

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
**ÁREA DE AGRÁRIAS**  
**CURSO DE AGRONOMIA**

**TIAGO KRINDGES DE OLIVEIRA**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE ÁGUA DO RIO MACACO E  
ESTABELECIMENTO DO SEU ÍNDICE DE QUALIDADE**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PATO BRANCO**

**2014**

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CURSO DE AGRONOMIA**

**TIAGO KRINDGES DE OLIVEIRA**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO MACACO E  
ESTABELECIMENTO DO SEU ÍNDICE DE QUALIDADE**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PATO BRANCO**

**2014**

TIAGO KRINDGES DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO MACACO E  
ESTABELECIMENTO DO SEU ÍNDICE DE QUALIDADE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. William César  
Pollônio Machado

PATO BRANCO

2014

**Oliveira, Tiago Krindges de**  
**Avaliação da qualidade da água do Rio Macaco e estabelecimento do seu índice de qualidade/ Tiago Krindges de Oliveira.**  
**Pato Branco. UTFPR, 2014**  
**48 f. : il.; 30m**

**Orientador: Prof. Dr. William César Pollônio Machado**  
**Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. Pato Branco, 2014.**

**Bibliografia: f. 46 - 48**

**1. Agronomia. 2. Qualidade de água . 3. Índices de qualidade de água I. Machado, William César Pollônio. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. IV. Título.**

**CDD: 630**



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
Câmpus Pato Branco  
Departamento Acadêmico de Ciências Agrárias  
**Curso de Agronomia**



**TERMO DE APROVAÇÃO**  
**Trabalho de Conclusão de Curso - TCC**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO MACACO E**  
**ESTABELECIMENTO DO SEU ÍNDICE DE QUALIDADE**

por

**TIAGO KRINGES DE OLIVEIRA**

Monografia apresentada às 14 horas 00 min. do dia 26 de NOVEMBRO de 2014 como requisito parcial para obtenção do título de ENGENHEIRO AGRÔNOMO, Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Banca examinadora:

---

**Prof. M. Dr. Edson Roberto Silveira**  
UTFPR  
Membro

---

**Profª. Drª Marta Helena Dias da**  
**Silveira**  
UTFPR  
Co-Orientadora

---

**Prof. Dr. William César Pollonio**  
**Machado**  
UTFPR  
Orientador

---

**Profª. Drª. Marlene de Lurdes**  
**Ferronato**  
Coordenadora do TCC

Primeiramente a Deus, pela força dada para enfrentar os anos de graduação com seriedade e iluminação nas decisões difíceis.

Aos meus pais e minha irmã, pelo amor, carinho e ensinamentos de vida, onde sempre me apoiaram em minhas escolhas e caminhos, onde muitas vezes abdicaram de seus sonhos para que os meus fossem realizados.

Aos meus amigos, grandes parceiros e anjos na minha vida, que fizeram esses anos inesquecíveis, pelos momentos bons e ruins enfrentados juntos, que me levaram a uma grande conquista, minha formação.

## **AGRADECIMENTOS**

Devo agradecimentos a várias pessoas as quais nem citarei aqui, mas em especial a minha família que desde o início da graduação esteve comigo, me ajudando, me dando forças, fazendo com que eu acreditasse que seria possível chegar até aqui. Não só nas realizações deste trabalho como durante toda a graduação. Meus pais, Bernardete e Atanir são meus exemplos que sempre levarei comigo, me ensinaram durante toda minha vida ter força, foco, fé e principalmente lutar e buscar pelos meus sonhos. A minha irmã Yroe, por sempre estar ao meu lado independentemente da situação e por me aguentar em momentos difíceis. A todos vocês citados aqui acima meu muito obrigado mais sincero e importante, vocês são minha alegria e por vocês que cheguei até aqui.

Não posso deixar de agradecer meus amigos que sempre me apoiaram e me incentivaram, e fizeram parte de todas as minhas conquistas e que levo sempre comigo. Caroline, Emilio, Luiz Henrique, Juliane e Silmar, espero comemorar muitas alegrias, conquistas e dificuldades superadas com vocês. Obrigado por cada momento vivido durante todos esses anos.

Ao meu orientador e amigo William, que durante esses anos de graduação sempre esteve ao lado de todos os alunos, com palavras de apoio e incentivo. Também pela orientação nesse trabalho, onde sempre se mostrou prestativo, inteligente e responsável. Obrigado, a realização deste só foi possível devido a seu apoio.

E por fim, agradeço todos os professores da graduação da Agronomia, UTFPR – Campus Pato Branco, pela contribuição na minha formação e também a pessoas que aqui não citei, mas que de alguma forma foram muito importantes para realização deste trabalho e de toda a minha formação acadêmica.

“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível.”

Charles Chaplin

## RESUMO

OLIVEIRA, Tiago K. Avaliação da Qualidade da Água do Rio Macaco e Estabelecimento do seu Índice de Qualidade. 48 f. TCC (Curso de Agronomia), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2014.

A importância dos recursos hídricos para a sobrevivência da população mundial é de conhecimento de todos. Porém o crescimento acelerado e desordenado tem afetado esses recursos, aumentando a poluição e diminuindo sua disponibilidade. Por este motivo cada vez se torna mais necessário avaliar e identificar os fatores que afetam a qualidade da água. Este trabalho foi realizado pela necessidade de conhecer a atual situação dos recursos hídricos superficiais do Rio Macaco, localizado na cidade de São Lourenço do Oeste – SC, utilizado para o abastecimento desta cidade e de Novo Horizonte – SC. Para isso foram realizadas três coletas, sendo realizada uma a cada mês, nos meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2014, respeitando períodos de três dias sem chuva, e as amostras foram conduzidas ao Laboratório de Qualidade Agroindustrial de Águas e Alimentos na UTFPR – Campus Pato Branco. Foram realizadas análises físico – químicas de onze indicadores, Coliformes Termotolerantes, pH, Temperaturas do ar e da água, DBO<sub>5</sub>, DQO, OD, Nitrato, Fósforo Total, Cobre e Zinco. Posteriormente esses indicadores foram comparados com a resolução do CONAMA 375/05, nessa comparação os Coliformes Termotolerantes (média de 1317,65 NMP/100mL) e os teores de Fósforo total (média de 0,3 mg L<sup>-1</sup> P) se mostraram fora dos padrões estipulados na resolução. Também a partir desses indicadores foi possível avaliar o Índice de Qualidade da Água (IQA) do Rio Macaco, que foi classificada em dois pontos como Regular (Ponto 1: IQA médio 55,06 e Ponto 2: 53,85) e em um como Ruim (Ponto 3: IQA médio 43,74).

**Palavras-chave:** Qualidade de Água. IQA. Rio Macaco.

## ABSTRACT

OLIVEIRA, TIAGO K. Quality Evaluation of River Water Monkey and Establishment and its Quality Index. 48 f. TCC (Course of Agronomy) - Federal University of Technology - Paraná. Pato Branco, 2014.

The importance of water resources for the survival of the world's population is known to all. But the rapid and unplanned growth has affected these resources, increasing pollution and decreasing its availability. So it is becoming more necessary to evaluate and identify the factors that affect water quality. This work was conducted by the need to know the current status of surface water resources River Macaco, located in Sao Lourenco do Oeste - SC, used to supply this city and Novo Horizonte - SC. For this there were three collections, being held once every month in the months of August, September and October 2014, respecting periods of three days without rain, and the samples were conducted to Agroindustrial Quality Laboratory of Water and Food in UTFPR - campus Pato Branco. Physical analyzes were performed - chemical eleven indicators, thermotolerant coliforms, pH, air and water temperature, BOD5, COD, DO, nitrate, total phosphorous, copper and zinc. Later, these indicators were compared with the resolution of CONAMA 375/05, this comparison the thermotolerant coliforms and Total phosphorus contents were outside standards stipulated in the resolution. Also from these indicators was possible to evaluate the Water Quality Index (AQI) of River Macaco, which was classified in two points as Regular and one as Poor.

**Keywords:** Water Quality. AQI. River Macaco.

## LISTAS DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> – Uso dos recursos hídricos no Brasil. ....	18
<b>Figura 2</b> – Bacias Hidrográficas de Santa Catarina.....	22
<b>Figura 3</b> – Imagem de Satélite dos locais onde serão realizadas as coletas.....	27
<b>Figura 4</b> – Foto do ponto 01 de coleta, representando o corpo hídrico do Rio Macaco.....	28
<b>Figura 5</b> – Foto do ponto 02 de coleta, representando o corpo hídrico do Arroio Jaboticaba.....	28
<b>Figura 6</b> – Foto do ponto 03 de coleta, represa municipal e estação de tratamento representando o corpo hídrico do Rio Macaco. ....	29
<b>Figura 7</b> - Gráfico de análise de resultado de IQA das amostras do ponto 1.....	41
<b>Figura 8</b> - Gráfico de análise de resultado de IQA das amostras do ponto 2.....	41
<b>Figura 9</b> - Gráfico de análise de resultado de IQA das amostras do ponto 3.....	42

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Faixas de avaliação da Qualidade de Água. ....	20
<b>Tabela 2</b> – Principais atividades desenvolvidas na bacia hidrográfica e suas variáveis representativas levando-se em consideração os seus principais usos.....	23
<b>Tabela 3</b> – Coordenadas geográficas dos pontos a serem utilizados na coleta.....	27
<b>Tabela 4</b> - Indicadores escolhidos e seus parâmetros, para avaliação da qualidade de água.....	30
<b>Tabela 5</b> – Variáveis de qualidade de água e pesos relativos considerados para o cálculo do IQA....	30
<b>Tabela 6</b> – Valores de oxigênio dissolvido no Rio Macaco no período avaliado em 2014.....	32
<b>Tabela 7</b> – Valores de Coliformes Termotolerantes no Rio Macaco no período avaliado em 2014.....	33
<b>Tabela 8</b> – Valores de pH no Rio Macaco no período avaliado em 2014.....	34
<b>Tabela 9</b> – Valores de DBO <sub>5</sub> no Rio Macaco no período avaliado em 2014.....	34
<b>Tabela 10</b> – Valores de Temperatura da água e do ar no momento das coletas no dia 29 de Agosto de 2014.....	35
<b>Tabela 11</b> – Valores de Temperatura da água e do ar no momento das coletas no dia 12 de Setembro de 2014.....	35
<b>Tabela 12</b> – Valores de Temperatura da água e do ar no momento das coletas no dia 14 de Outubro de 2014.....	36
<b>Tabela 13</b> – Valores de Fósforo total no Rio Macaco no período avaliado em 2014.....	37
<b>Tabela 14</b> – Valores de DQO no Rio Macaco no período avaliado em 2014.....	39
<b>Tabela 15</b> – Valores de Nitrato no Rio Macaco no período avaliado em 2014.....	39
<b>Tabela 16</b> – Valores de Cobre no Rio Macaco no período avaliado em 2014.....	40
<b>Tabela 17</b> – Valores de Zinco no Rio Macaco no período avaliado em 2014.....	40

**LISTA DE SIGLAS**

ANA	Agência Nacional de Águas
CASAN	Companhia Catarinense de Água e Saneamento
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO <sub>5</sub>	Demanda Bioquímica de Oxigênio por cinco dias
DQO	Demanda Química de Oxigênio
IQA	Índices de Qualidade de Água
LAQUA	Laboratório de Qualidade Agroindustrial de Águas e Alimentos
OD	Oxigênio Dissolvido
pH	Potencial Hidrogeniônico
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

## Sumário

1 INTRODUÇÃO .....	14
2 OBJETIVOS .....	16
2.1 GERAL .....	16
2.2 ESPECÍFICOS .....	16
3 REFERENCIAL TEORICO .....	17
3.1 USOS DOS RECURSOS HÍDRICOS .....	17
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	22
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA.....	22
4.2 ESCOLHA DOS INDICADORES.....	23
4.2.1 Oxigênio Dissolvido .....	24
4.2.3 pH.....	25
4.2.4 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO <sub>5</sub> ).....	25
4.2.5 Temperatura.....	26
4.2.6 Fósforo Total .....	26
4.2.7 Demanda Química de Oxigênio (DQO).....	26
4.2.9 Cobre e Zinco .....	27
4.3 AVALIAÇÕES.....	27
4.3.1 Critério da escolha dos pontos .....	27
4.3.2 Coletas e determinação dos dados .....	30
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	32
5.1 ANÁLISE FÍSICO – QUÍMICA .....	32
5.1.1 Oxigênio Dissolvido (OD) .....	32
5.1.2 Coliforme Termotolerantes .....	34
5.1.3 Potencial Hidrogeniônico (pH).....	35
5.1.4 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO <sub>5</sub> ).....	36
5.1.5 Temperaturas .....	37
5.1.6 Fósforo Total .....	38
5.1.7 Demanda Química de Oxigênio (DQO).....	39
5.1.8 Nitrato (NO <sub>3</sub> ).....	40
5.1.9 Cobre e Zinco.....	41
5.2 Índice da Qualidade de Água (IQA).....	43
6 CONCLUSÕES .....	46
REFERÊNCIAS .....	47

## 1 INTRODUÇÃO

É de conhecimento mundial a grande importância dos recursos hídricos para a sobrevivência da população mundial. A água é um recurso usado para os mais variados fins, como por exemplo, uso doméstico e industrial, geração de energia elétrica, criação de animais, uso na agricultura, na irrigação, para lazer, conservação da flora e da fauna, entre outros. Além de receberem e transportarem efluentes industriais, esgotos e outros resíduos de diversos tipos de atividades.

Assim, os recursos hídricos possuem um papel fundamental limitante, de modo economicamente dotado de valor de uso atual e para uso futuro. Desta forma, a água e seus recursos assumem relevante importância para os grandes centros urbanos, para suprir a necessidade e abastecimento das populações de um modo geral (MACHADO, 2006).

Cerca de 70% da superfície terrestre é ocupada pelos recursos hídricos. Deste total, cerca de 97% é de águas salgadas e o restante, de água doce. Este recurso está presente em todos os meios, nos estados sólido, líquido e gasoso e se renova através do processo físico do ciclo hidrológico (RAMOS et. al. 2008).

A grande importância dos recursos hídricos está na lei 9.433 da Política Nacional de Recursos Hídricos, que diz: “assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos” (Cap. II, Art. 20).

O crescimento acelerado e desordenado urbano tem afetado muito os recursos hídricos disponíveis, e isso leva a um aumento da poluição e diminuição de sua disponibilidade. Por este motivo torna-se cada vez mais necessário avaliação e identificação dos fatores que afetam esta qualidade, visando mensurar a situação e propor soluções por meio do uso dos indicadores ambientais mais significativos com relação ao uso e ocupação da bacia hidrográfica.

Devido a esse crescimento, que possibilita a geração de grandes volumes de resíduos, existe a necessidade de eliminá-los, e os corpos hídricos ainda são os principais destinos para esta finalidade, gerando assim a degradação desses recursos e diminuindo a disponibilidade de água sob o ponto de vista da qualidade e quantidade.

Nosso país ocupa, a nível mundial, uma posição privilegiada em termos de disponibilidade de recursos hídricos, mas mesmo assim, em algumas regiões, como também algumas épocas do ano, sofrem com a má distribuição desses recursos. Outro fator que necessita ser readequado é a educação ambiental da população que precisa respeitar este recurso tão necessário para a sobrevivência de todos.

Segundo Setti (2001), os problemas de escassez de água brasileira são resultados do crescimento exagerado das demandas localizadas e da degradação da qualidade das mesmas. Isto é resultado dos desordenados processos de urbanização, e conseqüentemente também dos processos de industrialização e da expansão agrícola no Brasil.

Por estes motivos vem a importância de se verificar através de parâmetros a real situação e avaliar a qualidade de água, sob o ponto de vista de tendências, as quais podem ser visualizada através da determinação de características físicas, biológicas e químicas de seu estado atual, sob o ponto de visto do uso.

Para mensurar a situação que se encontra o recurso hídrico é importante a visualização da área, reconhecendo o que de fato ocorre na proximidade da bacia a ser avaliada e então através da utilização de parâmetros utilizados mundialmente, definir os parâmetros a serem avaliados, ou seja, definir os indicadores de qualidade de água a serem utilizados para este tipo de avaliação.

O uso de indicadores de qualidade de água consiste no emprego de variáveis que se correlacionam com as alterações ocorridas na microbacia, sejam estas de origens antrópicas ou naturais (TOLEDO, 2002).

Diante do exposto, este trabalho visa avaliar e obter informações quanto à qualidade da água do Rio Macaco, que está localizado na Sub Bacia Hidrográfica do Rio Chapecó que compõe a Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai. Este rio é utilizado para o abastecimento urbano dos municípios de São Lourenço do Oeste e Novo Horizonte, localizados no Estado de Santa Catarina, onde hoje abastece cerca de 40.000 habitantes.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 GERAL**

Avaliar a qualidade das águas superficiais do Rio Macaco, através do uso de indicadores de qualidade de água, para definir seu estado atual de conservação e/ou de degradação.

### **2.2 ESPECÍFICOS**

- Estabelecer os pontos de amostragem na área da bacia hidrográfica do rio Macaco.
- Em função da análise do uso e ocupação da bacia hidrográfica escolher os parâmetros mais significativos que possam interferir em termos de qualidade destas águas;
- Analisar os resultados obtidos, e escolher os parâmetros que irão compor os indicadores ambientais;
- Comparar os dados obtidos com os limites aceitáveis determinados pela resolução CONAMA 357/05;
- Estabelecer o índice da qualidade das águas (IQA) superficiais do Rio Macaco.

### 3 REFERENCIAL TEORICO

#### 3.1 USOS DOS RECURSOS HÍDRICOS

Ao longo do tempo o meio ambiente tem passado por muitas transformações. Isto está ocorrendo devido ao acelerado crescimento mundial, que tem causado diminuição da qualidade dos recursos hídricos e conseqüentemente diminuição da qualidade da vida humana.

A grande importância dos recursos hídricos está na Lei Federal nº 9.433 que estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos, descrevendo como princípio básico: “assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos” (Cap. II, Art. 20).

Os recursos hídricos são utilizados para diversos fins, os quais são classificados como consuntivos e não consuntivos. Os consuntivos, por exemplo, são utilizados para o abastecimento doméstico, industrial, irrigação e na criação de animais. E os não consuntivos são utilizados no lazer, pela flora e fauna, para geração de energia, transporte e diluição de dejetos. (BASSOI; GUAZELLI, 2004). Segundo Ramos et. al. (2008), o uso consuntivo, retira a água, tornando-a menos disponível em quantidade, mas temporariamente, já os não consuntivos se referem aos usos quase que totais da água utilizada, que retorna à fonte, podendo haver alguma modificação do seu padrão.

Segundo Brites (2005), a utilização inadequada dos recursos naturais, tanto nos grandes centros como nas áreas rurais, é a causa principal da degradação ambiental, sendo o homem o principal agente desta.

Em decorrência da degradação ambiental pelo homem, os recursos hídricos vêm sofrendo ameaças tanto em sua quantidade como na sua qualidade. Segundo Tucci (2001), o aumento populacional agrava a poluição doméstica e industrial, além de resultar em condições inadequadas e propícias para o desenvolvimento de doenças de veiculação hídrica. O Ministério da Saúde informa que as principais doenças que são influenciadas pela qualidade

da água são as hepatites, a malária, a febre amarela, a cólera, a esquistossomose, a dengue e a hantavirose.

A preocupação do homem com a conservação dos recursos naturais e com a degradação ambiental tem aumentado consideravelmente, nos últimos tempos. Assim podemos observar a importância da educação ambiental, pois desperta cada integrante para a ação e busca de soluções para os problemas ambientais que ocorrem no dia-a-dia (PEREIRA, 2004).

Na resolução n.º 357/05 do Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA estão disponíveis os diversos parâmetros para o enquadramento dos corpos hídricos brasileiros, sendo uma ferramenta importante e decisiva para o monitoramento da qualidade da água, além de ser um referencial para a gestão dos recursos hídricos.

Estima-se que, atualmente, mais de 1 bilhão de pessoas vivem em condições insuficientes de disponibilidade de água para consumo e que, em 25 anos, cerca de 5,5 bilhões de pessoas estarão vivendo em áreas com moderada ou séria falta de água. Quando se analisa o problema de maneira global, observa-se que existe quantidade de água suficiente para o atendimento de toda a população. No entanto, a distribuição não uniforme dos recursos hídricos e da população sobre o planeta acaba por gerar cenários adversos quanto à disponibilidade hídrica em diferentes regiões (SETTI, et. al. 2001).

Em nosso país temos uma privilegiada disponibilidade hídrica, porém mal distribuída. Segundo Setti et. al. (2001), cerca de 70% da água doce do país encontra-se na região amazônica, onde vivem menos de 5% da população brasileira.

No Brasil, as principais formas de uso dos recursos hídricos são: urbano, rural, animal, irrigação e industrial, como podemos observar na Figura 1. Segundo a Organização das Nações Unidas, 70% de toda a água ainda disponível no mundo é usada na irrigação, já no Brasil esse valor aumenta para 72%.



**Figura 1** – Uso da água no Brasil. (Fonte: Portal EBC, 2013).

A agricultura é o alvo prioritário para as políticas de controle racional de água para a ONU, Segundo a FAO, 60% da água utilizada na irrigação é perdida. Se fosse reduzido 10% das perdas, dariam para abastecer o dobro da população mundial (WALBERT, 2013).

Outro fator que tem participação na disponibilidade hídrica é o uso irracional destes recursos pela falta de conscientização da população, que por muitos anos tinha a ideia de abundância desses recursos, que davam suporte à cultura do desperdício de água.

Em função dos problemas relativos à falta de um adequado sistema de gestão da água, o setor de recursos hídricos vem ganhando importância e interesse por parte da sociedade brasileira. Esse fato pode ser observado não somente pelas discussões na esfera governamental, mas também pela própria imprensa, que tem abordado o tema com frequência (SETTI et. al. 2001).

Segundo Brites (2005), a origem da poluição da água é diversificada, como por exemplo, nas áreas urbanas essa poluição surge do desgaste das ruas pelos veículos, do lixo acumulado nas calçadas e ruas, resíduos orgânicos

de animais domésticos, atividades de construção, fossas, resíduos de combustíveis, óleos e graxas, poluentes lançados no ar e muitos outros.

Segundo Farias (2008), avaliar a qualidade da água, nem sempre é uma tarefa fácil, pois requer além de equipamentos, recursos financeiros. Geralmente os equipamentos usados na avaliação hidrobiológicas variam de acordo com os estudos que estão sendo realizados, das características do rio ou nascente.

### 3.2 INDICADORES DE QUALIDADE DE ÁGUA

O uso de indicadores de qualidade de água consiste no emprego de variáveis que se correlacionam com as alterações ocorridas na microbacia, sejam estas de origens antrópicas ou naturais. A avaliação da água que está sendo consumida é de grande importância a fim de evitar problemas com o uso de um bem indispensável e tão utilizado pela população em geral. Neste aspecto, o uso de índices de qualidade de água é uma tentativa que todo programa de monitoramento de águas superficiais prevê como forma de acompanhar, através de informações resumidas, a possível deterioração dos recursos hídricos ao longo da bacia hidrográfica ou ao longo do tempo (TOLEDO; NICOLELLA, 2002).

Muitas técnicas foram desenvolvidas e vem sendo utilizadas para estimar índices de qualidade de água. Para Orea (1998), a mais empregada é a desenvolvida em 1970 pela National Sanitation Foundation Institution que é o Índice de Qualidade de Águas - IQA. Outros índices foram desenvolvidos baseados em características físico-químicas da água, como o de Liebmann, Harkins; além de índices baseados em características biológicas, comumente associados ao estado trófico dos rios (TOLEDO; NICOLELLA, 2002). Segundo a ANA, a CETESB, foi a pioneira a utilizar o IQA no Brasil no ano de 1975. Nas décadas seguintes outros estados brasileiros adotaram o IQA, que hoje é o principal parâmetro para avaliar os índices de qualidade hídrica. Para a construção da fórmula do IQA foram utilizados nove parâmetros, que são:

Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda bioquímica de oxigênio (DBO), Coliformes fecais, Temperatura da água, pH da água, Nitrogênio total, Fosforo total, Sólidos totais e Turbidez. Cada um desses parâmetros possui um peso e um valor de qualidade que foi fixado para uma conformação global. O cálculo é feito por meio da ponderação desses parâmetros, conforme a expressão abaixo.

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

$i$  –ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva curva média de variação de qualidade, em função da sua concentração; e  $w$  – é o peso correspondente ao  $i$  –ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1.

**Equação 1** – Expressão matemática para o cálculo do IQA. (Fonte: ANA, 2009).

Após o cálculo do IQA, os resultados obtidos são classificados em faixas, que dependem do estado que foi feito a avaliação, como podemos observar na Tabela 1.

**Tabela 1** – Faixas de avaliação da Qualidade de Água. (Fonte: ANA, 2009).

Faixas de IQA, nos estados: AL, MG, MT, PR, RJ, RN, RS	Faixas de IQA nos estados: BA, CE, ES, GO, MS, PB, PE, SP	Avaliação da qualidade da Água
91 – 100	80 – 100	Ótima
71 – 90	52 – 79	Boa
51 – 70	37 – 51	Razoável
26 – 50	20 – 36	Ruim
0 – 25	0 -19	Péssima

As variáveis de qualidade que fazem parte do cálculo do IQA, refletem, principalmente, a contaminação dos corpos hídricos ocasionada pelo lançamento de esgotos domésticos. É importante também salientar que este índice foi desenvolvido para avaliar a qualidade das águas, tendo como determinante principal a sua utilização para o abastecimento público, considerando aspectos relativos ao tratamento dessas águas (CETESB, 2003).

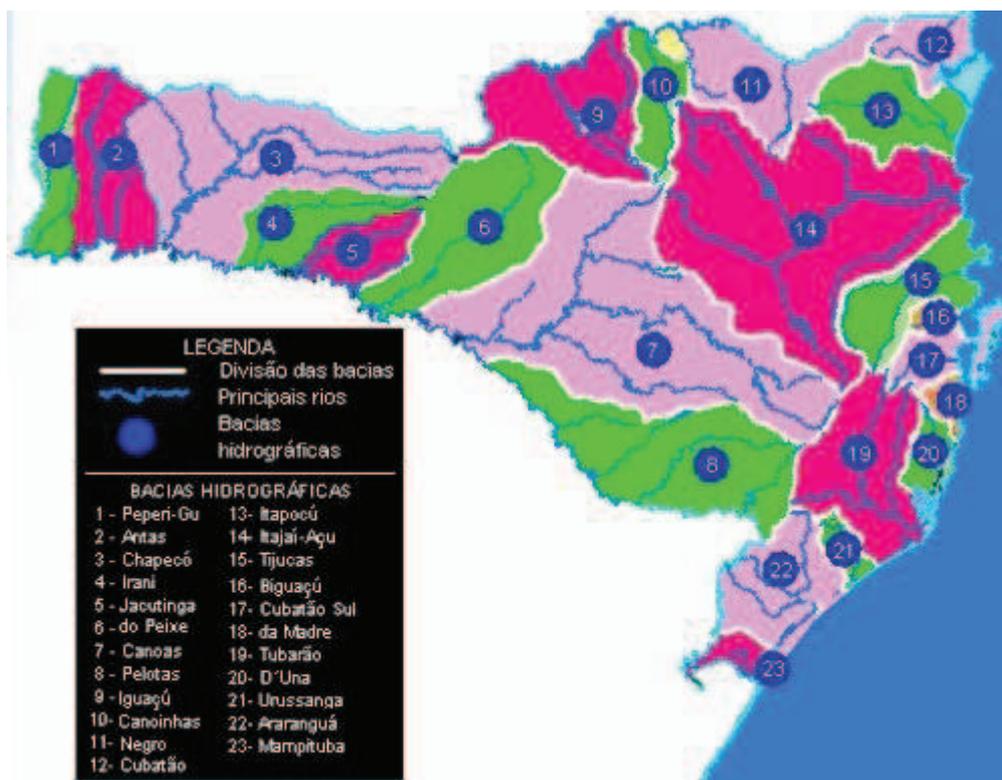
Os índices de qualidade das águas são úteis quando existe a necessidade de sintetizar a informação sobre vários parâmetros físico-químicos, visando informar o público leigo e orientar as ações de gestão da qualidade da água. Entre as vantagens do uso de índices destacam-se a facilidade de comunicação com o público não técnico e o fato de representar uma média de diversas variáveis em um único número. Em contrapartida, a principal desvantagem consiste na perda de informação das variáveis individuais e da interação entre elas (CETESB, 2003).

## **4 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA**

O experimento foi realizado na Linha Bela Vista, interior do município de São Lourenço do Oeste – Santa Catarina, de clima Cfa, com temperatura média anual de 17-18 °C, pluviosidade média anual de 1900 mm, bem distribuídas ao longo do ano.

O Rio Macaco nasce no território municipal de São Lourenço do Oeste. Este fornece a partir do seu manancial superficial o abastecimento de água para este município, bem como para o município de Novo Horizonte, também localizado no oeste catarinense. Este rio pertence à sub-bacia hidrográfica do Rio Chapecó, como podemos observar na Figura 2.



**Figura 2** – Bacias Hidrográficas de Santa Catarina. (Fonte: CASAN, 2014).

O Rio Macaco nasce no território municipal e tem a captação de água localizada na área rural da cidade, próximo a lateral direita da rodovia asfaltada (SC – 473) que liga o centro da cidade ao distrito de Presidente Juscelino. A bacia drenada para este ponto tem área de 15,47 Km<sup>2</sup>. O sistema de abastecimento de água de São Lourenço do Oeste é operado em gestão compartilhada do município com a CASAN, a qual é responsável pela captação, tratamento e posterior distribuição para os domicílios.

Fazendo se uma leitura da paisagem do leito do Rio Macaco, podem-se observar várias atividades realizadas como a criação de animais (suínos e bovinos), também é possível observar áreas de preservação permanente no leito, áreas com rotação de cultura e reflorestamentos.

#### 4.2 ESCOLHA DOS INDICADORES

Com base nos usos do capital natural desenvolvidos na área dessa bacia, foram escolhidos os indicadores para representarem os índices de qualidade da água.

**Tabela 2** – Principais atividades desenvolvidas na bacia hidrográfica e suas variáveis representativas levando se em consideração os seus principais usos.

<b>Atividades desenvolvidas</b>	<b>Indicadores relacionados com o uso</b>
Fertilização dos solos	pH, DBO, DQO, OD, Cobre, Fósforo Total, Zinco e Coliformes fecais.
Criação de animais	Nitrato, Fósforo total, DBO, DQO, OD, Cobre, Zinco, pH e Coliformes fecais.
Áreas florestadas	DBO, DQO, OD, pH, Nitrato e Coliformes fecais.

#### 4.2.1 Oxigênio Dissolvido

O Oxigênio Dissolvido é limitante para avaliar a manutenção da vida aquática e dos processos de autodepuração em sistemas aquáticos naturais e nas estações de tratamento de esgotos, pois é um parâmetro usado para verificar o grau de poluição de um determinado recurso hídrico, principalmente por lançamentos orgânicos, além de ser expresso em concentrações quantificáveis e passíveis de modelagem matemática (CETESB, 2003).

Fazendo uma leitura da paisagem do Rio Macaco, podem-se observar várias propriedades onde ocorre fertilização dos solos (áreas de pastagem e rotação de culturas), desta forma esse indicador pode contribuir para análise do estado atual deste recurso hídrico.

#### 4.2.2 Coliformes Termotolerantes

Esta variável está diretamente ligada à contaminação por coliformes fecais. Algumas dessas bactérias estão associadas com as fezes de animais de sangue quente e com o solo.

As bactérias termotolerantes são capazes de fermentar o açúcar. Este índice pode se mostrar mais significativo que o uso de bactérias coliformes

totais. Esse parâmetro é de suma importância, pois indica a possibilidade de existência de microrganismos patogênicos de veiculação hídrica.

É de suma importância avaliar este parâmetro em um recurso utilizado para abastecimento humano, e também devido a esse manancial estar rodeado de propriedades produtoras de bovinos e possíveis efluentes domésticos.

#### 4.2.3 pH

O potencial hidrogeniônico representa a concentração de íons hidrogênio, indicando acidez, neutralidade ou alcalinidade. Surge naturalmente advindo da dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, oxidação de matéria orgânica e fotossíntese. Já a origem antropogênica vem de esgotos domésticos e industriais (VON SPERLING,2005).

O pH influencia os ecossistemas aquáticos. Pode ser um indicador indireto muito importante, pois pode contribuir para a precipitação de elementos químicos tóxicos, como metais pesados. Esse indicador é básico para uma série de entendimentos relacionados a qualidade de água, dentro de locais onde se observa atividades agropecuárias.

#### 4.2.4 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO<sub>5</sub>)

A DBO<sub>5</sub> de uma água é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar matéria orgânica por decomposição microbiana, por meio de incubação de cinco dias, a 20 °C. Este parâmetro de forma indireta fornece as condições de oxigenação dos corpos hídricos e ainda se está ocorrendo aporte de matéria orgânica dos corpos hídricos (MACHADO, 2006).

A presença de um elevado teor de matéria orgânica pode causar um completo esgotamento do oxigênio presente na água, provocando desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática, além de produzir sabores e odores desagradáveis, pode ainda obstruir os filtros de areia

utilizados nas estações de tratamento, sendo por este motivo essencial a avaliação da DBO<sub>5</sub> para este trabalho (CETESB, 2003).

#### 4.2.5 Temperatura

Este indicador faz parte do regime climático normal dos corpos hídricos e do ar. É também responsável pela modificação na velocidade das atividades dos organismos aquáticos, vários parâmetros podem influenciar a temperatura superficial, como o aporte de dejetos industriais. A temperatura desempenha um papel no controle do meio aquático e é influenciado por uma série de parâmetros físico-químicos.

#### 4.2.6 Fósforo Total

Os valores deste indicador podem ter origem natural, pelo meio da dissolução de rochas, decomposição da matéria orgânica e da chuva. Pode também ser de origem antropogênica através do uso de fertilizantes, agroquímicos além de abatedouros e laticínios, onde possuem altas cargas de fósforo, esgotos, detergentes superfosfatados e matéria fecal, o que o torna um indicador indispensável para o estabelecimento do estado dos mananciais superficiais do Rio Macaco.

#### 4.2.7 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

A DQO determina o nível de oxigênio existente nos corpos hídricos. Sendo assim esta variável é indicadora de matéria orgânica oxidável e de substâncias capazes de consumir oxigênio (MACHADO, 2006).

Este indicador sofre aporte principalmente por despejos de origem industrial e é indispensável para estudos de caracterização de efluentes sanitários e industriais (CETESB,2003).

#### 4.2.8 Nitrato

O nitrato é uma substância química derivada do nitrogênio e se encontra na água e no solo de forma natural e em pequenas concentrações. Esses valores têm aumentado principalmente pelo grande uso de fertilizantes na agricultura e aportes de esgotos domésticos. O nitrato pode causar enfermidades pelo uso de água contaminada e danos ambientais, como por exemplo a eutrofização (CAMPOS, 2014).

Por este motivo este indicador é de suma importância pois as propriedades localizadas próximas ao Rio Macaco utilizam fertilizantes diversas vezes no ano.

#### 4.2.9 Cobre e Zinco

Estes elementos ocorrem na natureza em pequenas concentrações e por este motivo são conhecidos como elementos traços. Suas origens ocorrem de forma natural em recursos hídricos quando advindos de processos intempéricos de rochas e de erosões de solos ricos nestes elementos. É também um indicador direto do aporte de líquidos industriais e produtos.

As concentrações destes elementos dependem de características da bacia e do seu uso. No caso de nossa região estudada no leito do rio não são encontradas atividades industriais que possam lançar efluentes destes elementos. Porém pode ter ocorrido aplicação de produtos (fertilizantes e agroquímicos) que contenham esses elementos traços em sua composição (MACHADO, 2006).

### 4.3 AVALIAÇÕES

#### 4.3.1 Critério da escolha dos pontos

A escolha dos pontos foi realizada por meio da observação do mapa municipal de São Lourenço do Oeste – SC, observando o curso do Rio Macaco e encontrando pontos que demonstrem a real situação da água, próxima de

onde é feita a coleta para o abastecimento da cidade, onde também tinham fácil acesso para as coletas e com representatividade do uso do capital natural próximo ao rio. A seleção também levou em conta a questão dos efluentes encontrados no Rio Macaco, como é o caso do ponto 2 que foi selecionado no Arroio Jaboticaba, que desagua no Rio Macaco antes da estação de tratamento. Foram selecionados três pontos. O ponto 1 fica abaixo da nascente do rio e acima da estação de coleta e tratamento; O Ponto 2 fica localizado no Arroio Jaboticaba, que logo se liga com o Rio Macaco; e o Ponto 3 localizado a alguns metros da estação de tratamento.

Na figura 3 podemos ver a paisagem do rio próxima à estação de coleta, por este motivo foram selecionados estes três pontos, pois o ponto 1 e ponto 2 juntam-se alguns quilômetros antes da estação de tratamento da CASAN em São Lourenço do Oeste – SC.



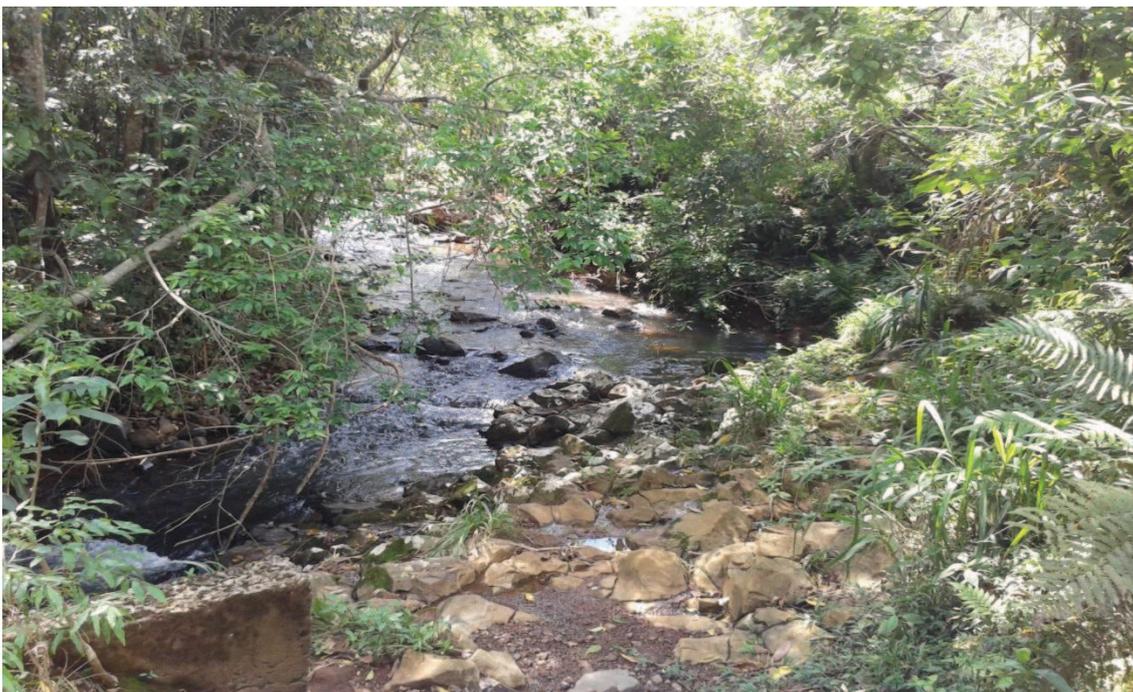
**Figura 3** – Imagem de Satélite dos locais onde serão realizadas as coletas. (Fonte: Google Earth, 2014).

**Tabela 3** – Coordenadas geográficas dos pontos a serem utilizados no coleta.

Ponto de coleta	Latitude	Longitude	Corpo hídrico
01	26°23'46" S	52°53'50" O	Rio Macaco
02	26°23'49" S	52°53'42" O	Arroio Jaboticaba
03	26°23'55" S	52°53'47" O	Rio Macaco



**Figura 4** – Foto do ponto 01 de coleta, representando o corpo hídrico do Rio Macaco. (São Lourenço do Oeste, SC. 2014).



**Figura 5** – Foto do ponto 02 de coleta, representando o corpo hídrico do Arroio Jaboticaba. (São Lourenço do Oeste, SC. 2014).



**Figura 6** – Foto do ponto 03 de coleta, represa municipal e estação de tratamento representando o corpo hídrico do Rio Macaco. (São Lourenço do Oeste, SC. 2014).

#### 4.3.2 Coletas e determinação dos dados

As coletas foram realizadas uma vez ao mês, durante três meses, Agosto, Setembro e Outubro de 2014, em datas de interesse, como por exemplo, períodos de vazão mais baixa (três dias sem chuvas), pois segundo

Soares (2000), nestes períodos com vazão menor, pode haver uma maior concentração dos poluentes.

As datas que as coletas foram realizadas foram: 29 de Agosto de 2014, 12 de Setembro de 2014 e 14 de Outubro de 2014.

As coletas foram realizadas de modo simples, retiradas manualmente em um recipiente. Algumas análises foram realizadas a campo e outras ficaram acondicionadas em recipientes e levadas até o Laboratório de Qualidade Agroindustrial de Águas e Alimentos – LAQUA na UTFPR, Câmpus Pato Branco.

Os indicadores utilizados, as unidades de medidas, seus métodos de determinação e seus respectivos limites podem ser visualizados na Tabela 4.

**Tabela 4** - Indicadores escolhidos e seus parâmetros, para avaliação da qualidade de água.

INDICADOR	UNIDADE	MÉTODO	LIMITES RESOLUÇÃO*
Coliformes Fecais	NMP/100mL		1.000
Condutividade elétrica	$\mu\text{Scm}^{-1}$	Eletrométrico em campo	Não aplicável
pH	Unidades de pH	Eletrométrico em campo	6,0 a 9,0
Temperatura da água	$^{\circ}\text{C}$	Eletrométrico em campo	Não aplicável
Temperatura do ar	$^{\circ}\text{C}$	Eletrométrico em campo	Não aplicável
DBO <sub>5</sub>	$\text{mgL}^{-1}$ de O <sub>2</sub>	Incubação 5 dias	5
DQO	$\text{mgL}^{-1}$ de O <sub>2</sub>	Câmara de fluxo aberto	Não aplicável
OD	$\text{mgL}^{-1}$	Winkles iodométrico ou Oxímetro de campo	Mínimo de 5,0 $\text{mgL}^{-1}$
Nitrato	$\text{mgL}^{-1}$	Redução com Cádmio	10
Fósforo Total	$\text{mgL}^{-1}$	Ácido Ascórbico	0,03
Cobre	$\text{mgL}^{-1}$	Espectrofotometria de absorção atômica de chama	0,009
Zinco	$\text{mgL}^{-1}$	Espectrofotometria de absorção atômica de chama	0,18

NOTA: (\*) Os valores numéricos considerados para as amostras do rio Macaco, são referentes aqueles determinados para a classe 2 da Resolução do CONAMA 357/05.

Para o cálculo do IQA foram escolhidas as variáveis presentes na Tabela 5, selecionadas pelo fato dessa região ser rural e possuir produtores que usam adubação orgânica e química, além de possíveis efluentes

industriais. Os pesos relativos foram estabelecidos pela expressividade de cada variável relacionada ao uso da paisagem do Rio Macaco, como é o caso do OD, Coliformes Termotolerantes e do Fósforo que receberam os maiores pesos relativos.

**Tabela 5** – Variáveis de qualidade de água e pesos relativos considerados para o cálculo do IQA.

Variáveis	Pesos Relativos (wi)
pH	0,05
Oxigênio Dissolvido	0,2
Temperatura da água	0,05
Coliformes Termotolerantes	0,2
DBO <sub>5</sub>	0,15
Fósforo	0,2
Nitrato	0,15

O cálculo foi realizado pelo software IQADData, utilizando os dados obtidos nos laudos do LAQUA na UTFPR, Campus Pato Branco.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 ANÁLISE FÍSICO – QUÍMICA

O objetivo dessa análise foi verificar o estado das águas superficiais do Rio Macaco comparando os resultados obtidos com a resolução CONAMA 357/05, a qual impõe limites para indicadores nas águas doces de Classe 2, que são recursos hídricos que podem ser destinados ao consumo humano após tratamento convencional, proteção de comunidades aquáticas, uso de recreação e irrigação (BRASIL, 2005), como é o caso do Rio Macaco.

#### 5.1.1 Oxigênio Dissolvido (OD)

As águas superficiais dos mananciais necessitam de oxigênio dissolvido em suas águas para manterem um ecossistema aquático ativo. A disponibilidade deste elemento se dá em função da interação do gás oxigênio

da atmosfera, que é transferido para o meio líquido, tudo isso dependendo das condições ambientais de temperatura e pressão. Esse fenômeno é conhecido como o transporte de oxigênio em massas de água, e depende também da turbulência do rio, onde quanto maior for essa, maior será a quantidade de oxigênio dissolvido (MACHADO, 2006).

Na tabela 6 encontram-se os resultados obtidos para a variável oxigênio dissolvido nos três pontos de coleta e nas três coletas realizadas. Se compararmos os resultados obtidos com o limite estipulado pela Resolução do CONAMA número 357/05 para águas superficiais de corpos hídricos de classe 2, como é o caso dessa bacia, o valor é de 5 mg de O<sub>2</sub> L<sup>-1</sup>, pode se dizer que os valores estão dentro do aceitável por essa resolução.

Os valores menores encontrados foram nos pontos 1 e 2. Isso pode ser explicado pelo maior número de propriedades de criação bovinos próximas a esses pontos.

A escolha desse indicador foi devido sua relação com alterações na qualidade de águas superficiais, quando possuem aportes de orgânicos. Esse indicador avalia de forma direta e primordial os efeitos causados por estes despejos. O limite adotado pela resolução citada acima, é de 5 mg de O<sub>2</sub> L<sup>-1</sup> pelo fato de valores abaixo disso caracterizam processos ruins de fotossíntese das algas e também podendo causar mortes de peixes.

Todos os valores estão acima do limite da Resolução do CONAMA n° 357/05, indicando uma boa oxigenação das águas superficiais deste corpo hídrico, entretanto esses valores podem ser considerados baixos, mostrando que a manutenção do ecossistema aquático poderia ser melhor.

**Tabela 6** – Valores de oxigênio dissolvido no Rio Macaco, no período avaliado em 2014, Limite CONAMA 357/05: >5 mg/L.

PONTOS	DATAS DAS COLETAS		
	29/08/2014	12/09/2014	14/10/2014
	mg/L O <sub>2</sub>		
PONTO 1	6,80	6,60	7,40
PONTO 2	7,20	7,20	6,90
PONTO 3	7,50	8,40	7,40

### 5.1.2 Coliforme Termotolerantes

Considerando o limite da Resolução do CONAMA 357/05 de 1000 NMP/100mL para o indicador coliformes termotolerantes, observamos na Tabela 7, que quase todas as amostras apresentaram extrapolações deste limite, exceto em duas amostras do ponto 1, a primeira e a última. Observou-se ainda, que as maiores extrapolações foram no ponto 3, onde está localizada a estação de coleta e tratamento da água no Rio Macaco.

Os coliformes termotolerantes são microorganismos capazes de fermentar a lactose sendo representados principalmente pela *Escherichia coli*, e outras bactérias. *Escherichia coli* é exclusivamente de origem fecal, estando presente em densidades elevadas nas fezes humanas, mamíferos e aves (SOROCABA, 2010)

A presença desses coliformes é indicativo de poluição, com risco potencial de presença de organismos patogênicos de veiculação hídrica nesses mananciais analisados. Esses valores encontrados devem estar relacionados a aportes de esgotos domésticos e também de criação de animais próximas a este rio.

**Tabela 7** – Valores de Coliformes Termotolerantes no Rio Macaco, no período avaliado em 2014, Limite CONAMA 357/05: 1000 NMP/100mL.

PONTOS	DATAS DAS COLETAS		
	29/08/2014	12/09/2014	14/10/2014
	<b>NMP/100mL</b>		
PONTO 1	695,00	1015,80	904,00
PONTO 2	1310,50	1466,60	1310,50
PONTO 3	1906,50	1343,10	1906,90

### 5.1.3 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH indica o balanço entre ácidos e bases nas águas, expresso pela concentração de hidrogênio neste meio. Estes valores podem indicar neutralidade, alcalinidade ou acidez das águas, apontando as possíveis reações químicas sobre rochas e solos. O fator que mais influencia às alterações dos valores do pH nas águas são as características geológicas, devido as decomposições das rochas e à instabilidade dos minerais em função do intemperismo (MACHADO, 2006).

A resolução do CONAMA 357/05 indica para rios de classe 2, valores de pH dentro da faixa de 6,0 a 9,0, e como podemos observar na tabela 8 todos os valores analisados ficaram dentro dos limites impostos pela resolução.

**Tabela 8** – Valores de pH no Rio Macaco, no período avaliado em 2014, Limite CONAMA 357/05: 6,0 a 9,0.

PONTOS	DATAS DAS COLETAS		
	29/08/2014	12/09/2014	14/10/2014
	<b>pH</b>		
PONTO 1	6,58	7,02	7,14
PONTO 2	7,02	7,03	7,16
PONTO 3	7,04	7,11	7,14

#### 5.1.4 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO<sub>5</sub>)

A DBO<sub>5</sub> informa, de forma indireta, as condições de oxigenação de um determinado corpo hídrico e também se está ocorrendo aporte de matéria orgânica (MACHADO, 2006).

A Resolução n/ 357/05 do CONAMA (BRASIL, 2005), estabelece valor limite para DBO<sub>5</sub> de 5 mg de O<sub>2</sub> L<sup>-1</sup>. Na análise da tabela 9, onde temos os valores de DBO<sub>5</sub> no Rio Macaco, dentro do período analisado, observamos que os valores estão todos dentro do limite imposto, caracterizando um corpo hídrico não poluído e sem grandes aportes de matérias orgânicas.

Os valores maiores foram evidenciados no ponto 3, esse fato pode ser explicado por estar recebendo aporte dos outros dois pontos, principalmente do ponto 2 que é efluente do Rio Macaco. Também o fato da coleta no ponto 3 ser efetuada na barragem de coleta de água pode haver maiores deposições de materiais orgânicos.

Para Von Sperling (2002), ambientes naturais sem aporte de matéria orgânica, as concentrações de DBO<sub>5</sub> poderiam se apresentar no intervalo de 1 a 10 mg de O<sub>2</sub> L<sup>-1</sup>. Se considerarmos esses valores nossas águas podem ser consideradas como limpas de aportes orgânicos.

**Tabela 9** – Valores de DBO<sub>5</sub> no Rio Macaco, no período avaliado em 2014, Limite CONAMA 357/05: 5 mg/L.

PONTOS	DATAS DAS COLETAS		
	29/08/2014	12/09/2014	14/10/2014
	mg/L O <sub>2</sub>		
PONTO 1	2,44	2,35	2,38
PONTO 2	3,24	3,51	3,66
PONTO 3	4,06	3,98	4,21

### 5.1.5 Temperaturas

A temperatura e/ou suas modificações são responsáveis pela velocidade das atividades metabólicas dos organismos, pelas alterações das reações químicas e pelas solubilidade das substâncias. Para VON SPERLING (2005), as temperaturas médias na região sul do Brasil se mantem entre 20 a 30 °C, podendo chegar a 5 °C no inverno.

No meio aquático os organismos vivos são adaptados a uma faixa de temperatura e possuem sua temperatura ideal, a qual regula os processos metabólicos internos (MACHADO, 2006).

As tabelas 10, 11 e 12 apresentam os valores encontrados para a temperatura ambiente e da água. Essas aferições foram realizadas a campo, no momento das coletas, utilizando se de um termômetro comum. A temperatura do ar foi medida à sombra nos locais de coleta no Rio Macaco.

As temperaturas ficaram dentro das estimativas apresentadas por VON SPERLING (2005), que seriam de 20° a 30°, sendo que as temperaturas mais baixas foram aferidas no mês de Agosto e as posteriores tiveram aumento gradativo a cada mês, como já era o esperado.

**Tabela 10** – Valores de Temperatura da água e do ar, no momento das coletas do dia 29 de Agosto de 2014, São Lourenço do Oeste, SC.

PONTOS	TEMPERATURA ÁGUA	TEMPERATURA AR
1	19 °C	23°
2	20 °C	22°
3	20 °C	23°

**Tabela 11** – Valores de Temperatura da água e do ar, no momento das coletas do dia 12 de Setembro de 2014, São Lourenço do Oeste, SC.

PONTOS	TEMPERATURA ÁGUA	TEMPERATURA AR
1	22 °C	26°
2	22 °C	24°
3	22 °C	25°

**Tabela 12** – Valores de Temperatura da água e do ar, no momento das coletas do dia 14 de Outubro de 2014, São Lourenço do Oeste, SC.

PONTOS	TEMPERATURA ÁGUA	TEMPERATURA AR
1	23 °C	27°
2	23 °C	26°
3	25 °C	27°

#### 5.1.6 Fósforo Total

Os ganhos de fósforo total em um corpo hídrico podem ser de duas origens, uma natural, onde é originado a partir da dissolução de rochas (como por exemplo, a apatita), carreamento do solo, chuva e decomposição orgânica. E a outra forma é de origem antropogênica, pelo uso de fertilizantes químicos, aportes de esgotos industriais (abatedouros) e de esgotos domésticos (detergentes superfosfatados e matéria fecal) (MACHADO, 2006).

A Resolução n°. 357/05 do CONAMA (BRASIL, 2005) informa que para rios dessa classe, o valor limite para ambiente lótico é de 0,1 P mg L<sup>-1</sup>. Na tabela 13 temos os valores encontrados para o variável fósforo total no Rio Macaco. Na comparação dos valores obtidos com os da resolução podemos observar que nenhum dos valores está dentro do limite estipulado.

Considerando-se que as amostras foram coletadas dentro de um intervalo de 3 dias sem chuva e que o comportamento do fósforo deveria ser de baixa mobilidade, a explicação mais adequada para essa alta carga de fósforo no Rio Macaco seria de lançamento de efluentes de atividades industriais e também a aplicação de dejetos de suínos nos solos como fonte de adubo. Altos valores de fósforo em líquido também podem caracterizar um processo de eutrofização (MACHADO, 2006).

Analisando os valores obtidos com os valores da Resolução n° 357/05 do CONAMA, podemos dizer que o Rio Macaco tem grande tendência para desenvolver processos de eutrofização.

**Tabela 13** – Valores de Fósforo Total no Rio Macaco, no período avaliado em 2014, Limite CONAMA 357/05: 0,1 mg/L<sup>-1</sup>.

PONTOS	DATAS DAS COLETAS		
	29/08/2014	12/09/2014	14/10/2014
	mg/L P		
PONTO 1	0,20	0,30	0,20
PONTO 2	0,20	0,20	0,20
PONTO 3	0,40	0,50	0,50

### 5.1.7 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

Esta variável determina o nível de oxigênio existente nos corpos hídricos e também pode ser um indicador para avaliar o teor de matéria orgânica oxidável e de substâncias capazes de consumir oxigênio (MACHADO, 2006).

A Resolução n°. 357/05 do CONAMA (BRASIL, 2005) não traz limites para esta variável, e por este motivo não há como avaliar se estes valores estão dentro dos padrões. Mas para Chapman et.al.(1996), águas superficiais podem apresentar valores de até 20 mg de O<sub>2</sub> L<sup>-1</sup>, estando nesse intervalo podem ser consideradas menos poluídas.

Logo, se considerarmos os parâmetros citados por esses autores, as análises de DQO no Rio Macaco, dentro do período em que o mesmo foi avaliado, encontram-se dentro dos limites e podemos dizer que são águas menos poluídas (Tabela 14).

**Tabela 14** – Valores de DQO no Rio Macaco, no período avaliado em 2014, Limite CONAMA 357/05: Não aplicável.

PONTOS	DATAS DAS COLETAS		
	29/08/2014	12/09/2014	14/10/2014
	mg/L O <sub>2</sub>		
PONTO 1	4,22	4,32	4,60
PONTO 2	5,14	5,11	5,27
PONTO 3	7,55	7,54	7,62

#### 5.1.8 Nitrato (NO<sub>3</sub>)

A entrada nos corpos hídricos de compostos nitrogenados geralmente está ligado à precipitação e à fixação da própria atmosfera junto ao meio líquido. Pode, pode se apresentar-se sob formas químicas oxidadas, como é o caso do Nitrato, forma oxidada do nitrogênio (MACHADO, 2006).

Os valores das análises do Rio Macaco para NO<sub>3</sub> (Tabela 15), apresentaram-se baixos, tendo uma média de 1,30 mg L de Nitrato, onde os maiores valores, foram observados em todas as coletas no Ponto 3, (próximo à Estação de Coleta e Tratamento da CASAN). Ao compararmos os resultados obtidos com os limites estabelecidos pelo CONAMA, que para rios dessa Classe, estabelece um limite de 10 mg L<sup>-1</sup> de NO<sub>3</sub> (BRASIL, 2005), podemos dizer que esse rio encontra se dentro dos limites.

Para MACHADO (2006), aportes de nitrato são causados por adubos utilizados na fertilização do solo, efluentes domésticos e industriais e dejetos de animais, além da fixação atmosférica. Por este motivo os valores que foram maiores podem estar ligados principalmente a dejetos de animais, pois próximo a esse ponto de coleta existe algumas propriedades criadoras de bovinos.

**Tabela 15** – Valores de Nitrato no Rio Macaco, no período avaliado em 2014, Limite CONAMA 357/05: 10 mg L<sup>-1</sup>.

PONTOS	DATAS DAS COLETAS		
	29/08/2014	12/09/2014	14/10/2014
	mg/L NO <sub>3</sub>		
PONTO 1	1,24	0,98	0,88
PONTO 2	1,26	1,11	0,97
PONTO 3	1,84	1,74	1,65

### 5.1.9 Cobre e Zinco

Esses indicadores caracterizam a presença de Metais Pesados e também são conhecidos como elementos traços devido a suas baixas concentrações encontradas na natureza (MACHADO, 2006). As principais fontes desses elementos, que possuem importância para o metabolismo do meio aquático, vem dos processos intempéricos de rochas e de erosões de solos que possuem maiores concentrações destes elementos.

Efluentes industriais, produtos agroquímicos aplicados em culturas, como por exemplo, fungicidas, causam aportes desses elementos traços nos corpos hídricos. Para o zinco, as principais entradas seriam através de efluentes industriais e de pesticidas utilizados na agricultura.

A Resolução 357/05 do CONAMA, estabelece para rios de classe 2 o limite de cobre dissolvido de 0,009 mg L<sup>-1</sup>, e para zinco 0,18 mg L<sup>-1</sup>. Nas tabelas 16 e 17 temos os resultados obtidos para estes dois parâmetros, Cobre e Zinco, respectivamente. Ao compararmos com a resolução 357/05 (BRASIL, 2005) verificamos que para a variável Zn os valores estão dentro dos limites estabelecidos pela resolução citada. Já para a variável Cu, ocorreu um problema de sensibilidade do limite do método, o qual apresentou o valor de <0,02 mg L<sup>-1</sup> de Cu para todas as coletas. Chapman (1996) discute a respeito da questão do limite de detecção do método para amostras de água que

possuem concentração abaixo do limite de detecção da técnica e diz que os valores podem ser apresentados de quatro maneiras, que seriam não detectados, valores menores que o limite de detecção, detecção da metade do limite, ou então zero.

Utilizando-se desses conceitos e analisando de forma mais crítica, pode se dizer que os valores de cobre estão acima do valor limite da resolução 357/05 do CONAMA. Contudo, se dissermos que o valor aferido nas análises das coletas for 0, podemos dizer que os dados estariam dentro dos limites da resolução citada acima.

**Tabela 16** – Valores de Cobre no Rio Macaco, no período avaliado em 2014, Limite CONAMA 357/05: 0,009 mg L<sup>-1</sup> de Cu.

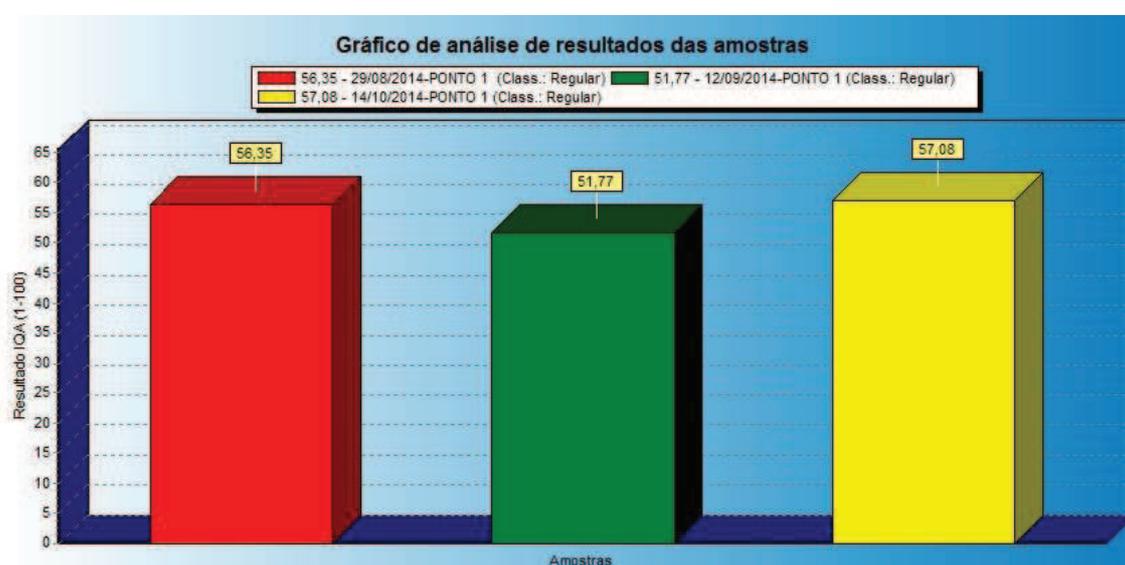
PONTOS	DATAS DAS COLETAS		
	29/08/2014	12/09/2014	14/10/2014
	mg/L Cu		
PONTO 1	<0,02	<0,02	<0,02
PONTO 2	<0,02	<0,02	<0,02
PONTO 3	<0,02	<0,02	<0,02

**Tabela 17** – Valores de Zinco no Rio Macaco, no período avaliado em 2014, Limite CONAMA 357/05: 0,18 mg L<sup>-1</sup> Zn.

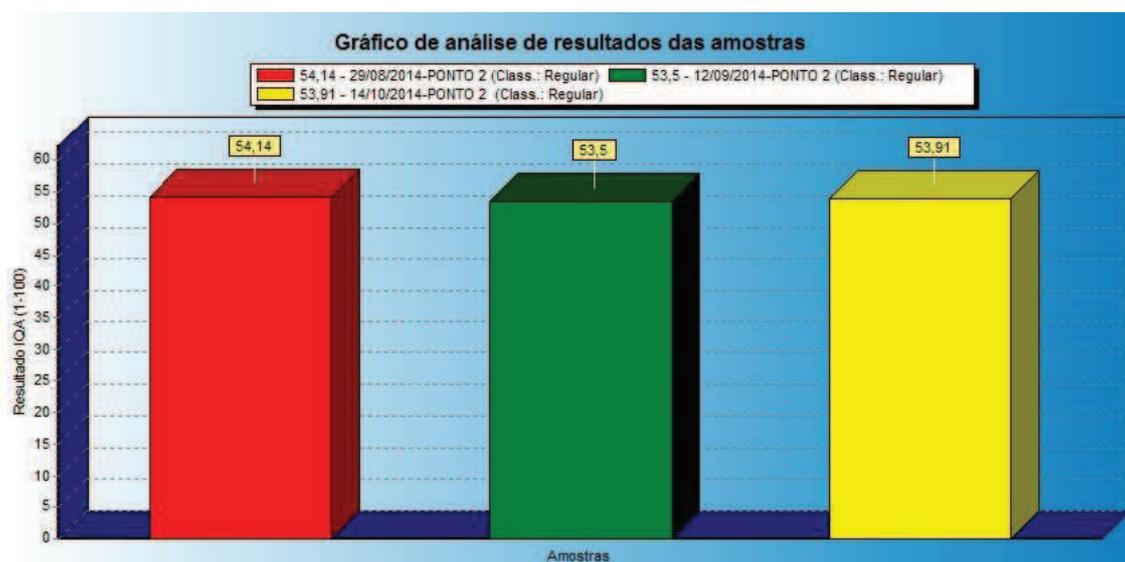
PONTOS	DATAS DAS COLETAS		
	29/08/2014	12/09/2014	14/10/2014
	mg/L Zn		
PONTO 1	0,09	0,05	0,06
PONTO 2	0,09	0,05	0,05
PONTO 3	0,11	0,09	0,01

## 5.2 Índice da Qualidade de Água (IQA)

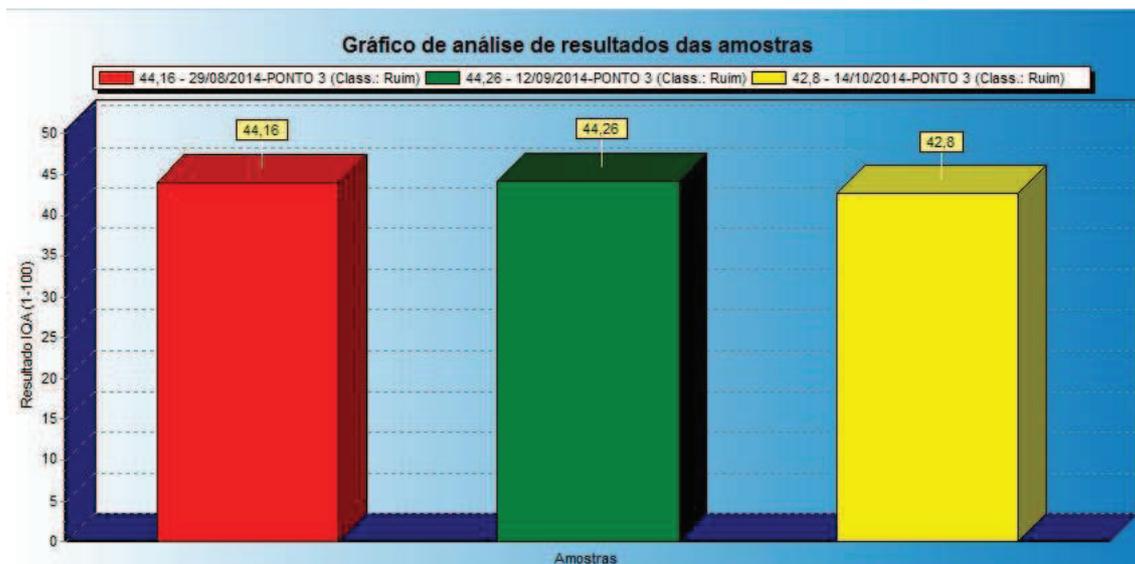
A partir da observação da paisagem do Rio Macaco e do estabelecimento dos parâmetros utilizados (pH, Oxigênio Dissolvido, Temperatura da Água, Coliformes Termotolerantes, DBO<sub>5</sub>, Fósforo total e Nitrato) e seus respectivos pesos, para que expressassem de forma mais correta o índice de qualidade de água deste manancial, os resultados foram cadastrados e avaliados pelo software IQAData, o qual gerou as figuras a seguir.



**Figura 6** – Gráfico de análise de resultado de IQA das amostras do Ponto 1. Rio Macaco, São Lourenço do Oeste – SC.



**Figura 7** – Gráfico de análise de resultado de IQA das amostras do Ponto 2. Rio Macaco, São Lourenço do Oeste – SC.



**Figura 8** – Gráfico de análise de resultado de IQA das amostras do Ponto 3. Rio Macaco, São Lourenço do Oeste – SC.

Conforme já descrito e mostrado na tabela 1, o Índice de Qualidade se Água é expresso em níveis de qualidade (Ótima, Boa, Regular, Ruim e Péssima). Dessa forma fica mais fácil o entendimento e a classificação do recurso a ser analisado.

Na figura 5 temos o gráfico que mostra a situação do IQA para o ponto 1 do manancial analisado. Em todas as amostras este ponto se apresentou com um índice regular de qualidade de água, apresentando valores entre 57,08, que foi o maior observado e o menor de 51,77. Mesmo os resultados não sendo adequados, esse ponto foi o que melhor apresentou seu IQA.

Os valores obtidos para o ponto 2 encontram-se na figura 7, ponto este pertencente ao Arroio Jaboticaba. Os valores obtidos neste ponto também se enquadram no nível regular, com um IQA médio de 53,85, mostrando-se mais inadequado que o ponto 1.

O ponto mais preocupante é o ponto 3, o mais próximo da coleta para o posterior tratamento da água pela CASAN, o qual apresentou um IQA enquadrado no nível ruim, apresentando valores entre 44,26 a 42,80 (figura 8). Esses valores evidenciam o que já era esperado pelos resultados obtidos pelas análises deste trabalho, principalmente pelos altos valores de coliformes termotolerantes encontrados nas amostras desse ponto.

Este índice não pode ser levado em consideração sozinho, pois não leva em seu cálculo a questão ecotoxicológica para avaliação. No entanto pode servir de alerta para uma melhor exploração do real estado das águas do Rio Macaco.

## 6 CONCLUSÕES

Conforme comparação dos dados obtidos com a resolução do CONAMA 375/05, podemos constatar que os indicadores Oxigênio Dissolvido (OD), pH, Demanda Bioquímica de Oxigênio ( $DBO_5$ ), Temperaturas (Ar e Água), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Nitrato e Zinco apresentaram-se dentro dos padrões de classificação para rios de classe dois, como é o Rio Macaco.

Já o indicador de Coliformes Termotolerantes mostrou-se fora dos limites em quase todas as amostras, exceto uma delas do ponto 1, e os valores obtidos foram bem maiores que os limites estipulados na resolução citada. Este indicador é bem preocupante, pois expressa a possibilidade de disseminação de doenças de veiculação hídrica.

Os valores para Fósforo total também apresentaram-se fora dos limites estipulados pelo CONAMA, em todas as avaliações, podendo evidenciar o aporte de dejetos principalmente de suínos e efluentes industriais no Rio Macaco.

Para o indicador Cobre não foi possível mensurar com precisão devido à técnica utilizada da avaliação, a qual teve problemas de sensibilidade do limite do método.

Com relação ao estabelecimento do Índice de Qualidade de Água (IQA), obtivemos valores que se demonstraram entre Regular no ponto 1 e 2 e Ruim para o ponto 3, ressaltando a importância da melhor conservação deste manancial utilizado no abastecimento de um público de mais de 40.000 pessoas.

## REFERÊNCIAS

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Caminho das águas**. Disponível em: <[http://www.caminhoaguas.org.br/internas/caderno\\_01.pdf](http://www.caminhoaguas.org.br/internas/caderno_01.pdf)> Acesso em: 01 mai. 2014.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Indicadores de qualidade – Índice de qualidade das águas**. Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/IndicadoresQA/IndiceQA.>> Acesso em: 01 mai. 2014.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Panorama da qualidade das águas**. Brasília, 2005.

BASSOI, L. J.; GUAZELLI, M. R. **Controle Ambiental da água**. Curso de Gestão Ambiental. Barueri: Manole, 2004.

BRASIL. Lei Federal nº. 9.433. **Política Nacional de Recursos Hídricos**. Disponível em:< <http://www.mma.gov.br/port/conama>>. Acesso em: 15 abr. 2014.

BRASIL. Resolução nº. 357, de 17 de março de 2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento bem como estabelece condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências**. Disponível em:< <http://www.mma.gov.br/port/conama>>. Acesso em: 15 abr. 2014.

Brites, A.P.Z. **Avaliação da qualidade da água e dos resíduos sólidos no sistema de drenagem urbana**. 177f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

CAMPOS, T. S. **Avaliação dos valores de nitrato em águas subterrâneas e sua correlação com atividades antrópicas no município de Águas Lindas de Goiás**. Programa de Pós-Graduação em Biociências Forenses. PUC – GO.

CASAN – COMPANHIA CATARINENSE DE ÁGUAS E SANEAMENTO. **Bacias Hidrográficas**. Disponível em: < [http://www.casan.com.br/menu-conteudo/index/url/bacias-hidrograficas.](http://www.casan.com.br/menu-conteudo/index/url/bacias-hidrograficas)> Acesso em: 10 mai. 2014.

CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo**. São Paulo, 2003.

CHAPMAN, D. **Water quality assessment: a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring**. London: Chapman e Hall, 1996.

FARIAS, A. **Avaliação da qualidade da água de consumo humano, como fator de risco a saúde dos habitantes da microbacia do rio campina de Chopinzinho-PR**. 72f. Dissertação. UTFPR, Pato Branco, 2008.

MACHADO, W.C.P. **INDICADORES DA QUALIDADE DA ÁGUA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PATO BRANCO**. Tese (Doutorado em Geologia), UFPR, Curitiba, 2006.

OREA, D.G. **Evolução do impacto ambiental**. 260f. Madrid, Editorial Agrícola Española, 1998.

PEREIRA, R. S. **Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos**. UFRGS, Pelotas. v.1, n.1, p-20-36. 2004.

RAMOS, F.O.; BARROS, C.L.; SOUSA, I.C.; BARROS, L.C.; CEZAR, R.B. **Avaliação da qualidade da água dos mananciais superficiais do projeto polo de fruticultura irrigada São João**. Faculdade Católica do Tocantins, Porto Nacional, 2008.

SETTI, A.A.; LIMA, J.E.F.; CHAVES, A.G.M.; PEREIRA, I.C. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. Agência Nacional de Energia Elétrica, Brasília, 2001.

SOARES, P. F. **Projeto e avaliação do desempenho de redes de monitoramento de qualidade de água utilizando o conceito de entropia**. Tese (Doutorado em Engenharia), 2000.

SOROCABA, Prefeitura. **Procedimento de operação padrão – POP**. Serviço Autonomo de Água e Esgoto. 2010.

TOLEDO, L. G.; NICOLELLA, G. **Índice de qualidade de água e microbacia sob uso agrícola e urbano**. Jaguariúna. v. 59, n1, p. 181-186, jan./mar. 2002.

TUCCI, C.E.M. **Gestão da água no Brasil**. Brasília, UNESCO, 2001.

VON SPERLING, M. (2005). **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte. Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Sanitaria e Ambiental.

WALBERT, A. **Agricultura é quem mais gasta água no Brasil e no mundo**. Disponível em: <[www.ebc.com.br/noticias/internacional/2013/03/agricultura-e-quem-mais-gasta-agua-no-brasil-e-no-mundo](http://www.ebc.com.br/noticias/internacional/2013/03/agricultura-e-quem-mais-gasta-agua-no-brasil-e-no-mundo)>. Acesso em: 5 nov. 2014.