radioativa;

### 2.2.1 Poluição física

Conforme Lima (1991), os mecanismos de poluição das águas são desenvolvidos a partir do momento em que os resíduos industriais e domésticos são lançados indiscriminadamente nos cursos das águas, como forma de destino final. Tal comportamento pode acionar uma série de problemas físicos que, conseqüentemente, modificarão as condições iniciais do meio. Em geral, as perturbações físicas resultantes deste processo são verificadas na forma de turbidez, na forma de banco de lodo ou sedimentos inertes e nas variações do gradiente de temperatura alta. Além do aspecto

estético negativo, estas perturbações podem trazer impactos mais graves ao meio aquático, como por exemplo, no ciclo vital das espécies, tornando a água biologicamente estéril.

Uma mudança de temperatura relativamente pequena pode dificultar as condições de vida de certos organismos e, por outro lado, favorecer a vida de outras espécies. Como consequência deste fenômeno, pode-se ter o isolamento dos primeiros que, fatalmente, serão eliminados pela espécie mais favorecida. Outra preocupação com o lançamento de despejos industriais, com temperaturas elevadas, é que a vida só pode existir dentro de um gradiente relativamente pequeno. Com exceção dos animais de sangue quente, que desenvolveram mecanismos de controle da temperatura corporal, as espécies restantes, que formam a fauna e a flora aquáticas, são muito sensíveis às mudanças de temperatura.

O aumento da temperatura da água diminui a quantidade de  $O_2$  que ela pode reter em solução. Desta forma, os seres que habitam o meio aquático necessitam consumir maiores volumes de água para conseguir o oxigênio exigido pelo metabolismo.

Mellamby *apud* Lima (1991), cita que um aumento de temperatura da ordem de 5 a 20°C pode resultar no incremento da taxa de metabolismo dos seres aquáticos, elevando com isso a taxa de respiração por um fator de 4, devido à extrema necessidade de  $O_2$ .

O aumento da turbidez também produz modificações na cadeia alimentar das espécies aquáticas, por reduzir a penetração da luz solar vital a estes seres. Existe uma relação de equilíbrio entre a quantidade de energia solar transmitida e o número populacional de microorganismos que formam o Plâncton, que é base da cadeia alimentar. As microalgas absorvem a luz do sol e, pela fotossíntese, transformam esta energia em biomassa. Estas algas são consumidas por espécies maiores que, por sua vez, são predadas por outros elementos, estabelecendo-se assim a cadeia alimentar. A redução da luz solar pela turbidez da água pode diminuir a disponibilidade de alimentos oriundos do meio aquático. Os resultados desta situação podem ser críticos com o passar do tempo, com reflexos diretos na vida do homem.

O aumento da turbidez pode também modificar a vida das espécies reduzindo a visibilidade e dificultando a busca de alimentos, ativando os processos migratórios e os mecanismos de competição, predação e autodefesa, concorrendo para o desaparecimento local de algumas espécies.

### 2.2.2 Poluição química

Conforme Lima (1991) a poluição química dos recursos hídricos naturais surge, principalmente, em função de resíduos industriais como detergentes não biodegradáveis e resíduos tóxicos, e pelo uso intensivo de herbicidas, fungicidas, etc.

Os resultados deste fenômeno podem ser verificados nos próprios locais de despejo ou a determinadas distâncias, dependendo da importância e do regime de contribuições que o efluente receba ou execute. As formas aparentes de revelação deste processo são verificadas através da mudança de coloração das águas, da formação de correntes ácidas, águas duras, águas tóxicas, bem como pela observação do envenenamento de peixes, aves e outros animais, inclusive o homem.

Muito embora já se tenha formado uma consciência geral a respeito dos perigos que as substâncias estranhas estão provocando no meio ambiente, inúmeras indústrias persistem em lançar seus detritos nos recursos hídricos naturais, agravando a cada dia o problema da poluição.

A economia rural também tem sua parcela de contribuição na degradação das águas, uma vez que o uso intensivo de defensivos agrícolas tem contribuído para tal. Embora a maioria destes produtos seja aspergida no ar ou no solo, é para as águas que eles se dirigem após o lançamento, por ação dos mecanismos de precipitação, lixiviação, percolação, arrastamento, etc.

Segundo Ottaway *apud* Lima (1991), quase todos os inseticidas desenvolvidos nestes últimos quarenta anos atuam sobre o sistema nervoso central, a maioria deles pelo bloqueio da função enzima acetilcolinesterase.

A colinesterase tem função catalisante na hidrólise do éster acetilcolina, que é um transmissor químico dos impulsos nervosos, através das junções sinópticas. O bloqueio da função da enzima impede a distribuição do transmissor de impulsos, fazendo com que o nervo eferente se mantenha em contínua excitação. Inseticidas organoclorados, como o DDT, são tóxicos para peixes e outros animais aquáticos. Eles possuem a capacidade de romper a membrana sinóptica, provocando envenenamento. A cadeia alimentar pode também ser comprometida por este processo, pois os compostos são lipossolúveis e facilmente se acumulam nas gorduras do organismo.

Ciente de todos estes problemas é interessante aprofundar cada vez mais a busca de dados que revelem, com maior suporte científico, os possíveis efeitos a médio e longo prazo das concentrações sub-letais de inseticidas, principalmente nas espécies aquáticas.

Os poluentes químicos podem ser orgânicos e inorgânicos. Os orgânicos são os resultantes de despejos municipais, industriais e agrícolas, contendo resinas, carvão, óleos, alcatrão (piche), corantes, detergentes sintéticos e tóxicos orgânicos químicos, como o DDT.

Os poluentes químicos inorgânicos resultam de despejos contendo ácidos, álcois, compostos inorgânicos tóxicos, como, sulfeto de hidrogênio (gás sulfídrico), cloro e também sais solúveis, como: nitratos, cloretos, sulfatos, bicarbonatos, fosfatos e sais metálicos. Os materiais radiativos constituem outra forma de poluição química, decorrentes, principalmente, de fontes de irradiação cujos elementos emissores são radionucleídos naturais ou artificiais.

### 2.2.3 - Poluição bioquímica

Conforme Lima (1991), a primeira consequência da poluição bioquímica é a redução do oxigênio presente na água e, dependendo da intensidade deste processo, muitos danos podem ocorrer, inclusive a completa extinção da fauna e flora aquática.

No caso específico dos resíduos sólidos, as águas das chuvas, percolando através da massa de resíduos, transportam um líquido de cor negra, denominado de chorume ou sumeiro, característico dos materiais orgânicos em decomposição.

O chorume é proveniente de três fontes principais:

- 1- Umidade natural do resíduo, que se agrava sensivelmente nos períodos de chuvas;
- 2- Água de constituição dos vários materiais que sobra durante a decomposição;
- 3- Líquido proveniente da dissolução de matéria orgânica pelas enzimas expelidas por bactérias. Esses microorganismos unicelulares, para se alimentarem, expelem enzimas que dissolvem a matéria orgânica, possibilitando, em seguida, a absorção através de suas membranas. O excesso escorre como líquido negro.

A descarga do chorume nas águas provoca nestas uma depressão do nível de oxigênio, elevando o DBO (demanda bioquímica de oxigênio). Quando o oxigênio dissolvido desaparece ou é reduzido a níveis baixos, os organismos aeróbicos são quase que totalmente exterminados, cedendo lugar aos anaeróbicos, responsáveis pelo desprendimento de gases, como  $\text{CH}_4$  e  $\text{NH}_3$ , sendo este último é tóxico para a maioria das

formas de vida superiores, provavelmente por reduzir a atividade do ciclo do ácido cítrico do cérebro de seres animais, segundo Ottaway *apud* (Lima,1991).

Segundo pesquisas realizadas por Ducan *apud* Lima (1991), a carga orgânica de líquidos provenientes de aterros de resíduos sólidos indica uma DBO<sub>5</sub> média de 10000 mg/l. Considerando que DBO<sub>5</sub> do esgoto sem tratamento é da ordem de 300 mg/l, pode-se observar que a DBO<sub>5</sub> do chorume é bastante elevada, o que contribui para a aceleração do processo de redução de O<sub>2</sub> na água.

Vários exemplos de poluições bioquímicas das águas têm sido relatados por outros autores, porém, os mais agravantes provêm das atividades industriais, principalmente aquelas que usam polissacarídeos como matéria prima, ou seja, usinas de açúcares e álcool, fábricas de papel e celulose, fábricas de doces, etc segundo Ducan *apud* Lima, 1991.

## 2.3 Parâmetros de Qualidade da Água

A qualidade da água pode ser representada através de diversos parâmetros que traduzem as suas principais características físicas, químicas e biológicas. Os itens seguintes descrevem, de forma sucinta os principais parâmetros, apresentando o conceito do mesmo, a sua origem (natural ou antropogênica), a sua importância sanitária, a sua utilização e as interpretações dos resultados de análises.

Os parâmetros abordados a seguir podem ser utilizados tanto para caracterizar águas de abastecimentos, como também águas residuais, ou mananciais e corpos receptores.

### 2.3.1 - Parâmetros físicos

#### □ **Cor**

A cor é devida á presença de substâncias dissolvidas na água. Classifica-se como *cor verdadeira*, devido somente às substâncias dissolvidas , e *cor aparente*, aquela associada à cor e turbidez, ou seja, determinada sem separação do material em suspensão.

Conforme PRODEMGE (1999), os principais constituintes responsáveis pela cor são os sólidos dissolvidos de origem natural ou antropogênica, sendo considerados de origem natural a decomposição da matéria orgânica e a presença de ferro e manganês, e de origem antropogênica, resíduos industriais e esgoto domésticos.



Os sólidos dissolvidos de origem natural não representam riscos diretos à saúde, mas consumidores podem questionar a sua confiabilidade, enquanto que os sólidos dissolvidos de origem antropogênica podem ou não apresentar toxicidade.

Este parâmetro é freqüentemente utilizado na caracterização de águas de abastecimento, tanto brutas quanto tratadas.

Com relação à interpretação dos resultados para tratamento e abastecimento de água, os valores de cor da água bruta, inferiores a 5 uH, usualmente dispensam a coagulação química, valores acima 25 uH, normalmente requerem o tratamento por coagulação química seguida por filtração e valores de 5 a 25 uH exigem somente o tratamento por coagulação química não seguida por filtração.

#### □ **Turbidez**

Conforme PRODEMGE (1999), a turbidez representa o grau de interferência da passagem de luz na água, conferindo-lhe uma aparência turva.

Os principais constituintes responsáveis pela turbidez são os sólidos em suspensão, que podem possuir origem natural ou antropogênica. São considerados de origem natural: partículas de rochas, argila, algas e outros. Os de origem antropogênica são: despejos domésticos, industriais, erosões ou por intermédio de microorganismos.

Os sólidos em suspensão de origem natural não trazem inconvenientes sanitários, servindo simplesmente de abrigo para microorganismos patogênicos, enquanto que os sólidos em suspensão de origem antropogênica podem estar associados a determinados compostos tóxicos ou organismos patogênicos.

O parâmetro turbidez é utilizado com freqüência para caracterizar águas consideradas brutas ou tratadas, com a finalidade de controle da operação das estações de tratamento de água.

Com relação a interpretação dos resultados, os termos de tratamentos e abastecimento público de águas, com valores inferiores a 20 uT, sugerem que estas podem ir diretamente para o processo de filtração, enquanto que águas com turbidez acima de 50 uT, requerem uma etapa antes da filtração, chamada de coagulação química.

## ❑ Sabor e odor

Conforme Sperling (1995), pode-se definir como sabor à interação entre o gosto (salgado, doce, azedo e amargo), e o odor. O odor está basicamente relacionado com a sensação olfativa.

Os principais constituintes responsáveis pelo sabor e odor são os sólidos em suspensão, os sólidos dissolvidos e os gases dissolvidos.

O sabor e o odor podem possuir duas origens: natural e antropogênica. A natural por matéria orgânica em decomposição, microorganismo (ex. algas) ou por gases dissolvidos, como por exemplo ácido sulfídrico ( $H_2S$ ), enquanto que, a origem antropogênica é simplesmente relacionada com despejos domésticos, industriais ou gases dissolvidos.

## ❑ Temperatura

A temperatura possui duas origens quando relacionada com o parâmetro de caracterização de águas. A primeira é a origem natural, que é relacionada com a transferência de calor por radiação, condução e convecção entre atmosfera e solo, enquanto a origem antropogênica está relacionada com águas de torres de resfriamento e despejos industriais.

A importância da temperatura como parâmetro é que as elevações da temperatura aumentam a taxa das reações químicas e biológicas, sendo que o aumento da temperatura causa diminuição da solubilidade dos gases dissolvidos, como por exemplo o oxigênio, que é de extrema importância na sobrevivência da flora e fauna aquáticas.

O parâmetro temperatura é, freqüentemente, utilizado na caracterização de corpos de águas e na caracterização de águas residuais brutas. Este parâmetro deve ser analisado em conjunto com outros parâmetros, tais como oxigênio dissolvido.

### 2.3.2 Parâmetros químicos

#### □ pH

O parâmetro pH (Potencial Hidrogeniônico), representa a concentração de íons hidrogênio ( $H^+$ ) em escala anti-logarítima, dando uma indicação da condição da água.

Segundo Medri (1997), o potencial de hidrogenação (pH) é um parâmetro importante. Pois condiciona as reações químicas do meio.

Os constituintes responsáveis pelo pH são sólidos e gases dissolvidos de origem natural ou antropogênicos. Como exemplo de constituintes de origens naturais pode-se citar a dissolução de rochas, a absorção de gases da atmosfera, a oxidação da matéria orgânica ou pela fotossíntese, enquanto que os de origem antropogênica se resumem em despejos domésticos e industriais, como por exemplo às oxidações de matéria orgânica e lavagens de recipientes com produtos ácidos.

O parâmetro pH é freqüentemente utilizado na caracterização dos seguintes tipos de águas:

- Águas de abastecimento, brutas e tratadas;
- Águas residuais brutas.

Ainda,

- Em controles de operação de estações de tratamento de água (coagulação e grau de incrustabilidade, corrosividade);
- Em controles de operações de estações de tratamentos de esgotos (digestão anaeróbia);
- Caracterização de corpos d' águas.

Medição de pH fornece as seguintes condições:

pH < 7, condições de águas ácidas;

pH = 7, condições de neutralidade das águas;

pH > 7, condições de águas alcalinas (básicas).

Com isso conhecendo-se o pH das águas, pode-se identificar o tipo de poluição nela existente. Por exemplo:

- pH elevado certamente está associado com proliferações de algas;
- pH afastado da neutralidade afeta diretamente o crescimento e o desenvolvimento de microorganismos.

## □ Alcalinidade

Segundo PRODEMGE (1999), o parâmetro alcalinidade é uma medida dos componentes básicos da água, geralmente bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos no caso de águas naturais.

Já para Sperling (1995), o parâmetro alcalinidade está relacionado com a quantidade de íons na água que reagem para neutralizar os íons hidrogênio. Portanto, pode-se dizer que é a medição da capacidade da água em neutralizar os ácidos. Sendo assim, haverá uma grande resistência às mudanças do pH, dando origem à capacidade tampão.

Os principais constituintes da alcalinidade são sólidos dissolvidos, como por exemplo: íons de bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ), carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) e hidróxidos presentes em águas.

Os constituintes responsáveis pela alcalinidade podem ser originários de duas fontes:

- Natural, que está diretamente ligada com a decomposição da matéria orgânica ou resultante da própria interação da atmosfera com a água.
- Antropogênica, que está diretamente ligada aos despejos industriais.

A importância do parâmetro alcalinidade, embora não tendo significado sanitário para água potável, é de controle do tratamento de água, estando diretamente relacionada com a coagulação, com a redução de dureza e com a prevenção da corrosão em tubulações. É também uma determinação importante no tratamento de esgotos, levando em consideração que uma redução do pH pode afetar diretamente os microorganismos responsáveis diretos pela depuração.

Este parâmetro é freqüentemente utilizado na caracterização de águas de abastecimento e de águas residuais, não deixando de lado o controle de estação de tratamentos.

Através da alcalinidade, pode-se interpretar os resultados como:

- pH > 9,4 indica a presença de hidróxidos e carbonatos;
- pH entre 8,3 e 9,4 indica a presença de carbonatos e bicarbonatos;
- pH entre 4,4 e 8,3 indica somente a presença de bicarbonatos.

Quando se fala de águas residuais, os processos oxidativos (como exemplo a nitrificação), tendem a consumir alcalinidade, a qual, reduzindo o pH, afeta

conseqüentemente a taxa de crescimento dos microorganismos responsáveis pela própria oxidação.

#### □ **Acidez**

O parâmetro acidez é a capacidade da água em resistir às mudanças de pH causadas pelas bases. Isso é devido, principalmente, à presença de gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) livre.

Os constituintes responsáveis pela acidez são sólidos e gases dissolvidos ( $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{S}$ ), podendo ser origem natural, como por exemplo o  $\text{CO}_2$  da atmosfera ou resultante da decomposição da matéria orgânica, e de origem antropogênica como despejos industriais (ácidos e vazadouros de minerações).

O parâmetro acidez tem utilização mais freqüente na caracterização de águas de abastecimentos, principalmente quando é para uso industrial.

A interpretação dos resultados desse parâmetro é importante, uma vez que ele está ligado a alcalinidade e ao pH fornecendo as seguintes informações:

- pH > 8,2 indica ausência de  $\text{CO}_2$  livre na água;
- pH entre 4,5 e 8,2, indica acidez carbônica;
- pH < 4,5, indica a presença de acidez por ácidos minerais fortes, sendo estes resultantes de despejos industriais.

#### □ **Dureza**

Este parâmetro está diretamente relacionado com a concentração de cátions multimetálicos em solução.

Conforme PRODENGE (1999), os cátions mais freqüentes, associados a esse parâmetro são os íons de cálcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ) e íons de magnésio ( $\text{Mg}^{+2}$ ).

Conforme Sperlig (1995), a dureza é classificada como: dureza carbonatada ou não carbonatada. Essa classificação depende do ânion ao que o metal está associado. A dureza correspondente à alcalinidade é denominada dureza carbonatada, enquanto que as demais formas são caracterizadas como não carbonatadas.

Os principais constituintes responsáveis pela dureza são os sólidos dissolvidos de origem natural ou antropogênica. A origem natural está relacionada com a dissolução de

sais de cálcio e magnésio, originários de rochas calcáreas, enquanto que a origem antropogênica está basicamente ligada a despejos industriais.

Com relação à importância desse parâmetro, não há evidências de que a dureza cause problemas sanitários. No entanto, em determinadas concentrações, causa sabor desagradável e pode causar efeitos laxativos, como também reduzir a formação de espuma, implicando num maior consumo de sabão quando essa água, considerada dura, é utilizada para lavagem.

No caso de águas industriais, esse parâmetro de análise é importante, pois, águas com dureza elevada causam incrustações nas tubulações de água quente (caldeiras e aquecedores).

A utilização desse parâmetro se dá na caracterização de águas de abastecimentos (inclusive industriais), brutas e tratadas.

Este parâmetro, em termos de tratamentos utilizados em abastecimentos públicos de água, fornece as seguintes informações:

- Dureza < 50 mg/l CaCO<sub>3</sub>, é considerada água mole.
- Dureza entre 50 e 150 mg/l CaCO<sub>3</sub>, é considerada água moderada.
- Dureza entre 150 e 300 mg/l CaCO<sub>3</sub>, é considerada água dura.
- Dureza > 300 mg/l CaCO<sub>3</sub>, é considerada água muito dura.

#### □ Cloretos

Todas as águas naturais, em maiores ou menores escalas, contêm íons resultantes da dissolução de minerais. Os íons cloretos (Cl) são advindos da dissolução de sais, como por exemplo do cloreto de sódio (NaCl).

Os constituintes responsáveis pelos cloretos são os sólidos dissolvidos de origem natural ou antropogênica, sendo que a origem natural é basicamente composta pela dissolução de minerais ou por intrusão de águas salinas, enquanto que a origem antropogênica é basicamente composta por despejos domésticos, industriais ou por águas utilizadas em irrigações.

A importância desse parâmetro, se dá na determinação de concentrações de sais que imprimem um sabor salgado à água. Este parâmetro é utilizado na caracterização de águas brutas de abastecimentos.

## □ Nitrogênio

Conforme Sperling (1995), dentro do ciclo do nitrogênio na biosfera, este se altera entre várias formas e estados de oxidação.

No meio aquático, o nitrogênio pode ser encontrado nas seguintes formas:

- a) Nitrogênio Molecular ( $N_2$ ).
- b) Nitrogênio Orgânico dissolvido e em suspensão.
- c) Nitritos ( $NO_2^-$ )
- d) Nitratos ( $NO_3^-$ )

Conforme Weibull (2001), no meio aquático, as diversas formas de nitrogênio podem ser de origem natural (proteínas, clorofila e outros compostos biológicos) e/ou de origem das atividades humanas e animais (despejos domésticos e industriais, excrementos de animais e fertilizantes). Nos esgotos domésticos frescos, predominam o nitrogênio em forma de amônia e o orgânico.

Conforme Sperling (1995), os constituintes responsáveis pela presença do nitrogênio são os sólidos em suspensão e sólidos dissolvidos, podendo ser de origem natural ou antropogênica. O nitrogênio de origem natural é basicamente originário de constituintes de proteínas, clorofila e vários outros compostos biológicos, enquanto que o nitrogênio de origem antropogênica, é basicamente de origem de despejos domésticos, industriais, excrementos de animais e fertilizantes.

A importância desse parâmetro em análises de águas, se dá e se justifica pelos seguintes itens:

- O nitrogênio na forma de nitrato está associado a doenças como metahemoglobinemia (síndrome do bebê azul);
- O nitrogênio é um elemento indispensável para o crescimento de algas e, quando em elevadas concentrações em águas e represas, pode conduzir a um crescimento exagerado desses organismos (Processo denominado eutrofização);
- O nitrogênio, nos processos bioquímicos de conversão da amônia a nitrito e deste a nitrato, implica no consumo de oxigênio dissolvido do meio (o que pode afetar a vida aquática);
- O nitrogênio na forma de amônia é diretamente tóxico aos peixes;

- O processo de conversão do nitrogênio tem implicações na operação das estações de tratamento de esgotos;
- Em um corpo d'água, a determinação da forma predominante do nitrogênio pode fornecer informações sobre o estágio da poluição, pois a poluição recente está associada ao nitrogênio na forma orgânica ou de amônia, enquanto uma poluição mais remota está associada ao nitrogênio na forma de nitrato.

O parâmetro nitrogênio é freqüentemente utilizado na caracterização de águas de abastecimentos ( brutas e tratadas), na caracterização de águas residuais ( brutas e tratadas) e também na caracterização de corpos d'água.

As interpretações desse parâmetro estão basicamente relacionadas com padrões estabelecidos em normas.

#### □ **Oxigênio Dissolvido**

Conforme Sperling (1995), o oxigênio dissolvido (OD) é de essencial importância para os organismos aeróbicos. Durante a estabilização da matéria orgânica, as bactérias fazem uso do oxigênio nos seus processos respiratórios, podendo vir a causar uma redução da concentração no meio. Dependendo da magnitude deste fenômeno, podem vir a morrer diversos seres aquáticos, inclusive os peixes. Caso o oxigênio seja totalmente consumido, tem-se a condição anaeróbica com geração de maus odores.

Os constituintes responsáveis são os gases dissolvidos de origem natural ou antropogênica, sendo a origem natural o oxigênio atmosférico em dissolução ou pela produção pelos organismos fotossintéticos, enquanto que a origem antropogênica é basicamente pela aeração artificial.

Segundo Weibull (2001), o oxigênio dissolvido (OD) é geralmente medido em miligramas por litro (mg/l) da água analisada. Provem, em geral, da dissolução do oxigênio atmosférico. Naturalmente ou artificialmente, e também, da produção liberada por alguns microorganismos vivos na água ( algas e bactérias).

A importância do parâmetro oxigênio dissolvido em águas é a caracterização dos efeitos da poluição causados pelos despejos orgânicos, além de sua utilidade na vitalidade dos seres aquáticos aeróbicos. Este parâmetro é também freqüentemente utilizado no controle operacional de estações de tratamento de esgotos e de corpos d'água.

Pode-se obter informações fundamentais com esse parâmetro, observando-se que:



- É necessário um teor mínimo do oxigênio de 1mg/l nos reatores dos sistemas aeróbicos;
- A solubilidade do OD varia com altitude e temperatura. Ao nível do mar, na temperatura de 20 °C, a concentração de saturação é igual a 9,2 mg/l com relação aos corpos das águas;
- Valores de OD superiores à saturação são indicativos da presença de algas;
- Valores de OD inferiores a saturação são indicativos da presença de matéria orgânica em decomposição;
- Com OD em torno de 4-5 mg/l morrem os peixes mais resistentes; com OD igual a 2 mg/l todos os peixes estão mortos; com OD igual a zero mg/l tem-se condições de anaerobiose.

#### □ **Matéria Orgânica**

Conforme Sperling (1995), a matéria orgânica presente nos corpos d'água e nos esgotos é uma característica de primordial importância, sendo causadora do principal problema de poluição das águas: o consumo do oxigênio dissolvido pelos microorganismos nos seus processos metabólicos de utilização e estabilização da matéria orgânica. Os principais componentes orgânicos são componentes de proteína, carboidratos, gordura e os óleos, além da uréia, surfactantes, fenóis, pesticidas e outros em menores quantidades.

A matéria carbonácea divide-se nas seguintes frações: a) não biodegradável (em suspensão e dissolvida) e b) biodegradável (também em suspensão e dissolvida). Em termos práticos, geralmente não há necessidade de se caracterizar a matéria orgânica em termos de proteínas, gorduras, carboidratos, etc. Ademais, há grande dificuldade na determinação laboratorial dos diversos componentes da matéria orgânica nas águas residuais, face a multiplicidade de formas e compostos em que a mesma pode se apresentar. Sendo assim, pode-se utilizar métodos indiretos para a quantificação da matéria orgânica, ou seu potencial poluidor. Nesta direção, existem duas categorias consideradas principais:

- a) Medição do consumo de oxigênio (demanda bioquímica de oxigênio – DBO<sub>5</sub>; Demanda Química de Oxigênio – DQO).
- b) Medição do carbono orgânico (Carbono Orgânico Total – COT).

Os constituintes responsáveis pela  $DBO_5$  são os sólidos em suspensão e sólidos dissolvidos, podendo ser de origem natural (matéria orgânica e vegetal) ou de origem antropogênica (despejos domésticos e despejos industriais).

A importância desse parâmetro na qualidade das águas, se dá por três fatores:

1º) A matéria orgânica é responsável pelo consumo e pelos microorganismos decompositores do oxigênio dissolvido na água.

2º) A  $DBO_5$  retrata, de uma forma indireta, o teor de matéria orgânica nos esgotos ou no corpo d'água, sendo, portanto, uma indicação do potencial do consumo de oxigênio dissolvido.

3º) A  $DBO_5$  é um parâmetro de fundamental importância na caracterização do grau de poluição de um corpo d'água.

O parâmetro é, freqüentemente, utilizado nas caracterizações de águas residuais brutas e tratadas e, também na caracterização de corpos d'água.

A utilidade dos resultados desse parâmetro está diretamente ligada em termos de tratamento de águas residuais, e aos corpos d'água. Com relação às águas residuais, a  $DBO_5$  dos esgotos domésticos está em torno de 300 ml/l, enquanto a  $DBO_5$  dos esgotos industriais varia amplamente e com o tipo de processo industrial. Com relação aos corpos d'água, a  $DBO_5$  é obtida e comparada com padrões de corpos d' águas existentes.

### **Depuração de Matéria Orgânica e Indicadores**

Conforme Valente (1997), a adição de matéria orgânica nos cursos d' água consome oxigênio dos mesmos, através da oxidação química e principalmente da bioquímica, via respiração dos microorganismos, depurando assim a matéria orgânica.

Quando a carga dos esgotos lançados excede a capacidade de autodepuração do corpo de água, o rio fica sem oxigênio, provocando problemas estéticos e liberação de odor e impedindo a existência de peixes e outros seres aquáticos, os peixes morrem não por toxicidade, mas por asfixias. Todos os organismos vivos dependem de uma forma ou de outra do oxigênio para manter os processos metabólicos de produção de energia e de reprodução. A quantidade de alimento (esgoto ou outros despejos orgânicos assimiláveis) lançada ao copo d' água deve ser proporcional à sua vazão ou ao seu volume, isto é, à sua disponibilidade de oxigênio dissolvido.

Assim, a poluição orgânica de um curso d' água pode ser avaliada pelo decréscimo da concentração de oxigênio e/ou pela concentração de matérias orgânicas em termos de concentração de oxigênio necessário para oxidá-la. Conforme o mesmo autor, Os principais indicadores de poluição orgânica são:

- Oxigênio dissolvido;
- Demanda Bioquímica de oxigênio;
- Demanda Química de Oxigênio;
- Oxigênio consumido.

Segundo Valente (1997), o Oxigênio Dissolvido (OD), é um indicador da concentração de oxigênio dissolvido na água em mg/l. O oxigênio é um gás pouco solúvel em água e a sua solubilidade depende da pressão (altitude), temperatura e sais dissolvidos, normalmente a concentração de saturação está em torno de 8 mg/l a 25°C entre 0 e 1000 metros de altitude.

Segundo Medri (1997), o oxigênio dissolvido (OD) apresenta-se como um bom indicador de poluição, sua concentração é de 9 mg/l, para água limpa a temperatura ambiente e ao nível do mar. Em meio onde a matéria orgânica é altamente concentrada, OD poderá ser Zero mg/l, enquanto que em presença de elevada concentração de algas pode-se observar valores de super saturação.

Conforme Valente (1997), a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO<sub>5</sub>), é um indicador que determina indiretamente a concentração de matéria orgânica biodegradável através da demanda de oxigênio exercida por microorganismos através da respiração. A DBO<sub>5</sub> é um teste padrão, realizado a uma temperatura constante de 20°C, e durante um período de incubação também fixo, 5 dias. É uma medida que procura retratar em laboratório o fenômeno que acontece no copo d' água. Assim uma amostra é coletada em duplicata, e em uma das amostras é medido o oxigênio dissolvido após a coleta; o oxigênio da outra amostra é medido após 5 dias, período em que a amostra fica em uma incubadora a uma temperatura de 20°C. A diferença de concentração de oxigênio representa a demanda bioquímica de oxigênio (oxigênio consumido para oxidar a matéria orgânica via respiração dos microorganismos). É um indicador estimativo, já que as condições: turbulência das águas, a erosão e insolação, etc. não são consideradas. Quando a água possui muita matéria orgânica e microorganismos, é necessário diluir a amostra e introduzir nutrientes. Para afluentes industriais que não possui oxigênio suficiente e nem microorganismo, é necessário além da diluição e introdução de nutrientes, adicionar

“somente”, ou seja uma porção de esgoto com microorganismos e DBO conhecido para corrigir o restante final. No período de 5 dias a 20°C (DBO<sub>5</sub>) é consumido 70% a 80% da matéria orgânica (esgoto doméstico); após 5 dias começa a demanda nitrogenada, em que durante cerca de 20 dias, são consumidos 100% da matéria orgânica. O esgoto é considerado biodegradável quando a relação DQO/DBO é menor que 5.

Conforme Weibull (2001), o DBO é medido, em geral, em mg/l e traduz indiretamente a quantidade de matéria orgânica presente no corpo de água. A matéria orgânica é formada por inúmeros componentes, como compostos de proteínas, carboidratos uréia, surfactantes (detergentes), gorduras, óleos, fenóis, pesticidas e outros.

Conforme Valente (1997), a Demanda Química de Oxigênio (DQO), é um Indicador de matéria orgânica baseado na concentração de oxigênio consumido para oxidar a matéria orgânica, biodegradável ou não, em meio ácidos e condições energéticas por ação de um agente químico oxidante forte. Esta técnica apenas estima a concentração de matéria orgânica em termos de oxigênio consumido já que nos copos d' água as condições não são tão energéticas, além do fato de que algumas espécies inorgânicas, tais como nitritos, compostos reduzidos de enxofre e substâncias orgânicas – como hidrocarbonetos aromáticos, compostos alifáticos de cadeia aberta e piridinas – não são oxidadas. A principal vantagem da DQO é a rapidez, pouco mais de duas horas, enquanto que a DBO leva 5 dias.

Segundo Medri (1997), a DQO representa a quantidade de oxigênio necessária para estabilizar quimicamente as matérias orgânicas e inorgânica oxidáveis de uma água, ou seja, é a quantidade de oxigênio consumida por diversos compostos sem intervenção de microorganismos. É uma indicação indireta do teor do carbono orgânico através do consumo do oxigênio no processo de oxidação da matéria orgânica presente na água. O teste é realizado através do uso de oxidantes forte, como o dicromato de potássio, em meio ácido e temperatura elevada, durante duas horas.

Conforme Valente (1997), o Oxigênio Consumido, é um termo quimicamente com o mesmo significado que da DQO, mas o mesmo é utilizado quando o oxidante é o permanganato. Assim o oxigênio consumido, também conhecido como “matéria orgânica”, é um indicador da concentração de matéria orgânica, como DQO, no entanto a oxidação é realizada em condições menos energéticas. A oxidação com permanganato é a mais utilizadas para águas limpas, com baixa concentração de matérias orgânicas.

Conforme Valente (1997), a DQO é mais utilizada para concentrações acima de 5 mg O<sub>2</sub>.l<sup>-1</sup> (águas com maior teor de matéria orgânica) e o permanganato para concentrações inferiores a 5 mg O<sub>2</sub> .l<sup>-1</sup> (águas mais limpas, avaliação de potabilidade). A DQO ocorre em condições mais energéticas, temperaturas acima de 150°C e meio muito ácido; os seus resultados são normalmente maiores que o oxigênio consumido com permanganato que ocorre em temperaturas inferiores a 100°C e condições menos ácidas.

#### □ **Sólidos Totais**

Conforme Medri (1997), os sólidos são responsáveis pelo aparecimento da cor e turbidez nas águas. Os sólidos são classificados segundo suas características químicas em Sólidos Fixos (SF) e Sólidos Voláteis (SV), os quais juntos formam os Sólidos Totais (ST). Os Sólidos Totais em águas caracterizam o teor da matéria seca das mesmas, os Sólidos Voláteis indicam uma estimativa da matéria orgânica existente no resíduo, enquanto que os Sólidos Fixos representam a matéria inorgânica, ou seja, o teor dos sólidos minerais.

#### □ **Micropoluentes Inorgânicos**

Conforme Sperling (1995), Uma grande parte dos micropoluentes inorgânicos são tóxicos. Entre estes, têm especial destaque os metais pesados. Entre os metais pesados que se dissolvem na água incluem-se o arsênio, cádmio, cromo, chumbo, mercúrio e prata. Vários destes metais se concentram na cadeia alimentar, resultando num grande perigo para os organismos situados nos degraus superiores. Felizmente as concentrações dos metais tóxicos nos ambientes aquáticos naturais são bem pequenas. Além dos metais pesados, há outros micropoluentes inorgânicos de importância em termos de saúde pública, como os cianetos, o flúor e outros.

A forma dos constituintes responsáveis se resume nos sólidos em suspensão e sólidos dissolvidos, de origem natural ou antropogênica, sendo que os de origem natural são de menor importância, enquanto que os de origem antropogênica são originários das seguintes fontes:

- Despejos industriais;
- Atividades mineradoras;
- Agricultura.

A grande importância de obtenção desse parâmetro se dá pela detecção de metais pesados tóxicos, que são extremamente prejudiciais aos habitantes aquáticos e consumidores da água.

Este parâmetro é frequentemente utilizado para caracterização de águas de abastecimentos brutos e tratados, na caracterização de águas residuais brutas e tratadas e na caracterização de corpos d'água (Sperling, 1995).

#### ❑ **Micropoluentes Orgânicos**

São materiais orgânicos resistentes à degradação biológica (pelos microorganismos). Não são integrados aos ciclos biogeoquímicos. Estes, basicamente, são destacados pelos defensivos agrícolas, detergentes de estrutura molecular fechada e por grande número de produtos químicos. Nas águas, geralmente, se apresentam por meio de sólidos dissolvidos de origem natural ou antropogênicas. A origem natural se dá pela própria madeira, através dos seus subprodutos: tanino, lignina, celulose e fenóis, enquanto que a origem antropogênica se dá por despejos industriais, detergentes, processamento e refinamento do petróleo e defensivos agrícolas.

Este parâmetro é utilizado na caracterização de águas de abastecimento, residuais e corpos d'água. As interpretações dos resultados permitem comparações padrões de potabilidade, padrões de lançamentos ou padrões de corpos d'água.

#### ❑ **Parâmetros Biológicos**

Este parâmetro está basicamente relacionado com microorganismos que desempenham diversas funções de extrema importância, relacionados com transformações da matéria pertencentes a ciclos biogeoquímicos. Outro aspecto importante, relacionado com a qualidade biológica da água, é a transmissão de doenças, pois a determinação da potencialidade de uma água transmitir doenças pode ser efetuada, indiretamente, através dos organismos indicadores de contaminação fecais, pertencentes ao grupo de coliformes (Sperling, 1995).

## 2.4 Utilização dos Parâmetros

Sempre que solicitada uma análise de água, deve-se selecionar os parâmetros a serem investigados pela análise.

A tabela 2.2 a seguir apresenta uma relação das associações mais frequentes entre os parâmetros e tópicos usuais em análises d'água para abastecimentos, residuais e corpos d'água receptores.

Tabela 2.2 - Principais parâmetros a serem investigados numa análise de água.

Características	Parâmetro	Águas para abastecimento				Águas residuárias		Corpo receptor	
		Água superficial		Água subterrânea		Bruta	Tratada	Rio	lago
		Bruta	Tratada	Bruta	Tratada				
Parâmetros Físicos	Cor	x	x	x <sup>(1)</sup>	x			x	x
	Turbidez	x	x	x	x			x	x
	Sabor e odor	x	x	x	x				
	Temperatura	x				x		x	x
Parâmetros Químicos	PH	x	x	x	x	x		x	x
	Alcalinidade	x		x		x			
	Acidez	x		x					
	Dureza			x	x				
	Ferro e manganês	x	x	x	x				
	Cloretos	x		x					
	Nitrogênio	x	x	x	x	x	x	x	x
	Fósforo						x	x	x
	Oxigênio dissolvido							x <sup>(2)</sup>	x
	Matéria orgânica						x	x	x
	Micropoluentes. Inorgânicos. (diversos) <sup>(3)</sup>	x	x	x	x	x	x	x	x
Micropoluentes. Orgânicos. (diversos) <sup>(3)</sup>	x	x	x	x	x	x	x	x	
Parâmetros Biológicos	Organismos indicadores	x	x	x	x		x	x	x
	Algas (diversas)	x					x <sup>(2)</sup>		x
	Bactérias decomp. (diversas)						x <sup>(2)</sup>		

Fonte: Sperling 1995, Pg. 40

- (1) Causada por Fe e Mn
- (2) Durante o tratamento, para controle do processo.
- (3) Devem ser analisados aqueles que possuem justificativas, devido ao uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica.

## 2.5 Requisitos e Padrões de Qualidade da Água

### 2.5.1 - Requisitos de qualidade

Os requisitos de qualidade de uma água são funções de seus usos previstos (Sperling, 1995). A tabela 2.3 apresenta, de maneira simplificada, a associação entre os principais requisitos de qualidade da água.

Tabela 2.3 – Associação entre os principais requisitos de qualidade da água.

Uso geral	Uso específico	Qualidade requerida
Abastecimento de água doméstica		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde</li> <li>- Isenta de organismos prejudiciais à saúde</li> <li>- Adequada para serviços domésticos</li> <li>- Baixa agressividade e dureza</li> <li>- Baixa turbidez, cor, sabor e odor e microorganismos</li> </ul>
Abastecimento industrial	Água não entra em contato com o produto (refrigeração e caldeiras)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Baixa dureza</li> <li>- Baixa agressividade</li> </ul>
	Água entra em contato com o produto	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Variável com o produto</li> </ul>
	Água incorporada ao produto (alimentos, bebidas, remédios)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde</li> <li>- Isenta de organismos prejudiciais à saúde</li> <li>- Esteticamente agradável (baixa turbidez, cor, sabor e odor)</li> </ul>
Irrigação	Hortaliças, produtos ingeridos crus ou com casca	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Isenta de substâncias químicas prejudiciais a saúde</li> <li>- Isenta de organismos prejudiciais à saúde</li> <li>- Salinidade não excessiva</li> </ul>
	Demais plantações	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Isenta de substâncias químicas prejudiciais ao solo e às plantações</li> <li>- Salinidade não excessiva</li> </ul>
Dessedentação de animais		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Isenta de substâncias químicas prejudiciais a saúde dos animais</li> <li>- Isenta de organismos prejudiciais à saúde dos animais</li> </ul>
Preservação da flora e da fauna		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Variável com requisitos ambientais da flora e da fauna que se deseja preservar.</li> </ul>
Recreação e lazer	Contatos primários (contato direto com o meio líquido. Exemplo: natação, esqui, surfe)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Isenta de substâncias químicas prejudiciais a saúde</li> <li>- Isenta de organismos prejudiciais a saúde</li> <li>- Baixos teores de sólidos em suspensão e óleos e graxas</li> </ul>
	Contato secundário (não há contato direto com o meio líquido. Exemplo: navegação de lazer, pesca, lazer contemplativo)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aparência agradável</li> </ul>
Geração de energia	Usinas hidrelétricas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Baixa agressividade</li> </ul>
	Usinas nucleares ou termoeletricas (torres de resfriamento)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Baixa dureza</li> </ul>
Transportes		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Baixa presença de material grosseiro que possa por em risco as embarcações</li> </ul>

Fonte: Sperling, 1995. Pg. 41



### 2.5.2 Padrões de qualidade

Conforme Sperling (1995), além dos requisitos de qualidade, que traduzem de uma forma generalizada e conceitual a qualidade desejada para a água, há necessidade de se estabelecer também padrões de qualidade, embasados por suporte legal. Os padrões devem ser cumpridos, por força da legislação, pelas entidades envolvidas com a água a ser utilizada.

Em termos práticos, há três tipos de padrões de interesse direto dentro da Engenharia Ambiental no que tange à qualidade da água (Sperling, 1995):

- Padrões de lançamento no corpo receptor;
- Padrões de qualidade do corpo receptor;
- Padrões de qualidade para determinado uso imediato (exemplo: padrões de potabilidade).

### 2.5.3 Padrões de lançamento no corpo receptor

A resolução CONAMA n.º 20, de 18/06/86, dividiu às águas do território nacional em águas doces (salinidade menor que 0,05%), salobras (entre 0,05% a 0,3%) e salinas (salinidade maior que 0,3%).

Em função dos usos da água previstos, foram criadas nove classes.

A tabela 2.4 abaixo mostra a classificação das águas doces em função dos usos preponderantes conforme resolução do CONAMA n.º 20, 18/06/86.

Tabela 2.4 – Classificação das águas doces em função dos usos preponderantes

Uso	Classe				
	Especial	1	2	3	4
Abastecimento	x	x	X	x	
Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas	x				
Recreação de contato primário		x	X		
Proteção das comunidades aquáticas		x	X		
Irrigação		x	X	x	
Criação de espécies		x	X		
Dessedentação de animais				x	
Navegação					x
Harmonia paisagista					x
Usos menos exigentes					x

Fonte: Sperling, 1995. Pg. 42

A cada uma dessas classes corresponde uma determinada qualidade a ser mantida no corpo d'água. Esta qualidade é expressa na forma padrão, através da referida resolução do CONAMA.

#### 2.5.4 Padrões de potabilidade

Conforme Sperling (1995), os padrões de potabilidade estão diretamente associados à qualidade da água fornecida ao consumidor, ou seja, na própria ligação domiciliar.

Os padrões de potabilidade foram definidos na Portaria nº 36 de 19/01/90, do Ministério da Saúde.

A tabela 2.5 a seguir mostra os padrões de qualidade para os corpos d'água das diversas classes conforme padrões de lançamento da resolução CONAMA nº 20, 18/06/86.

Tabela 2.5 – Padrões de qualidade para os corpos d'água das diversas classes (água doce) e padrão de lançamento.

Parâmetro	Unidade	Padrão para corpo d'água				Padrão de lançamento
		Classe				
		1	2	3	4	
Cor	UH	30	75	75	-	-
Turbidez	UT	40	100	100	-	-
Sabor e odor	-	VA	VA	VA	-	-
Temperatura	°C	-	-	-	-	< 40°C
Material flutuante	-	VA	VA	VA	VA	Ausente
Óleos e graxas	-	VA	VA	VA	(1)	(2)
Corantes artificiais	-	VA	VA	VA	-	-
Sólidos dissolvidos	mg/l	500	500	500	-	-
Cloretos	mg/l	250	250	250	-	-
PH	-	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9	5 a 9
DBO <sub>5</sub>	mg/l	3	5 <sup>(3)</sup>	10 <sup>(3)</sup>	-	(4)
DQO	mg/l	-	-	-	-	(4)
OD	mg/l	6	5	4	2	-
Sólidos em suspensão	mg/l	-	-	-	-	(4)
Amônia	mg/l	0,02 <sup>(5)</sup>	0,02 <sup>(5)</sup>	-	-	5,0 <sup>(5)</sup>
Substância potencialmente prejudicial	-	(6)	(6)	(6)	(6)	(6)
Coliformes totais	Org/100 ml	1000	5000	20000	-	-
Coliformes fecais	Org/100 ml	200	1000	4000	-	-
Regime de lançamento	-	-	-	-	-	(7)

Fonte: Sperling, 1995. Pg. 44

Notas:

- A tabela anterior lista apenas os parâmetros principais.
- VA: Virtualmente ausente.
- (1): Tolerem-se efeitos iridescentes, isto é, que gerem as cores do arco-íris.
- (2): Minerais: 20 mg/l; vegetais e gorduras animais: 50 mg/l

- (3): Pode ser ultrapassado caso estudos de autodepuração indiquem que o OD deverá estar dentro de padrões nas condições críticas de vazão (médias mínimas de 7 dias em 80 anos de recorrência).
- (4): Consultar a legislação estadual pertinente.
- (5): Amônia: padrão do corpo receptor: Amônia ionizada  $\text{NH}_3$  padrão de lançamento: Amônia total.
- (6): Várias substâncias: consultar resolução.
- (7): Regime de lançamento: a vazão máxima deverá ser no máximo 1,5 vez a vazão média do período de atividade de agente poluidor.

Tabela 2.6 Padrão de potabilidade da água destinada ao consumo humano :

Parâmetro	Umidade	Valor máximo permissível
Características físicas e organolépticas		
- Cor	UH	5
- Odor	-	não objetável
- Turbidez	UT	1
- Sabor	-	não objetável
Componentes que afetam a qualidade organoléptica		
- Alumínio	mg/l	0,2
- Cloretos	mg/l	250
- Cobre	mg/l	1,0
- Dureza total	mg/l	500
- Ferro total	mg/l $\text{CaCO}_3$	0,3
- Manganês	mg/l	0,1
- Sólidos totais dissolvidos	mg/l	1000
Componentes inorgânicos que afetam a saúde		
- Arsênio	mg/l	0,05
- Chumbo	mg/l	0,05
- Cianetos	mg/l	0,1
- Mercúrio	mg/l	0,001
- Prata	mg/l	0,05
Componentes orgânicos que afetam a saúde		
- Diversos : consultar padrão		
Bacteriológicos		
- Coliformes fecais	org/100 ml	Ausentes
- Coliformes totais	org/100 ml	Diversas contaminações

Fonte: Portaria nº 36, 19/01/90, Ministério da saúde

## 2.6 Quantificação das Cargas Poluidoras

Conforme Sperling (1995), para a avaliação do impacto da poluição e da eficácia das medidas de controle, é necessário quantificar as cargas poluidoras dos afluentes do corpo d'água. Para tanto, são necessários levantamentos de campo na área em estudo, incluindo amostragem dos poluentes, análises de laboratório, medição de vazões e outros.

Segundo Mota *apud* Sperling (1995), informações típicas a serem obtidas em um levantamento sanitário de uma bacia hidrográfica são:

- Dados físicos da bacia: aspectos geológicos; precipitação pluviométrica e escoamento; variações climáticas; temperatura; evaporação, etc.;
- Informações sobre o comportamento hidráulico dos corpos d'água: vazões máximas, médias e mínimas; volumes de reservatórios; velocidade de escoamento; profundidade, etc.;
- Uso e ocupação do solo: tipos; densidades; perspectivas de crescimento; distritos industriais, etc.;
- Características sócio-econômicas: demográfica; desenvolvimento econômico, etc.;
- Usos múltiplos das águas;
- Requisitos de qualidade para o corpo d'água;
- Localização, quantificação e tendência das principais fontes poluidoras;
- Diagnósticos da situação atual da qualidade da água: características físicas, químicas e biológicas.

De maneira geral, os poluentes são freqüentemente originários das seguintes fontes principais:

- Esgotos domésticos;
- Despejos industriais;
- Escoamento superficial;
  - Área urbana
  - Área rural

A carga poluidora pode ser calculada através das seguintes equações:

- Carga = concentração x vazão
- Carga = contribuição per capta x poluição
- Carga = contribuição por unidade produzida (kg/unid produzida) x produção (unidade produzida)
- Carga = contribuição por unidade de área (kg/km<sup>2</sup>.dia) x área (km<sup>2</sup>)

### 3. METODOLOGIA

Para a concretização dos objetivos estabelecidos, os trabalhos de pesquisa foram divididos em duas etapas distintas: a primeira referente à unidade experimental, as técnicas de análise utilizadas e a instrumentação necessária para avaliar a influência na qualidade da água do Rio do Tigre e dos esgotos clandestinos sobre a do Rio do Peixe; a segunda etapa, apresenta a metodologia de cálculo dos custos envolvidos com reagentes químicos utilizados pela estação de tratamento do SIMAE do município de Joaçaba.

#### **1ª Etapa – Influência do Rio do Tigre na Qualidade da Água do Rio Peixe**

##### **☐ Caracterização da área de estudo**

Drenando uma área de aproximadamente 5.123 km<sup>2</sup>, a Bacia do Rio do Peixe está situada entre as coordenadas geográficas:

Latitude S 26° 36' 24"

Latitude S 27° 29' 19"

Longitude W 50° 48' 04"

Longitude W 51° 53' 57"

A Bacia do Rio do Peixe drena, aproximadamente, 20 municípios, cuja população rural e urbana é em torno de 220.000 pessoas.

Entre as cidades da bacia, destacam-se: Caçador, Videira, Tangará, Herval D'Oeste, Joaçaba, Capinzal e Ouro. Nestes municípios, problemas de usos múltiplos da água são observados, pois o Rio do Peixe é fonte de captação desses municípios e nesses trechos recebe despejos industriais e domésticos, causando uma certa poluição do mesmo e de certa forma trazendo prejuízos a população, conforme Figura 3.1.

O Rio do Peixe, de acordo com a legislação Ambiental do Estado de Santa Catarina portaria n.º 6024/79, está enquadrado na classe II, e suas águas se destinam:

- a) ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional;
- b) à irrigação de hortaliças ou plantas frutíferas;
- c) à recreação de contato primário (natação, esqui-aquático e mergulho).

Conforme FATMA (1985), o Rio do Peixe recebe despejos domésticos e industriais, que em alguns trechos excedem, e muito, a sua capacidade de autodepuração, o que acarreta sensíveis alterações nas condições físico-químicas e biológicas da água.

As indústrias de papel e celulose, curtumes, matadouros, frigoríficos e pocilgas são os principais responsáveis pelos despejos de poluentes no Rio do Peixe. Os esgotos domésticos também são principais poluentes diretos ou indiretos por meio de seus afluentes.

Foram utilizados dados de três estações, todos pertencentes à rede fluviométrica do DNAEE (Departamento Nacional de Águas e Energia Elétricas), para medição das vazões no momento em que cada amostragem foi realizada (tabela 3.1). Estes valores, são de extrema utilidade para o cálculo do fluxo de poluentes em cada seção.

Tabela 3.1 - Estações Fluviométricas

Código da Estação	Local	Latitude	Longitude	Início Operação	Observação
72715000	Rio das Antas	26° 53'	51° 05'	04/1976	em operação
72810000	Tangará	27° 06'	51° 15'	03/1976	em operação
729800	Rio Uruguai	27° 27'	51° 52'	10/1976	em operação

Fonte: (FATMA, 1985).

As vazões, foram tabuladas à partir dos valores lidos em réguas de medição instaladas pelo Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica – DNAEE, uma vez que, não possuímos curvas chaves para a determinação da vazão.

Tabela 3.2 – Vazões do Rio do Peixe obtidas pelo DNAEE no período dezembro e outubro/2000.

Data	Turno	Altura da Régua	Vazão m <sup>3</sup> /s
06/setembro	Matutino	1,14 m.	32,80
13/setembro	Matutino	3,38 m.	167,20
20/setembro	Matutino	5,90 m.	318,40
27/setembro	Matutino	2,90 m.	138,40
04/outubro	Matutino	1,90 m.	78,40
20/outubro	Matutino	3,02 m.	145,60
25/outubro	Matutino	2,62 m.	121,60
Média		2,98 m.	143,20 m <sup>3</sup> /s

Fonte: (DNAEE, 2000).

O Rio do Tigre nasce no município de Catanduvas – SC, é afluente do Rio do Peixe na área urbana da cidade de Joaçaba – SC. Sua bacia possui uma área de 58,55 km<sup>2</sup>, com extensão igual a 29,6 km e com uma largura de 17,5 km. A bacia do Rio do Tigre é apresentada na figura 3.2.

De acordo com observações experimentais do DNAEE, as vazões de água do Rio do Tigre são em média 180 l/s ou  $180 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ .

□ **Bacia do Rio do Peixe (Fonte UNOESC)**



Figura 3.1 – Bacia do Rio do Peixe.

□ **Bacia do Rio do Tigre (Fonte UNOESC)**

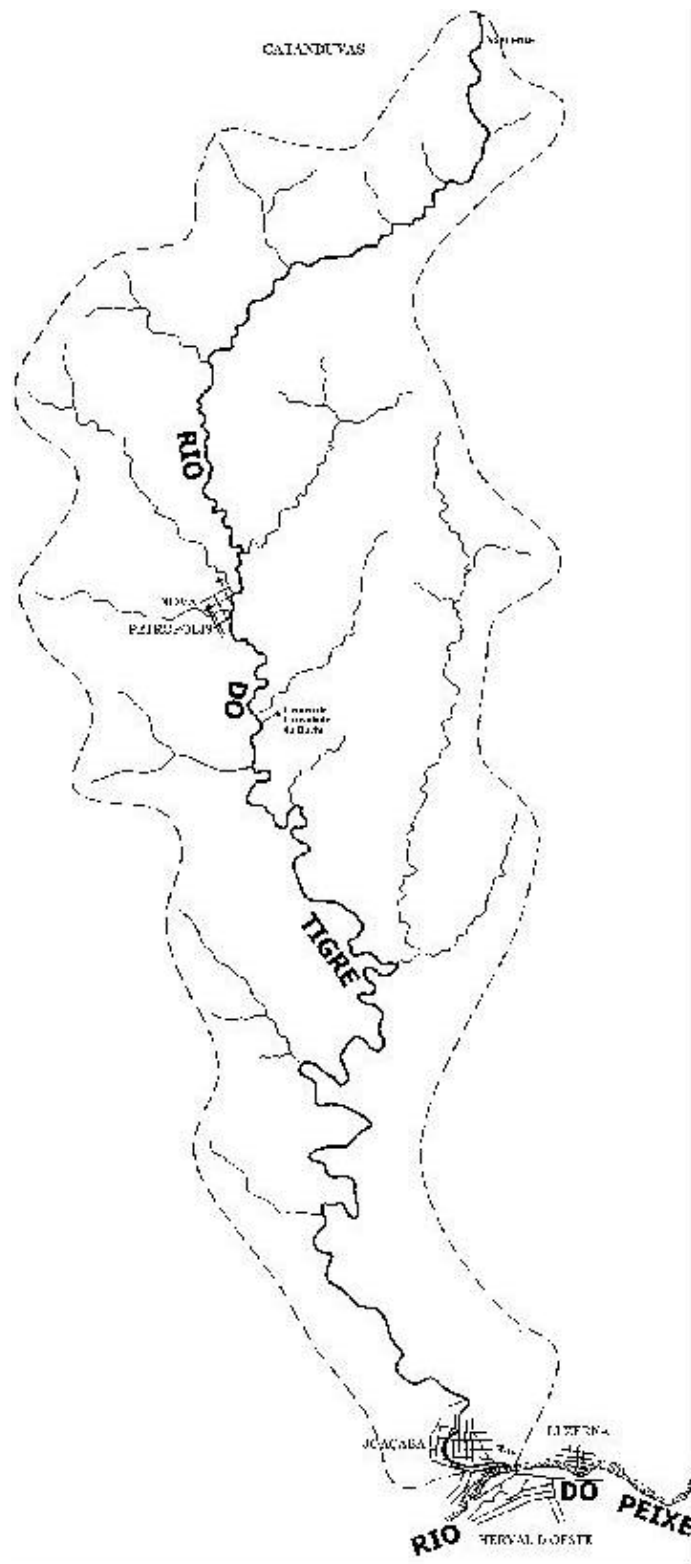


Figura 3.2 – Bacia do Rio do Tigre



### ❑ Definição de pontos de coleta das amostras

Foram definidos 3 pontos de coletas das amostras que seriam submetidos às análises físico-químicas em laboratórios, sendo o primeiro ponto de coleta no Rio do Tigre 50 metros a montante acima de sua desembocadura no receptor Rio do Peixe, o segundo ponto de coleta foi no Rio do Peixe, 50 metros a montante acima da desembocadura do afluente Rio do Tigre e o terceiro ponto de coleta foi no Rio do Peixe, 50 metros à jusante abaixo da desembocadura do afluente Rio do Tigre.

A Figura 3.3 mostra o esquema dos pontos de coletas.

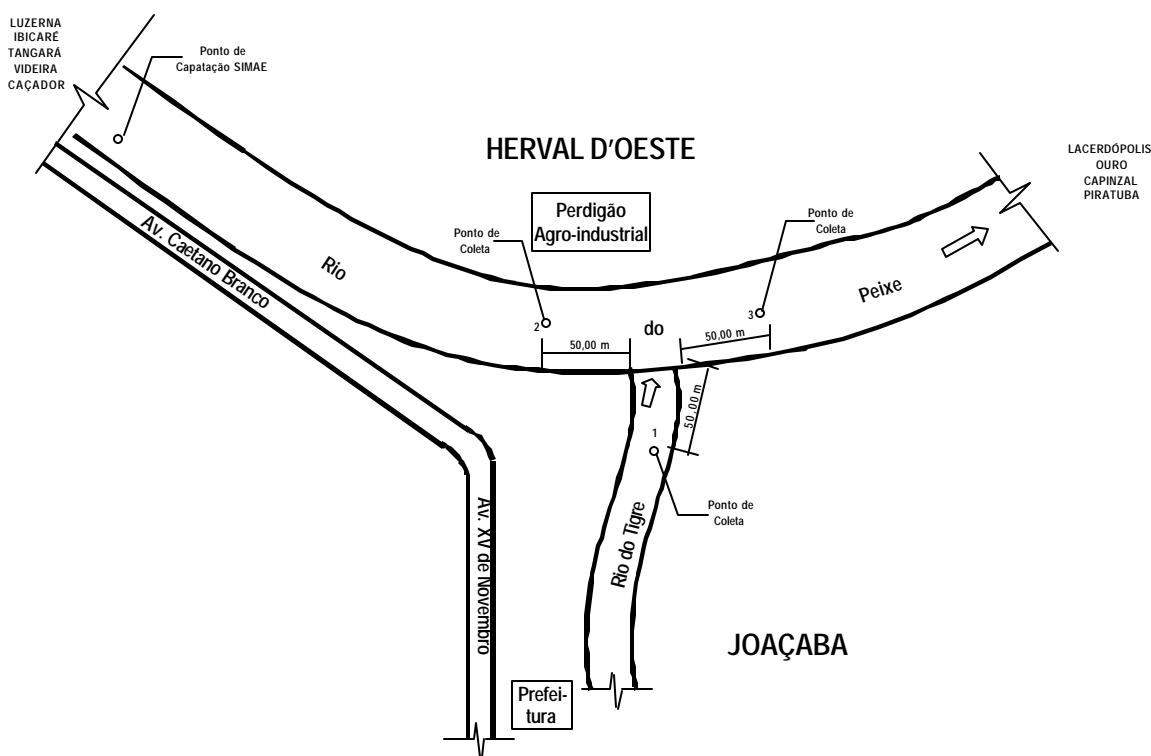


Figura 3.3 – Pontos de Coleta

O primeiro ponto de coleta, foi escolhido com o objetivo de medir a quantidade de poluição do afluente antes da sua desembocadura no receptor Rio do Peixe. Até então, tinha-se somente observações visuais das características do mesmo, aparentemente mostrando uma carga poluidora significativa, em função de receber efluentes industriais e domésticos sem tratamento algum, originários de curtumes, residências, chiqueiros, galinheiros. Além do mais, possui próximo a suas margens um lixão a céu aberto, que recebe resíduo sólido de qualquer natureza, de três cidades vizinhas, onde através de suas

decomposições liberam líquido de cor negra denominado chorume, tendo este como destino final o afluente Rio do Tigre.

O segundo ponto de coleta, foi escolhido com o objetivo de verificar qual é a carga poluidora do Rio do Peixe antes da desembocadura do seu afluente, para com isso, ter um referencial para posteriormente dizer se a carga poluidora do afluente contribui ou não para a contaminação do receptor Rio do Peixe.

O terceiro ponto de coleta, tem por objetivo, verificar como os parâmetros de qualidade da água se comportam após a desembocadura do afluente e, então, através dos mesmos poder confirmar se a descarga poluidora do afluente Rio do Tigre contribui significativamente ou não para a poluição física, química e bioquímica das águas do Rio do Peixe.

#### ❑ **Coleta das amostras**

As amostras foram coletadas sempre nos mesmos pontos de coletas, e no mesmo período do dia ( período vespertino). Esse procedimento foi realizado durante três meses (agosto, setembro e outubro do ano 2000). As amostras foram coletadas e transportadas conforme Standart methods e imediatamente, submetidas às análises físico-químicas.

As análises físico-químicas foram submetidas ao laboratório do SIMAE (Sistema Intermunicipal de Água e Esgoto) do município de Joaçaba SC e realizadas pelos técnicos da empresa, conforme procedimentos propostos pelo Standart methods.

#### ❑ **Adoção de técnicas analíticas**

Com relação às técnicas de análises experimentais, foram utilizados os seguintes métodos:

- Métodos Colorimétricos
- Métodos Titulométricos
- Métodos Gravimétricos – Extração em Soxhlet
- Métodos Agentométricos
- Métodos fotométricos

Descrição dos métodos citados:

a) Métodos Colorimétrico:

Este método consiste na comparação da cor de duas soluções, sendo uma padrão e outra considerada problema (solução, que será investigada). Este tipo de método é realizado através de aparelho denominado colorímetro visual, tais como discos de Hellige.

b) Métodos Titulométricos:

Através desse método de análise, inicialmente mede-se um determinado volume (V) da solução, cuja concentração se quer determinar. Este volume é comumente medido por meio de uma pipeta graduada ou por meio de uma bureta. Transfere-se esta solução para o frasco e acrescenta-se um indicador adequado. O indicador é a substância que indica por uma mudança de cor o fim da reação da substância que está sendo analisada com uma solução padrão. Coloca-se numa bureta a solução e deixa-se gotejar esta solução padrão da substância sobre a solução da substância que está sendo analisada, sob contínua agitação.

A mudança do indicador indica o fim da reação (ponto de viragem). O ponto de “viragem” ou ponto de equivalência indica que a quantidade de substância padrão adicionada foi o suficiente para reagir com a quantidade total da substância que está sendo analisada presente. Faz-se a leitura, na bureta, do volume da solução padrão de concentração normal ou normalidade conhecida gasta na reação. Tem-se então que:

$$V' \cdot N' = V'' \cdot N''$$

Onde:

$V'$  = Volume da solução padrão em  $\text{cm}^3$ .

$N'$  = Concentração normal da solução padrão.

$N''$  = Concentração normal da solução que está sendo analisada.

$V''$  = Volume da solução que está sendo analisada em  $\text{cm}^3$ .

Assim se determina a concentração normal da solução da substância que está sendo analisada.

c) Métodos Gravimétricos:

Os métodos gravimétricos seguem o seguinte andamento geral:

Dissolve-se massa bem conhecida da amostra da substância em exame. Algumas vezes, a substância que se quer analisar presente na amostra é insolúvel em água ou em solução de ácido ou base. Nesse caso, é necessário transforma-lo por processos adequados em outra substância solúvel. A solução da substância é então tratada com solução de outro

composto, capaz de reagir com ela, produzindo um terceiro composto insolúvel que precipita.

d) Métodos Argentométricos:

Os métodos Argentométricos consistem na determinação da concentração de uma solução de um sal A pela sua titulação com uma solução de  $\text{AgNO}_3$  de concentração conhecida (solução titulada). A argentometria pode ser empregada quando o sal A reage com  $\text{AgNO}_3$  dando um precipitado do sal de prata correspondente. É um caso de titulometria por precipitação.

e) Métodos Fotométricos:

Este método é realizado através de um aparelho que consiste de uma caixa, dentro da qual se situa a fonte luminosa, um espelho, o tubo que recebe a amostra e os filtros. A amostra é iluminada lateralmente, e no centro verticalmente, através de distribuição conveniente da luz incidente de modo que, por observação vertical, na ocular do espelho, se verifica dois campos luminosos.

Aciona-se um dial, colocado lateralmente á caixa do aparelho aumenta-se ou diminui-se a intensidade luminosa do campo central.

□ **Definição de parâmetros de qualidade da água**

No desenvolvimento do estudo foram considerados os seguintes parâmetros físico-químicos:

- Alcalinidade total
- Dureza total
- Nitrogênio total
- Sólidos totais (fixos e voláteis)
- Oxigênio dissolvido (OD)
- Cloretos
- DQO
- DBO
- Oxigênio consumido em meio ácido
- Cor
- Turbidez
- pH

No anexo 2, são descritos todos os procedimentos e reagentes necessários para realização das análises, sendo estes baseados nos métodos Standart methods, fornecidos pela empresa Biosystems Ltda Curitiba-PR.

## **2ª Etapa - Influência do nível de poluição nos custos de tratamento de água**

A segunda etapa da realização deste estudo, foi a determinação dos custos envolvidos com os reagentes químicos, utilizados no tratamento das águas do Rio do Peixe, pelo Sistema Intermunicipal de Água e Esgoto (SIMAE), estação de tratamento da cidade de Joaçaba – SC.

Essa etapa foi desenvolvida em dois momentos:

1<sup>o</sup> – Levantamento de dados

2<sup>o</sup> – Tratamento de dados

No primeiro momento, foram levantados junto o SIMAE todos os dados relacionados com os tipos de reagentes utilizados no tratamento, as quantidades de reagentes consumidos por mês, o custo em R\$/kg de cada reagente, a quantidade média consumida de reagentes no ano 2000 e o custo médio com reagentes durante o ano.

No segundo momento, foram trabalhados todos os dados, relacionado-os com as cargas poluidoras do afluente Rio do Tigre e dos esgotos domésticos clandestinos existentes na área do Rio do Peixe em estudo. Para tal, primeiramente, calculou-se a variação entre a média da concentração, em mg/l, dos parâmetros analisados antes e depois da desembocadura do afluente Rio do Tigre e dos esgotos domésticos. Na seqüência calculou-se a variação do consumo de reagentes, levando em consideração o que o SIMAE vem consumindo em sua estação de tratamento antes da desembocadura do afluente e dos esgotos domésticos clandestinos, com o consumo dos reagentes que seria consumido se o mesmo fosse tratar a água do Rio do Peixe, após a desembocadura do afluente e dos esgotos domésticos clandestinos. Com isso, determinou-se a contribuição que o afluente Rio do Tigre tem no aumento da carga poluidora do Rio do Peixe, e quanto os esgotos domésticos clandestinos também contribuem no aumento da carga poluidora do Rio do Peixe. Também, se calculou a elevação do consumo de reagentes que o SIMAE teria se fosse tratar a água do Rio do Peixe, após a desembocadura do afluente e dos esgotos domésticos clandestinos.

Levando em consideração o custo dos reagentes, em R\$/kg, e a elevação da carga poluidora nos pontos citados, foi possível calcular o quanto o afluente e os esgotos domésticos contribuem no aumento dos custos com reagentes químicos, utilizados no tratamento das águas do Rio do Peixe, se o SIMAE fosse tratar a água abaixo da desembocadura dos mesmos.

### **Metodologia dos Cálculos**

A carga poluidora do afluente Rio do Tigre é obtida através do produto entre os valores das concentrações em mg/l dos parâmetros analisados com o valor da vazão média em  $m^3/s$  do referido rio em estudo. Já a carga poluidora do receptor Rio do Peixe, é obtida através do produto entre os valores das concentrações em mg/l dos parâmetros de qualidade analisados, com o valor da vazão média em  $m^3/s$  do receptor, no ponto de coleta antes da desembocadura do afluente (montante). Enquanto que, a carga poluidora do Rio do Peixe no ponto de coleta à jusante, é obtida através do produto entre os valores das concentrações em mg/l dos parâmetros de qualidade das águas analisados, com o valor da vazão média total em  $m^3/s$  (vazão do rio receptor mais a vazão do rio afluente).

De posse dos resultados das cargas poluidoras, é determinado os valores das variações das cargas em g/s, subtraindo os valores das cargas poluidoras do Rio do Peixe no ponto de coleta montante, dos valores das cargas poluidoras do Rio do Peixe no ponto de coleta à jusante. Após o conhecimento dessas variações em g/s entre as cargas, é possível determinar esses valores em kg/s, dividindo os mesmos valores pelo fator 1000. Na seqüência, é possível determinar a porcentagem de acréscimo na carga poluidora do Rio do Peixe, ocasionadas pela carga poluidora do afluente e pela carga poluidora dos esgotos domésticos clandestinos existentes na margem do rio, entre os pontos em estudos, dividindo os valores das variações encontrados em kg/s pelos valores da carga poluidora do rio receptor no ponto de coleta à jusante e multiplicando os valores encontrados pelo fator 100. Esses valores, são apresentados no capítulo IV, nas tabelas 4.2 e 4.3.

A seguir é apresentada a metodologia de cálculo para os custos envolvidos com os reagentes químicos em reais/mês:

Primeiramente, conhecendo os valores das concentrações em mg/l dos parâmetros de qualidade analisados para as águas do Rio do Peixe, encontrados nos pontos de coletas montante e à jusante, é possível determinar as variações entre essas concentrações,

subtraindo os valores encontrados nos pontos de coleta montante do Rio do Peixe dos valores encontrados para esses parâmetros no ponto de coleta à jusante. Após isso, é possível determinar a porcentagem de acréscimo de uma em relação a outra para cada parâmetro de análise, dividindo os valores das variações encontrados, pelos valores das concentrações dos parâmetros analisados no ponto de coleta no rio receptor montante e, multiplicando os valores encontrados pelo fator 100.

Conhecendo a quantidade consumida em kg/mês dos reagentes químicos, pela estação de tratamento do SIMAE, no seu ponto de captação situado acima da desembocadura do afluente e dos esgotos domésticos clandestinos, é possível acrescentar a essas quantidades, os valores de acréscimo em porcentagens determinados acima e, assim chegar aos valores aproximados em kg/mês que a estação de tratamento SIMAE, viria consumir no tratamento das águas do Rio do Peixe, em pontos abaixo da desembocadura do afluente e dos esgotos domésticos clandestinos. Diminuindo os valores em kg/mês que o SIMAE vem consumindo em seu ponto de captação, dos valores que provavelmente iria consumir em pontos abaixo das desembocaduras, chega-se aos valores das variações em kg/mês entre as quantidades dos reagentes consumidos. Conhecendo esses valores das variações em kg/mês e colocando sobre eles as porcentagens de contribuições da carga poluidora do afluente e dos esgotos, chega-se nos valores em kg/mês das contribuições no consumo de reagentes, que o rio afluente e os esgotos domésticos clandestinos causariam nas águas do receptor, se o SIMAE fosse tratar a águas do Rio do Peixe abaixo das desembocaduras dos mesmos. Multiplicando os valores das contribuições em kg/mês pelo custo em reais/kg dos reagentes, obtém-se os valores das contribuições em reais/mês que o afluente e os esgotos clandestinos, causariam no tratamento das águas do Rio do Peixe se o ponto de captação seria abaixo das desembocaduras dos mesmos. Esses valores são apresentados no capítulo VI, nas tabelas 4.5, 4.6 e 4.7.

## 4. RESULTADOS E ANÁLISES DE DADOS

Neste capítulo são apresentados, em formas de tabelas e gráficos, os resultados obtidos experimentalmente para todos os parâmetros citados anteriormente e os custos relacionados com reagentes químicos, utilizados no tratamento da água do Rio do Peixe pelo SIMAE estação de tratamento da cidade de Joaçaba. Além dos resultados experimentais, também são apresentadas as discussões dos resultados encontrados.

### 4.1 Cor

A Figura 4.1 mostra os resultados para o parâmetro cor, verificados nos pontos de medição definidos anteriormente. A figura 4.2, mostra a média dos resultados obtidos para os pontos em questão.

Observando a Figura 4.2, nota-se que as águas do Rio do Peixe possuem maior índice de coloração em relação às águas do seu afluente Rio do Tigre. Observa-se, também, que no ponto de coleta abaixo da desembocadura do afluente no receptor, ocorre um decréscimo de aproximadamente 24% no índice coloração das águas do receptor Rio do Peixe. Isso ocorre porque as amostras para análises foram coletadas logo abaixo da desembocadura do afluente e, como as águas do afluente apresentam uma menor coloração em relação as águas do receptor pode ter ocorrido uma diluição dos compostos dissolvidos na água, causando então, a diminuição da cor das águas do Rio do Peixe. Nesse caso pode-se dizer que o afluente tornou-se de certa forma um “purificador” das águas do receptor Rio do Peixe.

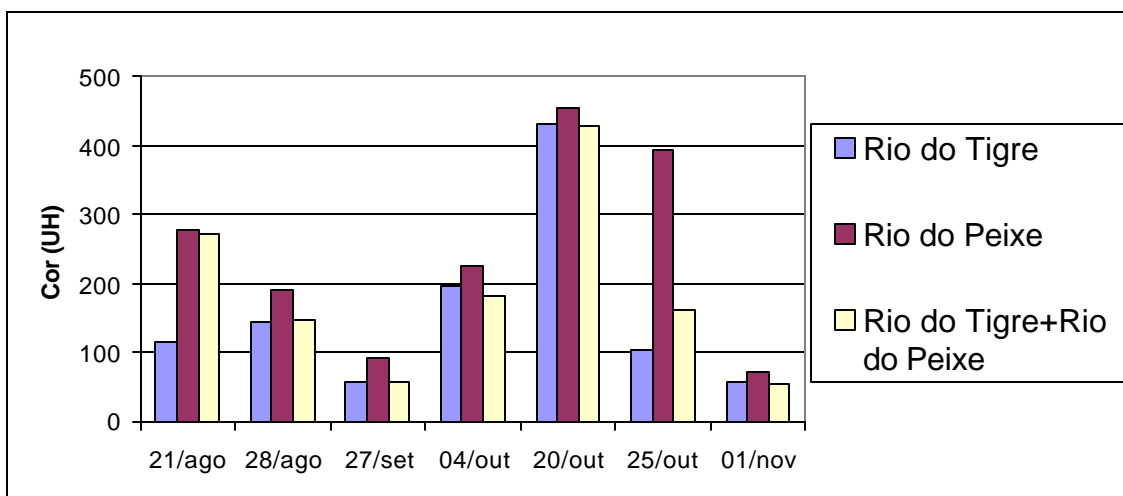


Figura 4.1 – Medição do parâmetro cor.



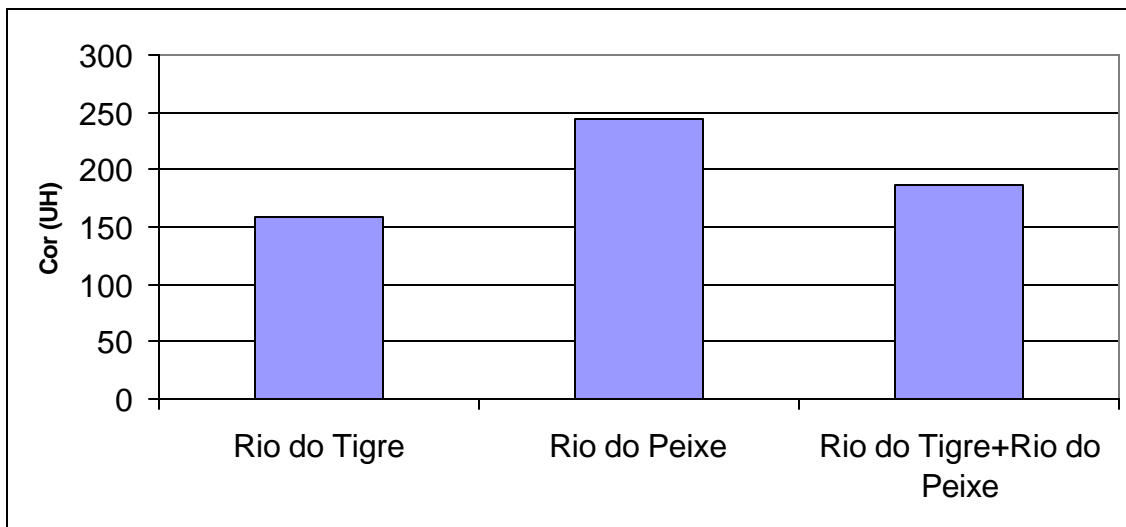


Figura 4.2 – Média do parâmetro cor.

#### 4.2 - Turbidez

A Figura 4.3 mostra os resultados para o parâmetro turbidez das águas em estudo. A Figura 4.4, por sua vez, mostra a média dos resultados obtidos para os pontos de coletas em estudo.

Analisando a Figura 4.4, relacionada com a média do parâmetro de qualidade turbidez, verifica-se que as águas do receptor Rio do Peixe possuem maior índice de turbidez em relação às águas do seu afluente Rio do Tigre. No ponto de coleta, abaixo da desembocadura do afluente no receptor, verifica-se uma diminuição de aproximadamente, 24,35% no índice do parâmetro turbidez das águas do Rio do Peixe. Pode-se justificar esta diminuição do parâmetro turbidez levando em conta que, no momento da junção das águas dos dois rios ocorre um aumento do volume de água e conseqüentemente um aumento da vazão, o que causa uma diluição das águas. Como o parâmetro turbidez representa o grau de interferência da passagem de luz na água, a diluição das mesmas favorece de certa forma essa interferência da luz e conseqüentemente contribui para diminuição da turbidez.

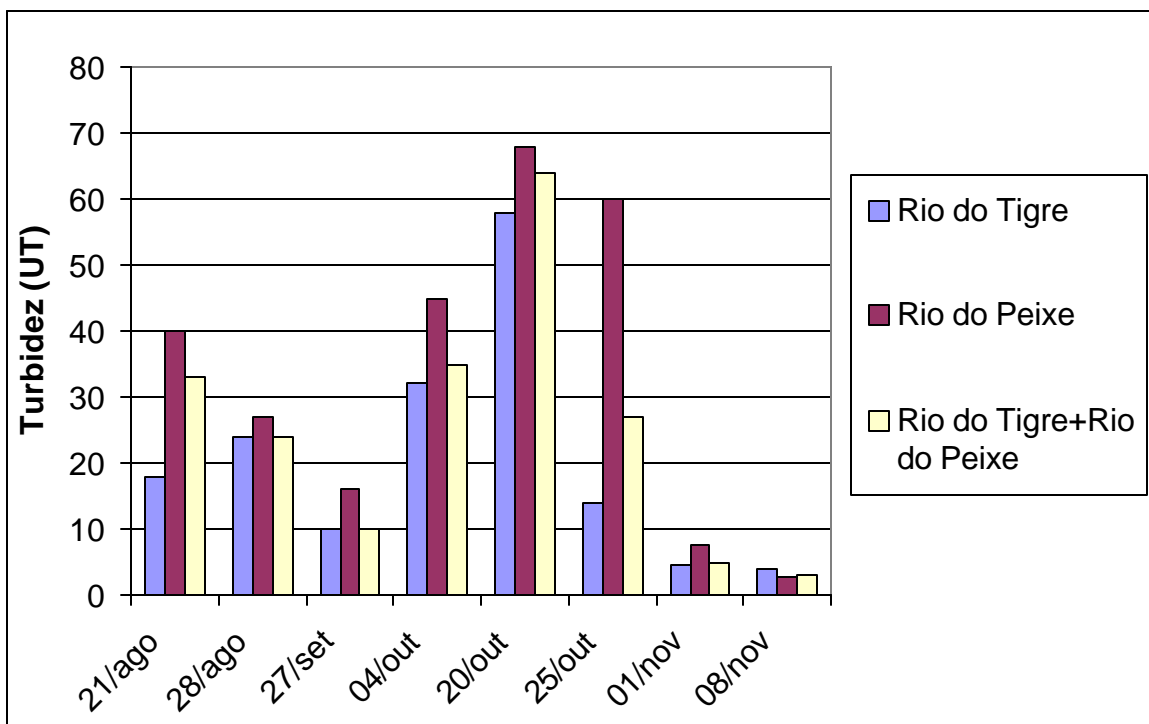


Figura 4.3 – Medição do parâmetro turbidez.

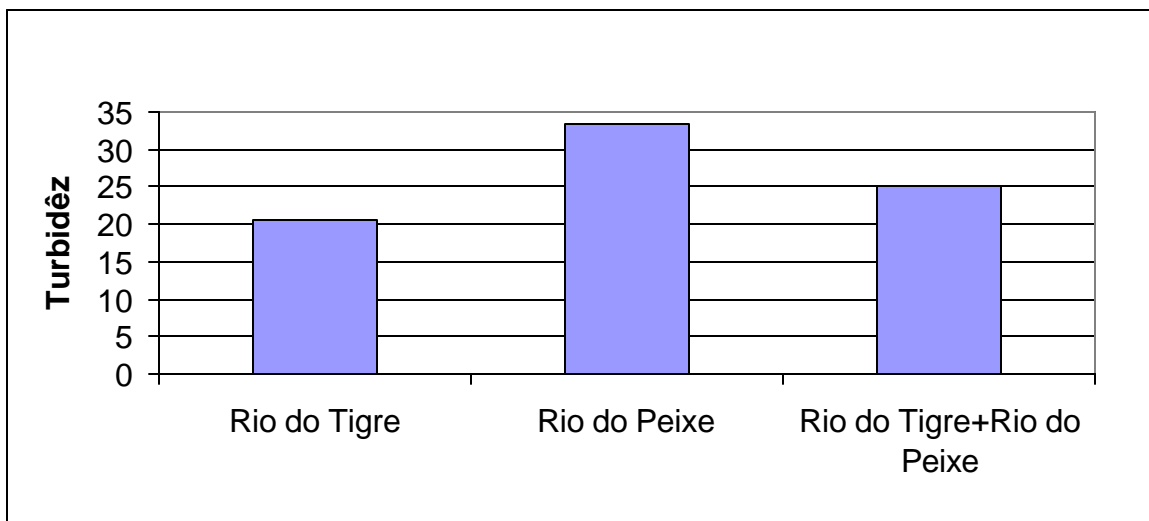


Figura 4.4 – Média do parâmetro turbidez em UT

### 4.3 Alcalinidade

Na Figura 4.5, estão mostrados os resultados para o parâmetro alcalinidade das águas em estudo. A Figura 4.6 apresenta a média dos resultados obtidos nos pontos de coletas nos rios em estudo.

Pode-se observar na Figura 4.6 que as águas do receptor Rio do Peixe possuem uma alcalinidade 19,63% inferior a alcalinidade das águas do afluente Rio do Tigre. A razão dessa diferença é devido a grande concentração de íons hidróxidos, carbonatos e bicarbonatos causadores da elevação do parâmetro. Provavelmente, esses íons são oriundos de efluentes originários de fontes tipo curtumes, lixão e outras, existentes nas margens do afluente acima da desembocadura do mesmo no receptor.

Voltando a atenção novamente para a Figura 4.6 pode-se observar ainda que, após a desembocadura do afluente no receptor, ocorre um aumento de aproximadamente 10% na alcalinidade das suas águas. Pode-se dizer que, há uma influência na contaminação das águas do Rio do Peixe pelo afluente Rio do Tigre.

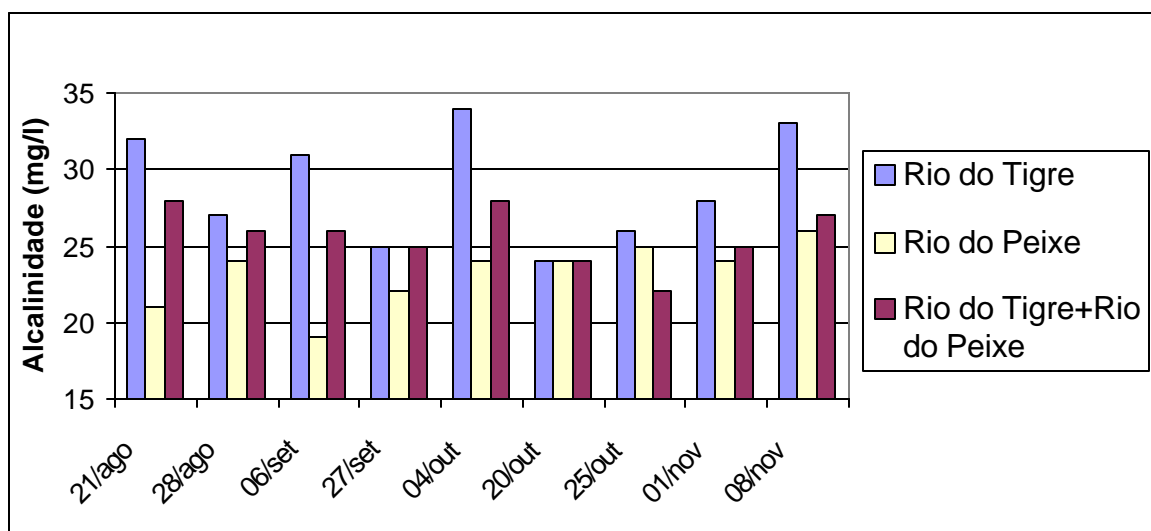


Figura 4.5 – Medição do parâmetro alcalinidade

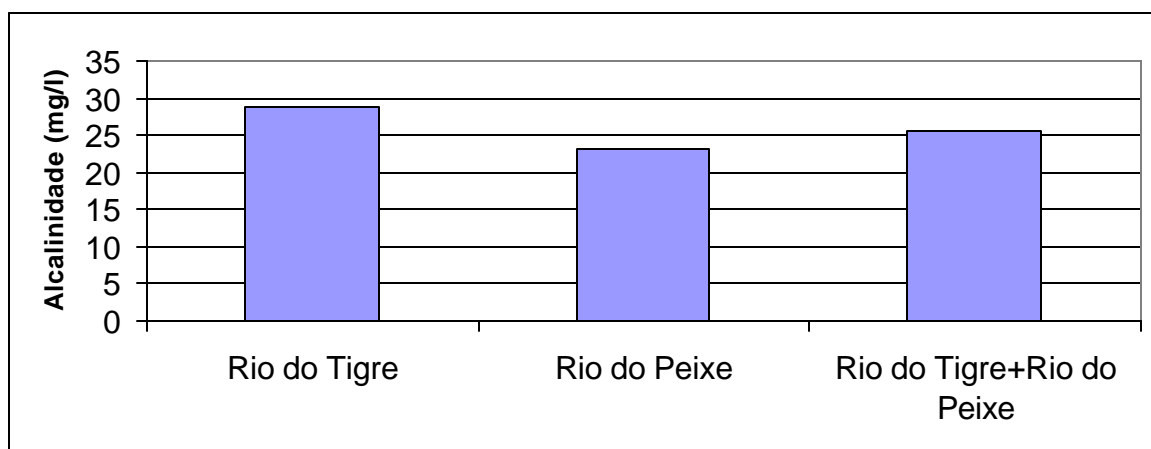


Figura 4.6 – Média do parâmetro alcalinidade.

#### 4.4 Dureza

A Figura 4.7 mostra os resultados na forma gráfica para o parâmetro dureza, verificados nos pontos de coletas das amostras na área em estudo, com a média dos resultados sendo apresentada na Figura 4.8.

A Figura 4.8, relacionada com a média do parâmetro dureza, mostra claramente que as águas do receptor Rio do Peixe possuem uma dureza de aproximadamente 16,56% inferior ao índice do parâmetro das águas do afluente Rio do Tigre. O parâmetro dureza das águas está associado diretamente com a concentração de íons cátions multimetálicos em solução, sendo que os cátions mais freqüentes são os íons cálcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ) e íons magnésio ( $\text{Mg}^{+2}$ ). Esses íons, de acordo com os tipos de ânions que estão associados a eles, influenciam a dureza que pode assim ser classificada como carbonatada ou não carbonatada. A primeira, é aquela em que os íons ânions associados aos metais são os bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^{-1}$ ) e carbonatos ( $\text{CO}_3^{-2}$ ). Nesse caso, a dureza corresponde com a alcalinidade das águas ou seja, se a alcalinidade é elevada a dureza também o é. Sabe-se, também, que os constituintes responsáveis pela alcalinidade podem ser originários da decomposição de matéria orgânica. Pela existência de um lixão a céu aberto existente próximo as margens do afluente Rio do Tigre, onde ocorre grande decomposição de matéria orgânica, liberando líquido de cor negra que através de mecanismos de percolação e arrastamento acabam chegando até as águas do afluente Rio do Tigre, com isso, elevando a dureza das águas.

Nota-se, também, na mesma Figura, que após a desembocadura do afluente no receptor ocorre um aumento de aproximadamente 11,84% no índice do parâmetro dureza das águas do rio receptor. Portanto, pode-se afirmar que, há uma certa influência na contaminação das águas do rio do peixe pela carga poluidora do afluente Rio do Tigre.

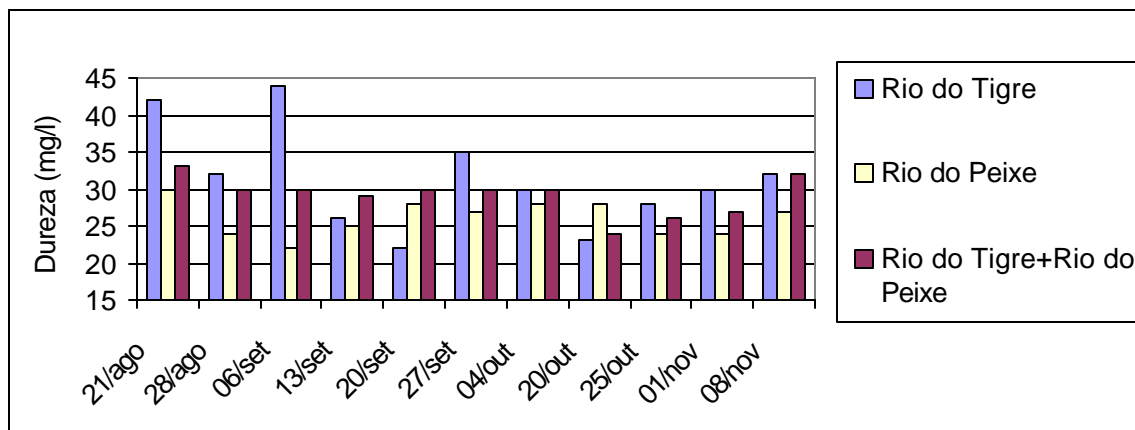


Figura 4.7 – Medição do parâmetro dureza.

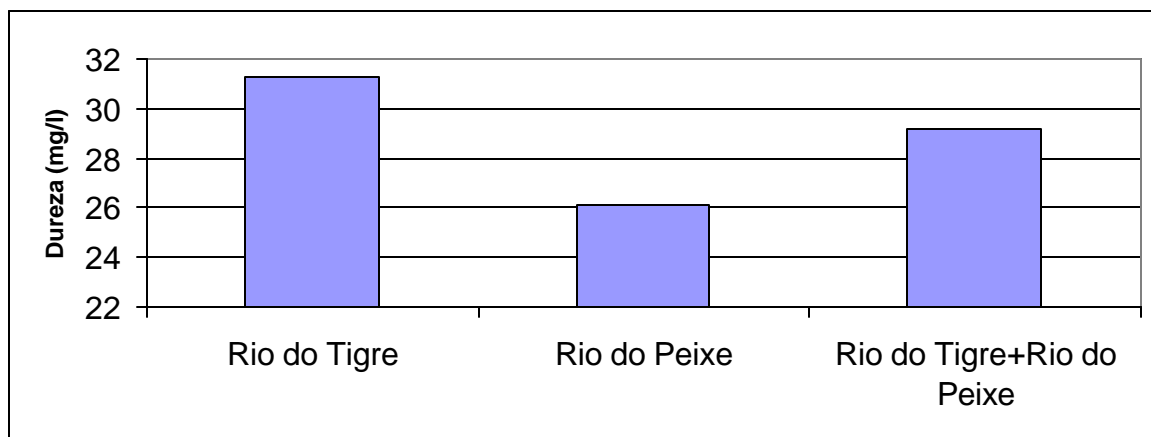


Figura 4.8 – Média do parâmetro dureza.

#### 4.5 Cloretos

A Figura 4.9, apresenta os resultados experimentais para o parâmetro cloretos, e a Figura 4.10, mostra a média dos resultados obtidos.

De acordo com figura 4.10, relacionada com a média do parâmetro cloretos, constata-se claramente que as águas do Rio do Peixe possuem um índice de cloretos de, aproximadamente, 53,93% inferior ao índice do mesmo parâmetro nas águas do afluente Rio do Tigre. A razão disso, é a grande presença de esgotos domésticos clandestinos, existentes nas margens do afluente Rio do Tigre. Como se sabe, os principais constituintes responsáveis pelos cloretos em águas são os sólidos dissolvidos, de origens antropogênicas, e estas por sua vez, são basicamente compostas por despejos domésticos advindos da dissolução de sais, principalmente do cloreto de sódio (NaCl) de utilização doméstica. Daí a justificativa para os resultados obtidos para este parâmetro.

Na mesma Figura 4.9, nota-se, também, que após a desembocadura do afluente no receptor, ocorre um aumento de aproximadamente 97,14% no índice de cloretos das águas do rio receptor. Observa-se um grande acréscimo na concentração de cloretos, quando ocorre a junção das águas dos rios. A razão disso é a contribuição do afluente, mas também o ponto de que, entre o local de desembocadura do afluente e o ponto de coleta à jusante, ou seja, localizado 50 metros abaixo da desembocadura do afluente, existem inúmeros esgotos domésticos clandestinos, originários de prédios e casas residenciais existentes nas

margens do rio receptor, certamente, contribuindo para a contaminação das águas do receptor.

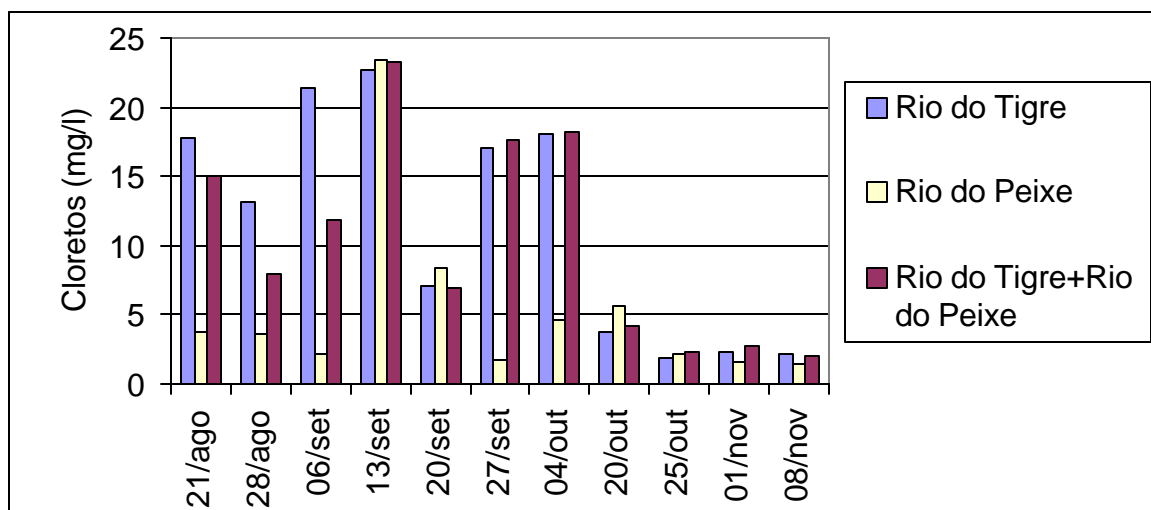


Figura 4.9 – Medição do parâmetro cloretos.

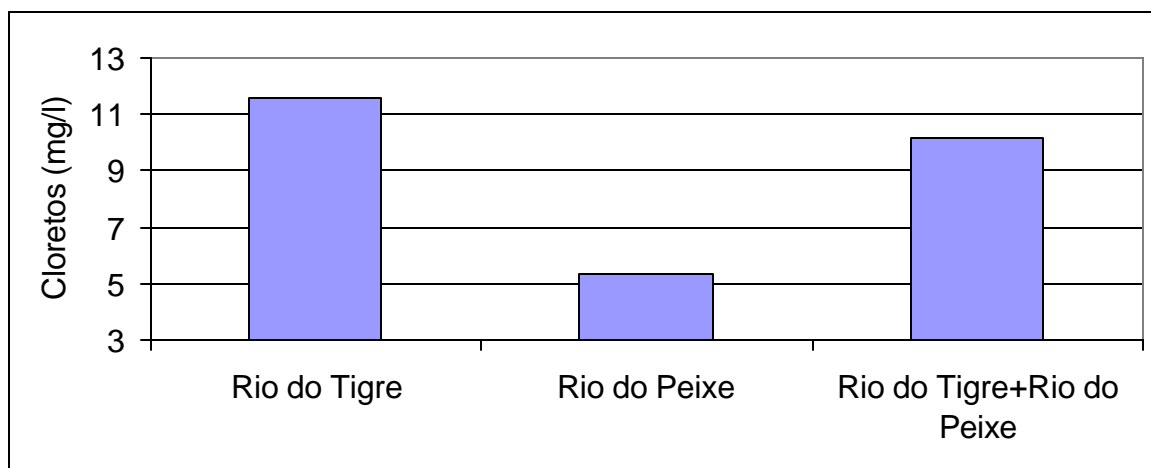


Figura 4.10 – Média do parâmetro cloretos.

#### 4.6 Nitrogênio Total

A Figura 4.11, mostra os resultados das medições do parâmetro nitrogênio total, e a Figura 4.12, a média dos resultados obtidos para os pontos analisados.

Nota-se que as águas do receptor Rio do Peixe possuem um índice de nitrogênio total de, aproximadamente, 54,44% inferior ao índice de nitrogênio total das águas do afluente Rio do Tigre. Isso é devido à existência de esgotos domésticos clandestinos, efluentes indústrias, excrementos de animais e o uso de fertilizantes agrícolas próximos as

margens do afluente. Os constituintes responsáveis pela presença do nitrogênio são os sólidos em suspensão e sólidos dissolvidos, de origem natural ou antropogênica. A origem antropogênica é basicamente composta de despejos domésticos, industriais, excrementos de animais e fertilizantes utilizados na agricultura. Dessa forma levando em consideração essas afirmações, justifica-se esse aumento na porcentagem do parâmetro entre as águas dos dois rios em estudo.

Na mesma Figura 4.12, nota-se ainda, que após desembocadura do afluente no receptor, ocorre um aumento de aproximadamente 68,87% no índice de nitrogênio total das águas do rio receptor, no ponto de coleta abaixo da desembocadura do afluente, ou seja, no ponto de coleta à jusante. Esse aumento na porcentagem se dá pela contribuição do afluente mais a contribuição dos efluentes originários de esgotos domésticos clandestinos, existentes entre o ponto de desembocadura do afluente e o ponto de coleta à jusante.

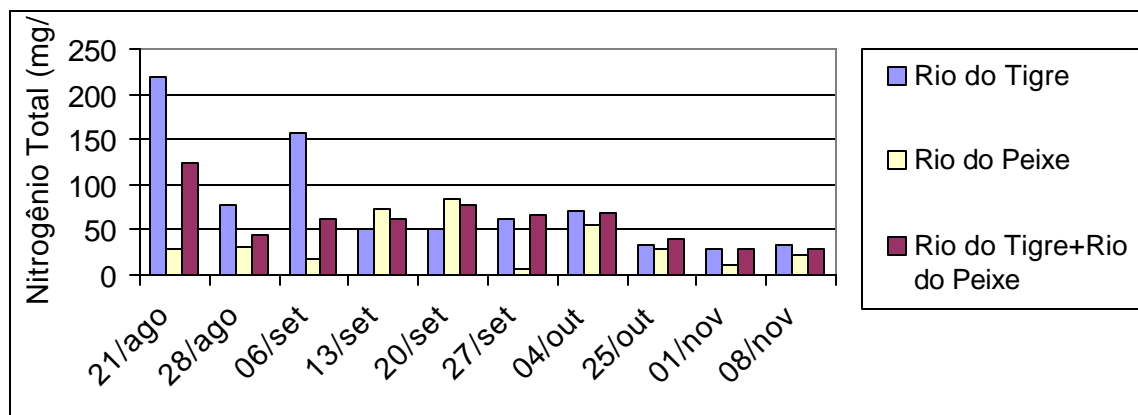


Figura 4.11 – Medição do parâmetro nitrogênio total.

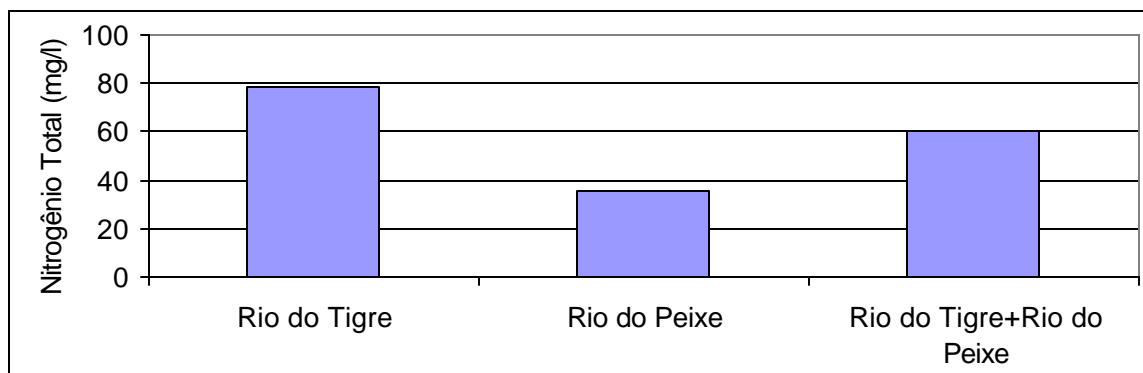


Figura 4.12 – Média do parâmetro nitrogênio total.

#### 4.7 - pH

Seguindo a mesma sistemática para apresentação dos resultados dos outros parâmetros, a figura 4.13 apresenta os resultados do parâmetro pH, e a Figura 4.14, a média dos resultados obtidos para os pontos em questão.

Conforme a Figura 4.14, verifica-se que as águas do receptor Rio do Peixe possuem um índice do parâmetro pH, aproximadamente, 6,27% superior ao índice do pH das águas do afluente Rio do Tigre. Como esse valor é relativamente pequeno, pode-se considera-lo desprezível, pois, mesmo com essa diferença de porcentagem o pH das águas dos rios em estudo, continuam na escala de neutralidade, ou seja em torno de 7 e isso perante o padrão de qualidade estabelecido pela legislação CONAMA é bom . Na mesma Figura observa-se também, que após a desembocadura do afluente no receptor, praticamente não ocorre modificação aparente no pH das águas.

Portanto, com relação ao parâmetro pH, não se pode tirar conclusões relevantes quanto a influência do afluente na contaminação do receptor.

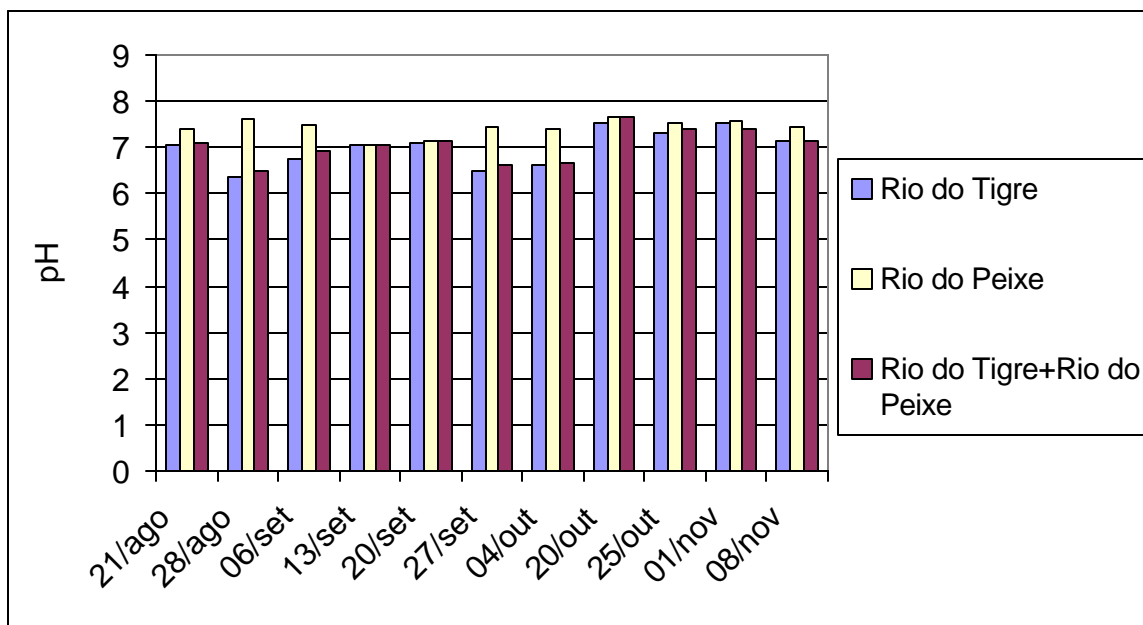


Figura 4.13 – Medição do parâmetro pH.



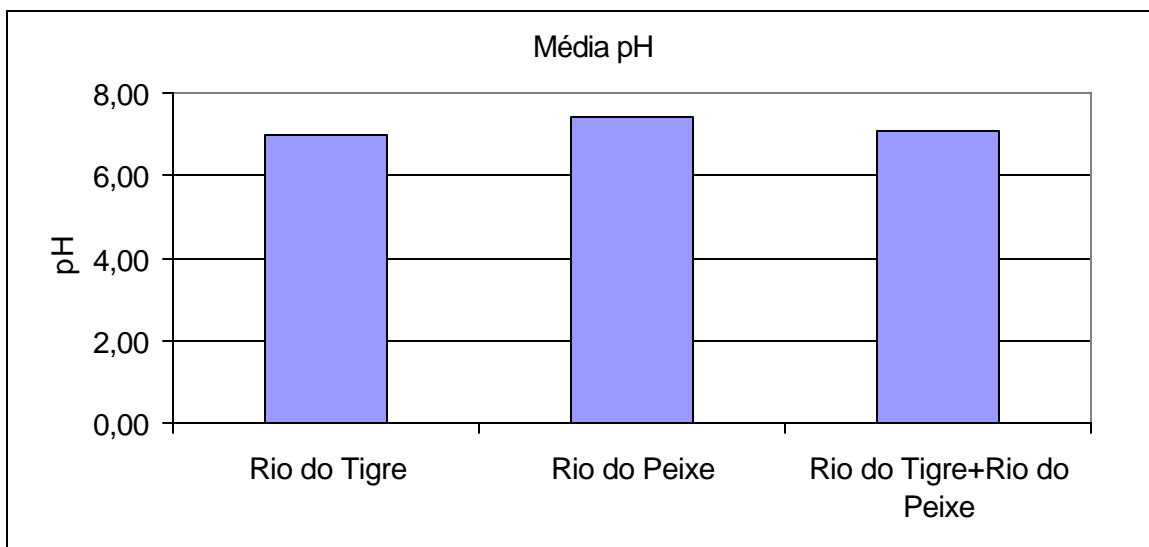


Figura 4.14 – Média do parâmetro pH.

#### 4.8 Oxigênio Dissolvido

Na Figura 4.15, observa-se os resultados na forma gráfica do parâmetro oxigênio dissolvido, e na Figura 4.16, a média dos resultados obtidos para os pontos em estudo.

Nota-se nessa Figura 4.16 que as águas do receptor Rio do Peixe possuem um índice de oxigênio na ordem de 4,38% superior ao índice de oxigênio dissolvido nas águas do afluente Rio do Tigre. A razão disso é devida a presença de efluentes orgânicos originários de esgotos domésticos clandestinos e do lixo a céu aberto lançados sem tratamento algum nas águas do afluente, em pontos acima de sua desembocadura no receptor. Durante a estabilização da matéria orgânica originária dessas fontes, as bactérias fazem uso do oxigênio nos seus processos respiratórios, causando a redução de oxigênio dissolvido no meio. Observa-se também que, após a desembocadura do afluente no receptor, ocorre uma diminuição do índice de oxigênio dissolvido de aproximadamente 4,48%. Isso ocorre devido a carga orgânica levada pelo afluente, e também pela presença de efluentes originários de outros esgotos domésticos clandestinos, presentes no trecho do Rio do Peixe, entre ponto de desembocadura do afluente e o ponto de coleta à jusante. Com base nestes valores obtidos, pode-se dizer que há uma certa contribuição na contaminação das águas do Rio do Peixe pela carga orgânica do afluente e também pela carga orgânica dos esgotos clandestinos existentes nas margens do Rio do Peixe

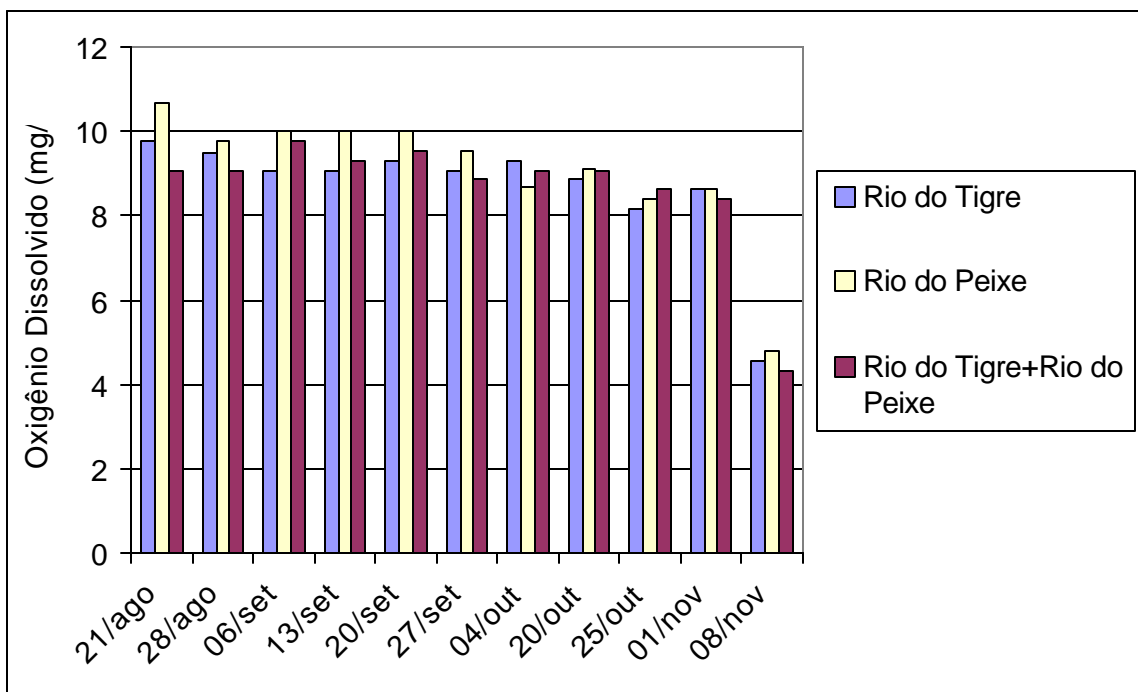


Figura 4.15 – Medição do parâmetro oxigênio dissolvido.

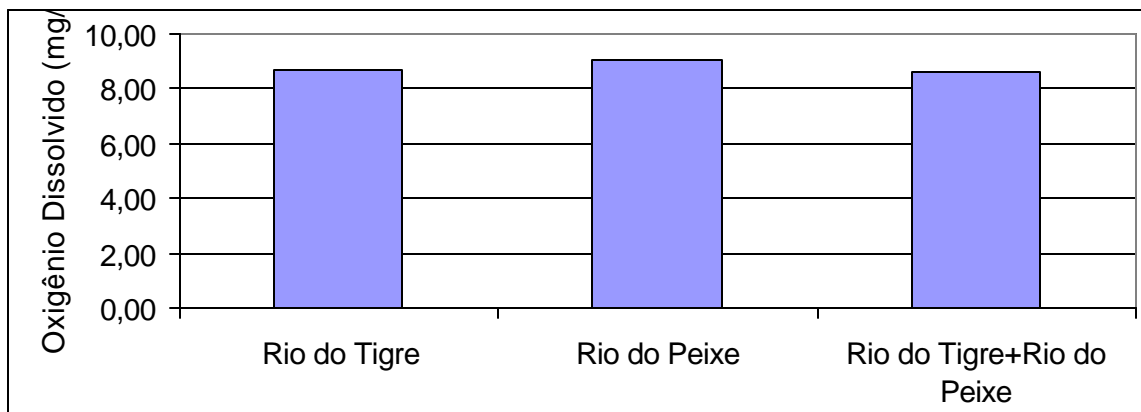


Figura 4.16 – Média do parâmetro oxigênio dissolvido.

#### 4.9 DQO

A Figura 4.17, mostra os resultados na forma gráfica do parâmetro DQO. Já a Figura 4.18, apresenta a média dos resultados obtidos.

Com relação a Figura 4.18, relacionada com a média do parâmetro de análise demanda química de oxigênio (DQO), verifica-se que as águas do receptor Rio do Peixe possuem um índice de DQO, aproximadamente, 25 % inferior ao índice de DQO das águas do afluente Rio do Tigre, ou seja, o consumo de oxigênio para oxidar a matéria orgânica,

biodegradável ou não, é 25% superior nas águas do afluente. Portanto, novamente comprova-se que a carga orgânica existente nas águas do afluente é superior a carga orgânica existente nas águas do receptor. A razão disso, se dá pelo mesmo motivo anteriormente citado, ou seja, pela existência do lixão a céu aberto e dos esgotos domésticos clandestinos localizados em pontos próximos as margens do afluente Rio do Tigre. Nota-se, também, que após a desembocadura do afluente no receptor, ocorre um aumento anormal do DQO nas águas do rio receptor de aproximadamente 123%. Isso teoricamente não poderia acontecer, pois o DQO resultante não poderia ser superior a soma da carga orgânica do afluente mais a carga orgânica do receptor. A razão disso se dá pela existência de efluentes originários de esgotos domésticos clandestinos, existentes nas margens do rio receptor no trecho entre a desembocadura do afluente e o ponto de coleta das amostras à jusante. Com isso, pode-se dizer, que nesse trecho o Rio do Peixe sofre um grande aumento na poluição bioquímica de suas águas, pela carga orgânica do seu afluente e também dos esgotos domésticos existentes em sua margem direita (área em estudo).

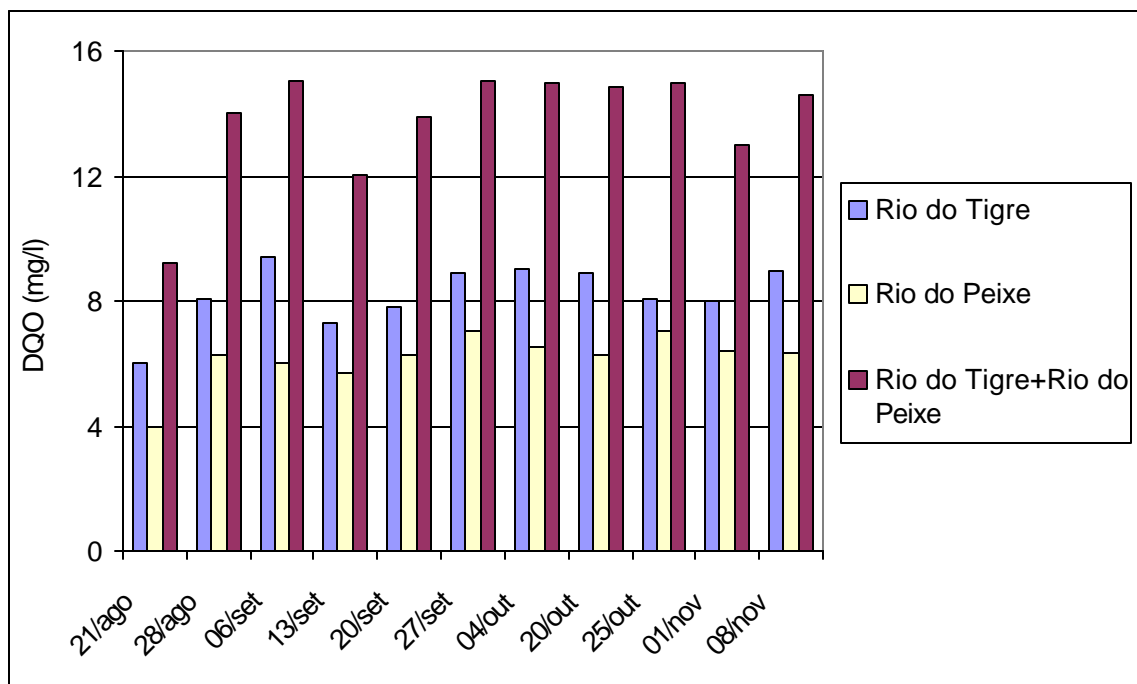


Figura 4.17 - Medição do parâmetro DQO.

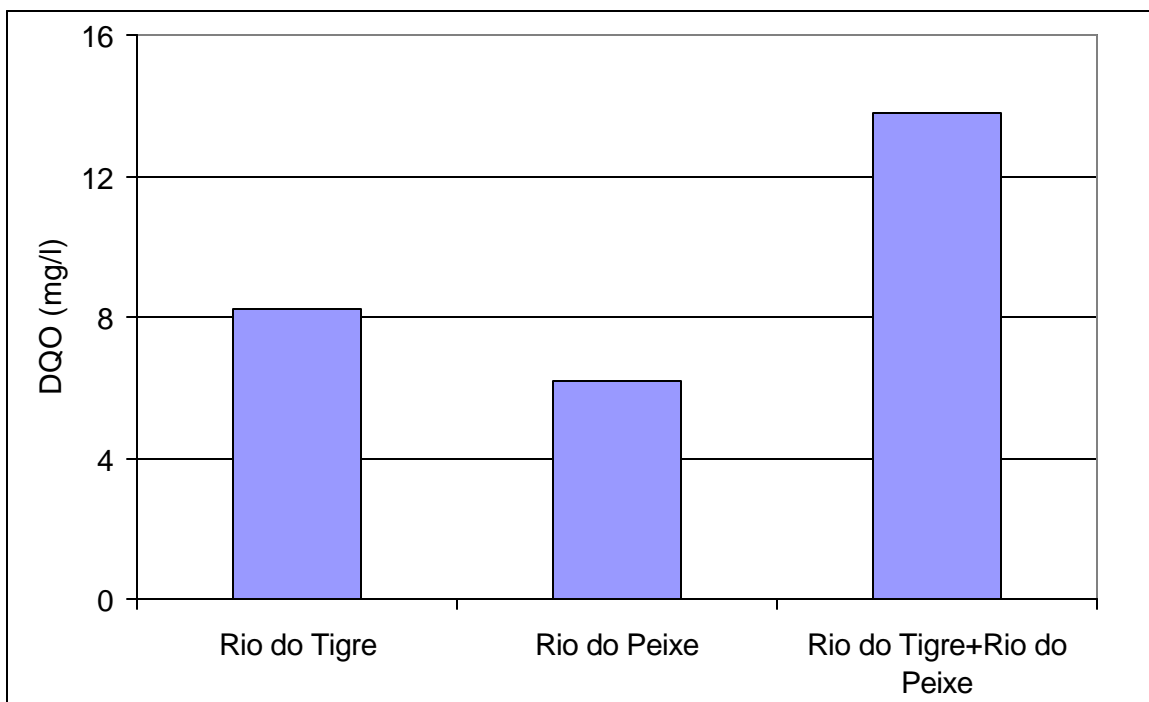


Figura 4.18 – Média do parâmetro DQO.

#### 4.10 DBO<sub>5</sub>

A Figura 4.19, mostra os resultados na forma gráfica do parâmetro DBO<sub>5</sub>. E, a Figura 4.20, mostra a média dos resultados obtidos para os pontos em estudo.

Na Figura 4.20, relacionada com a média do parâmetro de análise da demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5</sub>), nota-se que as águas do afluente Rio do Tigre possuem um índice de DBO<sub>5</sub>, aproximadamente, 30 % superior ao índice de DBO<sub>5</sub> das águas do receptor Rio do Peixe. O parâmetro DBO<sub>5</sub> retrata, de uma forma indireta, o teor de matéria orgânica nos esgotos ou nos corpos de águas, sendo, portanto, uma indicação do potencial do consumo de oxigênio dissolvido nas águas pela decomposição de matéria orgânica por meio de microorganismos de origem aeróbia. A explicação para isso é devido os mesmos motivos já citados anteriormente, como por exemplo a presença de matéria orgânica em decomposição oriundas dos esgotos domésticos clandestinos e do chorume ( líquido de cor negra) oriundo do lixão a céu aberto localizados próximos as margens do afluente. Verifica-se ainda, nessa mesma Figura, que após a desembocadura do afluente no receptor ocorre um grande acréscimo no índice do parâmetro DBO<sub>5</sub> nas águas do Rio do Peixe, considerado esse, até então, fora de uma realidade teórica, pois o mesmo é de, aproximadamente, 131%. Tal como ocorrido no parâmetro anterior DQO, teoricamente

não poderia ser diferente, pois , ambos possuem a mesma finalidade em análises físico-químicas: caracterizar a quantidade de matéria orgânica em decomposição existente em corpo de água. Porém, esse aumento é justificado pela soma da carga orgânica do afluente mais a carga orgânica originária dos esgotos clandestinos localizados nas margens do rio receptor, no trecho entre o ponto de desembocadura do afluente e o ponto de coleta à jusante. Portanto, a soma das cargas orgânicas fazem com que ocorra esse aumento nos parâmetros  $DBO_5$  e DQO no ponto de coleta à jusante. Através dos resultados obtidos nesses dois parâmetros, pode-se concluir que o Rio do Peixe nesse trecho em estudo recebe uma certa quantidade de carga orgânica, provocando, com certeza, uma certa poluição no mesmo.

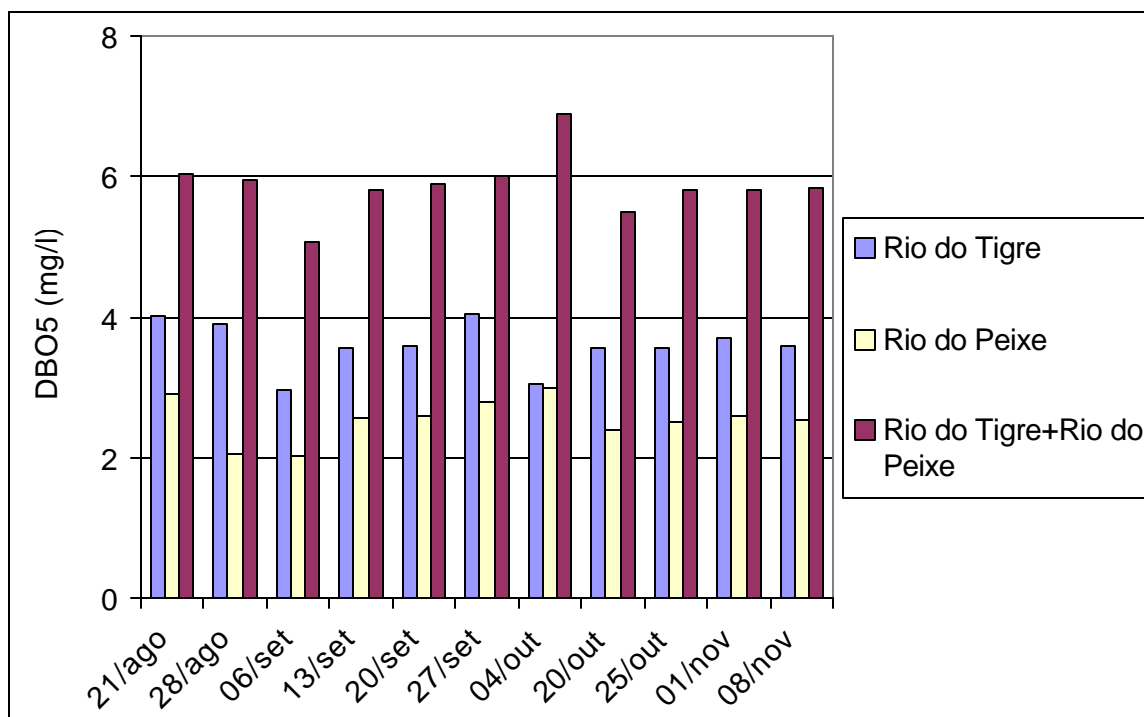


Figura 4.19 – Medição do parâmetro  $DBO_5$ .

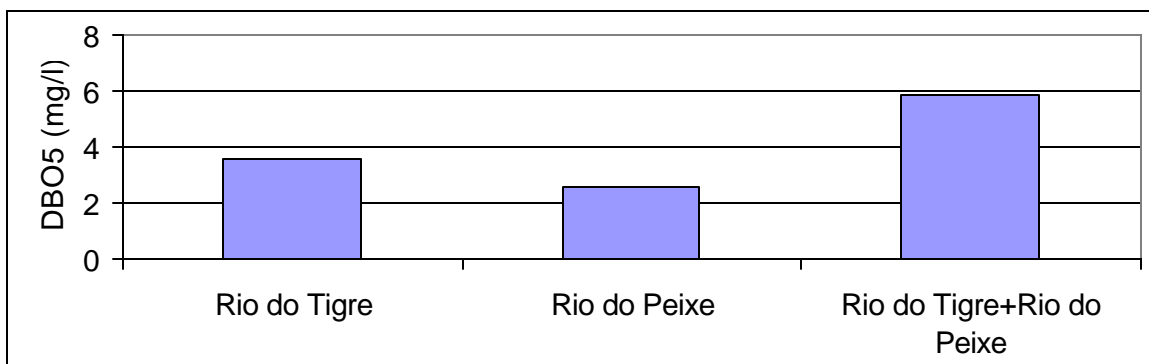


Figura 4.20 – Média do parâmetro DBO<sub>5</sub>.

#### 4.11 Sólidos Totais

O parâmetro de qualidade das águas sólidos totais, é a indicação da presença de sólidos em suspensão e sólidos dissolvidos nas águas e esses, por sua vez, estão relacionados com sólidos de origem orgânica denominados sólidos voláteis e sólidos de origem mineral denominados sólidos fixos. A presença dos mesmos em águas causam problemas de poluição, como por exemplo: Depósito de lodo, proteções patogênicas, problemas estéticos, salinidade excessiva, toxicidade e outros.

A Figura 4.21, apresenta os resultados experimentais para o parâmetro sólidos totais, obtidos durante o período designado para o estudo. Na Figura 4.22, mostra-se a média dos resultados obtidos para os pontos em questão.

Analisando a Figura 4.22, relacionada com a média do parâmetro sólidos totais, nota-se que as águas do afluente Rio do Tigre são de, aproximadamente, 11% superior ao índice de sólidos totais do receptor. Verifica-se também que, após a desembocadura do afluente no receptor, ocorre uma elevação de sólidos totais nas águas do Rio do Peixe de, aproximadamente, 8%. Portanto, com base nesses resultados, verifica-se que nessa região em estudo, o Rio do Peixe recebe sólidos de natureza orgânica (sólidos voláteis) e também, sólidos de origem inorgânica (sólidos fixos). Do acréscimo dos 8%, pode-se dizer que 7% desse acréscimo são de sólidos fixos e 15% são de sólidos voláteis. Esses valores foram determinados em análises e estão apresentados nas Figuras 4.24 e 4.26 mostradas a seguir. A razão disso, se dá em parte pela carga poluidora levada pelo afluente. No entanto, em visitas in loco, verificou-se a grande quantidade de resíduos eliminados pelos moradores de prédios e casas residenciais, existentes nas margens do Rio do Peixe no trecho em estudo.

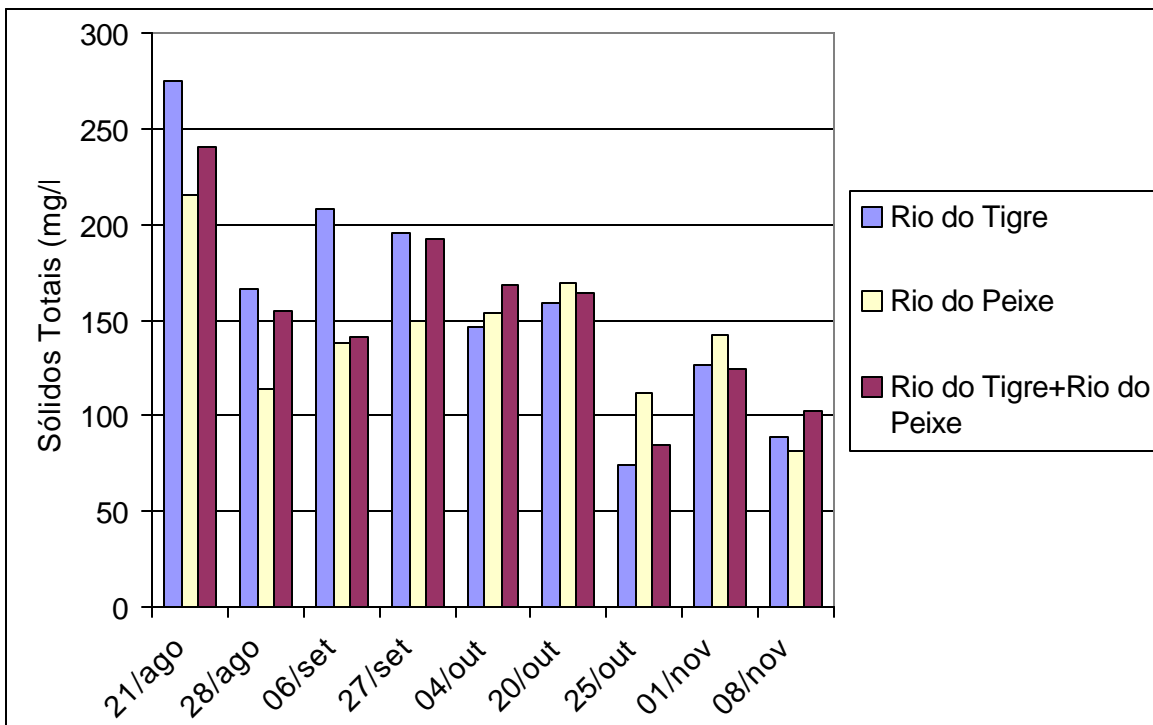


Figura 4.21 – Medição do parâmetro sólidos totais

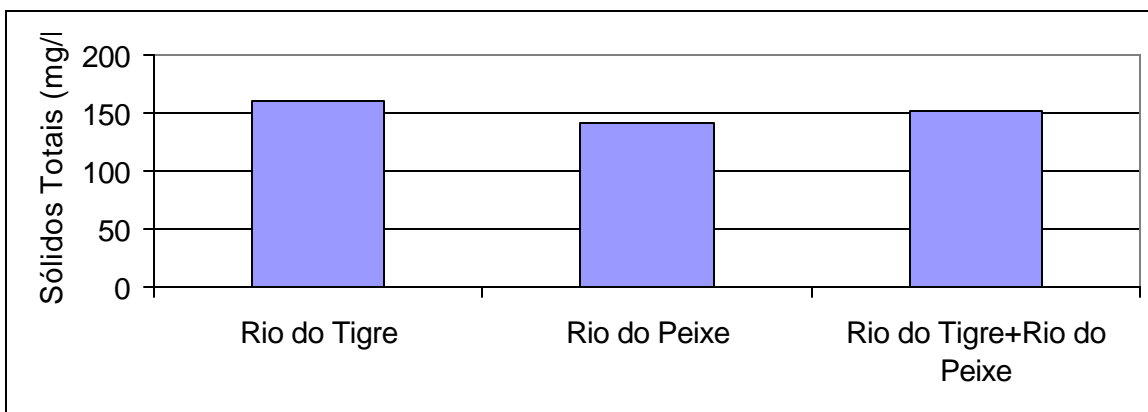


Figura 4.22 – Média do parâmetro sólidos totais.

#### 4.12 Sólidos Fixos

A Figura 4.23 e Figura 4.24, mostram os resultados obtidos para o parâmetro sólidos fixos para os pontos em questão.

Conforme a Figura 4.24, relacionada com a média do parâmetro de análise sólidos fixos, nota-se que, as águas do receptor Rio do Peixe possuem um índice de sólidos fixos

de, aproximadamente, 18,4 % inferior ao índice de sólidos fixos das águas do afluente. Percebe-se, também, que após a desembocadura do afluente no receptor, ocorre uma elevação de sólidos fixos nas águas do receptor de, aproximadamente, 7 % . Com base nesses valores, pode-se afirmar que há uma certa influência na contaminação das águas do Rio do Peixe (receptor), pela carga poluidora do seu afluente Rio do Tigre e pelos esgotos domésticos clandestinos existentes na área.

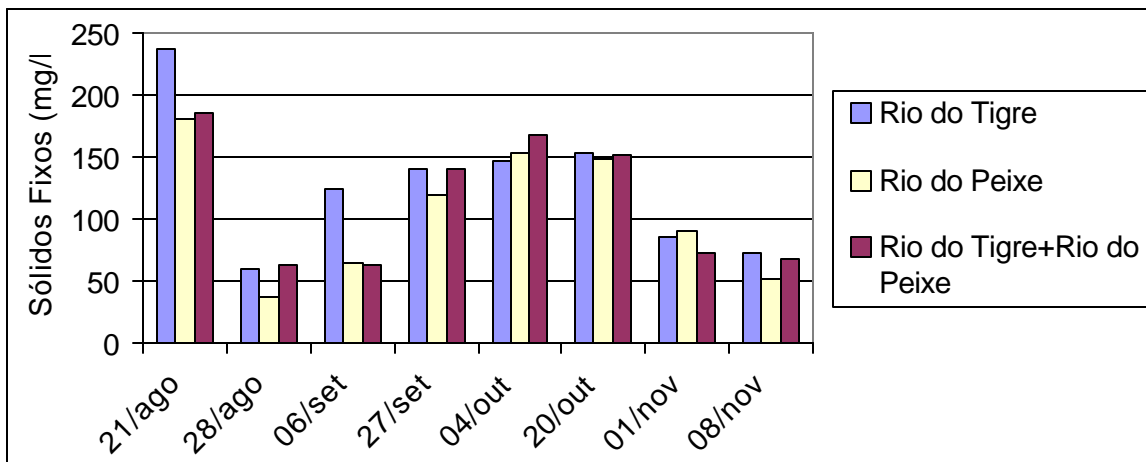


Figura 4.23 – Medição do parâmetro sólidos fixos.

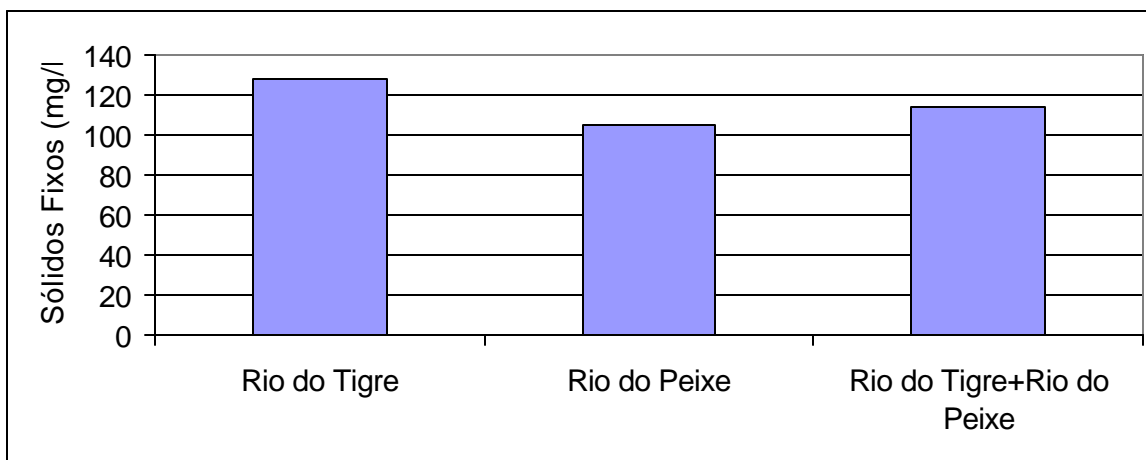


Figura 4.24 – Média do parâmetro sólidos fixos.

#### 4.13 Sólidos Voláteis

A Figura 4.25, mostra os resultados obtidos para esse parâmetro. Já a Figura 4.26, mostra a média dos resultados obtidos para os pontos em questão.



Com relação a Figura 4.26, relacionada com a média do parâmetro de análise sólidos voláteis, nota-se que as águas do receptor Rio do Peixe possuem um índice de sólidos voláteis de aproximadamente, 1,2 % inferior ao índice de sólidos voláteis das águas do afluente Rio do Tigre. Nota-se também que, após a desembocadura do afluente no receptor, ocorre um grande aumento no índice de sólidos voláteis nas águas do Rio do Peixe (receptor) de, aproximadamente, 15 %. Dessa forma, pode-se dizer que, há uma certa influência na contaminação das águas do Rio do Peixe (receptor), pela carga poluidora do seu afluente Rio do Tigre, sendo essa, inferior a carga orgânica originária de efluentes de esgotos domésticos clandestinos, existentes nas margens do rio receptor, no trecho entre o ponto de desembocadura do afluente e o ponto de coleta à jusante.

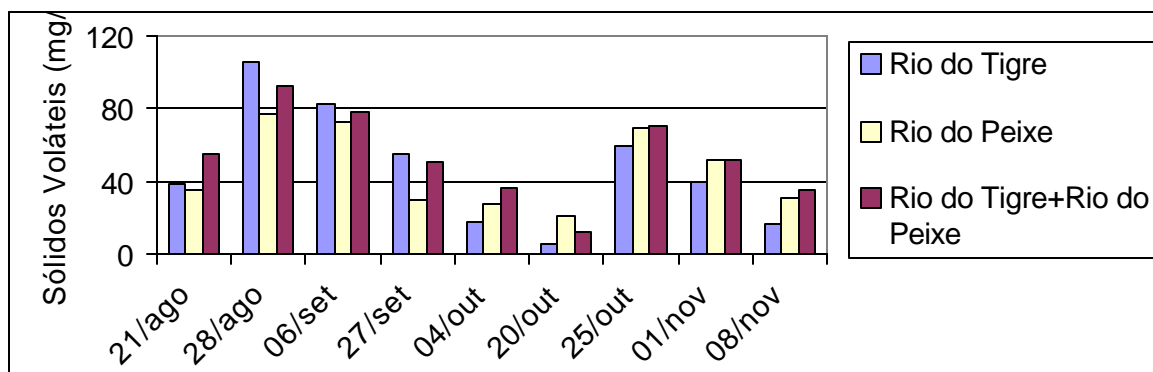


Figura 4.25 – Medição parâmetro sólidos voláteis.

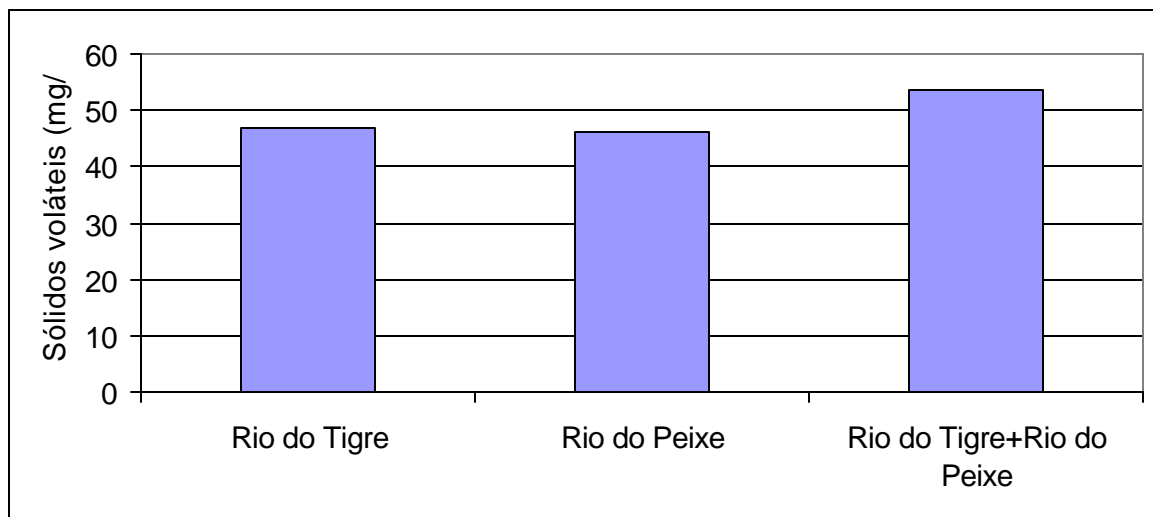


Figura 4.26 – Média do Parâmetros sólidos voláteis.

#### 4.14 Oxigênio Consumido em Meio Ácido ( OC )

Os resultados para esse parâmetro estão graficados nas Figuras 4.27 e 4.28.

De acordo com a Figura 4.28, relacionada com a média do parâmetro de análise oxigênio consumido em meio ácido, nota-se que as águas do receptor Rio do Peixe possuem um índice de oxigênio consumido em meio ácido da ordem de 12 % inferior ao índice de oxigênio consumido em meio ácido das águas do afluente Rio do Tigre. Nota-se também que, após a desembocadura do afluente no receptor, ocorre uma elevação de oxigênio consumido nas águas do Rio do Peixe (receptor) de aproximadamente, 13 %. Com esses valores, pode-se afirmar que, há uma certa influência na contaminação das águas do Rio do Peixe pela carga orgânica do afluente. Comprova-se novamente que a carga orgânica originária dos esgotos domésticos clandestinos, presentes nas margens do rio receptor no trecho citado anteriormente, também contribuem para a contaminação do mesmo. Esse fator de contribuição foi verificado também no parâmetro DQO, sendo esperado pois os parâmetros OC e DQO possuem a mesma finalidade.

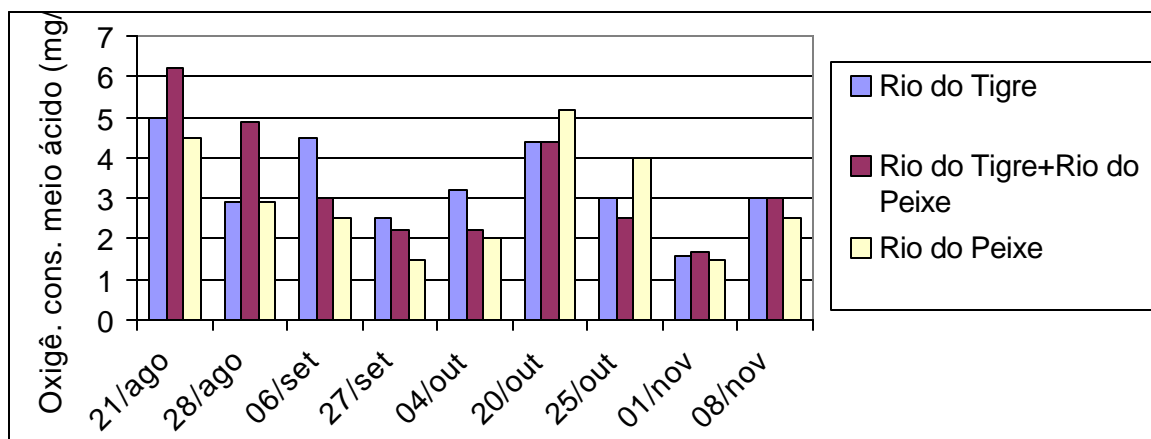


Figura 4.27 – Medição do parâmetro oxigênio consumido em meio ácido.

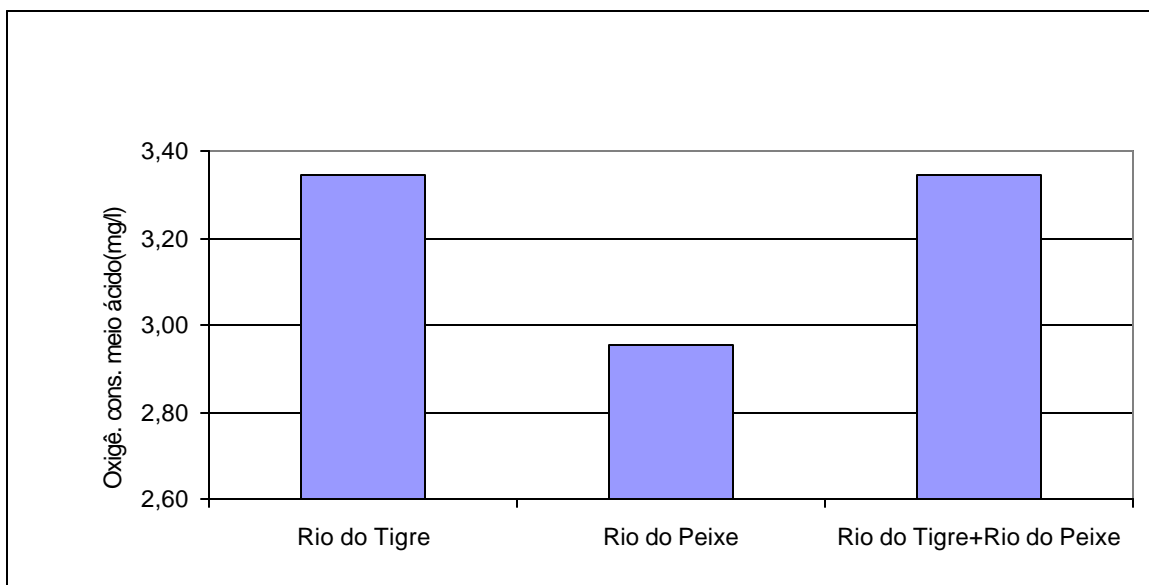


Figura 4.28 – Média do parâmetro oxigênio consumido em meio ácido.

OBS. : No Anexo 1, nas tabelas de 1 a 14, apresenta-se os valores obtidos durante o período de análise, para todos os parâmetros de qualidade analisados durante o estudo. Pode-se observar também os desvios padrões das medidas em relação as médias obtidas durante o estudo. O cálculo do desvio padrão foi desenvolvido com a intenção de se verificar a correlação dos valores obtidos para os parâmetros durante o período destinado às análises, com a média obtida desses parâmetros. Com isso, pode-se identificar qual ou quais pontos seriam “estranhólicos” entre os demais, e capazes de influenciar na validade dos resultados obtidos.

#### 4.15 Média dos Parâmetros Obtidos em Relação aos Padrões do CONAMA

Com relação à Figura 4.29, da comparação da média dos parâmetros de análise das águas conforme resolução do CONAMA 20, 18/06/86, nota-se que alguns parâmetros como Cor e DBO, estão acima do permitido pela legislação CONAMA, demonstrando uma certa carga poluidora nas águas, tanto do afluente Rio do Tigre quanto do receptor Rio do Peixe. Com relação os demais parâmetros analisados (turbidez, dureza, cloretos, oxigênio dissolvido, oxigênio consumido em meio ácido e outros), mesmo demonstrando uma

grande influência do afluente na carga poluidora do receptor, não ultrapassam o índice permitido pela legislação CONAMA.

Tabela 4.1 – Média dos resultados obtidos para os parâmetros de análise e padrões da Qualidade para corpos d'água classe 2. Conforme resolução CONAMA nº 20, 18/06/86.

Parâmetro	Rio do Tigre	Rio do Tigre + Rio do Peixe	Rio do Peixe	Padrão do CONAMA para águas classe 2	Unidade
Cor	158,71	186	244,14	75	UH
Turbidez	20,58	25,13	33,29	100	UT
Alcalinidade	28,89	25,13	23,22	-	mg/l
Dureza	31,27	29,18	26,09	500	mg/l
Cloreto	11,55	10,19	5,32	500	mg/l
Nitrogênio total	78,14	60,05	35,6	-	mg/l
PH	6,99	7,06	7,43	6 a 9	-
Oxigênio dissolvido (OD)	8,67	8,65	9,05	5 (mínimo)	mg/l
DQO	8,22	13,79	6,18	-	mg/l
DBO	3,59	5,87	2,54	5	mg/l
Sólidos totais	159,78	152,33	141,67	500	mg/l
Sólidos fixos	127,63	113,88	105,5	-	mg/l
Sólidos voláteis	46,78	53,56	46,22	-	mg/l
Oxigênio consumido Em meio ácido	3,34	3,34	2,96	-	mg/l

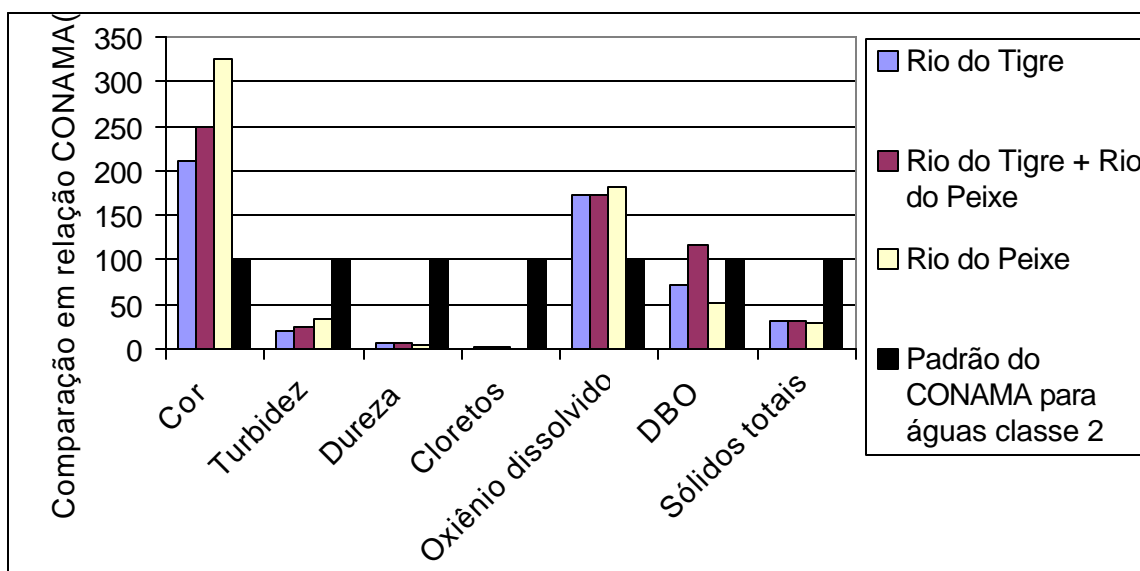


Figura 4.29 – Comparação dos parâmetros de análise com os padrões da qualidade conforme resolução CONAMA 20, 18/06/86.

#### 4.16 Relação Entre Parâmetros Analisados e Vazões Médias dos Rios

Esta relação das concentrações médias dos parâmetros com a média das vazões dos rios nos permite, com maior propriedade, calcular a carga poluidora verdadeira dos mesmos e, com isso poder então, concluir com maior segurança se há ou não influência no aumento da poluição das águas do Rio do Peixe pelo afluente Rio do tigre. Esta relação foi calculada por meio da seguinte equação matemática:

$$C_p = C \times V$$

Onde:

- $C_p$  = Carga Poluidora (g/s)
- $C$  = Concentração (mg/l)
- $V$  = Vazão ( $m^3/s$ )

A Tabela 4.2, mostra as concentrações médias em mg/l, para cada parâmetro analisado, a vazão média do afluente Rio do Tigre e a vazão média do receptor Rio do Peixe, a carga poluidora em g/s para cada parâmetro analisado durante o trabalho, tanto para o afluente quanto para o receptor, mostra também, a carga poluidora em g/s do rio receptor após a desembocadura do afluente Rio do Tigre.

Tabela 4.2 - Relação entre concentração média em mg/l e vazão do Rio do Peixe (Receptor) e Rio do Tigre (afluente)

Parâmetros	Concentrações Médias			Vazão Média		Carga Poluidora em g/s		
	Rio do Tigre (mg/l)	Rio do Tigre + Rio do Peixe (mg/l)	Rio do Peixe (mg/l)	Vazão do Rio do Tigre (m <sup>3</sup> /s)	Vazão do Rio do Peixe (m <sup>3</sup> /s)	Rio do Tigre (g/s)	Rio do Peixe + Rio do Tigre (g/s)	Rio do Peixe (g/s)
Cor	158,71	186,00	244,14	0,180	143,20	-	-	-
Turbidez	20,58	25,13	33,29	0,180	143,20	-	-	-
Alcalinidade	28,89	25,67	23,67	0,180	143,20	5,20	3680,56	3389,54
Dureza	31,27	29,18	26,09	0,180	143,20	5,62	4183,82	3736,08
Cloretos	11,55	10,19	5,32	0,180	143,20	2,80	1461,04	761,82
Nitrogênio Total	78,14	60,05	35,60	0,180	143,20	14,06	8609,96	5097,92
PH	6,99	7,06	7,43	0,180	143,20	-	-	-
OD	8,67	8,65	9,05	0,180	143,20	1,56	1240,23	1295,96
DQO	8,22	13,79	6,18	0,180	143,20	1,48	1977,21	884,97
DBO	3,59	5,87	2,54	0,180	143,20	0,64	841,64	363,72
Sólidos Totais	159,78	152,33	141,67	0,180	143,20	28,76	21841,08	20287,14
Sólidos Fixos	127,63	113,88	105,50	0,180	143,20	22,97	16328,11	15107,60
Sólidos Voláteis	46,78	53,56	46,22	0,180	143,20	8,42	7679,43	6618,70
Oxigênio Consumido	3,34	3,34	2,96	0,180	143,20	0,60	478,88	423,87

#### 4.17 Carga Poluidora dos Rios

A Tabela 4.3, apresenta as cargas poluidoras para cada parâmetro analisado em kg/s dos rios em estudo, ou seja, para o afluente Rio do Tigre, para o receptor Rio do Peixe antes da desembocadura do afluente e para o Rio do Peixe após a desembocadura do afluente Rio do Tigre. Mostra, as variações da carga poluidora entre as águas do Rio do Peixe antes da desembocadura do afluente Rio do Tigre, e a carga poluidora das águas do Rio do Peixe após a desembocadura do mesmo. Observa-se também, o percentual de influência da carga poluidora do afluente Rio do Tigre no receptor Rio do Peixe e o percentual da influência na carga poluidora do Rio do Peixe pelos esgotos domésticos clandestinos, existentes na área de extensão do Rio do Peixe em estudo.

Através da Tabela 4.3, nota-se claramente, que o afluente Rio do Tigre não é o principal responsável pelo aumento da carga poluidora do Rio do Peixe na extensão da área em estudo, embora o afluente Rio do Tigre contribui com um percentual de 1,11% em média no acréscimo da carga poluidora do Rio do Peixe. Percebe-se que, após a desembocadura do afluente no receptor os resultados obtidos relativos às concentrações, são muito maiores do que essa porcentagem de contribuição do afluente. A razão disso, se dá, pela presença de efluentes de origens domésticas, existentes no trecho do Rio do Peixe, entre o ponto de desembocadura do afluente e o ponto de coleta das amostras à jusante. Portanto, os maiores contribuintes para o aumento da carga poluidora no Rio do Peixe na área estudada, se dá, pelos esgotos domésticos clandestinos. Essa afirmação foi comprovada, primeiramente, através de visitas *in loco* na região do rio em estudo e posteriormente confirmadas pelas análises físico-químicas, principalmente, através dos parâmetros DBO e DQO. Pois, na margem do Rio do Peixe, existem residências e, estas não possuem uma rede de esgoto adequada, e os efluentes originários das mesmas são lançados clandestinamente sem tratamento algum, nas águas do mesmo, contribuindo com um aumento na carga poluidora do Rio do Peixe de, aproximadamente, 98,89% em média para os parâmetros considerados.

Pode-se dizer que, essa influência no aumento da carga poluidora das águas do Rio do Peixe, causada pelo afluente Rio do Tigre e pelos esgotos clandestinos, não influenciam em todo o volume de água do mesmo, pois as amostras foram coletadas nas margens e, nestes pontos de coletas foi comprovado esse acréscimo da carga poluidora no Rio do Peixe. Certamente, se as amostras fossem coletadas em forma de rede, ou seja, em pontos

distribuídos de uma margem a outra do rio, os resultados seriam diferentes, pois haveria uma diluição da carga poluidora, em pontos mais distantes das margens. Esse trabalho de coleta não foi realizado. Pois, a finalidade do trabalho é comparar a carga poluidora no Rio do Peixe antes da desembocadura do afluente com o acréscimo da mesma após a desembocadura e essa, com os custos envolvidos com os tratamentos químicos desenvolvidos pelo SIMAE, antes da desembocadura com os custos que a empresa teria se fosse tratar a água após a desembocadura do afluente. Como a estação de tratamento possui captação na margem do rio antes da desembocadura do afluente. Tomou-se como referência para estudo, os pontos de coleta das amostras na margem do mesmo, após a desembocadura do afluente e dos esgotos domésticos clandestinos.

Tabela 4.3 – Influência da carga poluidora do Rio do Tigre e Esgotos domésticos no receptor Rio do Peixe.

Parâmetros analisados	Carga Poluidora do Rio do Tigre kg/s	Carga Poluidora do Rio do Peixe (montante) kg/s	Carga Poluidora do Rio do Tigre + Rio do Peixe (à jusante) kg/s	Variações da carga poluidora entre os pontos de coletas montante e à jusante kg/s	Influência da carga poluidora do Rio do Tigre no Rio do Peixe kg/s	% da influência da carga poluidora do Rio do Tigre no Rio do Peixe	% da influência dos esgotos clandestinos nas águas do Rio do Peixe
Cor (UH)	-	-	-	-	-	-	-
Turbidez (UT)	-	-	-	-	-	-	-
Alcalinidade	0,00520	3,332	3,680	0,348	0,00520	1,50%	98,50%
Dureza	0,00562	3,736	4,183	0,447	0,00562	1,25%	98,75%
Cloretos	0,00280	0,761	1,461	0,700	0,00280	0,40%	99,60%
Nitrogênio Total	0,01400	5,097	8,609	3,512	0,0140	0,40%	99,60%
PH	-	-	-	-	-	-	-
OD	0,00156	1,295	1,240	0,055	0,00156	2,840%	97,160%
DQO	0,00148	0,884	1,977	1,093	0,00148	0,135%	99,865%
DBO	0,00064	0,363	0,841	0,478	0,00064	0,133%	99,866%
Sólidos Totais	0,02870	20,287	21,828	1,541	0,02870	1,862%	98,137%
Sólidos Fixos	0,02297	15,107	16,328	1,221	0,02297	1,881%	98,118%
Sólidos Voláteis	0,00842	6,6187	7,679	1,060	0,00842	0,794%	99,200%
Oxigênio Consumido	0,00060	0,424	0,478	0,054	0,00060	1,090%	98,910%
Média	-	-	-	-	-	1,11%	98,89%



#### 4.18 Análise de Custos de Tratamento de Água

A estação de tratamento do SIMAE Joaçaba, basicamente utiliza quatro tipos de reagentes químicos no tratamento das águas do Rio do Peixe. São eles:

Sulfato de Alumínio ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ )

Cal hidratada ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ )

Flúor

Cloro gás ( $\text{Cl}_2$ )

A Tabela 4.4, apresenta os respectivos reagentes, a quantidade gasta com base no mês de novembro/2000, os custos por kg dos reagentes, os custos totais no mês com reagentes, as quantidades médias gastas em kg durante o ano de 2000, o custo médio com base no ano e o total gasto, em reais com reagentes no mesmo ano.

Tabela 4.4 – Custo do tratamento de água do Rio do Peixe na estação SIMAE Joaçaba – Nov/2000.

Reagentes	Quantidade em kg/mês	Custo em R\$/kg	Custo total R\$/mês	Quantidade média gasta no ano em kg	Custo médio anual R\$
Sulfato de Alumínio ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ )	5833,4	0,299	1744,18	70000	20930,16
Cal hidratado ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ )	3698,3	0,23	850,6	44379,6	10207,2
Flúor	517,4	1,79	926,14	6208,8	11113,68
Cloro (gás)	544,5	2,15	1174,67	6534	14096,04
Total			4695,59		56347,08

#### 4.19 Custos com Reagentes Químicos

As Tabelas 4.5 a 4.7, mostram as concentrações em mg/l para cada parâmetro analisado durante o trabalho experimental, tanto para as águas do Rio do Peixe antes das desembocaduras do afluente Rio do Tigre e dos esgotos domésticos clandestinos, e após as desembocaduras dos mesmos no receptor Rio do Peixe, na área em estudo. Mostra-se também, as variações das concentrações (em mg/l) dos parâmetros analisados, as

percentagens das variações, o consumo de reagentes para correção dos parâmetros (em kg/mês), as variações de acréscimos (em kg/mês), as concentrações do afluente (em porcentagem), as contribuições dos esgotos domésticos clandestinos (em porcentagem), as contribuições (em kg/mês) do afluente Rio do Tigre, as contribuições em (kg/mês) dos esgotos domésticos, os preços dos reagentes químicos (em R\$/kg), os custos com reagentes químicos (em R\$/mês) para a correção da contribuição do afluente e os custos com reagentes químicos (em R\$/mês) para a correção da contribuição dos esgotos domésticos nas águas do Rio do Peixe na área da extensão do mesmo em estudo.

Tabela 4.5– Reagente: Sulfato de Alumínio ( $Al_2(SO_4)_3$ )  
Parâmetros corrigidos: Alcalinidade, Dureza e Sólidos Totais.

Parâmetro	Alcalinidade	Dureza	Sólidos Totais	Média dos custos com $Al_2(SO_4)_3$
Rio do Peixe mg/l	23,67	26,09	141,67	x
Rio do Peixe + Rio do Tigre + esgotos mg/l	25,67	29,18	152,33	x
Variação em mg/l	2,00	3,09	10,66	x
% da variação do acréscimo	8,45	11,84	7,53	x
Consumo de $Al_2(SO_4)_3$ para Rio do Peixe em kg/mês	5833	5833	5833	x
Consumo de $Al_2(SO_4)_3$ após a mistura das águas em kg/mês	6326	6524	6272	x
Variação do acréscimo kg/mês	493	691	439	x
Contribuição do Rio do Tigre %	1,50	1,25	1,86	x
Contribuição dos esgotos %	98,50	98,75	98,13	x
Contribuição do Rio do Tigre kg/mês	7,40	8,64	8,1	x
Contribuição dos esgotos kg/mês	485,60	682,36	430,83	x
Custo do $Al_2(SO_4)_3$ R\$/kg	0,299	0,299	0,299	x
Custo com $Al_2(SO_4)_3$ no mês com a contribuição do Rio do Tigre R\$/mês	2,21	2,58	2,42	2,40
Custo com $Al_2(SO_4)_3$ no mês com a contribuição de esgotos R\$/mês	145,19	204,02	128,81	159,34

Tabela 4.6 – Reagente: Hidróxido de cálcio (Ca(OH)<sub>2</sub>)

- Parâmetros corrigidos: Alcalinidade, Dureza e Sólidos Totais.

Parâmetro	Alcalinidade	Dureza	Sólidos Totais	Média dos custos com Ca(OH) <sub>2</sub>
Rio do Peixe mg/l	23,67	26,09	141,67	x
Rio do Peixe + Rio do Tigre + esgotos mg/l	25,67	29,18	152,33	x
Variação em mg/l	2,00	3,09	10,66	x
% da variação do acréscimo	8,45	11,84	7,52	x
Consumo de Ca(OH) <sub>2</sub> para Rio do Peixe em kg/mês	3698,30	3698,30	3698,30	x
Consumo de Ca(OH) <sub>2</sub> após a mistura das águas em kg/mês	3973,23	4105,11	3976,41	x
Variação do acréscimo kg/mês	274,93	406,81	278,11	x
Contribuição do Rio do Tigre %	1,50	1,25	1,86	x
Contribuição dos esgotos %	98,50	98,75	98,13	x
Contribuição do Rio do Tigre kg/mês	4,12	5,08	5,17	x
Contribuição dos esgotos kg/mês	270,81	401,72	272,94	x
Custo do Ca(OH) <sub>2</sub> R\$/kg	0,230	0,230	0,230	x
Custo com Ca(OH) <sub>2</sub> no mês com a contribuição do Rio do Tigre R\$/mês	0,947	1,16	1,18	1,095
Custo com Ca(OH) <sub>2</sub> no mês com a contribuição de esgotos R\$/mês	62,28	92,39	62,77	72,48

Tabela 4.7 – Reagentes: Cloro gás (Cl<sub>2</sub>) – Parâmetros corrigidos:

Demanda Bioquímica de Oxigênio e Oxigênio Consumido em meio ácido (OC).

Parâmetro	DBO <sub>5</sub>	Oxigênio Consumido em meio ácido	Média dos custos com Cl <sub>2</sub>
Rio do Peixe mg/l	2,540	2,960	x
Rio do Peixe + Rio do Tigre + esgotos mg/l	5,870	3,340	x
Variação em mg/l	3,330	0,380	x
% da variação do acréscimo	131	12,83	x
Consumo de Cl <sub>2</sub> para Rio do Peixe em kg/mês	544,500	544,500	x
Consumo de Cl <sub>2</sub> após a mistura das águas em kg/mês	1257,79	614,35	x
Variação do acréscimo kg/mês	713,29	69,85	x
Contribuição do Rio do Tigre %	0,133	1,090	x
Contribuição dos esgotos %	99,866	98,900	x
Contribuição do Rio do Tigre kg/mês	0,948	0,760	x
Contribuição dos esgotos kg/mês	712,34	69,09	x
Custo do Cl <sub>2</sub> R\$/kg	2,150	2,150	x
Custo com Cl <sub>2</sub> no mês com a contribuição do Rio do Tigre R\$/mês	2,03	1,449	1,60
Custo com Cl <sub>2</sub> no mês com a contribuição de esgotos R\$/mês	1.531,53	148,54	1.531,53

#### 4.20 Elevação das Cargas Poluidoras e Influência nos Custos com Reagentes

1º) Custos com Reagente Sulfato de Alumínio;

Parâmetros corrigidos com o reagente: Alcalinidade, Dureza e Sólidos Totais.

Conforme Tabela 4.5, para o parâmetro alcalinidade, obteve-se uma variação na concentração em relação às águas do Rio do Peixe, antes das desembocaduras do afluente e dos esgotos e após as mesmas, de 2 mg/l, correspondendo em um acréscimo de 8,45%, causando um aumento de 493 kg/mês no consumo do reagente sulfato de alumínio ( $Al_2(SO_4)_3$ ), utilizado na correção do parâmetro alcalinidade. Comprova-se que o afluente Rio do Tigre contribui com 1,50% e os esgotos domésticos clandestinos existentes entre o ponto de desembocadura do afluente e o ponto de coleta à jusante, com 98,50% na carga poluidora do Rio do Peixe, causando um aumento nos custos para a correção do parâmetro de 147,40 R\$/mês, em relação ao custo que a estação de tratamento SIMAE de Joaçaba vem tendo para corrigir o parâmetro antes das desembocaduras do afluente Rio do Tigre e dos esgotos domésticos no receptor Rio do Peixe.

Conforme Tabela 4.5, para o parâmetro dureza, obteve-se uma variação na concentração em relação às águas do Rio do Peixe antes das desembocaduras do afluente e dos esgotos e após as mesmas, de 3,09 mg/l, correspondendo em um acréscimo de 11,84%, causando um aumento de 691 kg/mês no consumo do reagente sulfato de alumínio ( $Al_2(SO_4)_3$ ), utilizado na correção do parâmetro dureza, onde comprova-se que, o afluente Rio do Tigre contribui com 1,25% e os esgotos domésticos com 98,75% na carga poluidora do Rio do Peixe, causando um aumento dos custos para a correção do parâmetro de 206,60 R\$/mês, em relação ao custo que a estação de tratamento SIMAE de Joaçaba vem tendo para corrigir o parâmetro dureza, antes das desembocaduras do afluente Rio do Tigre e dos esgotos domésticos no receptor Rio do Peixe.

Conforme Tabela 4.5, para o parâmetro sólidos totais, obteve-se uma variação da concentração em relação às águas do Rio do Peixe antes das desembocaduras do afluente e dos esgotos, e após as mesmas, de 10,66 mg/l, correspondendo em um acréscimo de 7,53%, causando um aumento de 439 kg/mês no consumo do reagente sulfato de alumínio ( $Al_2(SO_4)_3$ ), utilizado na correção do parâmetro sólidos totais, onde comprova-se que o afluente Rio do Tigre contribui com 1,86% e os esgotos domésticos com 98,13% na carga poluidora do Rio do Peixe, causando um aumento no custo para a correção do parâmetro

de 131,23 R\$/mês, em relação ao custo que a estação de tratamento SIMAE, vem tendo para corrigir o parâmetro, antes das desembocaduras do afluente Rio do Tigre e dos esgotos domésticos no receptor Rio do Peixe.

O reagente Sulfato de Alumínio ( $Al_2(SO_4)_3$ ) é responsável para a correção dos três parâmetros: alcalinidade, dureza e sólidos totais ao mesmo tempo, portanto, obteve-se pela média dos custos com os reagentes nas correções dos parâmetros, concluindo-se que, o afluente contribui com 2,40 R\$/mês no custo do tratamento das águas Rio do Peixe após a desembocadura, referente o reagente sulfato de alumínio e, os esgotos domésticos clandestinos contribuem em média com um custo de 159,34 R\$/mês no tratamento das águas do Rio do Peixe. Esses valores em reais são relacionados com o custo que o SIMAE Joaçaba, vem tendo com a correção dos parâmetros antes das desembocaduras do afluente Rio do Tigre e dos esgotos clandestinos nas águas do Rio do Peixe.

Se a estação de tratamento do SIMAE tivesse seu ponto de captação abaixo das desembocaduras do afluente e dos esgotos domésticos, certamente teria um custo 9,27% superior, referente o reagente Sulfato de Alumínio.

## 2º) Custos com Reagente Hidróxido de Cálcio ( $Ca(OH)_2$ );

Parâmetros corrigidos com o reagente: Alcalinidade, Dureza e Sólidos Totais.

Conforme Tabela 4.6, para o parâmetro alcalinidade, obteve-se uma variação na concentração, em relação as águas do Rio do Peixe, antes das desembocaduras do afluente Rio do Tigre e dos esgotos e após as mesmas, de 2 mg/l, correspondendo em um acréscimo de 8,45% causando um aumento 274,93 kg/mês no consumo do reagente hidróxido de cálcio ( $Ca(OH)_2$ ), utilizado na correção do parâmetro alcalinidade, onde comprova-se que o afluente Rio do Tigre contribui com 1,50% e os esgotos domésticos com 98,50% na carga poluidora do Rio do Peixe, causando um aumento nos custos para correção do parâmetro de 63,22 R\$/mês, em relação ao custo que a estação de tratamento SIMAE de Joaçaba, vem tendo para corrigir o parâmetro, antes das desembocaduras do afluente Rio do Tigre e dos esgotos domésticos no receptor Rio do Peixe.

Conforme Tabela 4.6, para o parâmetro dureza, obteve-se uma variação da concentração em relação as águas do Rio do Peixe, antes das desembocaduras do afluente Rio do Tigre e dos esgotos e após as mesmas, de 3,09 mg/l, correspondendo em um acréscimo de 11,84%, causando um aumento 406,81 kg/mês no consumo do reagente hidróxido de cálcio ( $Ca(OH)_2$ ), utilizado na correção do parâmetro dureza, onde comprova-

se que o afluente Rio do Tigre contribui com 1,25% e os esgotos domésticos com 98,75% na carga poluidora do Rio do Peixe, causando um aumento nos custos para a correção do parâmetro de 93,55 R\$/mês, em relação ao custo que a estação de tratamento SIMAE, Joaçaba, vem tendo para corrigir o parâmetro, antes das desembocaduras do afluente Rio do Tigre e dos esgotos domésticos no receptor Rio do Peixe.

Conforme Tabela 4.6, para o parâmetro sólidos totais, obteve-se uma variação na concentração das águas do Rio do Peixe, antes das desembocaduras do afluente Rio do Tigre e dos esgotos e após as mesmas, de 10,66 mg/l, correspondendo em um acréscimo de 7,52%, causando um aumento de 278,11 kg/mês no consumo do reagente hidróxido de cálcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ), utilizado na correção do parâmetro sólidos totais, onde comprova-se que o afluente Rio do Tigre contribui com 1,86% e os esgotos domésticos com 98,14% na carga poluidora do Rio do Peixe, causando um aumento nos custos para a correção do parâmetro de 63,95 R\$/mês, em relação ao custo que a estação de tratamento SIMAE de Joaçaba, vem tendo para corrigir o parâmetro, antes das desembocaduras do afluente Rio do Tigre e dos esgotos domésticos no receptor Rio do Peixe.

O reagente hidróxido de cálcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) é responsável para a correção dos três parâmetros: alcalinidade, dureza e sólidos totais ao mesmo tempo; portanto, optou-se pela média dos custos com o reagente na correção dos parâmetros, concluindo-se que o afluente contribui com um valor médio de 1,095 R\$/mês no custo do tratamento das águas do Rio do Peixe, após a desembocadura do afluente, referente ao reagente hidróxido de cálcio, os esgotos domésticos clandestinos contribuem com um custo médio de 72,48 R\$/mês no tratamento das águas do Rio do Peixe.

Esses valores em reais são relacionados com o custo que o SIMAE de Joaçaba, vem tendo mensalmente com relação aos parâmetros: alcalinidade, dureza e sólidos totais, antes das desembocaduras do afluente Rio do Tigre e dos esgotos domésticos na água do Rio do Peixe.

Se a estação de tratamento SIMAE de Joaçaba tivesse seu ponto de captação abaixo da desembocadura do afluente Rio do Tigre e dos esgotos domésticos, no Rio do Peixe, certamente teria um custo 8,64% superior, referente ao reagente hidróxido de cálcio.

### 3º) Custos com o Reagente gás cloro ( $\text{Cl}_2$ );

Parâmetros corrigidos com o reagente:  $\text{DBO}_5$  e oxigênio consumido em meio ácido (O.C.):

Conforme Tabela 4.7, para o parâmetro  $DBO_5$ , obteve-se uma variação na concentração em relação as águas do Rio do Peixe, antes das desembocaduras do afluente Rio do Tigre e dos esgotos domésticos e após as mesmas, de 3,33 mg/l, correspondendo em um acréscimo de 131%, causando um aumento 713,29 kg/mês no consumo do reagente cloro gás ( $Cl_2$ ), utilizado na correção do parâmetro  $DBO_5$ , onde comprova-se que o afluente Rio do Tigre contribui com 0,133% e os esgotos domésticos com 99,86% na carga poluidora do Rio do Peixe, causando um aumento nos custos para a correção do parâmetro de 1.533,56 R\$/mês, em relação ao custo que a estação de tratamento SIMAE de Joaçaba, vem tendo para corrigir o parâmetro, antes das desembocaduras do afluente Rio do Tigre e dos esgotos domésticos no receptor Rio do Peixe.

Conforme Tabela 4.7, para o parâmetro oxigênio consumido e meio ácido, obteve-se uma variação na concentração em relação as águas do Rio do Peixe, antes das desembocaduras do afluente Rio do Tigre e dos esgotos domésticos, e após as mesmas, de 0,38 mg/l, correspondendo em um aumento de 12,83%. Causando um aumento de 69,85 kg/mês no consumo do reagente cloro gás, utilizado na correção do parâmetro oxigênio consumido em meio ácido, onde comprova-se que o afluente Rio do Tigre contribui com 1,09% e os esgotos domésticos com 98,9% na carga poluidora do Rio do Peixe, causando um aumento nos custos para correção do parâmetro de 149,98 R\$/mês, em relação ao custo que a estação de tratamento SIMAE de Joaçaba, vem tendo para corrigir o parâmetro antes das desembocaduras do afluente Rio do Tigre e dos esgotos domésticos no receptor Rio do Peixe.

O reagente cloro gás ( $Cl_2$ ) é responsável pela desinfecção das águas, exterminando microorganismos causadores da elevação da  $DBO_5$  e pelo consumo de oxigênio nas águas, portanto, quanto maior a  $DBO_5$  de uma determinada água, maior é a quantidade de microorganismo presentes na mesma, podendo ser, os mesmos, patogênicos ou não. Com isso, pode-se dizer que, quanto maior o  $DBO_5$  de uma água maior será o consumo de cloro gás para garantir a potabilidade da mesma.

No caso das águas do Rio do Peixe, abaixo das desembocaduras do afluente e dos esgotos domésticos, o consumo médio do reagente cloro gás é 713,34 kg/mês superior ao consumo médio antes das desembocaduras dos mesmos no Rio do Peixe, elevando os custos do tratamento em 1.531,53 R\$/mês. Esses valores em reais são relacionados com o custo que o SIMAE de Joaçaba, vem tendo mensalmente com relação ao parâmetro  $DBO_5$

e oxigênio consumido em meio ácido, antes das desembocaduras do afluente Rio do Tigre e dos esgotos domésticos na água do Rio do Peixe.

Se a estação de tratamento SIMAE de Joaçaba, tivesse seu ponto de captação abaixo das desembocaduras do afluente Rio do Tigre e dos esgotos domésticos, no Rio do Peixe, certamente elevaria seu custo de tratamento em 131%, referente ao reagente cloro gás ( $Cl_2$ ).

Levando em consideração os parâmetros de tratamento alcalinidade, dureza, sólidos totais,  $DBO_5$  e oxigênio consumido em meio ácido, e os custos com reagentes químicos utilizados no tratamento das águas do Rio do Peixe para o consumo da cidade de Joaçaba, e considerando que o ponto de captação do SIMAE, seria abaixo das desembocaduras do afluente Rio do Tigre e dos esgotos domésticos, a empresa teria um aumento nos custos de tratamento de 131% com relação o reagente cloro gás, 9,27% com relação ao reagente sulfato de alumínio e 8,64% com relação o reagente hidróxido de cálcio, ou seja, um aumento médio nos custos, com os reagentes químicos nas correções dos cinco parâmetros, de aproximadamente 49,63% superior, em relação aos custos que a SIMAE, vem tendo no seu ponto de captação acima das desembocaduras do afluente Rio do Tigre e dos esgotos domésticos, nas correções dos mesmos parâmetros de qualidade para as águas do Rio do Peixe.

Em reais, o afluente Rio do Tigre e os esgotos domésticos clandestinos presentes na área do Rio do Peixe em estudo, contribuem com uma elevação nos custos, relacionados com os reagentes químicos de 1.768,40 Reais/mês, considerando que o ponto de captação do SIMAE encontra-se abaixo das desembocaduras dos mesmos e, um aumento de 21.220,86 Reais/ano. Esses valores foram relacionados com a quantidade de reagentes químicos consumidos pelo SIMAE no tratamento das águas do Rio do Peixe e com os custos que vem tendo com os mesmos, em sua estação de tratamento, situada acima das desembocaduras do afluente e dos esgotos domésticos.

Através das Tabelas 4.5, 4.6 e 4.7, nota-se que o maior causador na elevação dos custos no tratamento das águas do Rio do Peixe na área em estudo, não é o afluente Rio do Tigre, pois o mesmo contribui somente com 0,32% em média, correspondendo em reais com o valor de 5,095 Reais/mês, e anualmente com 61,14 Reais/ano. As tabelas mostram também, claramente, que os maiores contribuintes para o aumento nos custos com o tratamento das águas do Rio do Peixe na área em estudo, são os esgotos domésticos clandestinos, pois os mesmos contribuem com um aumento de 99,68% em média,



correspondendo em reais com o valor de 1.763,30 Reais/mês, e anualmente com o valor de 21.159,60 Reais/ano.

Além dos custos na correção dos parâmetros: alcalinidade, dureza, sólidos totais, DBO, e oxigênio consumido em meio ácido, que são de aproximadamente 45.233,40 Reais/ano, o SIMAE de Joaçaba, vem tendo um custo de aproximadamente 11.113,68 Reais/ano, referente o reagente Flúor, no tratamento das águas do Rio do Peixe, acima das desembocaduras do afluente Rio do Tigre e dos esgotos domésticos clandestinos. Esses custos com o reagente Flúor não foram levados em consideração para o tratamento das águas do Rio do Peixe, abaixo das desembocaduras do afluente Rio do Tigre e dos esgotos domésticos, pois esse reagente não é utilizado na correção de parâmetros de qualidade, e sim é de uso obrigatório e exigido pelo Ministério da saúde, servindo como protetor na carie dentária dos consumidores de água.

## 5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As conclusões que podem ser tiradas neste trabalho são as seguintes:

1 – As poluições físicas, químicas e bioquímicas nas águas do Rio do Peixe, ocasionadas pela descarga poluidora do afluente Rio do Tigre, são pouco significativas no processo de contaminação das águas do Rio do Peixe, pois, com relação a todos os parâmetros analisados, o mesmo contribui somente com 1,11 % em média no acréscimo da carga poluidora das águas do Rio do Peixe.

Os maiores contribuintes no aumento da carga poluidora das águas do Rio do Peixe na área estudada, são os esgotos domésticos clandestinos presentes, pois, os mesmos contribuem para o aumento da carga poluidora num percentual de 98,89%. Conclui-se também, que na área estudada existem construções de prédios e casas residenciais, sem rede de esgoto adequada, emitindo todos os seus efluentes domésticos sem tratamento algum, diretamente nas águas do Rio do Peixe, trazendo grande impacto, na qualidade da água nesta região do rio.

2 – Os custos com reagentes químicos utilizados no tratamento das águas de abastecimento, acima das desembocaduras do afluente Rio do Tigre e dos esgotos domésticos são de aproximadamente 49,89%, inferiores aos custos que a SIMAE teria se fosse tratar as águas do Rio do Peixe abaixo da desembocadura dos mesmos, na correção dos parâmetros de qualidade da água.

Conclui-se também, que o afluente Rio do Tigre contribui em média com 0,32% na elevação dos custos de tratamento das águas do Rio do Peixe correspondendo em R\$ 5,095 no mês e um de custo anual de R\$ 61,14.

O maior impacto seria devido aos esgotos domésticos clandestinos, pois, os mesmos contribuem com 99,68% no aumento dos custos com a correção dos parâmetros de qualidade das águas do Rio do Peixe na região estudada, correspondendo com um custo mensal de R\$ 1.763,30 e anual de R\$ 21.199,60.

3 – Grande parte da contaminação das águas do Rio do Peixe, na área estudada, se dá pela forma direta dos esgotos domésticos clandestinos. Portanto, pode-se cobrar dos órgãos públicos e privados responsáveis e causadores de impactos ambientais, uma maior consciência de combate a esta poluição, melhorando as condições ambientais do referido

rio, na área estudada e em toda a extensão da bacia do mesmo, trazendo com isso uma melhor qualidade de vida para esta região do Estado, que assim poderá contar com uma água potável de melhor qualidade e certamente, com um menor custo no tratamento das mesmas.

4 – Com base nos resultados obtidos neste trabalho, recomenda-se a construção urgente de uma rede de esgotos adequada na área estudada na cidade de Joaçaba, evitando assim os despejos diretos de esgotos nos recursos hídricos, principalmente nas águas do Rio do Peixe, pois o mesmo é fonte de abastecimento de água de várias cidades da região e, merece cuidados especiais, com relação a qualidade de suas águas, tanto no seu aspecto físico, quanto no seu aspecto químico.

5 – Sugere-se para futuros trabalhos, estudos mais avançados, com relação a viabilidade econômica de construções de redes de esgotos nas margens do Rio do Peixe. Só assim, poderia se mostrar resultados mais concretos, relacionados com as vantagens em termos de custos no tratamentos das águas do Rio do Peixe e os impactos ambientais hoje existentes. Também recomenda-se estudos dessa natureza com outros afluentes da bacia do Rio do Peixe. Pois, grande parte da poluição do rio receptor é originária dos mesmos.

6 – Como as águas do Rio do Peixe são utilizadas para o abastecimento doméstico, recomenda-se em futuros trabalhos, a inclusão de parâmetros de qualidade de águas como: parâmetros biológicos, micropoluentes inorgânicos e micropoluentes orgânicos, pois, os mesmos são de grande importância, quando se trata de águas de abastecimentos. Através, dos quais, pode-se dectar vários contaminastes, como por exemplo: coliformes fecais, metais pesados e compostos de origem orgânica não biodegradável. Pois, esses são altamente prejudiciais a saúde, de todos os seres que necessitam da água, para sua sobrevivência.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOLETIM TÉCNICO DA BISYSTEMS LTDA. **Água**. Curitiba : [s.l.] 1999. p. 196

BRANCO, Samuel Murgel. **Hidrobiologia Aplicada à Engenharia Sanitária**. 3. ed. São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1986. p. 275-472

CAICEDO, Nelson L. **Águas subterrâneas : contaminação e remediação**. Porto Alegre : IPH da UFRGS. 1998.

CÉCILLON, Yann. **Doenças de Veiculação no Meio Hídrico**. In: SEMINÁRIO – CENTRO INTERAMERICANO DE RECURSOS DA ÁGUA, 1996, Salvador. Anais. Salvador, Universidade Católica do Salvador, 1996. p. 510-523

FUNDAÇÃO DE AMPARO À TECNOLOGIA E AO MEIO AMBIENTE - FATMA. **Campanha de Avaliação da Qualidade da Água da Bacia do Rio do Peixe**. Joaçaba, 1985. (Relatório)

GESTÃO AMBIENTAL LTDA. **ASA – Ar, Solos, Águas**. Lisboa, Portugal :1999.  
Disponível em : [www.cidadevirtual.pt/comismar/asa01p.html](http://www.cidadevirtual.pt/comismar/asa01p.html). Acesso em : 23/11/1999

KARL & KLAUS, R. **Manual de tratamento de águas residuais**. São Paulo : Edgard Blücher, 1986.

LEME, Francilio Paes. **Engenharia do Saneamento Ambiental**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científico, 1984. p.21-34

LIMA, Luiz M.Q. Tratamento de lixo. 2. ed. São Paulo : Hemus, 1991. p. 11-43

MEDRI, W. **Modelagem e otimização de sistemas de lagoas de estabilização para tratamento de dejetos de suínos**. Florianópolis, SC : Programa de pós-graduação em Engenharia da Produção (tese de doutorado), 1997. Disponível em : [www.eps.ufsc.br/teses98/medri/cap2.html](http://www.eps.ufsc.br/teses98/medri/cap2.html) Acesso em : 23/11/1999.

BRASIL. Ministério da Saúde. Especificação de padrões de água destinada ao consumo humano. **Portaria n. 36**, 19 de janeiro de 1990.

PRODEMGE - Companhia de Processamento de Dados do Estado de Minas Gerais. Secretaria de Recursos Hídricos. **Gerenciamento integrado da bacia do Rio Doce**, 1999. Disponível em : [www.hidricos.mg.gov.br/doce/qualiagu/conparam.htm](http://www.hidricos.mg.gov.br/doce/qualiagu/conparam.htm). Acesso em : 23/11/1999.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Especificação de padrões de qualidade para corpos d'água das diversas classes e padrão de lançamento. **Resolução n. 20**, 18 de junho de 1986.

RICHTER, Carlos A. **Tratamento de Água**. São Paulo: Edgard Blücher, 1991. p. 01-34

SPERLING, M.V. **Introdução das águas e ao tratamento de esgoto.** Belo Horizonte : UFMG, 1995. v. 1. p. 11-49.

\_\_\_\_\_. **Princípios do tratamento biológico de águas residuais.** Belo Horizonte : UFMG, 1996. v. 2

VALENTE, José P. S.; PADILHA, Pedro M.; SILVA Assunta M. M.. **Eclética Química.** São Paulo: 1997. Disponível em : [www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-46701997000100005&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-46701997000100005&lng=en&nrm=iso). Acesso em : 22/05/2001

VERNIER, Jacques. **O Meio Ambiente.** 2. ed. Campinas - SP: Papirus, 1998. p. 17-28

WIEBULL, W.W.. **Parâmetros de qualidade das águas.** Rio de Janeiro : UERJ, 2001. Disponível em : [www.geocities.com/wwwiebull/Param.htm](http://www.geocities.com/wwwiebull/Param.htm). Acesso em : 24/07/2001.

## 7. BIBLIOGRAFIA

Águas e Efluentes Líquidos. 1999. Disponível em: <http://www.cidadevirtual.pt/comismar/asa01p.html>. Acesso em 23 de novembro de 1999.

AMARAL E SILVA, Carlos Celso do. **Minimização de Cargas Poluidoras: tratamento de esgotos**. São Paulo: CETESB, s.d. 9p.

Análise de Águas. 1986. Disponível em: [http://www.unisc.Br/lab/analise\\_águas.htm](http://www.unisc.Br/lab/analise_águas.htm). Acesso em 30 de novembro de 1999.

Apresentação do projeto da bacia do Cubatão. Disponível em: <http://www.ethermidia.com.br/lea/radio/100797.htm>. Acesso em 28 de abril de 1999.

Avaliação da Contaminação e Poluição Ambiental na Área de Influência do Aterro Controlado do Morro do Céu, Niterói, Brasil. Disponível em <http://www.scielo.br/cgi-bin/fbpe/fbtext?got=last&pid=s0102-311X1996000400010&ing.htm>. Acesso em 22 de maio de 2001.

BARCELONA, Michael; WEHRMANN, Allen; KEELY, Joséph F. **Contamination Of Ground Water: prevention, Assessment, Restoration**. New Jersey (US), Noyes Data, 1990. 213p.

BIANCHIN, Liane. **Minimização da Degradação Ambiental Causada pelas Atividades Agroindustriais na Região Sul do Brasil**. In: Análises físico-químicas de Efluentes. Rio Grande do Sul: Projeto SENAI-PNUD BRA/87/024/99/A/1, 1989.

BORGES, Maelf E. **Dificuldades e soluções para o gerenciamento dos sistemas de limpeza urbana**. São Paulo : ITEC. 1993.

BOTTS, John A.; Braswell, Jonathan W.; Zyman, Jaya. **Toxicity Reduction Protocol for Municipal Wasterwater Treatment Plants**. Ohio (US), EPA, 1989. 74p.

BOTTS, John A.; MORRIS, Timothy L. **Toxicity Reduction Evaluation: Case Study at the Rahway Valley Sewerage Authority Treatment Plant**. Ohio (US), EPA, s.d. 40p.

CAICEDO, Dr. Nelson L. **Águas Subterrâneas: Contaminadas e Remedição**. Porto Alegre, RS: IPH da UFRGS.

COLLINS, Mark A.; MORRIS, Timthy L.; BOTTS, John A. **Chronic Toxicity Reduction Evaluation Study at the Bergen Coutry Utilities Wastewatwe Treatment Plant: draft**. Ohio (US), EPA, 1991. 305p.

COSMANN, H. A. **Estudo comparativo com bioesterqueira e esterqueira para armazenamento e valorização dos dejetos de suínos**. 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária). Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFSC, Florianópolis.

ECKEMFELDER W.W.Jr. Industrial Water Pollution Control – 1989.

Environmental Protection Agency. **Development Document for Effluent Liminations Guidelines and New Source Performance Standards for Paving and Roofing Materials (tars and asphalt): point source category.** Washington (US), EPA, 1975. 96p.

Fatores Físico-Químicos. Disponível em <http://morango.esb.ucp.pt/~aifos/nita.htm>

GOMES, José Arnaldo; ROCHA, Maria José Muniz; FERNANDES, Paulo Sérgio. **Proposta para Programa de Prevenção à Poluição (P2) para Indústrias de Galvanoplastia.** São Paulo: Setor de Técnicas de Prevenção à Poluição (P2), 1997.

HEINZ, I. **The Practical Relevance of new Approaches to an Economic Rational use of Groudwater Resources.** Berlin (DE): Institute of Water Management/UNESCO, 1987. 20p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICO. **Recursos Naturais Meio Ambiente e Poluição.** Rio de Janeiro : 1977. v. 2

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS-IPT/CEMPRE – **Lixo municipal:** Manual do Gerenciamento Integrado. São Paulo, 1995.

JORDÃO, Eduardo P., PESSOA, Constantino A. **Tratamento de esgoto doméstico.** Rio de Janeiro : ABES, 1995. 720 p.

LEWIS, John W., FOSTER, Stephan S.D., DRASA, Bohumil. **O risco de poluição do lençol freático por sistema de disposição local de esgoto.** In : Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. Brasília, 1986

MORRIS, Timothy L.; BOTTS, John A.; BRASWELL, Jonathan W. Engineering-Science Incorporated, Virginia. **Toxicity Reduction Evaluation at the Linden Roselle Sewerage Authority Wasterwater Treatment Plant.** Ohio (US), EPA, 1990. 293p.

MORRIS, Timothy L.; FARE, Gary. **Toxicity Reduction Evaluation at the Linden Roselle Sewerage Authority Wasterwater Treatment Plant.** Virginia (US), WPCF, 1991. 10p.

NEFUSSI, N. **Poluição do Ambiente, Poluição do Ar, das Águas e Solos.** Rio de Janeiro: FUNDACENTRO, 1981. (apostila)

Paraná. Plano Diretor de Recursos Hídricos – Bacia Hidrográfica do Iguaçu – Relatório principal II. In: Conservação e Melhoria Ambiental. Paraná, 1999. Disponível em: <http://www.hidricos.mg.gov.br/ufparana/relprin2/cap.htm>. Acesso em 30/11/1999.

PENDERGAST, James F. **Overview Of The 1991 Technical Support Document For Water Quality Based Toxics Control.** Chief, Water Quality & Industrial Permits Branch USEPA, Washington, DC.

PHILIPPI, Júnior Arlindo. **Organização e saneamento do meio**. São Paulo : USP (Departamento de Saúde Ambiental). 1988.

POESTER, José Luiz; LEITÃO, Magda R. **Minimização da Degradação Ambiental Causada pelas Atividades Agroindustriais na Região Sul do Brasil**. In: Processos de Geração de Efluentes Agroindustriais. Rio Grande do Sul: Projeto SENAI-PNUD BRA/87/024/99/A/1, 1989.

Poluição das Águas, Convenção de Paris. Disponível em <http://europa.eu.int/scandplus/leg/pt/lvb/128061.htm>. Acesso em: 14 de maio de 2001.

Poluição das Águas. Disponível em <http://www.tema-poluir.hpg.com.br/npagua.htm>. Recursos Hídricos. In: Gerenciamento Integrado da Bacia do Rio Doce. 1999. Disponível em: <http://www.hidricos.mg.gov.br/doce/qualiagu/conparam.htm>. Acessos em 23 de novembro de 1999.

RIOS, Luiz Albina. **Manejo ambiental de los residuos sólidos em la comunidad nativa de nuevo mundo**. 1998.

RUSSEL, J.B. **Química geral**. São Paulo : McGraw-Hill, 1981.

SAFFIOTI, W. **Fundamentos de química : química geral, inorgânico e físico químico**. São Paulo : Nacional, 1968. 1 v.

Santa Catarina (Estado). Revisão da Literatura. Disponível em: <http://www.eps.ufsc.br/teses98/medri/cap2.htm>. Acesso em : 23 de novembro de 1999.

Significado Sanitário dos Parâmetros de Qualidade Seleccionados para Utilização na Rede de Monitoramento. Disponível em : [http://www.cetesb.sp.gov.br/informacoesambientais/qualidade\\_dos\\_rios/parametros.html](http://www.cetesb.sp.gov.br/informacoesambientais/qualidade_dos_rios/parametros.html). Acesso em : 15 de maio de 2001.

Tecnologia Hoje. Uma revista de opinião. Monitoramento Ambiental. 1999. Disponível em: <http://www.techoje.com.br/ab9506-1.htm>. Acesso em 30/04/1999.

Tecnologia Hoje. Uma revista de opinião. Sistema de Gestão Ambiental e ISO 14000. 1999. Disponível em: <http://www.techoje.com.br/ab9507-1.htm>. Acesso em : 30/04/1999.

THOMAS, Suzanne T. **Facilty Manager's Guide to Pollution Prevention and Waste Minimization**. Washington (US), Bna, 1995. 271P.

Tratamento de Água por Filtração por Membranas: Estados da Arte. Disponível em <http://www.cepis-ops-oms.org/muwww/fulltext/aguabas/tragua/tragua.html>. Acesso em : 20 de junho de 2001.



## 8. ANEXOS

## ANEXO 01

## 1. Tabela dos Parâmetros Analisados

Tabela 1 – Parâmetro Cor das análises dos rios em estudos.

Dia/mês	Rio do Tigre	Rio do Peixe	Rio do Tigre+Rio do Peixe	unidade
21/ago	116	279	271	UH
28/ago	143	190	148	UH
27/set	59	93	57	UH
04/out	198	225	182	UH
20/out	432	456	428	UH
25/out	104	393	162	UH
01/nov	59	73	54	UH
Média	113,17	244,14	186,00	UH
Desvio Padrão	129,85	143,57	130,31	-

Tabela 2 – Parâmetro Turbidez das análises dos rios em estudos.

dia/mês	Rio do Tigre	Rio do Peixe	Rio do Tigre+Rio do Peixe	unidade
21/ago	18	40	33	UT
28/ago	24	27	24	UT
27/set	10	16	10	UT
04/out	32	45	35	UT
20/out	58	68	64	UT
25/out	14	60	27	UT
01/nov	4,6	7,5	5	UT
08/nov	4	2,8	3	UT
Média	20,58	33,29	25,13	UT
Desvio Padrão	17,87	24,00	20,00	-

Tabela 3 – Parâmetro Alcalinidade das análises dos rios em estudos.

dia/mês	Rio do Tigre	Rio do Peixe	Rio do Tigre+Rio do Peixe	unidade
21/ago	32	21	28	mg/l
28/ago	27	24	26	mg/l
06/set	31	19	26	mg/l
27/set	25	22	25	mg/l
04/out	34	24	28	mg/l
20/out	24	24	24	mg/l
25/out	26	25	22	mg/l
01/nov	28	24	25	mg/l
08/nov	33	26	27	mg/l
Média	28,89	23,22	25,67	mg/l
Desvio Padrão	3,69	2,17	1,94	-

Tabela 4 – Parâmetro Dureza das análises dos rios em estudos.

dia/mês	Rio do Tigre	Rio do Peixe	Rio do Tigre+Rio do Peixe	unidade
21/ago	42	30	33	mg/l
28/ago	32	24	30	mg/l
06/set	44	22	30	mg/l
13/set	26	25	29	mg/l
20/set	22	28	30	mg/l
27/set	35	27	30	mg/l
04/out	30	28	30	mg/l
20/out	23	28	24	mg/l
25/out	28	24	26	mg/l
01/nov	30	24	27	mg/l
08/nov	32	27	32	mg/l
Média	31,27	26,09	29,18	mg/l
Desvio Padrão	6,98	2,42	2,60	-

Tabela 5 – Parâmetro Cloretos das análises dos rios em estudos.

dia/mês	Rio do Tigre	Rio do Peixe	Rio do Tigre+Rio do Peixe	Unidade
21/ago	17,8	3,8	15	mg/l
28/ago	13,1	3,6	7,9	mg/l
06/set	21,4	2,2	11,9	mg/l
13/set	22,7	23,4	23,3	mg/l
20/set	7,1	8,4	6,9	mg/l
27/set	17	1,7	17,7	mg/l
04/out	18	4,6	18,2	mg/l
20/out	3,7	5,6	4,2	mg/l
25/out	1,9	2,2	2,3	mg/l
01/nov	2,3	1,6	2,7	mg/l
08/nov	2,1	1,4	2	mg/l
Média	11,55	5,32	10,19	mg/l
Desvio Padrão	8,26	6,35	7,45	-

Tabela 6 – Parâmetro Nitrogênio Total das análises dos rios em estudos.

dia/mês	Rio do Tigre	Rio do Peixe	Rio do Tigre+Rio do Peixe	unidade
21/ago	218,4	28	123,2	mg/l
28/ago	78,4	32	44,8	mg/l
06/set	156,8	16,8	61,6	mg/l
13/set	50,4	72,8	61,6	mg/l
20/set	50,4	84	78,4	mg/l
27/set	61,6	5,6	67,2	mg/l
04/out	70,2	55,4	68,5	mg/l
25/out	33,6	28	39,2	mg/l
01/nov	28	11	28	mg/l
08/nov	33,6	22,4	28	mg/l
Média	78,14	35,60	60,05	mg/l
Desvio Padrão	61,66	26,41	28,23	-

Tabela 7 – Parâmetro pH das análises dos rios em estudos.

dia/mês	Rio do Tigre	Rio do Peixe	Rio do Tigre+Rio do Peixe
21/ago	7,06	7,42	7,08
28/ago	6,35	7,62	6,48
06/set	6,73	7,47	6,94
13/set	7,05	7,06	7,07
20/set	7,09	7,13	7,15
27/set	6,51	7,45	6,64
04/out	6,62	7,41	6,68
20/out	7,52	7,66	7,68
25/out	7,3	7,51	7,39
01/nov	7,54	7,56	7,39
08/nov	7,14	7,44	7,14
Média	6,99	7,43	7,06
Desvio Padrão	0,39	0,18	0,35

Tabela 8 – Oxigênio dissolvido das análises dos rios em estudos.

dia/mês	Rio do Tigre	Rio do Peixe	Rio do Tigre+Rio do Peixe	unidade
21/ago	9,76	10,67	9,08	mg/l
28/ago	9,50	9,76	9,08	mg/l
06/set	9,08	9,99	9,76	mg/l
13/set	9,08	9,99	9,31	mg/l
20/set	9,31	9,99	9,54	mg/l
27/set	9,08	9,54	8,86	mg/l
04/out	9,31	8,70	9,08	mg/l
20/out	8,86	9,09	9,08	mg/l
25/out	8,17	8,40	8,63	mg/l
01/nov	8,63	8,65	8,40	mg/l
08/nov	4,54	4,77	4,31	mg/l
Média	8,67	9,05	8,65	mg/l
Desvio Padrão	1,43	1,58	1,48	-

Tabela 9 – DQO das análises dos rios em estudos.

dia/mês	Rio do Tigre	Rio do Peixe	Rio do Tigre+Rio do Peixe	unidade
21/ago	6,00	4,00	9,20	mg/l
28/ago	8,07	6,25	14,04	mg/l
06/set	9,42	6,03	15,06	mg/l
13/set	7,30	5,70	12,02	mg/l
20/set	7,80	6,30	13,92	mg/l
27/set	8,88	7,04	15,04	mg/l
04/out	9,04	6,54	14,96	mg/l
20/out	8,90	6,30	14,87	mg/l
25/out	8,09	7,04	15,00	mg/l
01/nov	8,00	6,40	13,00	mg/l
08/nov	8,97	6,35	14,60	mg/l
Média	8,22	6,18	13,79	mg/l
Desvio Padrão	0,98	0,82	1,80	-

Tabela 10 – Parâmetro DBO das análises dos rios em estudos.

dia/mês	Rio do Tigre	Rio do Peixe	Rio do Tigre+Rio do Peixe	unidade
21/ago	4,02	2,90	6,04	mg/l
28/ago	3,90	2,04	5,94	mg/l
06/set	2,97	2,03	5,07	mg/l
13/set	3,55	2,55	5,80	mg/l
20/set	3,60	2,60	5,90	mg/l
27/set	4,03	2,80	6,02	mg/l
04/out	3,06	3,00	6,89	mg/l
20/out	3,56	2,38	5,49	mg/l
25/out	3,56	2,50	5,82	mg/l
01/nov	3,70	2,59	5,80	mg/l
08/nov	3,59	2,54	5,84	mg/l
Média	3,59	2,54	5,87	mg/l
Desvio Padrão	0,33	0,30	0,43	-

Tabela 11 – Parâmetro Sólidos Totais das análises dos rios em estudos.

dia/mês	Rio do Tigre	Rio do Peixe	Rio do Tigre+Rio do Peixe	unidade
21/ago	275,00	215,00	240,00	mg/l
28/ago	166,00	114,00	155,00	mg/l
06/set	208,00	138,00	141,00	mg/l
27/set	195,00	149,00	192,00	mg/l
04/out	146,00	154,00	168,00	mg/l
20/out	159,00	169,00	164,00	mg/l
25/out	74,00	112,00	85,00	mg/l
01/nov	126,00	142,00	124,00	mg/l
08/nov	89,00	82,00	102,00	mg/l
Média	159,78	141,67	152,33	mg/l
Desvio Padrão	61,82	37,99	46,96	-

Tabela 12 – Parâmetro Sólidos Fixos das análises dos rios em estudos.

dia/mês	Rio do Tigre	Rio do Peixe	Rio do Tigre+Rio do Peixe	unidade
21/ago	237,00	180,00	185,00	mg/l
28/ago	60,00	37,00	63,00	mg/l
06/set	125,00	65,00	63,00	mg/l
27/set	140,00	119,00	141,00	mg/l
04/out	146,00	154,00	168,00	mg/l
20/out	154,00	148,00	152,00	mg/l
01/nov	86,00	90,00	72,00	mg/l
08/nov	73,00	51,00	67,00	mg/l
Média	127,63	105,50	113,88	mg/l
Desvio Padrão	56,62	52,69	52,51	-

Tabela 13 – Parâmetro sólidos voláteis das análises dos rios em estudos.

dia/mês	Rio do Tigre	Rio do Peixe	Rio do Tigre+Rio do Peixe	unidade
21/ago	38,00	35,00	55,00	mg/l
28/ago	106,00	77,00	92,00	mg/l
06/set	83,00	73,00	78,00	mg/l
27/set	55,00	30,00	51,00	mg/l
04/out	18,00	28,00	36,00	mg/l
20/out	5,00	21,00	12,00	mg/l
25/out	60,00	69,00	71,00	mg/l
01/nov	40,00	52,00	52,00	mg/l
08/nov	16,00	31,00	35,00	mg/l
Média	46,78	46,22	53,56	mg/l
Desvio Padrão	32,98	21,81	24,41	-

Tabela 14 – Parâmetro oxigênio consumido em meio ácido das análises dos rios em estudos.

dia/mês	Rio do Tigre	Rio do Peixe	Rio do Tigre+Rio do Peixe	unidade
21/ago	5,00	4,50	6,20	mg/l
28/ago	2,90	2,90	4,90	mg/l
06/set	4,50	2,50	3,00	mg/l
27/set	2,50	1,50	2,20	mg/l
04/out	3,20	2,00	2,20	mg/l
20/out	4,40	5,20	4,40	mg/l
25/out	3,00	4,00	2,50	mg/l
01/nov	1,60	1,50	1,70	mg/l
08/nov	3,00	2,50	3,00	mg/l
Média	3,34	2,96	3,34	mg/l
Desvio Padrão	1,08	1,32	1,49	-

## ANEXO 02

### Procedimentos de Análises e Reagentes

#### 2.1 - Análise Alcalinidade Total

(Método titulométrico com ácido sulfúrico)

##### Reagentes Necessários

- Ácido Sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) P.A.
- Solução de ácido sulfúrico 0,1 N
- Solução padrão de ácido sulfúrico 0,02N
- Indicador alaranjado de Metila
- Solução padrão de carbonato de sódio ( $Na_2CO_3$ ) 0,02 N

##### Procedimento

- Transferem-se 100 ml da amostra para um erlenmeyer e adicionam-se 3 gotas de metilorange.
- Titula-se a amostra do erlenmeyer com ácido sulfúrico 0,02 N até a viragem de amarelo para rosa alaranjado.
- Registra-se o consumo gasto de ácido em ml até o ponto de viragem. A alcalinidade a base de  $CaCO_3$  é obtida pela equação:  $Alcalinidade = 10 \cdot V_{H_2SO_4}$ , onde o nº 10 indica o fator de diluição e  $V_{H_2SO_4}$  é o volume de  $H_2SO_4$  em ml, gasto na titulação.

#### 2.2- Análise da Dureza Total

(Método titulométrico com EDTA)

## Reagentes

- EDTA 0,01 M (padrão primário)
- Solução padrão de ácido sulfúrico 0,02 N
- Solução trietonolamina 1:1
- Indicador negro de ericromo T
- Solução de NaOH 1N

## Procedimentos

- Transferem-se 100 ml de amostra para um erlenmeyer de 250 ml
- Adiciona-se 1 ml de trietanolamina 1:1
- Adiciona-se uma porção do indicador eriocromo T. + 1 ml de solução tampão com pH =10
- Titula-se a amostra do erlenmeyer com EDTA 0,01 M até a viragem de violeta para azul límpido.

O grau de dureza da amostra é obtido pela equação:

$$X_{CaCO_3} = 10 \cdot V_{EDTA}$$

onde:

$X_{CaCO_3}$  é a quantidade de carbonato de cálcio em mg/l.

$V_{EDTA}$  é o volume de EDTA gasto na titulação, em ml.

## 2.3- Análise de Nitrogênio Total

(Método titulométrico com ácido sulfúrico)

## Reagentes

- Ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) P.A.
- Solução de ácido sulfúrico 0,1 N
- Mistura ácida para digestão
- Solução de hidróxido de sódio 10 M (40%)
- Solução indicadora mista

- Solução indicadora de ácido bórico
- Solução padrão de ácido sulfúrico 0,02 N
- Indicador vermelho de metila
- Solução padrão de carbonato de sódio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) 0,02 N
- Papel indicador de oxidantes com amido e iodeto de potássio
- Solução tampão pH = 4
- Solução de iodeto de potássio 15%
- Solução de ácido sulfúrico 1:5
- Goma de amido
- Solução de tiosulfato de sódio ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) 3,5 g/l.

### Procedimento

a) Padronização do ácido sulfúrico 0,02 N:

1. Adiciona-se 50 ml de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  em um becker de 300 ml
2. Adicionam-se 3 ml de indicador vermelho de metila
3. Titula-se com ácido sulfúrico até a viragem para rosa alaranjado
4. Verifica-se o volume gasto até o ponto de viragem em ml

A padronização do ácido sulfúrico, para sua posterior utilização no cálculo da determinação do nitrogênio total, é feita de acordo com a equação:

$$N_{\text{ácido}} = \frac{N_{\text{Na}_2\text{CO}_3} \cdot V_{\text{Na}_2\text{CO}_3}}{V_{\text{AS}}}$$

onde:

$N_{\text{Na}_2\text{CO}_3}$  é a normalidade do  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ;

$V_{\text{Na}_2\text{CO}_3}$  é o volume da solução de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , em ml;

$V_{\text{AS}}$  é o volume de ácido sulfúrico gasto na padronização, em ml.

b) Preparação da aparelhagem de destilação:

1. Colocam-se 300 ml de água desionizada no balão
2. Adicionam-se 10 ml de hidróxido de sódio 10 M
3. Recolhe-se o destilado de 50 ml de solução indicadora de ácido bórico – Volume total 350 ml.



4. Repetem-se as etapas 1.3 até que não haja mais viragem da solução indicadora de lilás para verde.

c) Seleção do volume de amostra

1. Seleciona-se o volume adequado de amostra segundo a tabela 3.1:

Tabela 3.1 – Volume de amostra recomendado em função do NKT da amostra.

NKT da amostra (mg N/l)	Volume de amostra (ml)
5-10	250
10-20	100
20-50	50
50-500	25

d) Preparo de amostra e do ensaio em branco:

1 – Testa-se a presença de cloro residual com papel de amido / KJ.

1.1 – Umedece-se o papel com tampão pH = 4

1.2 – Adiciona-se 1 gota da amostra

1.3 –Aguarda-se a coloração azul indicando a presença de cloro

A quantidade de cloro residual foi determinada de acordo com o seguinte procedimento

Como o teste deu positivo, dosa-se a quantidade de cloro residual.

1.3.1 – Adicionaram-se 5 ml de amostra em um erlenmeyer de 250 ml.

1.3.2 – Adicionaram-se 30 ml de água desionizada mais 1,5 ml de iodeto de potássio 15% e 3 gotas de goma de amido.

1.3.3 – Titula-se com Tiosulfato de sódio 3,5 g/l.

Para cada 1 ml de tiosulfato de Sódio ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) consumiu-se 0,01% de  $\text{Cl}_2$ , obtendo-se assim o cloro residual.

1.4 – Completa-se o volume para 500 ml com água deionizada.

1.5 – Ajusta-se o pH para 7.

1.6 – Elimina-se o cloro residual.

1.6.1 – Calcula-se o volume de solução de Tiosulfato 3,5 mg/l.

1.7 – Separa-se um balão Kjeldahl para ensaio em branco e coloca-se um volume de água igual ao da amostra.

## e) Digestão:

- 1 – Liga-se o sistema de aquecimento do aparelho Kjeldahl para digestão com 5 minutos de antecedência.
- 2 – Adiciona-se para cada balão no aparelho Kjeldahl 50 ml de mistura ácida para digestão.
- 3 – Coloca-se os balões no aparelho Kjeldahl.
- 4 – Deixa-se evaporar a mistura até o aparecimento de fumaças brancas deixando por mais 30 minutos. Neste ponto a amostra deve estar incolor ou amarela pálida. Caso não esteja, adiciona-se mais 50 ml de mistura ácida para digestão no balão com 100 ml de H<sub>2</sub>O repete-se a digestão.
- 5 – Desliga-se o aquecimento.
- 6 – Desliga-se os sistemas de exaustão após a eliminação das fumaças brancas.

## f) Neutralização e destilação:

- 1 – Aguarda-se o resfriamento do frasco que foi diluído para 300 ml com água destilada.
- 2 – Alcaliniza-se a amostra com 50 ml da solução de NaOH/Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.
- 3 – Mergulha-se a ponta do condensador em 50 ml de solução indicadora de ácido bórico contidos em um becker de 300 ml.
- 4 – Destila-se até o volume total de 250 ml (200 ml de destilação + 50 ml de solução indicadora). Se neste ponto a solução indicadora ainda estiver lilás, tem-se que a concentração de nitrogênio está abaixo do nível de detecção do método e neste caso, utiliza-se o método colorimétrico.
- 5 – Retira-se a ponta do condensador do destilado.
- 6 – Mergulha-se a ponta do condensador em Becker contendo água destilada e desliga-se o aquecimento.
- 7 – Após o refluxo desliga-se o resfriamento.

## 2. Titulação da amostra e do branco:

- 1 – Titula-se todo o conteúdo do erlenmeyer com ácido sulfúrico 0,02 N até a viragem de verde para lilás.
- 2 – Registra-se o consumo do ácido sulfúrico 0,02 N (a).
- 3 – Titula-se o branco.
- 4 – Registra-se o consumo de ácido em ml (b).

Calcula-se o nitrogênio total por:

$$\text{mg N/l} = \frac{(\text{a-b}) \times \text{Normalidade} \times 14.000}{\text{Volume em ml da amostra para a digestão}}$$

## 2.4- Análise dos Sólidos Totais (Fixos e Voláteis)

(Método Gravimétrico)

### Procedimentos

a) Preparo da cápsula

1. Liga-se a estufa a 103 a 105 °C.
2. Coloca-se uma cápsula limpa na estufa por 1 hora.

Obs: Condiciona-se a cápsula na mufla a 550 °C por 30 minutos.

3. Deixa-se a cápsula esfriar no dessecador por 1 h.
4. Pesa-se a cápsula e anota-se o resultado em gramas (P<sub>1</sub>).

b) Determinação de sólidos totais

1. Medem-se, em proveta, 50 ml de amostra
2. Transfere-se para uma cápsula.
3. Lava-se a proveta com água deionizada e transfere-se a água de lavagem para a cápsula.
4. Aquece-se em banho-maria até a evaporação total.
5. Coloca-se a cápsula na estufa por uma hora.
6. Deixa-se a cápsula esfriar no dessecador por 30 minutos.
7. Pesa-se a cápsula com resíduo e anota-se o resultado em gramas (P<sub>2</sub>).

c) Determinação de sólidos totais fixos

1. Leva-se a cápsula P<sub>2</sub> a mufla a 550 °C por 30 minutos.
2. Retira-se a cápsula da mufla, colocando-a no dessecador.
3. Deixa-se a cápsula esfriar no dessecador por 30 minutos.
4. Pesa-se a cápsula com resíduo e anota-se o resultado em gramas (P<sub>3</sub>).

O cálculo dos sólidos totais é feito pela equação:

$$\text{Sólidos totais (ST)} = \frac{P_2 - P_1 \times 1000}{\text{ml da amostra}} \text{ mg/l}$$

$$\text{Sólidos Totais Fixos (STF)} = \frac{P_3 - P_1 \times 1000}{\text{ml da amostra}} \text{ mg/l}$$

$$\text{Sólidos Totais (ST)} - \text{Sólidos Fixos (STF)} = \text{Sólidos Totais Voláteis (STD)} \text{ mg/l}$$

## 2.5 - Análise Oxigênio Dissolvido (OD)

(Método titulométrico com tiosulfato de sódio)

### Reagentes

- Solução de sulfato manganoso.
- Solução alcalina de iodeto – azida.
- Titulante padrão de dicromato de potássio (0,025 N).
- Indicador negro de eriocromo.
- Solução indicadora de amido.
- Solução de ácido sulfúrico 6 N.
- Iodeto de potássio (KI).

### Procedimentos

- a) Padroniza-se a solução de tiosulfato de sódio com solução de dicromato de potássio.
- b) Padroniza-se a solução de tiosulfato de sódio com iodeto de potássio.
- c) Determinação de oxigênio dissolvido da amostra.
  1. Coleta-se a amostra em frasco de 300 ml de DBO.
  2. Adicionam-se 2 ml da solução de sulfato manganoso.
  3. Agita-se o frasco por inversões sucessivas.

Observação:

- A presença da formação de suspensão leitosa significa a ausência de O.D – não é necessário prosseguir.

- A presença de suspensão marrom significa a presença de OD – prosseguir.
- 4. Aguarda -se aproximadamente 5 minutos.
- 5. Adicionam-se 2 ml de ácido sulfúrico concentrado.
- 6. Fecha-se o frasco e agita-se por inversões sucessivas até a dissolução completa do precipitado.
- 7. Transferem-se 100 ml da solução contida no frasco de DBO para um erlenmeyer.
- 8. Titula-se com tiosulfato de sódio 0,025 N padrão até coloração amarelo – palha.
- 9. Adicionam-se 10 a 15 gotas de solução indicadora de amido.
- 10. Continua-se a titulação até o desaparecimento da coloração azul.
- 11. Registra-se o volume gasto do tiosulfato de sódio ( $V_1$ )

A obtenção do oxigênio dissolvido é dado por:

$$\text{OD (mg/l)} = V_1 \times 2 \text{ FC}$$

Onde  $V_1$  e o volume de tiosulfato gasto para titulação =  $V_1$

Fator de correção = FC.

## 2.6 - Análise de Cloretos

( Método argentométrico)

### Reagentes

- Nitrato de prata ( $\text{AgNO}_3$ ) 1 N.
- Indicador de cromato de potássio ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ).
- Nitrato de prata ( $\text{AgNO}_3$ ) 0,014 N.
- Cloreto de sódio ( $\text{NaCl}$ ) 0,014 N.
- Suspensão de hidróxido de alumínio ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ ).
- Hidróxido de sódio ( $\text{NaOH}$ ) 1 N.
- Ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) 1 N.
- Peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) 15%.

### Procedimento

- a) Padroniza-se a solução de nitrato de prata.
- b) Prepara-se a amostra.

## c) Titulação da amostra.

1. Coloca-se em uma cápsula de porcelana ou em um erlenmeyer, a amostra preparada.
2. Verifica-se o pH da amostra, ajustando-o para 6 – 10 com ácido sulfúrico ou hidróxido de sódio.
3. Adiciona-se 1 ml do indicador cromato de potássio
4. Titula-se a amostra com titulante nitrato de prata sendo o ponto final de titulação = coloração marrom avermelhado.
5. Registra-se o consumo de titulante em ml (A).
6. Prepara-se e titula-se o branco com 100 ml de água deionizada.
7. Registrou-se o consumo de titulante para o branco (B).

A quantidade de cloretos é obtida por:

$$\text{mg Cl/l} = \frac{(A-B) \times N \times 35,450}{\text{ml de amostra}}$$

Onde: A = ml de titulante gasto para amostra.

B = ml de titulante gasto para o branco.

N = Normalidade do nitrato de prata.

$$\text{mg NaCl / l} = (\text{mg Cl / l}) \times 1,65$$

## 2.7 - Análise de DQO

(Método fotométrico)

### Reagentes

1 – (A) solução HACH Ref. (DQO faixa 0 – 1500) 21259 – 25

2 – (B) solução HACH Ref. (DQO faixa 0 – 150) 21258 - 25

### Vidrarias

1 – Becker de 300 ml ou 500 ml.

2 – Pipeta automática ou pipeta graduada.

3 –Tubo de vidro da HACH contendo solução preparada HACH. Ref. 21259 (A) ou Ref. 212558 – 25 (B).

4 – Adaptador para DQO Ref.

### **Equipamento**

- 1 – Agitador magnético.
- 2 – Reator de digestão marca Hach.
- 3 – Espectrofotometro DR 2000 Hach.

### **Procedimento**

- 1 – Agita-se a amostra, e pipetaram-se 2 ml da mesma.
  - 2 – Pega-se o tubo de vidro com a solução A ou B de acordo com DQO estimada para amostra, adiciona-se os dois ml de amostra pipetada.
  - 3 – Fecha-se o tubo de vidro, agita-se e leva-se para a digestão.
  - 4 – A digestão é feita no reator HACH a uma temperatura de 150 °C, durante um período de duas horas.
  - 5 – Após este período, retira-se os tubos com a amostra e o branco, agita-se deixando-os esfriar.
  - 6 – Terminado o período de resfriamento, cerca de 40 minutos, segue-se para a leitura do resultado.
  - 7 – Liga-se o espectrofotômetro (DR 2000).
  - 8 – Pressiona-se as teclas 435 READ/ENTER (Solução A) e 430 READ/ENTER (Solução B).
  - 9 – Aparecendo no display a faixa de onda a ser utilizada, gira-se o botão lateral de acordo com o número indicado (620 nm/Solução A) ou (420 nm/Solução B).
  - 10 – Pega-se o tubo de vidro com o BRANCO, limpa-se as paredes laterais colocando-o no encaixe (suporte específico para DQO).
  - 11 – Pega-se o tubo contendo a amostra, limpa-se as paredes laterais colocando-o no encaixe .
- O resultado do DQO aparece no display do aparelho.

## **2.8 - Análise de DBO**

(Método titulométrico)

## Reagentes

- 1 – Solução Tampão de Fosfato.
- 2 – Solução de Sulfato de Magnésio.
- 3 – Solução de Cloreto de Cálcio.
- 4 – Solução de Cloreto de Férrico.
- 5 – Solução de Hidróxido de Sódio.
- 6 – Solução de  $H_2SO_4$ .

## Material Necessário

- 1 – Incubadora para DBO com termostato regulável.
- 2 – Frasco de DBO.
- 3 – Buretas.
- 4 – Erlenmeyer.
- 5 – Pipetas.
- 6 – Provetas.
- 7 – Ácido sulfúrico concentrado.
- 8 – Solução alcalina de iodeto azida.
- 9 – Solução de sulfato manganoso.
- 10 – Solução de Tiosulfato de sódio 0,025 N.
- 11 – Solução indicadora de amido.
- 12 – Água destilado de alta qualidade (água deionizada).
- 13 – Solução tampão de fosfato.
- 14 – Solução de sulfato de magnésio.
- 15 – Solução de cloreto de cálcio.
- 16 – Solução de cloreto férrico.

## Preparo da água de diluição

- Saturar-se com ar comprimido a água deionizada, para obter-se elevado teor de oxigênio dissolvido (30 min.).



- Para cada litro de água deionizada, adiciona-se 1 ml de solução tampão de fosfato, 1 ml de solução de sulfato magnésio, 1 ml de solução de cálcio e 1 ml de solução de cloreto férrico.

#### OBSERVAÇÃO:

O frasco que guardará a água acima deverá ser antes lavado com solução sulfocrômica e posteriormente com água corrente e, finalmente, com água destilada.

- Utilize a água somente depois de decorridos 30 minutos após sua aeração.

### Técnica

1 – Se a concentração de O.D na amostra for superior a 9 mg/l, enche-se paralelamente um frasco com volume suficiente de amostra, espera-se a amostra anterior atingir 20 °C, aproximadamente, e em seguida, agita-se intensamente, baixando assim a concentração de oxigênio.

2 – Ajusta-se o pH de um volume suficiente de amostra em 7,2 .

3 – Utiliza-se 3 provetas de 1000 ml, prepara-se 3 diluições adequadas de amostra, enche-se as provetas parcialmente com água de diluição e em seguida, acrescenta-se a cada proveta a quantidade de amostra correspondente, para se obter as diluições adequadas. Completa-se o volume a 1000 ml com água de diluição.

4 – Transfere-se por sifonação, a amostra diluição de cada proveta para 2 frascos de DBO, enchendo-os até transbordar.

5 – Tampa-se os frascos, tendo-se o cuidado de não deixar bolhas de ar no interior dos mesmos; obtém-se, então, duas séries iguais de diluições da amostra.

6 – Após 15 minutos, determina-se a concentração de oxigênio dissolvido OD<sub>5</sub> desta outra série.

7 – Após 5 dias, determina-se a concentração de oxigênio dissolvido OD<sub>5</sub> desta outra série.

8 – Efetua-se um controle da água de diluição, enchendo 2 frascos de DBO e medido a concentração de oxigênio de um deles e a do outro após 5 dias de incubação. A quantidade de oxigênio consumido foi sempre inferior a 0,2 mg/l.

## 2.9 - Análise de Oxigênio Consumido em Meio Ácido

(Método Titulométrico com  $\text{KMnO}_4$ )

### Reagentes

- Ácido Sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) 1:3.
- Permanganato de Potássio ( $\text{KMnO}_4$ ) N/80.
- Ácido oxálico ( $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ )

### Procedimento

Coleta-se 100 ml de amostra em exame, leva-se para um frasco Erlenmeyer de 250 ml, junta-se 5 ml de ácido sulfúrico 1:3 e 10 ml de permanganato de Potássio N/80. Aquece-se até o início da fervura, deixando a ebulição lenta, durante 10 minutos. Após adiciona-se novamente permanganato de potássio, gota a gota, até o aparecimento de um leve tom róseo persistente.

Dessa forma, obtém-se:

ml de permanganato gastos na 2ª adição = mg/l de  $\text{O}_2$  consumido em meio ácido.

## 2.10 - Análise da Temperatura

### Técnica de Execução da análise

a) Temperatura do ar:

Usa-se um termômetro de mercúrio com escala variando de  $-10\text{ }^\circ\text{C}$  a  $60\text{ }^\circ\text{C}$ ; coloca-se ao ar em local próximo aquele da coleta da amostra ao abrigo da luz solar. Espera-se, aproximadamente, um minuto e, então se faz a leitura na escala.

b) Temperatura da água:

Usa-se um termômetro igual ao usado para a medida da temperatura do ar, mergulhando-o na água em exame, tendo-se o cuidado de não encostar o bulbo do termômetro nas paredes do recipiente, deixando-se o bulbo mergulhado ao líquido pelo período de, aproximadamente, um minuto, após é realizada a leitura, sem retirar o termômetro da água.

Os termômetros utilizados apresentam escalas em graus centígrados.

## **2.11 - Análise da cor**

(Método Colorimétrico)

### **Princípio do Método**

O método utilizado foi o de determinação na comparação visual da amostra com solução padrão de cor previamente preparada, ou com padrões permanentes de cor, tais como os discos de Hellige.

### **Técnica de Execução**

Colocam-se 100 ml da amostra em um tubo de Nessler e faz-se uma comparação através do aparelho colorimétrico visual, com a escala de padrão de cor, através da observação vertical, contra um fundo branco, na seqüência fazendo a leitura no disco acoplado no aparelho.

## **2.12 - Análise Turbidez**

Este método constitui-se de uma caixa, dentro da qual se situa a fonte luminosa, um espelho, o tubo que recebe a amostra e os filtros. A amostra é iluminada lateralmente e, no centro, verticalmente, através de distribuição conveniente da luz incidente, de modo que, por observação vertical, na ocular do espelho, se verifica o campo luminoso.

Aciona-se um dial, colocado lateralmente à caixa do aparelho.

A medida da turbidez se processa pela igualdade de iluminação do campo observado.

A medida do dial, levada a gráfico que acompanha o aparelho e corresponde ao filtro usado, fornece a turbidez da amostra.

Esse tipo de aparelho mede turbidez de zero a 150 mg/l de SiO<sub>2</sub>.

## 2.13 - pH

(Método eletrométrico)

Para análise de pH foi utilizado o processo eletrométrico, através de Peagmetro com eletrodo de calomelano.