

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE AMBIENTAL  
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

LAÍS DE OLIVEIRA CANDIDO

**AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS NA ÁREA  
URBANA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MOURÃO, PARANÁ.**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO  
2015

LAÍS DE OLIVEIRA CANDIDO

**AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS NA ÁREA  
URBANA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MOURÃO, PARANÁ.**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação,  
apresentado ao Departamento Acadêmico de  
Ambiental, da Universidade Tecnológica Federal  
do Paraná - Campus Campo Mourão, como  
requisito parcial para obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Eudes José Arantes  
Co-orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Karina Querne de  
Carvalho

CAMPO MOURÃO  
2015



---

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

### **ANÁLISE DO ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS NA ÁREA URBANA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MOURÃO, PARANÁ**

por

**LAÍS DE OLIVEIRA CANDIDO**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 7 de dezembro de 2015 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a banca examinadora considerou o trabalho APROVADO.

---

Prof. Dr. EUDES JOSÉ ARANTES

---

Prof. Dr. KARINA QUERNE DE CARVALHO

---

Prof. Dr. SÔNIA BARBOSA DE LIMA

---

Engenheira Ambiental DÉBORA DE MELO

---

Prof. Dr. FERNANDO HERMES PASSIG

O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia Ambiental.

Dedico este trabalho aos meus pais, Margareth e José Carlos, que me incentivaram e me deram todo o suporte necessário para a conclusão deste curso.

## AGRADECIMENTOS

À Deus, Mestre dos Mestres, que me permitiu abraçar essa missão, sem me desamparar nos momentos de angústia e dificuldades. A Ele toda a Glória, pois com Ele eu tenho tudo o que preciso! Obrigada, meu Deus, pelas bênçãos sem fim e pela alegria de viver em Tua presença.

Aos meus pais, José Carlos e Margareth, que não mediram esforços para fazer o possível e o impossível para que eu chegasse até aqui. Pai e mãe, obrigada por me acompanharem em cada passo dessa jornada, a vocês minha eterna gratidão e amor.

Ao professor Dr. Eudes José Arantes, pela sabedoria e pelos conhecimentos compartilhados como professor, e pela paciência e dedicação ofertadas a mim durante os anos de orientação.

A professora Dra. Karina Querne de Carvalho, por abrir-me as portas para a iniciação científica, me ensinando, incentivando e motivando durante todos esses anos de orientação.

Ao professor Thiago Castro, pela sua fundamental contribuição no desenvolvimento da análise estatística, e as professoras Cristiane Kreutz e Maristela Mezzomo, por estarem sempre disponíveis e por me aconselharem nos momentos de indecisão.

A todos os professores, pelos ensinamentos e dedicação nas aulas ministradas.

Ao meu irmão, Leonardo de Oliveira Candido, por todos esses anos de cumplicidade e amizade, por ter me apoiado e me representado em casa durante os anos que estive fora.

Ao meu namorado, Willian Hippler de Almeida, pelo incentivo e também pelas cobranças, por estar sempre ao meu lado e, principalmente, pela paciência interminável durante todos esses anos.

A minha avó Irene - meu exemplo de fé e meu porto seguro - e a minha avó Almeirinda, pelas orações diárias e pelo imenso amor e dedicação para comigo.

As grandes amigas conquistadas na faculdade, em especial: Géssica Silva Gasparini e Thaisa Lima, eternas companheiras de estudo, obrigada por serem os dois outros pés a sustentarem o tripé da nossa amizade. Jéssica Trevizani, de

companheira de laboratório a grande e eterna amiga, obrigada por sempre se colocar a disposição de me ajudar e me aconselhar. Carolina Morales, Amanda Zuntini, Natasha Ribeiro e Bianca Azevedo, obrigada por dividirem comigo as responsabilidades, medos e realizações durante o desenvolvimento de grande parte de nossos trabalhos acadêmicos. Lina Kesi Gusmão, obrigada por nunca medir esforços para me ajudar em todos os momentos que precisei, seu auxílio foi indispensável no desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus eternos e melhores amigos: Beatriz Botelho e Camila Nucci, por mesmo longe estarem dispostas a me ouvir e me ajudar nos momentos que mais precisei. Rodrigo Cruz, que, além de ser melhor amigo, também me deu a honra de estar presente na faculdade, obrigada por ser meu irmão aqui.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de iniciação científica e recursos financeiros para o projeto.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná - campus Campo Mourão, pelo espaço cedido para realização deste trabalho e por todo ensinamento.

"Por vezes sentimos que o que fazemos não é senão uma gota no oceano, mas o oceano seria menor se lhe faltasse uma gota".  
Madre Tereza de Calcutá

## RESUMO

CANDIDO, Laís de Oliveira. **Avaliação do Índice de Qualidade das águas na área urbana da bacia hidrográfica do Rio Mourão, Paraná**. 2015. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2015.

O objetivo deste trabalho de conclusão de curso foi avaliar estatisticamente o Índice de Qualidade das Águas (IQA) da área urbana da bacia hidrográfica do Rio Mourão. Para a avaliação do IQA, foram determinados e analisados os parâmetros temperatura, potencial hidrogeniônico (pH), turbidez, demanda bioquímica de oxigênio ( $DBO_{5,20}$ ), oxigênio dissolvido (OD), nitrogênio total, fósforo total, sólidos totais e coliformes termotolerantes de 4 pontos amostrais pré-selecionados, durante 12 meses. Os resultados do IQA indicaram classificação menos satisfatória no ponto amostral 3, obtendo qualidade razoável em todos os meses. No ponto 1, foram obtidos os melhores resultados para o IQA, com qualidade da água classificada como boa em 58,33% das coletas. Para avaliação mais detalhada, analisou-se individualmente cada um dos parâmetros, o que permitiu observar que, os parâmetros coliformes termotolerantes, pH,  $DBO_{5,20}$  e fósforo total encontraram-se em desacordo com a resolução CONAMA nº 357 de 2005 em pelo menos um dos pontos amostrados. Com exceção do fósforo total, os demais parâmetros em desacordo com a Resolução apresentaram resultados menos satisfatórios para o ponto 3, seguido pelo ponto 4, o que se explica devido ao fato destes pontos estarem localizados à jusante do perímetro urbano de Campo Mourão, tendo assim maior influência antrópica. Da análise de componentes principais (ACP) com relação ao IQA, destacam-se as coletas 4 e 8 do ponto 3, com pontuação positiva para o componente principal 1 e a coleta 3 dos pontos 1 e 2 com pontuação negativa para o componente principal 3. A partir da análise de variância (ANOVA), constatou-se que os dados obtidos das análises do IQA são estatisticamente significantes, necessitando então da realização da comparação entre as médias para determinar qual média é considerada diferente das outras. Desta forma, aplicando-se o pós-teste de *Tukey*, concluiu-se que os pontos 1 e 3 são considerados estatisticamente diferentes, o que se explica pelo fato de o ponto 3 ter obtido a menor pontuação para o IQA, enquanto o ponto 1 foi considerado o de melhor qualidade de acordo com o índice.

**Palavras-chave:** IQA, Análise estatística, ANOVA, ACP.

## ABSTRACT

CANDIDO, Lais de Oliveira. **Evaluation of the Water Quality Index in the urban area of the Mourao River watershed, Parana**. 2015. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2015.

The objective of this research was to statistically analyse the Water Quality Index (WQI) in the urban area of the Mourao River watershed. In order to evaluate the WQI, it was determined and analysed the parameters temperature, potential hydrogen (pH), turbidity, biochemical oxygen demand (BOD<sub>5,20</sub>), dissolved oxygen (DO), total nitrogen, total phosphorus, total solids and fecal coliforms from 4 preselected sampling sites, during 12 months. The results obtained for the WQI revealed that the sampling site #3 was the one that obtained the less satisfactory classification, having the water quality classified as moderate for all the samples. In the sampling site #1, it was obtained the best results, with the water quality classified as good for 58,33% of samples. Aiming to have a more detailed evaluation, each of the parameters was analysed individually, which allowed to observe that, on at least one sampling site, the parameters fecal coliforms, pH, DBO<sub>5,20</sub> and total phosphorus did not fit the water quality standards of the CONAMA 357 resolution. Except for the total phosphorus, all the parameters that did not meet the resolution standards indicated less satisfactory results for the site #3, followed by the site #4. It is explained due to the fact that both of them are located downstream from Campo Mourão urban area, having then, more anthropic influence. From the principal components analysis (PCA), it can be highlighted, related to the WQI, the samplings #4 and #8 from the site #3, with a positive score for the principal component 1 (PC1) and the sampling #3 from the sites #1 and #2 with a negative score for the principal component 3 (PC3). Through the analysis of variance (ANOVA), it was found that the data obtained from the WQI analysis are statistically significant; requiring the execution of a means comparison test in order to determine which mean is considered different from the others. This way, through the Tukey's test, it was concluded that the sites #1 and #3 are considered statically different, which can be explained due to the fact that the site #3 obtained the smaller score for the WQI, while the site #1 was considered to be the one with the best water quality.

**Key-words:** WQI, statistical analysis, ANOVA, PCA.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Mourão no estado do Paraná. 20	
Figura 2 - Localização dos pontos de coleta de água na bacia hidrográfica do Rio Mourão, Paraná.....	21
Figura 3 - Gráfico <i>scree plot</i> para análise de componentes principais. ....	38
Figura 4 - Gráfico de escores para os componentes principais 1 e 2.....	39
Figura 5 - Gráfico de escores para os componentes principais 3 e 4. ....	41

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Coordenadas geográficas e localização dos pontos de coleta de água da bacia hidrográfica do Rio Mourão, Paraná.....	22
Tabela 2 - Abastecimento de água no município de Campo Mourão, PR, segundo as categorias – 2014 .....	23
Tabela 4 - Valores dos pesos $w_i$ de cada parâmetro do IQA .....	24
Tabela 5 - Classificação da qualidade da água utilizada nos estados: AL, MG, MT, PR, RJ, RN, RS .....	25
Tabela 6 - Resultados do IQA para cada ponto de coleta .....	27
Tabela 7 - Temperatura da água medida em cada ponto de coleta .....	29
Tabela 8 - Turbidez da água em cada ponto de coleta.....	30
Tabela 9 - Concentração de sólidos totais na água em cada ponto de coleta.....	30
Tabela 10 - Resultados das medições de pH em cada ponto de coleta .....	31
Tabela 11 - Concentração de matéria orgânica em termos de $DBO_{5,20}$ na água em cada ponto de coleta .....	32
Tabela 12 - Concentração de nitrogênio total na água em cada ponto de coleta.....	33
Tabela 14 - Concentração de oxigênio dissolvido na água em cada ponto de coleta.....	35
Tabela 15 - Número de coliformes termotolerantes encontrados nas amostras.....	36
Tabela 16 - Matriz de correlação linear entre os parâmetros de qualidade da água e IQA .....	37
Tabela 17 - Resultados da análise estatística ANOVA para os dados do IQA.....	41
Tabela 18 - Resultados da análise estatística do pós-Teste de <i>Tukey</i> .....	42

## LISTA DE SIGLAS, SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

ANA	Agência Nacional de Águas
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACP	Análise de Componentes Principais
ANOVA	Análise de Variância
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CP1	Componente principal 1
CP2	Componente principal 2
CP3	Componente principal 3
CP4	Componente principal 4
DBO <sub>5,20</sub>	Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L)
DMS	Diferença Mínima Significativa
H <sub>0</sub>	Hipótese nula
IQA	Índice de Qualidade das Águas
OD	Oxigênio Dissolvido (mg/L)
pH	Potencial Hidrogeniônico
P1,1	Ponto 1, coleta 1
P1,2	Ponto 1, coleta 2
P1,3	Ponto 1, coleta 3
P1,7	Ponto 1, coleta 7
P1,9	Ponto 1, coleta 9
P2,3	Ponto 2, coleta 3
P2,5	Ponto 2, coleta 5
P2,9	Ponto 2, coleta 9
P3,4	Ponto 3, coleta 4
P3,8	Ponto 3, coleta 8
q <sub>i</sub>	Qualidade do iésimo parâmetro do IQA
UNT	Unidade Nefelométrica de Turbidez
x <sub>i</sub>	Valor que se deseja padronizar
$\bar{x}$	Média aritmética
w <sub>i</sub>	Peso correspondente ao iésimo parâmetro do IQA
$\sigma$	Desvio padrão

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>14</b>
2.1 OBJETIVO GERAL .....	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>15</b>
3.1 QUALIDADE DA ÁGUA .....	15
3.2 ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS .....	16
3.3 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL .....	18
3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	18
<b>4 MATERIAL E METÓDOS</b> .....	<b>20</b>
4.1 ÁREA DE ESTUDO .....	20
4.1.1 Pontos de amostragem .....	21
4.1.2 Aspectos do saneamento básico .....	22
4.2 METODOLOGIA .....	23
4.2.1 Amostragem .....	23
4.2.2 Índice de Qualidade das Águas .....	23
4.2.3 Análise dos dados .....	25
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>27</b>
5.1 Índice de Qualidade das Águas (IQA) .....	27
5.2 Parâmetros de qualidade da água .....	28
5.2.1 Temperatura .....	28
5.2.2 Turbidez .....	29
5.2.3 Resíduos totais .....	30
5.2.4 Potencial hidrogeniônico (pH) .....	31
5.2.5 Demanda bioquímica de oxigênio (DBO <sub>5,20</sub> ) .....	32
5.2.6 Nitrogênio total .....	33
5.2.7 Fósforo total .....	34
5.2.8 Oxigênio Dissolvido (OD) .....	35
5.2.9 Coliformes termotolerantes .....	36
5.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	37
5.3.1 Análise de componentes principais .....	37
5.3.2 Análise de variância (ANOVA) .....	41
5.3.3 Teste de <i>Tukey</i> .....	41
<b>6 CONCLUSÕES</b> .....	<b>43</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>45</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A água é o recurso que mais tem recebido atenção nos últimos anos, por ser o de maior importância, sem o qual a sobrevivência de qualquer ser vivo se torna impossível. Apesar de ser um recurso natural renovável, a água com qualidade própria ao consumo humano tem sua disponibilidade cada vez mais reduzida. Isso ocorre devido ao crescimento populacional e ao acelerado avanço da tecnologia unidos ao mal uso deste recurso.

A água utilizada para o abastecimento público é em sua maioria coletada dos corpos hídricos, gerando preocupação e promovendo desenvolvimento de pesquisas no intuito de aprimorar técnicas para a gestão e conservação deste bem.

O Índice de Qualidade das Águas (IQA) reúne resultados de vários parâmetros de qualidade da água em apenas um número, sendo eles, temperatura, potencial hidrogeniônico (pH), turbidez, demanda bioquímica de oxigênio ( $DBO_{5,20}$ ), oxigênio dissolvido (OD), nitrogênio total, fósforo total, resíduos totais e coliformes termotolerantes (Sperling, 2007). Este índice pode ser utilizado como técnica para determinação da qualidade da água de um determinado local e desta forma determinar as providências necessárias para que a qualidade da água seja preservada, monitorada ou melhorada.

De acordo com Pereira *et al.* (2003) e Sperling (2007), apesar de o IQA ser de mais fácil compreensão do que a análise individual de cada parâmetro, esta análise não pode ser totalmente descartada, visto que, como o índice sintetiza diversas informações, corre-se o risco de alguns dados serem mascarados.

Por conta disso, faz-se necessário definir os parâmetros mais significativos e qual a influência de cada um sobre o IQA. Isto pode ser feito através da utilização de análises estatísticas. O uso das ferramentas estatísticas complementa as análises, explicando as possíveis perdas de informações que podem vir a ocorrer devido à síntese dos dados, que é realizada durante a obtenção do IQA (ERVILHA, 2013).

Assim, com a determinação do IQA em diferentes pontos de uma bacia hidrográfica em conjunto com análises estatísticas, pode-se obter melhor diagnóstico da qualidade da água.

Deste modo, foi determinada a qualidade da água da bacia hidrográfica do Rio Mourão em Campo Mourão, Paraná, Brasil, através do Índice de Qualidade das Águas e da análise estatística de parâmetros físicos, químicos e biológicos.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o Índice de Qualidade das Águas (IQA) na área urbana da bacia hidrográfica do Rio Mourão utilizando as ferramentas estatísticas ACP (Análise de Componentes Principais), ANOVA (Análise de Variância) e pós-teste de *Tukey*.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar os parâmetros temperatura, potencial hidrogeniônico (pH), turbidez, demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5,20</sub>), oxigênio dissolvido (OD), nitrogênio total, fósforo total, resíduos totais e coliformes termotolerantes das águas do Rio Mourão;
- Comparar os resultados das análises com os padrões pré-estabelecidos pela legislação ambiental vigente e;
- Avaliar as diferenças entre os resultados obtidos para as análises do IQA.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

A água é um recurso natural limitado e essencial à existência humana. Este recurso natural em boa qualidade é imprescindível para o desenvolvimento socioeconômico, qualidade de vida dos seres vivos e para a sustentabilidade dos ciclos dos nutrientes no planeta (UNEP/WHO, 1996).

O papel crucial da água para as civilizações tem sido testemunhado ao longo da história humana. Entretanto, até a década de 60, a preocupação a cerca da água era apenas no quesito quantitativo, ou seja, a água disponível era automaticamente a água utilizável. A preocupação com a qualidade da água teve início somente durante as últimas três décadas do século XX, foi assim que o aspecto qualitativo da água adquiriu tanta importância quanto o aspecto quantitativo (ABASSI; ABASSI, 2012).

Os ecossistemas aquáticos são ameaçados em escala mundial devido ao grande número de poluentes e ao uso do solo e gestão hídrica inadequados. A descarga de produtos químicos, o transporte atmosférico de partículas poluentes, o excesso da utilização de água subterrânea e a poluição dos corpos hídricos são atualmente as causas que mais afetam a qualidade da água (UNEP/WHO, 1996).

#### 3.1 QUALIDADE DA ÁGUA

A qualidade da água é consequência de fatores naturais e antrópicos. O primeiro refere-se à fenômenos que podem ocorrer independentemente da preservação da bacia hidrográfica, sendo eles o escoamento superficial e a infiltração no solo, ambos resultantes da precipitação atmosférica. Já o segundo faz referência à interferência humana, por meio do uso e ocupação inadequados das bacias hidrográficas (SPERLING, 1996).

As atividades antrópicas inadequadas podem propiciar o surgimento de doenças de veiculação hídrica e a degradação dos mananciais. Ainda assim, pouco tem sido feito para conservar esse importante recurso natural. Na América Latina,

estima-se que apenas 2% das águas residuárias são tratadas antes de serem encaminhadas ao corpo hídrico (ANA 2002; 2005).

O monitoramento da qualidade da água atua como um sensor que facilita o acompanhamento do processo de uso dos cursos hídricos, expondo suas consequências sobre os aspectos qualitativos da água e objetivando contribuir para as ações de controle ambiental. Portanto é considerado uma das principais ferramentas de apoio de uma política de planejamento e gestão de recursos hídricos (LEMOS; FERREIRA NETO; DIAS, 2010).

A “qualidade existente” de uma determinada água é diferente da “qualidade desejável” para ela, sendo que a qualidade desejável da água refere-se ao seu uso previsto. Cada uso necessitará de condições específicas quanto às características físicas, químicas ou biológicas da água (SPERLING, 2005; UNEP/WHO, 1996).

O grau de contaminação das águas é definido por meio da determinação da presença e da concentração de substâncias potencialmente prejudiciais, baseada na identificação de poluentes específicos em pontos amostrais determinados, através de análises físicas, químicas e biológicas (BOLLMANN; EDWIGES, 2008). Em síntese, as características físicas, químicas e biológicas da água que compõem sua qualidade. Estas características podem ser interpretadas na condição de parâmetros de qualidade da água (SPERLING, 2007).

Os parâmetros de qualidade da água servem para caracterizar águas de abastecimento, águas residuárias, mananciais e corpos receptores (UNEP/WHO, 1996).

Para facilitar a visualização e análise dos resultados dos parâmetros de qualidade da água, utilizam-se, entre outras técnicas, os índices de qualidade da água e as análises estatísticas.

### 3.2 ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS

De acordo com a Agência Nacional de Águas (2009), a utilização de índices de qualidade da água tem o objetivo informar a população e guiar ações de planejamento e gestão da qualidade da água, através da união de informações sobre diversos parâmetros de qualidade da água.

Os índices podem ser interpretados como notas, que retratam a qualidade da água de um determinado ponto através de um único valor, o que facilita o entendimento do público em geral e a comparação entre os pontos avaliados (SPERLING, 2007).

O índice mais utilizado no Brasil é o Índice de Qualidade das Águas (IQA), criado em 1970 pela *National Sanitation Foundation*, nos Estados Unidos. No ano de 1975, este índice começou a ser utilizado no Brasil pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) e nas décadas seguintes foi adotado também por outros estados (ANA, 2009).

Segundo a CETESB (2014), o IQA foi elaborado com base numa pesquisa com especialistas em qualidade de águas, que sugeriram parâmetros a serem analisados, pesos referentes aos mesmos e condições de apresentação de cada parâmetro. Foram selecionados, sendo eles: coliformes termotolerantes, pH, DBO<sub>5,20</sub>, nitrogênio total, fósforo, temperatura, turbidez, sólidos totais e OD.

De acordo com a condição de cada parâmetro, foram instituídas curvas de variação da qualidade das águas. Em cada curva, o valor ideal para a qualidade da água é  $q = 100$ , podendo ser interpretado como a nota máxima. Para os parâmetros turbidez, DBO<sub>5,20</sub>, nitrogênio total, fósforo total e coliformes termotolerantes a qualidade máxima da água é obtida a partir das menores concentrações, visto que a curva é descendente. Logo, para os outros quatro parâmetros, tem-se um ponto ótimo com nota máxima, sendo que os valores inferiores indicam notas menores (CETESB, 2014).

O valor do IQA é dividido em categorias, que variam de péssima a ótima, recebendo os valores de 0 a 100, respectivamente (CETESB, 2014).

Alguns estudos, como os de Poletto, Carvalho e Matsumoto (2010), que utilizaram o IQA para avaliar a qualidade da água de uma microbacia do município de Ilha Solteira - SP e obtiveram valores que variaram de 17,5 a 66,5 que de acordo com a Agência Nacional de Águas (2009) para o estado de São Paulo e classificam a qualidade da água como péssima e boa, respectivamente.

Estudos realizados nos rios Atuba, Iraí e Pequeno também utilizaram o Índice de Qualidade das Águas. Nestes casos, os resultados encontrados estiveram entre 22,79 e 54,85, o que torna o nível da qualidade das águas insatisfatório. Isto ocorreu, de acordo com os autores, devido ao alto grau de interferência antrópica no local (PAES; SFEIR; PIASKOWSKI, 2011).

### 3.3 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

Ao se realizar estudos sobre a qualidade de águas superficiais, deve-se levar em consideração a legislação ambiental, a fim de averiguar se os parâmetros e índices analisados atendem aos padrões pré-estabelecidos.

O órgão brasileiro responsável pela classificação dos corpos hídricos e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, assim como o estabelecimento de condições e padrões de lançamentos de efluentes, é o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que está vinculado ao Ministério do Meio Ambiente.

A legislação de maior importância para o presente estudo é a Resolução nº 357 de 2005. Esta resolução, entre outras providências, apresenta a classificação das águas, os padrões de qualidade dos corpos receptores e os padrões para o lançamento de efluentes nos corpos hídricos, sendo que, para que um efluente possa ser disposto no corpo hídrico, é necessário que atenda tanto aos padrões de lançamento, quanto aos padrões do corpo receptor (BRASIL, 2005).

De acordo com a Resolução CONAMA nº 357 de 2005, as águas doces são classificadas de acordo com as classes: especial, 1, 2, 3 e 4. Devido à qualidade inferior das águas do enquadramento classe 4, não é permitido seu uso para abastecimento ou outro tipo de utilização humana e da maioria dos seres vivos. As outras classes se distinguem pelo tipo de tratamento utilizado para desinfecção da água antes de ser distribuída à população.

Outras legislações de interesse são a Resolução CONAMA nº 274 de 2000, que dispõe sobre a balneabilidade; a Portaria do Ministério da Saúde nº 2914 de 2011, que dispõe sobre os padrões de potabilidade e a Resolução CONAMA nº 430 de 2011, que complementa e altera a Resolução CONAMA nº 357 de 2005.

### 3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A estatística é uma ferramenta essencial para a análise e interpolação de dados, especialmente para a elaboração de conclusões fundamentadas a partir da análise desses dados (MARÔCO, 2011). No meio científico, a estatística pode ser

utilizada para descrever e compreender relações entre diferentes características de uma população e tomar decisões mais corretas quanto aos dados analisados.

Quando se tem a necessidade de fazer inferências que vão além dos dados conhecidos, faz-se o uso da Inferência Estatística. Os métodos de Inferência Estatística permitem a estimativa de características desconhecidas de uma população e o teste para determinar se as hipóteses sobre essas características desconhecidas são plausíveis (REIS *et al*, 2015).

A inferência estatística pode ser realizada por meio do teste ANOVA (análise de variância), que indica a aceitação ou rejeição da hipótese de igualdade das médias. Se a hipótese nula ( $H_0$ ) for rejeitada, admite-se que ao menos uma das médias é considerada diferente das outras. Entretanto, não é possível determinar qual média é considerada diferente (BIRD, 2004).

Para a solução dessa questão, podem ser aplicados testes de comparações múltiplas de médias, como teste F, teste T, teste de *Scheffé*, teste de *Duncan*, teste de *Tukey*, entre outros (OLIVEIRA, 2008).

O teste de Tukey tem como base a diferença mínima significativa (DMS) e pode ser utilizado para comparar qualquer contraste entre duas médias de tratamentos, porém o teste só é exato quando o número de repetições é o mesmo para todos os tratamentos (GONÇALVES, 2009; OLIVEIRA, 2008).

No caso de um monitoramento ambiental, há a geração de um grande número de dados, o que dificulta a análise e interpretação dos mesmos, devido a complexidade das relações entre as variáveis. Desta forma, abordagens multivariadas, como a análise de componentes principais (ACP), vêm sendo utilizadas com êxito na extração de informações significativas destes dados (LIAO *et al.*, 2008).

A análise de componentes principais é uma técnica estatística exploratória e multivariada que pode ser usada para analisar a variação de dados (REID; SPENCER, 2009). A ACP é uma técnica utilizada para analisar padrões e tendências em conjunto de dados grandes e complexos. Em síntese, ACP é um meio de simplificar dados através da redução do número de variáveis a um número menor de componentes principais. Um benefício da utilização da ACP para a análise de um grande número de dados é que somente um pequeno número de componentes principais é necessário para representar a maioria da informação contida nos dados (BACKE; COUSINS; LARSSON, 2003).

## 4 MATERIAL E METÓDOS

### 4.1 ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do Rio Mourão está localizada no Centro-Oeste do estado do Paraná, entre os municípios de Campo Mourão, Engenheiro Beltrão, Quinta do Sol, Peabiru, Mamborê e Luiziana. Na Figura 1 é exibida a localização da bacia no estado do Paraná.

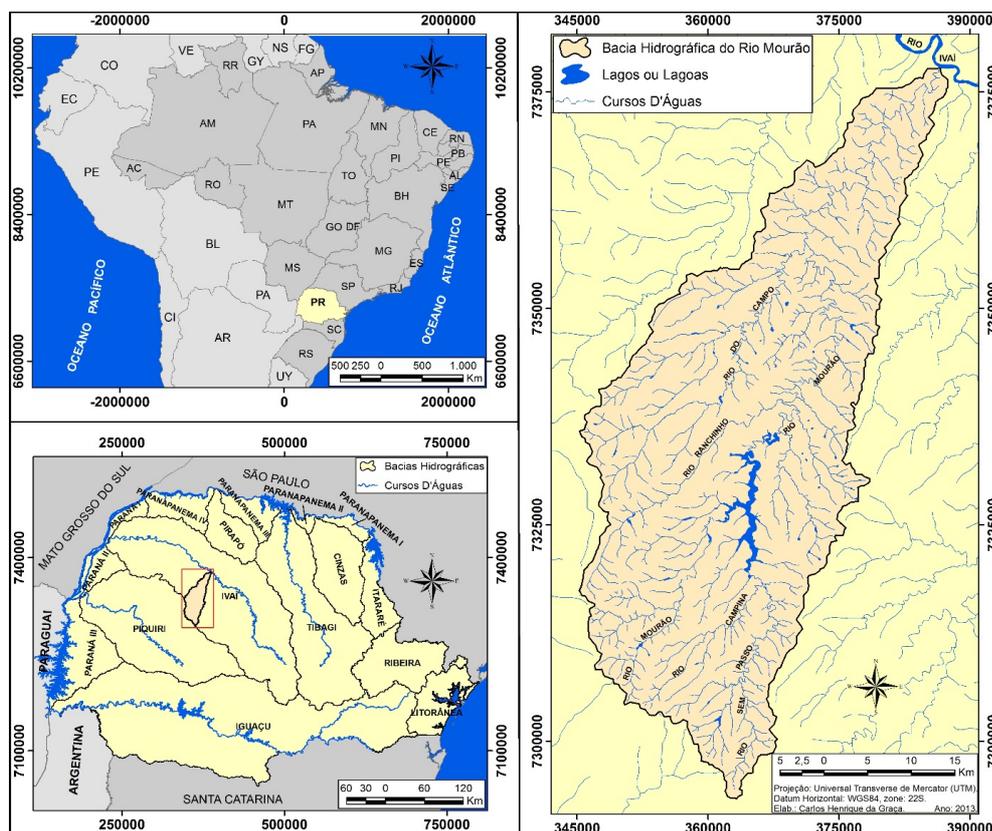


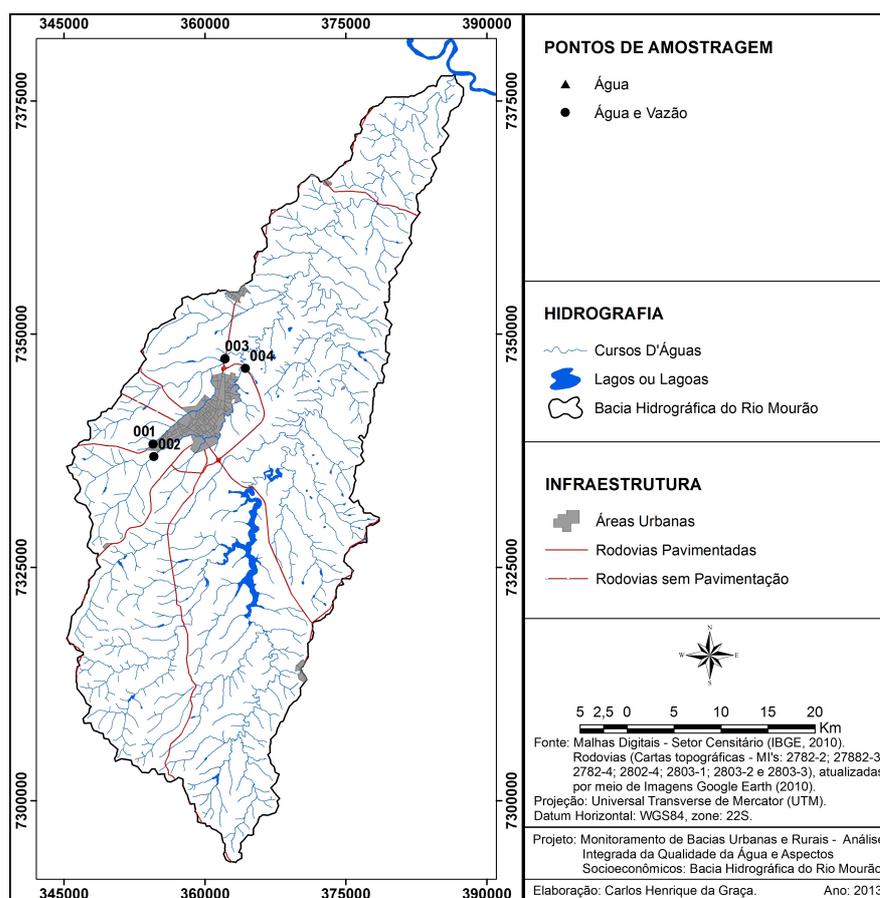
Figura 1 - Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Mourão no estado do Paraná.  
Fonte: Graça (2015).

A área de estudo apresenta o tipo climático Cfa: clima subtropical mesotérmico úmido, com verões frescos e geadas frequentes, tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, sem estação seca definida e geada pouco frequente (KÖPPEN, 1948).

A média de temperatura do trimestre mais frio varia de 16 a 17 °C, enquanto a média do trimestre mais quente está entre 27 e 18 °C. A média anual de precipitação varia de 1600 mm a 1800 mm (CAVIGLIONE *et al.*, 2000).

#### 4.1.1 Pontos de amostragem

Foram selecionados, com base em pesquisas cartográficas e visitas de campo, 4 pontos para realização das coletas de amostra de água (Figura 2). Os pontos estão distribuídos entre 2 rios, o Rio do Campo e o Rio Km 119, e situam-se no perímetro urbano de Campo Mourão, Paraná ou em proximidade com o mesmo.



**Figura 2 - Localização dos pontos de coleta de água na bacia hidrográfica do Rio Mourão, Paraná.**

Fonte: Adaptado de Graça (2015).

Na Tabela 1 são indicados os pontos de coleta de amostras, suas coordenadas geográficas e localização na bacia hidrográfica Rio Mourão.

**Tabela 1 - Coordenadas geográficas e localização dos pontos de coleta de água da bacia hidrográfica do Rio Mourão, Paraná**

	<b>Ponto</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Altitude (m)</b>
<b>1</b>	Rio Km 119 montante, perímetro urbano de Campo Mourão	24°03'23"	52°25'31,6"	563
<b>2</b>	Rio do Campo montante, próximo ao município de Campo Mourão	24°04'24"	52°25'49"	562
<b>3</b>	Rio Km 119 jusante, entre os municípios de Campo Mourão e Peabiru	23°28'47,9"	52°21'19,6"	490
<b>4</b>	Rio do Campo jusante, próximo ao Anel Viário de Campo Mourão	23°59'23,8"	52°20'02,2"	480

De acordo Perin (2013) e Kelniar (2014) , os pontos possuem as seguintes características:

Ponto 1: localizado próximo a nascente do rio Km 119, com pouca vegetação ao seu entorno, baixa profundidade e baixa vazão.

Ponto 2: localizado à montante da captação de água para o abastecimento público da cidade de Campo Mourão

Ponto 3: localizado após o lançamento do efluente tratado pela Estação de Tratamento de Esgoto da cidade de Campo Mourão, entorno com vegetação presente.

Ponto 4: localizado também após o lançamento do efluente, com boa cobertura vegetal riparia, forte vazão e uma corredeira.

#### 4.1.2 Aspectos do Saneamento Básico

Os aspectos do saneamento básico da área de estudo foram obtidos do Caderno Estatístico de Campo Mourão (IPARDES, 2015).

De acordo com IPARDES (2015), a despesa com saneamento básico em 2014 no município de Campo Mourão foi de R\$ 5.442.603,20. Dentre as despesas

com saneamento básico, estão incluídos os serviços de abastecimento de água e atendimento de esgoto, dispostos na Tabela 2

**Tabela 2 - Abastecimento de água no município de Campo Mourão, PR, segundo as categorias – 2014**

Categorias	Unidades atendidas	
	Abastecimento de água	Atendimento de esgoto
Residenciais	32.628	24.979
Comerciais	2.953	2.604
Industriais	101	32
Utilidade Pública	219	153
Poder Público	195	142
<b>Total</b>	<b>36096</b>	<b>27910</b>

Fonte: Adaptado de IPARDES (2015).

A quantidade de água consumida no ano de 2014 no município de Campo Mourão foi de 5.770.577 para o consumo faturado m<sup>3</sup> e 4.908.396 m<sup>3</sup> para o consumo medido (IPARDES, 2015).

## 4.2 METODOLOGIA

### 4.2.1 Amostragem

As coletas de água foram realizadas mensalmente durante 12 meses. Cada amostra foi coletada a aproximadamente 10 cm abaixo da superfície da água, no período matutino. Após cada coleta, as amostras foram armazenadas em gelo, de acordo com procedimentos descritos na ABNT (1987) e transportadas ao Núcleo de Pesquisa em Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná para realização dos procedimentos analíticos.

### 4.2.2 Índice de Qualidade das Águas

Para obtenção do IQA foram determinados potencial hidrogeniônico (pH, 4500-H<sup>+</sup>), temperatura (2550), turbidez (T, 2310), demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5,20</sub>, 5210), oxigênio dissolvido (OD, 4500-O), nitrogênio total (4500, N), fósforo total (4500-P), resíduos totais (2540B) e coliformes termotolerantes (9221) de acordo com procedimentos descritos por Eaton *et al.* (2005), em triplicata.

De acordo com a CETESB (2014), o IQA é calculado através do produtório ponderado das qualidades de água correspondentes aos parâmetros acima mencionados, de acordo com a Equação 1.

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad (\text{Equação 1})$$

Em que:

IQA: Índice de Qualidade das Águas (número entre 0 e 100);

q<sub>i</sub>: qualidade do i-ésimo parâmetro, número entre 0 e 100, obtido da respectiva “curva média de variação de qualidade”, em função de sua concentração ou medida;

w<sub>i</sub>: peso correspondente ao i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade.

Os pesos (w<sub>i</sub>) atribuídos a cada parâmetro estão dispostos na Tabela 3. Estes pesos retratam a importância relativa de cada parâmetro para o IQA.

**Tabela 3 - Valores dos pesos w<sub>i</sub> de cada parâmetro do IQA**

Parâmetro	w <sub>i</sub>
pH	0,12
Temperatura	0,10
Turbidez	0,08
OD	0,17
DBO <sub>5,20</sub>	0,10
Nitrogênio total	0,10
Fósforo total	0,10
Resíduos totais	0,08
Coliformes termotolerantes	0,15

Fonte: Adaptado de Sperling (2007)

Após efetuado o cálculo do IQA, a qualidade da água da bacia foi avaliada de acordo as faixas do IQA, que no estado do Paraná são classificadas de acordo com a Tabela 4.

**Tabela 4 - Classificação da qualidade da água utilizada nos estados: AL, MG, MT, PR, RJ, RN, RS**

Faixas de IQA	Classificação
90<IQA<=100	Ótima
70<IQA<=90	Boa
50<IQA<=70	Razoável
25<IQA<=50	Ruim
0<IQA<=25	Péssima

Fonte: Adaptado de ANA (2009).

#### 4.2.3 Análise dos dados

Primeiramente os dados foram analisados através dos resultados do IQA e dos resultados individuais de cada parâmetro.

Para obtenção de uma análise mais precisa dos resultados obtidos para o IQA, utilizou-se a inferência estatística, por meio do teste paramétrico ANOVA com nível de significância de 5%, e a comparação das médias, feita através do pós-teste de *Tukey*.

No teste ANOVA é comparado todo o grupo (todos os 48 resultados do IQA obtidos dos 4 pontos amostrais durante os 12 meses de análise) e quando esta comparação apresenta valor menor que 0,05 (5%), pode-se afirmar que há diferença estatística. No pós-teste de *Tukey* é feita comparação se existem diferenças estatísticas entre as condições do grupo, ou seja, entre os pontos amostrais.

Os dados também foram sumarizados através da análise de componentes principais (ACP), que permite sintetizar a informação contida em um grande número de variáveis, com a menor perda de informação. Como os dados são heterogêneos, fez-se a padronização através do “modo z” (equação 2), descrito por Monteiro *et al.* (2010), no qual as variáveis transformadas passam a ter média zero e variância unitária.

$$\text{Modo z} = \frac{x_i - \bar{X}}{\sigma} \quad (\text{Equação 2})$$

Em que:

$x_i$ : valor que se deseja padronizar;

$\bar{X}$ : média aritmética da distribuição;

$\sigma$ : desvio padrão.

O teste paramétrico ANOVA, pós-teste de *Tukey* e a análise de componentes principais foram desenvolvidos através do software de análise de dados R, versão 3.2.2.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS (IQA)

Como o IQA engloba os nove parâmetros avaliados, pode-se analisar a qualidade da água do Rio Mourão nos 4 pontos de coleta.

Na Tabela 5 são apresentados os resultados obtidos para o IQA durante os 12 meses de análise, para cada um dos pontos.

**Tabela 5 - Resultados do IQA para cada ponto de coleta**

Data	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4
12-12-12	67,50	72,31	66,43	69,80
28-01-13	86,45	71,10	60,95	89,09
22-02-13	71,37	56,97	53,49	60,96
22-03-13	61,80	62,34	54,57	54,60
19-04-13	86,07	79,69	66,52	68,39
03-06-13	70,39	61,76	64,52	61,99
03-07-13	81,65	79,30	60,21	61,82
06-08-13	70,60	63,68	54,89	63,87
04-09-13	88,42	71,09	61,31	73,68
23-10-13	66,43	65,21	64,15	67,94
20-11-13	66,22	62,47	65,73	68,97
12-12-13	64,37	68,38	64,27	66,63
<b>Média</b>	<b>73,44</b>	<b>67,86</b>	<b>61,42</b>	<b>67,31</b>

**Nota:**

■ Resultados em que a qualidade da água é classificada como boa.

50<IQA<=70: razoável

70<IQA<=90: boa

Com base na Tabela 4, nota-se que a qualidade da água analisada pode ser classificada entre boa e razoável com base nos resultados do IQA apresentados na Tabela 5.

Dentre os 4 pontos analisados, os melhores resultados para o IQA foram obtidos no ponto 1, tendo a qualidade da água classificada como boa em 58,33% das coletas. Em contrapartida, no ponto 3 foram notados os piores resultados, sendo

a água classificada com razoável em todas as coletas. Nos pontos 2 e 4, a água foi classificada como boa em 41,66% e 16,67% das coletas, respectivamente.

A diferença no IQA entre os pontos pode ser explicada devido ao fato de os pontos 3 e 4, que obtiveram resultados menos satisfatórios, estarem localizados à jusante do perímetro urbano de Campo Mourão. Desta forma, a qualidade de suas águas pode estar sendo prejudicada por atividades urbanas, agropecuárias e industriais. Esta observação também foi feita por Vasco *et al.* (2010), que constataram que o ponto amostral localizado à jusante da cidade de Itaporanga apresenta valores de turbidez e coliformes termotolerantes superiores aos valores obtidos à montante.

Como no IQA não são analisados os parâmetros separadamente, não se pode afirmar com certeza o que ocasionou esta diferença. Desta forma, faz-se necessária análise mais detalhada dos resultados, através da análise individual dos resultados obtidos para cada um dos nove parâmetros e da análise estatística.

## 5.2 PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA

### 5.2.1 Temperatura

Na Tabela 6 são apresentados os resultados das medições de temperatura da água em cada ponto amostral. Como pode ser observado, a maior temperatura observada foi de 27 °C e a menor temperatura foi de 16,20 °C. A maior variação entre os pontos em uma mesma coleta foi de 5,87 °C e entre coletas no mesmo ponto, a maior variação foi de 10,2 °C. A temperatura varia devido à variações térmicas que ocorrem ao longo do dia e das estações do ano (MOITA, 1991).

**Tabela 6 - Temperatura da água medida em cada ponto de coleta**

Data	Temperatura (°C)			
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4
12-12-12	24,64	22,38	24,20	24,00
28-01-13	23,40	21,13	27,00	22,00
22-02-13	27,00	22,00	27,00	23,00
22-03-13	23,06	20,91	22,00	20,80
19-04-13	20,46	18,99	18,28	18,58
03-06-13	19,00	18,90	18,70	18,80
03-07-13	16,80	16,80	16,20	17,00
06-08-13	20,20	20,00	20,00	19,00
04-09-13	19,80	19,50	19,20	19,00
23-10-13	24,00	23,00	23,00	22,00
20-11-13	25,00	22,50	24,00	24,00
12-12-13	23,50	24,00	23,00	24,00

Segundo a Portaria do Ministério da Saúde nº 1469 de 2000 (BRASIL, 2000), não existe um valor definido para o limite de temperatura no Brasil, havendo normativa apenas para o lançamento de efluentes em corpos receptores. A resolução CONAMA nº 430 de 2011 limita então a temperatura máxima permitida a 40 °C, sendo que a temperatura do corpo receptor não deve se alterada em mais que 3 °C no limite da zona de mistura.

### 5.2.2 Turbidez

Na resolução CONAMA nº 357 de 2005, o valor máximo admitido para a turbidez em rios de classe 2 é de 100 UNT (Unidade Nefelométrica de Turbidez). Como pode ser observado na Tabela 7, nenhuma das amostras excedeu o limite máximo estabelecido, o que também foi verificado em estudos semelhantes realizados em micro bacias hidrográficas (MEDEIROS; LIMA, 2008; SILVEIRA *et al.*, 2003).

**Tabela 7 - Turbidez da água em cada ponto de coleta**

Data	Turbidez (UNT)			
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4
12-12-12	17,30	20,10	20,20	17,50
28-01-13	20,25	26,85	18,50	22,15
22-02-13	29,85	56,70	41,75	74,45
22-03-13	64,70	91,40	58,40	95,50
19-04-13	19,10	46,90	27,00	71,80
03-06-13	38,50	58,50	47,20	94,00
03-07-13	24,20	64,40	46,50	78,30
06-08-13	16,60	44,10	28,60	54,60
04-09-13	15,50	36,70	31,40	52,70
23-10-13	24,20	39,40	35,50	54,70
20-11-13	9,77	25,50	23,90	23,90
12-12-13	22,40	40,80	31,30	42,70

**Nota:**

Limite máximo estabelecido na resolução CONAMA nº 357 de 2005: 100 UNT.

### 5.2.3 Resíduos Totais

Na Tabela 8 estão dispostos os dados referentes às concentrações de sólidos totais nas águas.

**Tabela 8 - Concentração de resíduos totais na água em cada ponto de coleta**

Data	Resíduos Totais (mg/L)			
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4
12-12-12	43,13	60,62	78,13	45,63
28-01-13	21,87	41,87	23,75	29,37
22-02-13	33,12	68,13	73,12	82,50
22-03-13	60,62	116,88	79,37	80,00
19-04-13	25,62	51,87	48,13	90,63
03-06-13	64,38	93,75	97,50	136,25
03-07-13	40,00	93,12	79,37	93,13
06-08-13	15,62	53,75	39,37	43,13
04-09-13	40,63	63,12	66,87	81,25
23-10-13	47,50	73,75	85,63	83,12
20-11-13	55,00	61,88	51,88	51,88
12-12-13	76,88	98,12	90,62	68,13

**Nota:**

Limite máximo estabelecido na resolução CONAMA nº 357 de 2005: 500 mg/L.

Os valores obtidos para resíduos totais apresentam grande variação entre as coletas, sendo no ponto 4, por exemplo, a concentração máxima de 136,25 mg/L e a concentração mínima de 29,37 mg/L. Apesar da grande inconstância nos valores, os resultados não excedem o limite máximo estabelecido pela resolução CONAMA nº 357 de 2005, que é de 500 mg/L para rios de classe 2.

#### 5.2.4 Potencial Hidrogeniônico (pH)

Os valores obtidos nas determinações de pH nos 4 pontos de coletas estão dispostos na Tabela 9.

**Tabela 9 - Resultados das medições de pH em cada ponto de coleta**  
**Potencial Hidrogeniônico**

<b>Data</b>	<b>Ponto 1</b>	<b>Ponto 2</b>	<b>Ponto 3</b>	<b>Ponto 4</b>
12-12-12	6,53	6,85	7,37	7,63
28-01-13	6,59	6,74	7,30	7,35
22-02-13	6,53	6,53	6,70	7,03
22-03-13	6,34	6,67	7,30	7,61
19-04-13	6,16	5,75	6,52	6,65
03-06-13	6,50	5,70	6,60	6,80
03-07-13	8,61	8,20	7,28	7,54
06-08-13	8,20	8,11	8,50	7,20
04-09-13	6,50	6,30	6,35	6,59
23-10-13	8,03	7,20	8,02	8,40
20-11-13	8,00	9,00	7,30	7,30
12-12-13	7,94	8,09	7,87	8,12

**Nota:**

Resultados abaixo do valor permitido, estabelecido na Resolução CONAMA nº 357 de 2005. Limite estabelecido na resolução CONAMA nº 357 de 2005: pH entre 6 e 9.

De acordo com a Resolução CONAMA nº 357 de 2005, as águas dos rios classe 2 devem apresentar valores de pH entre 6 e 9. Com base na Tabela 10, pode-se observar que durante todos os meses de estudo, apenas dois valores, ambos referentes ao ponto 2, encontram-se em desacordo com o estabelecido. Com base no trabalho de Lopes e Magalhães (2010), que também verifica valores de pH

baixos (entre 4,5 e 6) na bacia do Ribeirão de Carrancas, isto pode acontecer devido ao aumento da concentração de matéria orgânica vegetal oriunda da vegetação ciliar e fragmentos florestais à montante do ponto amostral.

### 5.2.5 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO<sub>5,20</sub>)

Na Tabela 10 são apresentados os resultados obtidos para as análises da DBO<sub>5,20</sub> em cada um dos 4 pontos estudados.

**Tabela 10 - Concentração de matéria orgânica em termos de DBO<sub>5,20</sub> na água em cada ponto de coleta**

Data	Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L)			
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4
12-12-12	1,50	0,68	3,90	1,20
28-01-13	0,94	1,85	3,40	2,70
22-02-13	2,69	3,97	2,90	4,00
22-03-13	0,71	2,26	7,11	4,34
19-04-13	1,39	1,79	2,41	3,08
03-06-13	7,90	5,60	7,20	2,80
03-07-13	4,60	4,50	5,20	4,30
06-08-13	3,20	1,60	7,70	3,90
04-09-13	1,90	1,40	5,30	1,30
23-10-13	5,20	4,20	7,40	5,60
20-11-13	4,50	6,80	7,20	7,20
12-12-13	3,80	1,40	4,20	2,70

**Nota:**

Resultados acima do valor permitido, estabelecido na Resolução CONAMA nº 357 de 2005. Limite máximo estabelecido na resolução CONAMA nº 357 de 2005: 5 mg/L

Como pôde ser observado na Tabela 10, o ponto com maiores concentrações de matéria orgânica em termos de DBO<sub>5,20</sub> é o ponto 3. Como na Resolução CONAMA nº 357 de 2005 é estabelecido o limite máximo de de 5 mg/L, constata-se que no ponto 3 são apresentados valores excedentes em mais da metade das coletas (58,33%).

De acordo com Braga *et al.* (2003), as concentrações elevadas de matéria orgânica em termos de DBO<sub>5,20</sub> podem ser consequência da presença de um

elevado teor de matéria orgânica, que induz o esgotamento do oxigênio na água, podendo provocar o desaparecimento da macro e microbiota aquática.

### 5.2.6 Nitrogênio Total

Na Tabela 11 estão dispostas as concentrações de nitrogênio total nas amostras de água coletadas de cada um dos pontos amostrais.

**Tabela 11 - Concentração de nitrogênio total na água em cada ponto de coleta**

<b>Nitrogênio Total (mg/L)</b>				
<b>Data</b>	<b>Ponto 1</b>	<b>Ponto 2</b>	<b>Ponto 3</b>	<b>Ponto 4</b>
12-12-12	1,56	1,67	10,49	2,69
28-01-13	3,02	1,97	7,24	1,55
22-02-13	0,93	1,00	4,59	2,57
22-03-13	0,89	1,80	4,27	1,76
19-04-13	1,03	1,22	5,42	2,87
03-06-13	1,65	1,57	4,08	1,71
03-07-13	4,28	3,84	10,63	6,02
06-08-13	1,27	0,89	4,39	2,32
04-09-13	2,00	0,92	2,63	2,08
23-10-13	1,81	1,25	3,84	1,65
20-11-13	0,69	1,56	2,41	2,41
12-12-13	1,39	0,87	4,74	1,68

É possível notar variação nos valores de Nitrogênio Total encontrados, tanto entre os pontos como entre as coletas, sendo o menor valor de 0,69 mg/L e o maior valor de 10,49 mg/L. Esta variação indica a influência de entradas heterogêneas de nitrogênio na bacia hidrográfica, que podem indicar o despejo pontual de esgoto sanitário de origem doméstica (APRILE; SIQUEIRA, 2011).

### 5.2.7 Fósforo Total

Na Tabela 12 estão dispostos os resultados obtidos para fósforo total para cada ponto amostral durante os 12 meses de coleta.

**Tabela 12 - Concentração de fósforo total na água em cada ponto de coleta**

Fósforo Total (mg/L)				
Data	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4
12-12-12	0,078	0,060	0,315	0,067
28-01-13	0,233	0,194	0,279	0,194
22-02-13	0,012	0,048	0,156	0,051
22-03-13	0,041	0,156	0,147	0,065
19-04-13	0,028	0,055	0,133	0,143
03-06-13	0,034	0,101	0,118	0,120
03-07-13	0,030	0,080	0,133	0,115
06-08-13	0,048	0,053	0,133	0,110
04-09-13	0,034	0,104	0,099	0,058
23-10-13	0,014	0,095	0,087	0,083
20-11-13	0,014	0,030	0,186	0,186
12-12-13	0,004	0,025	0,134	0,041

**Nota:**

■ Resultados acima do valor permitido, estabelecido na Resolução CONAMA nº 357 de 2005. Limite máximo estabelecido na resolução CONAMA nº 357 de 2005: 0,05 mg/L

Para os pontos estudados, o limite da concentração de fósforo total estabelecido na Resolução CONAMA nº 357 de 2005 é de 0,05 mg/L. Em quase 71% das amostras, os valores de fósforo excederam este limite, sendo observadas concentrações excedentes de até 6 vezes o valor máximo permitido.

O ponto 3 é, assim como para os resultados obtidos para DBO<sub>5,20</sub>, o ponto que pior se enquadra nos padrões estabelecidos na Resolução, excedendo a concentração de 0,05 mg/L em todas as medições (Tabela 12).

Os aportes de fósforo nos ambientes aquáticos se dão principalmente pelos processos erosivos ou por despejos pontuais de efluentes contaminados com este elemento, como constatado por Furlan; Calijuri e Cunha (2009). Estes autores verificaram que a concentração de fósforo total da água do rio Jacupiranga (sul do estado de São Paulo) supera em até 50 vezes o valor estabelecido na Resolução

CONAMA nº 357 de 2005, sendo consequência do recebimento de efluente industrial de uma indústria de fertilizantes, rico em compostos fosfatados.

### 5.2.8 Oxigênio Dissolvido (OD)

Os resultados obtidos nas análises para a determinação da concentração de OD estão dispostos na Tabela 13.

**Tabela 13 - Concentração de oxigênio dissolvido na água em cada ponto de coleta**  
Oxigênio Dissolvido (mg/L)

Data	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4
12-12-12	5,60	7,68	8,01	8,01
28-01-13	7,74	8,35	5,90	7,70
22-02-13	5,69	7,72	5,80	8,00
22-03-13	6,71	7,56	8,31	8,64
19-04-13	7,36	7,89	6,70	8,19
03-06-13	8,71	8,88	8,99	7,00
03-07-13	9,26	9,26	9,38	9,18
06-08-13	8,53	8,10	8,64	8,82
04-09-13	8,71	8,71	8,82	8,82
23-10-13	7,91	8,05	8,15	8,31
20-11-13	7,86	7,76	8,01	8,01
12-12-13	8,05	7,91	7,20	8,01

**Nota:**

Limite mínimo estabelecido na resolução CONAMA nº 357 de 2005: 5 mg/L

De acordo com a Tabela 13, o valor mínimo de OD observado durante o estudo foi de 5,6 mg/L e o máximo foi de 9,38 mg/L, resultando na variação de 3,78 mg/L. Assim como nos estudos realizados por Lima e Medeiros (2008), Brites e Gastaldine (2007) e Silveira *et al.* (2003), os valores de OD mensurados encontram-se em acordo com a Resolução CONAMA nº 357 de 2005, na qual é estabelecido o limite mínimo de concentração de 5 mg/L.

### 5.2.9 Coliformes termotolerantes

Na Tabela 14 são apresentados os resultados de coliformes termotolerantes encontrados nas amostras de água em cada ponto de coleta, durante os 12 meses de estudo.

**Tabela 14 - Número de coliformes termotolerantes encontrados nas amostras**  
**Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)**

Data	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4
12-12-12	915,45	685,59	1084,75	5823,77
28-01-13	1,00	450,58	2191,99	199,00
22-02-13	199,00	9954,85	18983,16	3796,63
22-03-13	2861,82	915,45	23346,20	29408,58
19-04-13	1,00	1,00	402,44	1363,79
03-06-13	450,58	1084,75	1358,72	1762,54
03-07-13	1,00	1,00	7798,13	6791,62
06-08-13	685,59	3796,63	29408,58	12950,14
04-09-13	1,00	361,01	5823,77	6791,62
23-10-13	3049,53	1762,54	2566,84	11344,61
20-11-13	3796,63	1358,72	1084,75	1084,75
12-12-13	2191,99	1358,72	915,45	797,45

**Nota:**

■ Resultados acima do valor permitido, estabelecido na Resolução CONAMA nº 357 de 2005. Limite estabelecido na resolução CONAMA nº 357 de 2005: 1000 coliformes termotolerantes por 100 mL de água.

O limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mL de água não deverá ser excedido de acordo com o estabelecido na Resolução CONAMA nº 357 de 2005. Com base na Tabela 14, observam-se os piores resultados quanto ao número de coliformes termotolerantes nos pontos 3 e 4, sendo que a porcentagem de amostras com valores acima do permitido é de 75% e 83%, respectivamente. No ponto 3 observa-se o não atendimento da Resolução em metade das coletas realizadas e no ponto 2 observam-se os melhores resultados, com apenas 25% das amostras em desacordo com a Resolução.

Assim como constatado por Farias (2006), os resultados insatisfatórios obtidos nos pontos 3 e 4 podem ser explicados devido ao fato destes dois pontos estarem localizados à jusante do perímetro urbano de Campo Mourão. Como os

coliformes termotolerantes são indicadores de contaminação fecal, a má qualidade microbiológica encontrada nestes pontos pode ser consequência de despejos clandestinos de esgotos sanitários de origem doméstica.

### 5.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

#### 5.3.1 Análise de Componentes Principais

Na Tabela 15 são apresentados os dados de correlação linear entre os 9 parâmetros de qualidade da água analisados e o IQA.

**Tabela 15 - Matriz de correlação linear entre os parâmetros de qualidade da água e IQA**

IQA	IQA	Temp.	Turb.	RT	pH	DBO	NT	FT	OD	Coli
IQA		-0,162	-0,410	-0,438	-0,143	-0,400	-0,220	-0,078	0,105	-0,575
Temp.			-0,386	-0,250	-0,162	-0,103	-0,134	0,120	-0,699	-0,008
Turb.				0,727	-0,158	0,035	-0,042	-0,039	0,186	0,323
RT					-0,145	0,191	0,107	-0,014	0,204	0,081
pH						0,348	0,119	-0,145	0,222	0,197
DBO							0,248	0,087	0,369	0,304
NT								0,606	0,102	0,146
FT									-0,120	0,045
OD										0,125

**Legenda:** Temp.: temperatura; Turb.: turbidez; RT: Resíduos Totais; NT: Nitrogênio Total; FT: Fósforo Total.

**Nota:**

- Moderada correlação (entre 0,500 e 0,700)
- Alta correlação (maior que 0,700)

Pela Tabela 15, pode-se observar que há correlação positiva (0,727) entre os parâmetros turbidez e resíduos totais devido à presença de sólidos totais na água, que contribui para o aumento da turbidez da água.

Entre os parâmetros oxigênio dissolvido e temperatura há uma moderada correlação negativa (-0,699), pelo fato de que altas temperaturas provocam a diminuição da concentração de oxigênio dissolvido na água.

O parâmetro coliformes termotolerantes e o IQA também se correlacionam negativamente (-0,575), o que indica que este parâmetro, apesar de apresentar correlação moderada, é o que mais influencia nos resultados obtidos para o IQA. Isto pode ser explicado devido a elevada quantidade de coliformes termotolerantes encontrada nas águas (Tabela 14), que provocou influência negativa na nota do IQA. Outros parâmetros que também se correlacionam são o nitrogênio total e o fósforo total, apresentando correlação moderada positiva de 0,606.

Para análise de componentes principais (ACP) foram selecionados os componentes principais 1, 2, 3 e 4. Para uma análise visual da escolha dos componentes principais, utilizou-se o gráfico *scree-plot* (Figura 3), no qual é possível observar salto significativo entre os componentes principais 1 e 2, e tendência à estabilização a partir do componente 4.

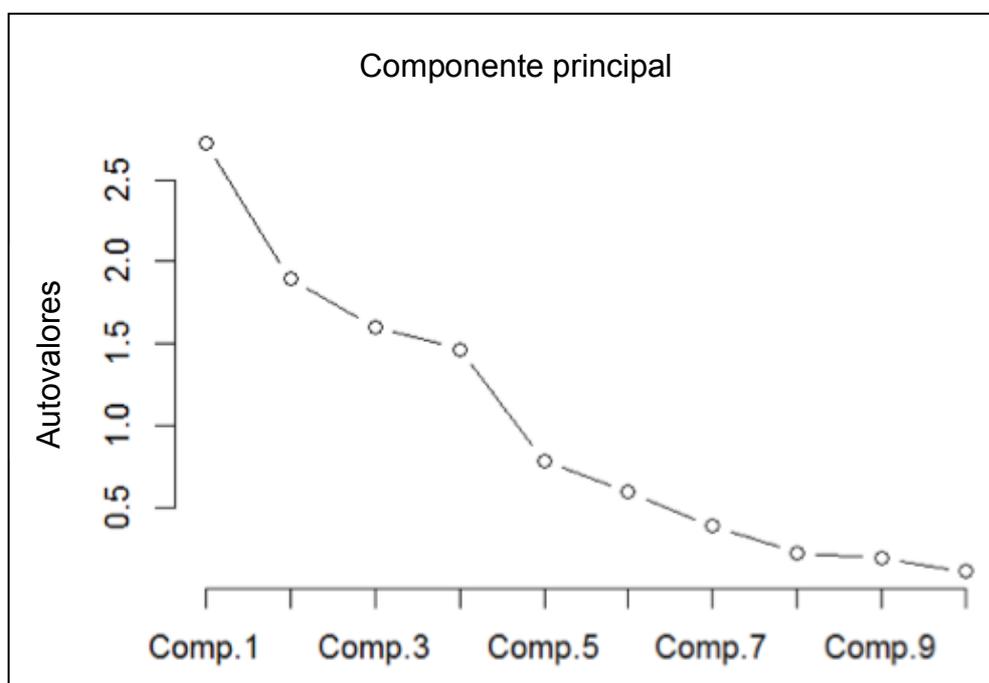


Figura 3 - Gráfico *scree plot* para análise de componentes principais.

Nas Figuras 4 e 5, são apresentados o gráfico de escores dos componentes principais 1 e 2 e o gráfico de escores dos componentes principais 3 e 4, respectivamente.

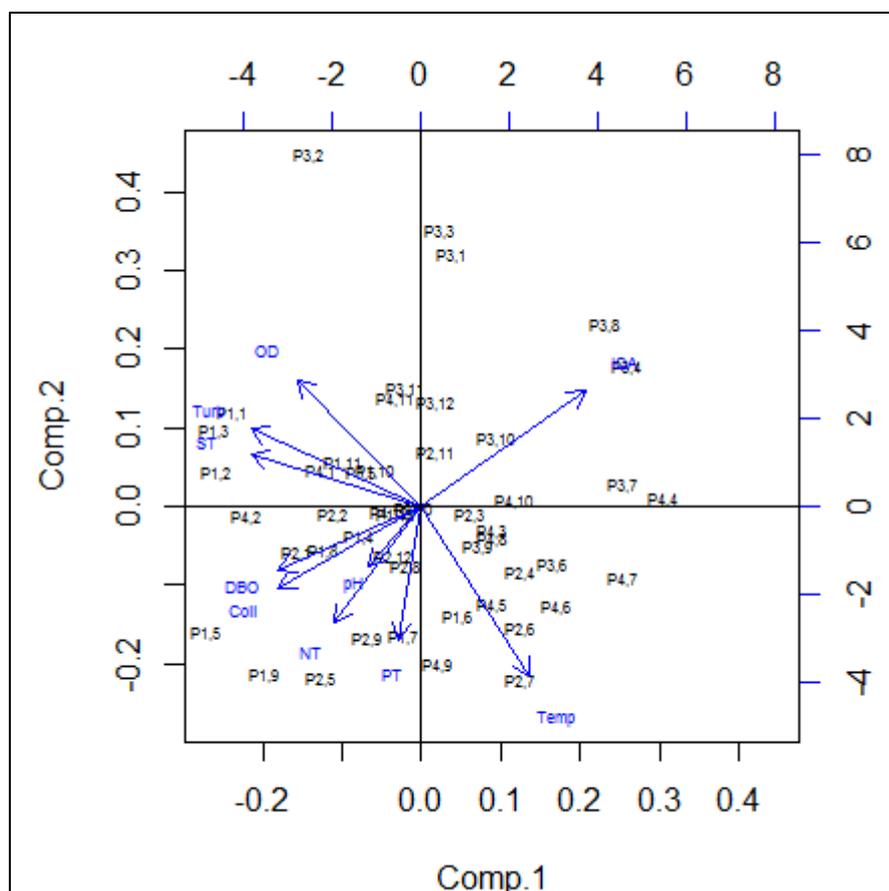


Figura 4 - Gráfico de escores para os componentes principais 1 e 2.

Com base na Figura 4, notam-se os maiores escores positivos para o componente principal 1 (CP1), relacionados com o IQA nas coletas 4 e 8 do ponto 3 (P3,8; P3,4).

Ainda para o CP1, destacam-se as coletas 1, 2 e 3 do ponto 1 (P1,1; P1,2; P1,3), nas quais foram obtidas pontuação negativa e estão relacionadas à turbidez e aos resíduos totais. A proximidade das variáveis turbidez e resíduos totais, também observada na Figura 5 para a Componente principal 3 (CP3), indica que os resultados obtidos para estes parâmetros estão diretamente relacionados, o que já foi constatado devido à correlação positiva entre eles, observada na matriz de correlação linear (Tabela 16).

Notam-se também relações entre pontos 1 da coleta 9 e 2 da coleta 5 (P1,9; P2,5) com nitrogênio total e entre os pontos 2 da coleta 9 e 1 da coleta 7 (P2,9; P1,7) com fósforo total, ambas com pontuação negativa para o componente principal 2 (CP2). O fato de os parâmetros nitrogênio total e fósforo total apresentarem-se próximos na Figura 4, pode sugerir contaminação das águas pela agricultura e pecuária, já que, de acordo com Merten e Minella (2002), ambos estão presentes em resíduos de lavouras e de produção animal em regime confinado, o que explica também a relação entre eles.

Para o CP3, observa-se pontuação negativa na coleta 3 dos pontos 1 e 2 (P1,3; P2,3), com relação ao IQA. Para o CP4, destacam-se os pontos 2, 3 e 4 das coletas 2, 6 e 7, respectivamente, que estão relacionados ao parâmetro coliformes termotolerantes e nos quais foi observada pontuação negativa (Figura 5).

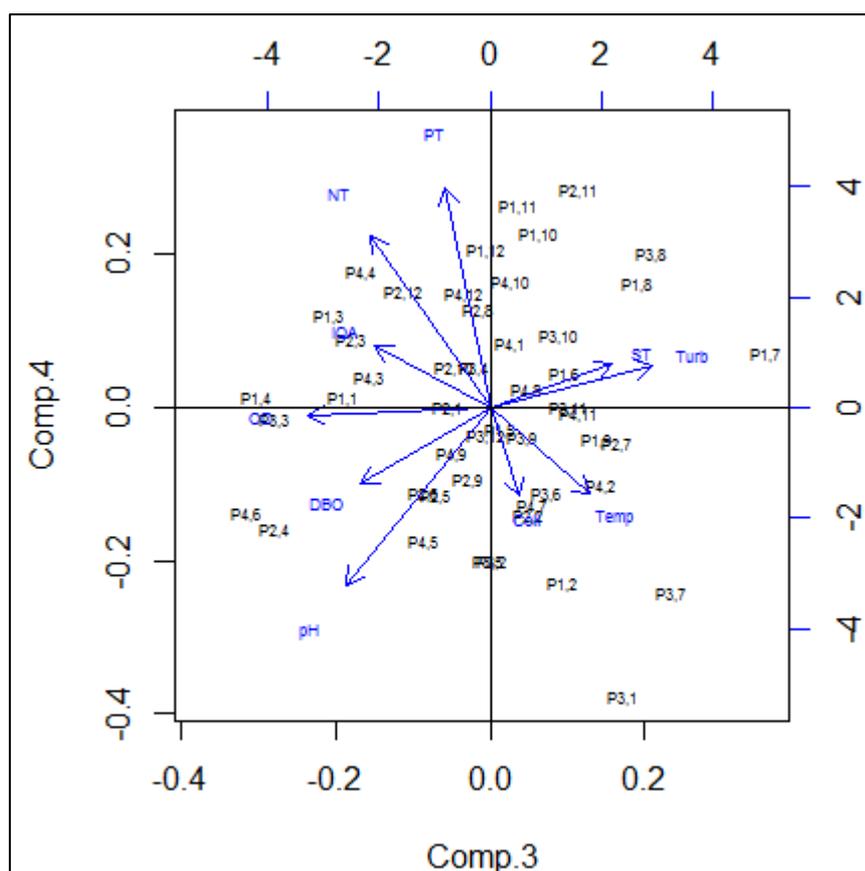


Figura 5 - Gráfico de escores para os componentes principais 3 e 4.

### 5.3.2 Análise de Variância (ANOVA)

Os resultados do IQA foram submetidos a análise de variância (ANOVA) com nível de significância de 5%, a fim de avaliar as diferenças significativas entre os resultados obtidos para o IQA nos 4 pontos amostrais. Os resultados do teste ANOVA podem ser observados na Tabela 16.

**Tabela 16 - Resultados da análise estatística ANOVA para os dados do IQA**

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
<b>Tratamento</b>	3	869,7	289,912	4,9191	0,0049363
<b>Resíduos</b>	44	2593,2	58,936	-	-
<b>Total</b>	47	3462,9	-	-	-

**Legenda:** GL: grau de liberdade; SQ: soma dos quadrados; MQ: média quadrada; Fc: Fator calculado; Pr: probabilidade.

Através da Tabela 16, observa-se que, devido ao valor Pr>Fc ser inferior a 0,05 (p-valor), os resultados do IQA foram considerados estatisticamente significantes, ou seja, comprova-se que há diferença estatística entre os dados.

### 5.3.3 Pós-teste de *Tukey*

Sabendo-se que existe diferença entre os dados analisados, pode-se utilizar o pós-teste de *Tukey* para verificar em qual ponto a diferença estatística é mais expressiva.

Na Tabela 17, encontram-se dispostos os resultados obtidos pelo pós-teste de *Tukey*.

**Tabela 17 - Resultados da análise estatística do pós-Teste de *Tukey***

<b>Grupos</b>	<b>Tratamentos</b>	<b>Médias</b>
a	1	73,44167
ab	2	67,86667
ab	4	67,31667
b	3	61,41667

Através dos resultados obtidos pelo pós-teste de *Tukey* (Tabela 18), pode-se inferir que as médias dos resultados do IQA obtidos para os pontos 1 e 3 são diferentes estatisticamente, já que a diferença entre as médias é considerada significativa. Este resultado se dá devido ao fato de os melhores resultados do IQA terem sido obtidos no ponto 1 e os resultados menos satisfatórios no ponto 3, como observado anteriormente na Tabela 6.

## 6 CONCLUSÕES

Com base nos resultados das análises dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos, da determinação do IQA e da análise estatística, pode ser concluído que:

No ponto 3 foi observado o maior número de amostras em que os parâmetros encontraram-se em desacordo com a Resolução CONAMA nº 357 de 2005, sendo que 83% das coletas deste ponto obtiveram concentrações que excederam o limite para coliformes termotolerantes, todas as coletas excederam a concentração limite para fósforo total e 58,33% das coletas apresentaram-se acima do limite estabelecido para  $DBO_{5,20}$ .

Apesar dos excessos nas concentrações de alguns parâmetros, nenhum dos pontos teve classificação ruim quanto ao IQA. Porém, observa-se que no ponto 3 foram obtidos os resultados menos satisfatórios, com classificação razoável para todos os meses de coleta. Já para o ponto 1, a água foi classificada como boa em 58,33% das coletas, seguido pelos pontos 2 e 3 com 41,66% e 16,67%, respectivamente, das coletas classificadas como boa.

Devido aos resultados menos satisfatórios obtidos para os pontos 3 e 4, pode ser inferido que estes pontos são os que mais recebem contaminações de origem antrópica, já que ambos encontram-se à jusante do perímetro urbano da cidade de Campo Mourão.

Através da matriz de correlação linear, foi possível determinar que o parâmetro com maior correlação com o IQA é o coliformes termotolerantes, o que indica que, dentre os 9 parâmetros analisados, este foi o que mais influenciou negativamente nos resultados do IQA.

Pela ACP, com ênfase nas pontuações relacionadas ao IQA, constata-se que P3,4 e P3,8 obtiveram os maiores escores positivos para a CP1, enquanto P1,3 e P2,3 pontuaram negativamente para a CP3.

Com base na ANOVA, verificou-se que os resultados do IQA são considerados significativos, e então, através do teste de Tukey, constatou-se que as médias consideradas diferentes estatisticamente são as do ponto 1 e ponto 3. Esta constatação corrobora os resultados já observados, já que estes dois pontos são considerados os extremos quanto aos resultados obtidos para a análise do IQA. Isto

é observado através das médias das pontuações do IQA para cada ponto, no qual o ponto 1 obteve 73,44 (qualidade considerada boa), e o ponto 3 obteve 61,42 (qualidade considerada razoável), classificando-os como o de melhor e o de pior qualidade, respectivamente.

## REFERÊNCIAS

ABASSI, Tasneem; ABASSI, S. A. **Water Quality Indices**. Elsevier Science Technology Books, 2012. ISBN:9780444543042. Disponível em: <<http://libaccess.senecacollege.ca:2161/toc.aspx?bookid=49235>>. Acesso em: 03 nov. 2015.

Agência Nacional das Águas. **Indicadores de Qualidade – Índice de Qualidade das Águas**. Brasil, 2009. Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/IndicadoresQA/IndiceQA.aspx>>. Acesso em: 20 abr. 2014.

\_\_\_\_\_. **A Evolução da Gestão dos Recursos Hídricos no Brasil**. Brasília, 2002. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2002/AEvolucaoDaGestaoDosRecursosHidricosnoBrasil.pdf>>. Acesso em: 21 out. 2015

\_\_\_\_\_. **Panorama da Qualidade das Águas Subterrâneas no Brasil – Cadernos de Recursos Hídricos**. Brasília, 2005. Disponível em: <[http://portalpnqa.ana.gov.br/Publicacao/PANORAMA\\_DA\\_QUALIDADE\\_DAS\\_AGUAS.pdf](http://portalpnqa.ana.gov.br/Publicacao/PANORAMA_DA_QUALIDADE_DAS_AGUAS.pdf)>. Acesso em: 15 out. 2015.

APRILE, Fabio M.; SIQUEIRA, Gilmar W. Alternative treatment methods of drinking-water for river communities in Central Amazonian. In: BIBLIO, Carolina; HENSEL, Oliver; SELBACH, Jeferson Francisco. **Sustainable water management in the tropics and subtropics – and case studies in Brazil**. V. 1. Jaguarão/RS: Fundação Universidade Federal do Pampa, UNIKASSEL, PGCultUFMA, 2011. Cap. 46. 1.358p. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=hURXtV7esjwC&pg=PA1159&lpg=PA1159&dq=Alternative+treatment+methods+of+drinking-water+for+river+communities+in+Central+Amazoniam&source=bl&ots=L3AiZc2zvD&sig=bDKHNU-eKIT65F4jHodUnx-E3zg&hl=en&sa=X&ved=0CCEQ6AEwAWoVChMInfq2gpmTyQIVjlaQCh3HDAwb#v=onepage&q=april&f=false>>. Acesso em: 12 out. 2015.

BACKE, Cecilia; COUSINS, Ian T.;LARSSON, Per. PCB in soils and estimated soil-air exchange fluxes of selected PCB congeners in the south of Sweden. **Environmental Pollution**. v. 127, n. 1-2, p. 59-72, mai. 2004. Disponível em: <<http://libaccess.senecacollege.ca:2063/science/article/pii/S0269749103003348>>. Acesso em: 03 nov. 2015.

BIRD, KD. **Analysis of Variance Via Confidence Intervals**. London : SAGE Publications Ltd, 2004. ISBN: 9780761963578.

BOLLMANN, Harry A.; EDWIGES, Thiago. Avaliação da qualidade das águas do Rio Belém, Curitiba-PR, com o emprego de indicadores quantitativos e perceptivos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.13, n.4, Rio de Janeiro out./dez. 2008. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-41522008000400013](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522008000400013)>. Acesso em: 07 de out. 2015.

BRAGA, Benedito; CONEJO, João G. L.; MIERZWA, José Carlos; BARROS, Mario Thadeu L. de.; SPENCER, Milton. PORTO, Monica; NUCCI, Nelson; JULIANO, Neusa; EIGER, Sérgio/. **Introdução à Engenharia Ambiental**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. ISBN 9788576050414

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 1469**, de 29 de dezembro de 2000. Controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 2914**, 12 de dezembro de 2011. Padrões de potabilidade da água.

BRASIL, **Resolução CONAMA nº274**, de 29 de novembro de 2000.

BRASIL, **Resolução CONAMA nº357**, de 17 de março de 2005.

BRASIL, **Resolução CONAMA nº430**, de 13 de maio de 2011.

Brites, Ana Paula Z. & GASTALDINI, Maria C.C. Avaliação da carga poluente no sistema de drenagem de duas bacias hidrográficas urbanas. **RBRN - Revista Brasileira de Recursos Hídricos** v.12, n.4, p. 211-221, 2007.

CAVIGLIONE, João Henrique.; KIIHL, Laura Regina B.; CARAMORI, Paulo Henrique; OLIVEIRA, Daiziza. **Cartas Climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2000, Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=677>>. Acesso em: 20 abr. 2014.

CETESB. COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **IQA** - Índice de Qualidade das Águas. Disponível em: <[http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/%C3%81guasSuperficiais/42-%C3%8Dndice-de-Qualidade-das%C3%81guas-\(iqa\)](http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/%C3%81guasSuperficiais/42-%C3%8Dndice-de-Qualidade-das%C3%81guas-(iqa))>. Acesso em 19 abr. 2014.

EATON, Andrew D.; CLESCERI, Lenore S.; RICE, Eugeni W.; GREENBERG, Arnold E. (Ed.). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21a ed. Washington: American Public Health Association; American Water Works Association; Water Pollution Control Federation. 2005.

ERVILHA, Júlia C. C. **Monitoramento da qualidade da água na sub-bacia do Ribeirão Mestre D'Armas**. 2013. 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso Bacharelado em Gestão Ambiental. Universidade de Brasília, Planaltina -DF, 2013. Disponível em: <[http://bdm.bce.unb.br/bitstream/10483/5121/1/2013\\_JuliaCampolinaCamposErvilha.pdf](http://bdm.bce.unb.br/bitstream/10483/5121/1/2013_JuliaCampolinaCamposErvilha.pdf)>. Acesso em: 21 abr. 2014.

FARIAS, Maria S. S. de. **Monitoramento da qualidade da água na Bacia hidrográfica do Rio Cabelo**. 2006. 152 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2006. Disponível em: <<http://www.deag.ufcg.edu.br/copeag/teses2006/tese%20sally.pdf>>. Acesso em: 19 de out. 2015.

FURLAN, Natália; CALIJURI, Maria do C.; Qualidade da Água e do Sedimento Avaliada a Partir da Concentração de Nutrientes Totais. **Revista Minerva – Pesquisa e Tecnologia**, v. 6, n.1, p. 91-98, jan./abr. 2009. Disponível em: <[http://www.fipai.org.br/Minerva%2006\(01\)%2011.pdf](http://www.fipai.org.br/Minerva%2006(01)%2011.pdf)>. Acesso em: 09 de out. 2015.

GRAÇA, C. H.; PASSIG, F. H.; KELNIAR, A. R.; CARVALHO, K. Q.; ARANTES, E. J. Multitemporal analysis of estimated soil loss for the river Mourão watershed, Paraná – Brazil. **Braz. J. Biol. [online]**. Epub Nov 27, 2015. ISSN 1678-4375.

GONÇALVES, Elano M. **Avaliação da Qualidade da Água do Rio Uberabinha – Uberlândia – MG**. 2009. 141 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia dos Processos Químicos e Bioquímicos) – Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <<http://tpqb.eq.ufrj.br/download/qualidade-da-agua-do-rio-uberabinha.pdf>>. Acesso em: 19 de out. 2015.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Caderno Estatístico Município de Campo Mourão**, 2015. Disponível em: <<http://www.ipardes.gov.br/cadernos/MontaCadPdf1.php?Municipio=87300&btOk=ok>>. Acesso em: 10 de out. 2015.

IPARDES. **Caderno estatístico município de Campo Mourão**. 2013. Disponível em: <<http://www.ipardes.gov.br/cadernos/Montapdf.php?Municipio=87300&btOk=ok>>. Acesso em: 22 abr. 2014.

KELNIAR, Alexandre Rafael. **Estudo da descarga de sedimentos transportados em três rios da bacia hidrográfica do rio Mourão**. 2014. 67 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2014.

KÖEPPEN, Wladimir. **Climatologia: con um estúdio de los climas de la Tierra**. México: Fondo de Cultura Economica, 1948.

LEMO, Maurício de.; FERREIRA NETO, Miguel.; DIAS, Nildo S. Sazonalidade e variabilidade espacial da qualidade da água na Lagoa do Apodi, RN<sup>1</sup>. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande. v.14, n.2, p.155-164, 2010. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-43662010000200006](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662010000200006)>. Acesso em: 21 abr. 2014

LIAO, Shao-Wei; GAU, Hwa-Sheng; LAI, Wen-Liang; CHEN, Jen-Jeng; LEE, Chang-Gai L. Identification of pollution of Tapeng Lagoon from neighbouring rivers using multivariate statistical method. **Journal of Environmental Management**. v. 88, N. 2, p. 286-292, Jul. 2008. Disponível em: <<http://libaccess.senecacollege.ca:2063/science/article/pii/S0301479707000850>>. Acesso em: 03 nov. 2015.

LIMA, Celso A. V. de, MEDEIROS, Gerson A. de. Diagnóstico da qualidade da água do rio Jaguari-Mirim no Município de São João da Boa Vista - SP. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, Brasília, DF, v.5, n.2, p. 126-138, mai./ago. 2008. Disponível em: <<http://ferramentas.unipinhal.edu.br/engenhariaambiental/viewarticle.php?id=133>>. Acesso em: 05 de out. 2015.

LOPES, Frederico Wagner A.; MAGALHÃES, Antônio P. J. Influência das condições naturais de pH sobre o índice de qualidade das águas (IQA) na bacia do Ribeirão de Carrancas. **RBRN - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**: análise dos estudos recentes sobre recursos hídricos e suas conexões com a geografia física. Belo Horizonte v.6, n.2, p. 134-147, 2010. Disponível em: <[https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0CCcQFjABahUKEwjlv\\_8w5PJAhUKIJAKHb3vAEU&url=http%3A%2F%2Fwww.cantacantos.com.br%2Frevista%2Findex.php%2Fgeografias%2Farticle%2Fdownload%2F122%2F120&usq=AFQjCNHjOhjgcKUYHwhskJQFbt7tlxgOOw&sig2=8tGlqw\\_RDc7UCISNQNucQ](https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0CCcQFjABahUKEwjlv_8w5PJAhUKIJAKHb3vAEU&url=http%3A%2F%2Fwww.cantacantos.com.br%2Frevista%2Findex.php%2Fgeografias%2Farticle%2Fdownload%2F122%2F120&usq=AFQjCNHjOhjgcKUYHwhskJQFbt7tlxgOOw&sig2=8tGlqw_RDc7UCISNQNucQ)>. Acesso em 07 nov. 2015.

MARÔCO, João. **Análise Estatística com o SPSS Statistics**. Pero Pinheiro: Report Number, 2011. Disponível em: <[https://books.google.pt/books?id=9d2XupSIDmUC&pg=PA317&hl=pt-PT&source=gbs\\_toc\\_r&cad=3#v=onepage&q&f=false](https://books.google.pt/books?id=9d2XupSIDmUC&pg=PA317&hl=pt-PT&source=gbs_toc_r&cad=3#v=onepage&q&f=false)>. Acesso em: 26 de out. 2015.

MERTEN, Gustavo H.; MINELLA, Jean P.; Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, v.3, n.4, out./dez. 2002. Disponível em: <[http://taquari.emater.tche.br/docs/agroeco/revista/ano3\\_n4/artigo2.pdf](http://taquari.emater.tche.br/docs/agroeco/revista/ano3_n4/artigo2.pdf)>. Acesso em: 09 de out. 2015.

MOITA, Froylan R.; CUDO, Kazimierz J. Aspectos gerais da qualidade da água no Brasil. In: REUNIÃO TÉCNICA SOBRE QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO E SAÚDE NO BRASIL, 1991, Brasília. **Anais...** Brasília: Ministério da Saúde, Secretaria do Meio Ambiente. p. 1-6.

MONTEIRO, Adson B.; CORREIA, Francisco L. F.; FREIRE, Paula Kristhina C.; SOUSA, Ney G.; SOARES, Antônio Reinaldo F. Análise estatística multivariada de dados hidroquímicos do Aquífero Cabeças – Sudoeste da Bacia Sedimentar do Parnaíba – PI. In: XVI CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E XVII ENCONTRO NACIONAL DE PERFURADORES DE POÇOS., 2010, São Luís. **Águas Subterrâneas: patrimônio natural da humanidade.**

OLIVEIRA, Andréia F. G. Testes Estatísticos para Comparação de Médias. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.5, n° 6, p.777-788 nov./dez. 2008. Disponível em: <[http://nutritime.com.br/arquivos\\_internos/artigos/076V5N6P777\\_788\\_NOV2008\\_.pdf](http://nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/076V5N6P777_788_NOV2008_.pdf)>. Acesso em: 08 de out. 2015.

PAES, Bruno L.; SFEIR, Tamires A.; PIASKOWSKI, Thamisis Camila. **Análise da qualidade das águas superficiais dos rios Atuba, Iraí e Pequeno e a influência da precipitação em parâmetros limnológicos.** 2011. 84 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Curso Superior de Tecnologia em Processos Ambientais. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2011. Disponível em: <[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/215/1/CT\\_COPAM\\_2011\\_2\\_04.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/215/1/CT_COPAM_2011_2_04.pdf)>. Acesso em 21 abr. 2014.

PEREIRA, Rejane F.; FEITOSA, Alexandra V.; NUNES, Antônio I. V.; CASTRO, Marco Aurélio H.; PAULINO, Walt Disney. Análise de sensibilidade dos parâmetros do índice de qualidade de água (IQA). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 20., 2013, Bento Gonçalves. **Água - Desenvolvimento socioeconômico e ambiental.** Disponível em: <[http://www.abrh.org.br/SGCv3/UserFiles/Sumarios/57212a9aff12f26b3d5755b6f013cf2\\_8de67601c37ef9b12e1d29f2e38b082a.pdf](http://www.abrh.org.br/SGCv3/UserFiles/Sumarios/57212a9aff12f26b3d5755b6f013cf2_8de67601c37ef9b12e1d29f2e38b082a.pdf)>. Acesso em 19 abr. 2014.

PERIN, LUCAS T. **Uso do Modelo QUAL-UFMG no estudo da qualidade da água e da capacidade de Autodepuração do Rio Km119 – Campo Mourão - Pr.** 2013. 44F. TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (BACHARELADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL) – UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ. CAMPO MOURÃO, 2013.

POLETO, Cristiano.; CARVALHO, Sérgio Luis; MATSUMOTO, Tsunao. Avaliação da qualidade da água de uma microbacia hidrográfica no município de Ilha Solteira (SP). **HOLOS Environment**. v.10, n.1, p.95, 2010.

REID, M. K.; SPENCER, K. L.; Use of principal components analysis (PCA) on estuarine sediment datasets: The effect of data pre-treatment. **Environmental Pollution**. v. 157, n. 8-9, p. 2275–2281, ago-set. 2009. Disponível em: <<http://libaccess.senecacollege.ca:2063/science/article/pii/S0269749109001742>>. Acesso em: 03 nov. 2015.

REIS, Elisabeth; MELO, Paulo; ANDRADE, Rosa; CALAPEZ, Teresa. **Estatística Aplicada**. Lisboa: Edições Sílabo, 2015. Disponível em: <[http://www.silabo.pt/Conteudos/8193\\_PDF.pdf](http://www.silabo.pt/Conteudos/8193_PDF.pdf)>. Acesso em: 25 de out. 2015.

SILVEIRA, Geraldo L.; SILVA, Carlos E.; IRION, Carlos Alberto O.; CRUZ, Jussara.C.; RETZ, Emilene F. Balanço de cargas poluidoras pelo monitoramento quali-quantitativo dos recursos hídricos em pequena bacia hidrográfica. **RBRN - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v. 8, n.1, p. 5-11, 2003. Disponível em: <[https://www.abrh.org.br/sgcv3/UserFiles/Sumarios/f78b6f92a7f4616eea9276dc88ccabf3\\_7f91c4ea18d00d1a11bcbb9eb2ef77d4.pdf](https://www.abrh.org.br/sgcv3/UserFiles/Sumarios/f78b6f92a7f4616eea9276dc88ccabf3_7f91c4ea18d00d1a11bcbb9eb2ef77d4.pdf)>. Acesso em: 02 nov.2015.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS. **Diagnóstico dos serviços de água e esgotos - 2011**. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. 2011. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/PaginaCarrega.php?EWRErterterTERTer=101>>. Acesso em: 21 abr. 2014.

SPERLING, Marcos V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. v.1. 3. ed. Belo Horizonte: UFMG/Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005.

\_\_\_\_\_. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. v.7. 1. ed. Belo Horizonte: UFMG/Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2007.

UNEP/WHO. **Water Quality Monitoring - A Practical Guide to the Design and Implementation of Freshwater Quality Studies and Monitoring Programmes**. Organização Mundial da Saúde. Genebra. 1996. Disponível em: <[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/resourcesquality/waterqualmonitor.pdf?ua=1](http://www.who.int/water_sanitation_health/resourcesquality/waterqualmonitor.pdf?ua=1)>. Acesso em: 19 abr. 2014.

VASCO, A. N; MELLO JUNIOR, A. V.; SANTOS, A. C. A. S.; RIBEIRO, D. O.; TAVARES, E. D.; NOGUEIRA, L. C.. Qualidade da água que entra no estuário do rio

Vaza Barris pelo principal fluxo de contribuição de água doce. **Revista Scientia Plena**, v. 6, n. 9, 2010. Disponível em: < [http://www.redeacqua.com.br/wp-content/uploads/2011/10/Artigo\\_Revista\\_Scientia\\_plena\\_2010.pdf](http://www.redeacqua.com.br/wp-content/uploads/2011/10/Artigo_Revista_Scientia_plena_2010.pdf)>. Acesso em: 17 ago. 2015.