

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DIRETORIA DE GRADUAÇÃO E EDUCAÇÃO PROFISSIONAL  
CURSO DE ENGENHARIA DE BIOPROCESSOS E BIOTECNOLOGIA**

**FERNANDA KELLY DA SILVA ZILLES  
GABRIELLE GOMES PIVATTO**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO MARRECO E PROPOSTA DE  
MONITORAMENTO PARA CONTROLE DOS IMPACTOS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**TOLEDO  
2019**

**FERNANDA KELLY DA SILVA ZILLES**

**GABRIELLE GOMES PIVATTO**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO MARRECO E PROPOSTA DE  
MONITORAMENTO PARA CONTROLE DOS IMPACTOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Toledo, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiras Bioquímicas.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Ana Maria Vélez

**TOLEDO  
2019**



Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Câmpus Toledo  
Diretoria de Graduação e Educação Profissional  
Coordenação de Engenharia de Bioprocessos e  
Biotecnologia



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

### Trabalho de Conclusão de Curso

### AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO MARRECO E PROPOSTA DE MONITORAMENTO PARA CONTROLE DOS IMPACTOS

Por

Fernanda Kelly da Silva Zilles e Gabrielle Gomes Pivatto

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 16:00 do dia 28 de junho de 2019 como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Bioprocessos e Biotecnologia, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

**Prof. Me. Michelle Maria Detoni  
Zanette**  
(UTFPR)

**Me. Lilian Queli Cardoso**  
(Secretaria do meio Ambiente)  
Co-orientador

**Prof<sup>a</sup>. Me. Daieni Alves Vieira  
Amado**  
(UTFPR)

**Prof. Dr. Ana Maria Vélez Scallon**  
(UTFPR)  
**Orientador**

Responsável pelo TCC: Prof. Dr. Thiago Cintra Maniglia

**“A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.”**

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus por ter nos dado saúde e força para superar as dificuldades.

À toda a comunidade acadêmica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, à todos os professores da graduação de Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia, pela contribuição na nossa formação.

À nossa orientadora Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ana Maria Vélez.

À nossa coorientadora Prof.<sup>a</sup> Ms.<sup>a</sup> Lilian Queli Cardoso pela sabedoria, paciência e companheirismo com que nos guiaram nesta jornada.

Às professoras Ms.<sup>a</sup> Michelle Zanette e Ms.<sup>a</sup> Daieni Amado.

Aos técnicos dos laboratórios da UTFPR-TD, Rafael, Danielle e Anderson.

Aos nossos pais e familiares, por todo o incentivo e confiança depositado, sem o alicerce deles seria mais difícil vencer esse desafio.

Aos nossos amigos, que sempre nos apoiaram e incentivaram.

Em especial, Anne, José Roberto e Luiz Felipe.

Enfim, a todos os que por algum motivo, fizeram parte da nossa formação, muito obrigada.

Existirá alguém tão esperto que aprenda pela  
experiência dos outros? (Voltaire)

## **AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO MARRECO E PROPOSTA DE MONITORAMENTO PARA CONTROLE DOS IMPACTOS**

**AUTORES: FERNANDA K. ZILLES, GABRIELLE G. PIVATTO**

**ORIENTADOR: PROF.<sup>a</sup> DR.<sup>a</sup> ANA MARIA VÉLEZ**

ZILLES, F. K. PIVATTO, G. G. **Avaliação da qualidade da água do rio marreco e proposta de monitoramento para controle dos impactos.** 2019. 68. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Bacharelado em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, 2019.

### **RESUMO**

A necessidade de cuidados com a preservação e monitoramento dos recursos hídricos para garantia da sobrevivência é fundamental. Um dos mais relevantes apontamentos da sociedade é o crescimento exacerbado da população, que ocasiona o aumento da geração de efluentes domésticos e industriais diminuindo a disponibilidade hídrica de qualidade. O objetivo do estudo foi verificar através de análises físico-químicas, biológicas e ensaios toxicológicos a qualidade hídrica do rio Marreco. As amostras de água foram coletadas em três pontos diferentes com potenciais de poluição da água do rio Marreco. As análises realizadas foram pH, OD, temperatura da água, turbidez, sólidos totais, DBO, DQO, surfactantes, toxicidade e coliformes termotolerantes. Os resultados obtidos contribuíram para estabelecer uma proposta de minimização e apontamento das possíveis causas de contaminação. Para as comparações estatísticas foram utilizados Análise de Variância seguida pelo Teste de Tukey, ambos com 5% de significância. Os resultados obtidos nas análises de DQO, surfactantes e coliformes termotolerantes permaneceram acima do permitido pela legislação vigente, fazendo-se necessário um monitoramento constante para que seja possível determinar as possíveis causas da contaminação, desta forma utiliza-se como ferramenta o PAR modificado visando a aplicação por moradores locais.

Palavras-chave: Qualidade de Água; Toxicologia; Poluição hídrica; Impacto.

## **MARRECO RIVER WATER QUALITY ASSESSMENT AND MONITORING PROPOSAL FOR IMPACT CONTROL**

**AUTHORS: FERNANDA K. ZILLES, GABRIELLE G. PIVATTO**

**SUPERVISOR: PROF.<sup>a</sup> DR.<sup>a</sup> ANA MARIA VÉLEZ**

ZILLES, Fernanda. K. PIVATTO, Gabrielle. G. **Marreco river water quality assessment and monitoring proposal for impact control**. 2016. 68. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Bachelor of bioprocess and biotechnology Engineering. Federal University of Technology - Paraná, Toledo, 2016.

### **ABSTRACT**

The need for care with the preservation and monitoring of water resources to guarantee survival is essential. One of the most important notes of the society is the exacerbated growth of the population, which causes an increase in the generation of the domestic fluids, industrial fluids generation, and decrease the special class of hydrous accessibility. The objective of the study was to verify through physical-chemical, biological and toxicological tests the water quality of Arroio Marreco. The water samples were collected at three different points with water pollution potential of the Marreco River. The analyzes carried out were pH, OD, water temperature, turbidity, total solids, DBO, DQO, surfactants, toxicity and thermotolerant coliforms. The results obtained contributed to establish a proposal of minimization and indication of possible causes of contamination. For the statistical analyses were used analyses of variance and Tukey's Test, both with 5% of significance. The obtained results of the DQO, surfactants and thermo tolerant coliforms analyses remained over the limit established by the present law, requiring constant monitoring to determine the possible causes of the contamination, in this way the modified PAR is used as a tool for the application by local residents.

Key-words: Quality water; Toxicology; Hydrous pollution; Impact.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Distribuição das águas na Terra.	16
<b>Figura 2.</b> Divisão das Bacias Hidrográficas no Paraná.	18
<b>Figura 3.</b> Principais bacias hidrográficas do Município de Toledo.	20
<b>Figura 4.</b> Associação entre os usos da água e os requisitos de qualidade.	23
<b>Figura 5.</b> Microscopia óptica de <i>Artemia salina</i>	30
<b>Figura 6.</b> Processos naturais relevantes que afetam a qualidade da água	31
<b>Figura 7.</b> Sub-bacia do Rio Marreco.	35
<b>Figura 8.</b> Distância entre ponto 2 e descarte de efluentes.	36
<b>Figura 9.</b> Pontos de coleta.	36
<b>Figura 10.</b> Ponto de coleta 1, antes do lançamento do efluente.	46
<b>Figura 11.</b> Ponto de coleta 2, logo após o lançamento do efluente.	46
<b>Figura 12.</b> Ponto de coleta 3, distante do lançamento do efluente.	47
<b>Figura 13.</b> Precipitação média do município de Toledo.	48
<b>Figura 14.</b> Protocolo de avaliação rápida adaptado de Callisto et al (2002).	60



**LISTA DE QUADROS**

<b>Quadro 1.</b> Classificação das águas doces.	24
<b>Quadro 2.</b> Fontes de poluição e seus impactos.	33
<b>Quadro 3.</b> Métodos das análises a serem desenvolvidas no trabalho.	38

**LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 1.</b> Bacias hidrográficas brasileiras.	17
<b>Tabela 2.</b> Características climatológicas da região de Toledo.	19
<b>Tabela 3.</b> Vazões médias mensais do Rio Marreco.	21
<b>Tabela 4.</b> Pontos de coleta.	36
<b>Tabela 5.</b> Diluição das amostras para teste de toxicidade.	41
<b>Tabela 6.</b> Valores de concentração de O <sub>2</sub> utilizados na curva de calibração.	43
<b>Tabela 7.</b> Resultados pH com desvio padrão.	49
<b>Tabela 8.</b> Resultados turbidez com desvio padrão.	50
<b>Tabela 9.</b> Resultados oxigênio dissolvido com desvio padrão.	51
<b>Tabela 10.</b> Resultados surfactantes com desvio padrão.	52
<b>Tabela 11.</b> Resultados coliformes totais e termotolerantes por NMP.	54
<b>Tabela 12.</b> Resultados sólidos totais com desvio padrão.	56
<b>Tabela 13.</b> Resultados DQO com desvio padrão.	57
<b>Tabela 14.</b> Resultados DBO.	58

**LISTA DE SIGLAS**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional das Águas
APHA	American Public Health Agency
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
ETA	Estação de Tratamento de Água
IAPAR	Instituto Agronômico do Paraná
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
NMP	Número mais provável
NTK	Nitrogênio Total Kjeldahl
NTU	Unidade nefelométrica de turbidez
OD	Oxigênio Dissolvido
PAR	Protocolo de avaliação rápida
PET	Politereftalato de etileno
pH	Potencial Hidrogeniônico
POA's	Processos oxidativos avançado
SANEPAR	Companhia de Saneamento do Paraná
UFC	Unidade formadora de colônia
UTFPR – TD	Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Toledo

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>14</b>
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA</b>	<b>16</b>
2.1 RECURSOS HÍDRICOS	16
<b>2.1.1 Distribuição dos recursos hídricos</b>	<b>16</b>
<b>2.1.2 Potencial hídrico do Brasil</b>	<b>17</b>
<b>2.1.3 Aspectos Gerais das Bacias Hidrográficas e dos Recursos hídricos do Município de Toledo</b>	<b>17</b>
<b>2.1.4 Sub-bacia do Rio Marreco</b>	<b>20</b>
2.2 PLANO NACIONAL DE RECURSOS HIDRÍCOS	21
2.3 QUALIDADE DA ÁGUA	22
<b>2.3.1 Parâmetros químicos da qualidade da água</b>	<b>24</b>
2.3.1.1 Oxigênio Dissolvido	24
2.3.1.2 Potencial Hidrogeniônico	25
2.3.1.3 Sólidos	26
2.3.1.4 Turbidez	26
2.3.1.5 Demanda Bioquímica de Oxigênio	27
2.3.1.6 Demanda Química de oxigênio	27
2.3.1.7 Surfactantes	28
2.3.1.8 Toxicidade	28
2.3.1.9 Coliformes totais e termotolerantes	30
2.4 POLUIÇÃO E CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA	31
2.5 PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO RÁPIDA	33
<b>3 METODOLOGIA</b>	<b>35</b>
3.1 ÁREA DE ESTUDO	35
3.2 COLETA DE AMOSTRAS	37
<b>3.2.1 Interferentes de coleta</b>	<b>37</b>
3.3 PARÂMETROS ANALISADOS	37
<b>3.3.1 Potencial Hidrogeniônico</b>	<b>38</b>
<b>3.3.2 Turbidez</b>	<b>38</b>
<b>3.3.3 Oxigênio dissolvido</b>	<b>39</b>
<b>3.3.4 Surfactantes</b>	<b>39</b>
3.3.4.1 Preparação das amostras e determinação de surfactante	39

<b>3.3.5 Coliformes Totais e Termotolerantes – Ausência e Presença</b>	<b>40</b>
<b>3.3.6 Teste de toxicidade aguda com microcrustáceo Artemia salina</b>	<b>41</b>
<b>3.3.7 Determinação de sólidos totais</b>	<b>41</b>
<b>3.3.8 Demanda Química de Oxigênio</b>	<b>42</b>
<b>3.3.9 Demanda Bioquímica de Oxigênio</b>	<b>43</b>
<b>3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA</b>	<b>44</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>45</b>
<b>4.1 DESCRIÇÃO DOS PONTOS DE COLETA</b>	<b>45</b>
<b>4.2 LEVANTAMENTO DE CHUVAS</b>	<b>47</b>
<b>4.3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA DO RIO MARRECO</b>	<b>49</b>
<b>4.3.1 Potencial Hidrogeniônico (pH)</b>	<b>49</b>
<b>4.3.2 Turbidez</b>	<b>50</b>
<b>4.3.3 Oxigênio dissolvido</b>	<b>51</b>
<b>4.3.4 Surfactantes</b>	<b>52</b>
<b>4.3.5 Coliformes totais e termotolerantes</b>	<b>53</b>
<b>4.3.6 Toxicidade</b>	<b>55</b>
<b>4.3.7 Sólidos totais</b>	<b>55</b>
<b>4.3.8 Demanda química de oxigênio</b>	<b>56</b>
<b>4.3.9 Demanda Bioquímica de oxigênio</b>	<b>57</b>
<b>5 PROPOSTA DE MINIMIZAÇÃO</b>	<b>59</b>
<b>6 CONCLUSÃO</b>	<b>62</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>63</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A água se constitui em um recurso natural de grande importância para a vida dos seres humanos, plantas, animais e microrganismos, sendo efetiva para a totalidade de processos industriais e urbanos (VON SPERLING, 1997). No entanto, a oferta de água vem sendo apontada como um dos maiores problemas do século XXI (VENDRAMEL & KÖLLER, 2002).

Apesar da grande quantidade de água pelo qual o planeta é constituído, a porcentagem de água doce é de somente 2,5 %, e desse valor, apenas 0,3 % é de fácil acesso em rios e lagos, sendo que o restante encontra-se armazenadas em aquíferos (30,8%) e a maior expressão nas calotas polares e geleiras (68,9%) (AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS).

Pela maior facilidade de acesso, as águas superficiais como os lagos e rios, são as mais requeridas pelo homem, podendo então relacionar que o desenvolvimento expressivo das regiões urbanas seja um possível agravante nas alterações dos elementos bióticos e abióticos, do ecossistema local, como nos rios e seus afluentes. Tal fato ocorre, tanto pela utilização inconsciente deste bem, assim como pelo impacto na utilização indevida, descartando resíduos não tratados, desmatando a mata ciliar, interferindo no fluxo do rio entre outras inúmeras ações que refletem na qualidade da água. Fazendo com que seja necessário o monitoramento das características do rio, bem como a fiscalização de possíveis descartes inadequados e mal-uso do recurso. Deste modo, há a necessidade de enquadramento dos recursos hídricos aos diferentes níveis de qualidade que variam com a disposição final, já que podem ser destinadas a usos múltiplos.

Para avaliar as condições ambientais dos corpos hídricos, são normalmente realizadas análises de diversos indicadores que representam suas características físicas, químicas e biológicas. Esses indicadores são comparados a parâmetros estabelecidos pela legislação. No Brasil, a categorização dos corpos d'água foi definida pela resolução 357 de 2005, do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), onde são estabelecidas as diretrizes para a classificação dos corpos hídricos em classes de uso, bem como os padrões de qualidade e para o lançamento de efluentes (BRASIL, 2005). Valores alterados podem indicar uma perturbação do ambiente assim como facilitar o conhecimento da causa. A resolução 430 de 2011, do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA)

complementa e altera a resolução 357 de 2005 aportando definições complementares para condições e padrões de lançamentos de efluentes.

Comumente a legislação, bem como a fiscalização local, se mostram insuficientes para garantir a eficiência na utilização e preservação dos recursos hídricos disponíveis. Tal fato pode ser atribuído à grande quantidade de cursos d'água e ao baixo número de efetivos designados à realização de tal tarefa.

O município de Toledo na região oeste do Paraná, tem uma contribuição expressiva na Bacia Hidrográfica do Paraná 3 na qual está inserida. Sendo que, dentre os rios que constituem os recursos hídricos do município, encontra-se o rio Marreco, que é referencial de lazer para muitos moradores, constituído por inúmeras cachoeiras e também está inserido em muitas propriedades rurais, no qual era utilizado em atividades cotidianas, como pesca e dessedentação animal.

Desta forma, utilizar os recursos disponíveis na pesquisa que são oferecidos pela Universidade, para a realização de monitoramento, avaliação e até mesmo com a contribuição de propostas de descontaminação, constitui-se uma via de mão dupla, onde o conhecimento aprendido em sala pode ser aplicado em causas reais e preocupantes do cotidiano.

O trabalho caracterizou a qualidade da água do rio Marreco através da medida de parâmetros físico-químicos, microbiológicos e de ecotoxicidade em determinados pontos estratégicos de coleta. Com objetivo de identificar os poluentes mais críticos neste corpo d'água ao longo dos seis meses de monitoramento. E com os resultados obtidos, foi proposto um controle para avaliar a qualidade da água do rio.

Este trabalho contribui com uma proposta de minimização de um problema ambiental que é de interesse para a população, além de abrir toda uma linha de pesquisa na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Toledo na área de tratamento de efluentes.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 RECURSOS HÍDRICOS

A água é irrefutavelmente um recurso natural de suma importância para o desenvolvimento de ecossistemas, sendo, portanto, um fator vital para toda população terrestre. Possui um alto valor econômico e é relacionada a todo e qualquer aspecto da civilização humana (NUVOLARI *et al.*, 2010).

#### 2.1.1 Distribuição dos recursos hídricos

Segundo a Agência Nacional das Águas (ANA) (2005), estima-se que o volume de água é de aproximadamente 1.386 milhões de km<sup>3</sup> e somente 2,5% é constituído de água doce, sendo a maior parte (69%) de difícil acesso e concentrada nas geleiras e águas subterrâneas. Na Figura 1 é representada a distribuição das águas na terra, mostrando a pequena porcentagem que pode ser aproveitada pelo ser humano.



O Brasil, em termos globais, possui uma quantidade expressiva de água. Avalia-se que o país possui cerca de 12% da disponibilidade de água doce do planeta. No entanto, a distribuição natural desse recurso não é equilibrada, variando de região para região. Os fluxos de água são estabelecidos conforme condições geológicas de transpiração, escoamento e evaporação e com clima. Variando significativamente no espaço e tempo (PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2016).



No entanto, somente uma pequena porcentagem da água doce é de fácil acesso para utilização. Rios e lagos constituem os mananciais mais acessíveis para as atividades sociais e econômicas da humanidade.

### 2.1.2 Potencial hídrico do Brasil

O território brasileiro é o quinto maior no mundo em relação a sua extensão, ocupando 20,8 % do território das Américas e 47,7% da América do sul, com uma área de estimada 8.547.403 km<sup>2</sup> (IBGE, 1996).

O Brasil é destaque no cenário mundial pela expressiva descarga de água doce dos seus rios. Sendo quatro as principais bacias hidrográficas brasileiras representadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Bacias hidrográficas brasileiras.

<b>Bacias Hidrográficas</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Principais afluentes</b>	<b>Potencial hídrico</b>
<b>Bacia Amazônica</b>	3. 889.489.6	>7000	23 mil Km navegáveis e grande potencial hidrelétrico
<b>Bacia do Prata</b>	1.393.115.6	Formada pelos Rios Paraná, Paraguai e Uruguai	Rio Paraná, maior potencial hidrelétrico. Rio Uruguai, potencial hidrelétrico.
<b>Bacia São Francisco</b>	645.876.6	São Francisco	Única fonte de água da região semiárida do Nordeste Brasileiro. 2 mil km navegáveis.
<b>Bacia do Tocantins</b>	808.150.1	Tocantins	Potencial hidrelétrico

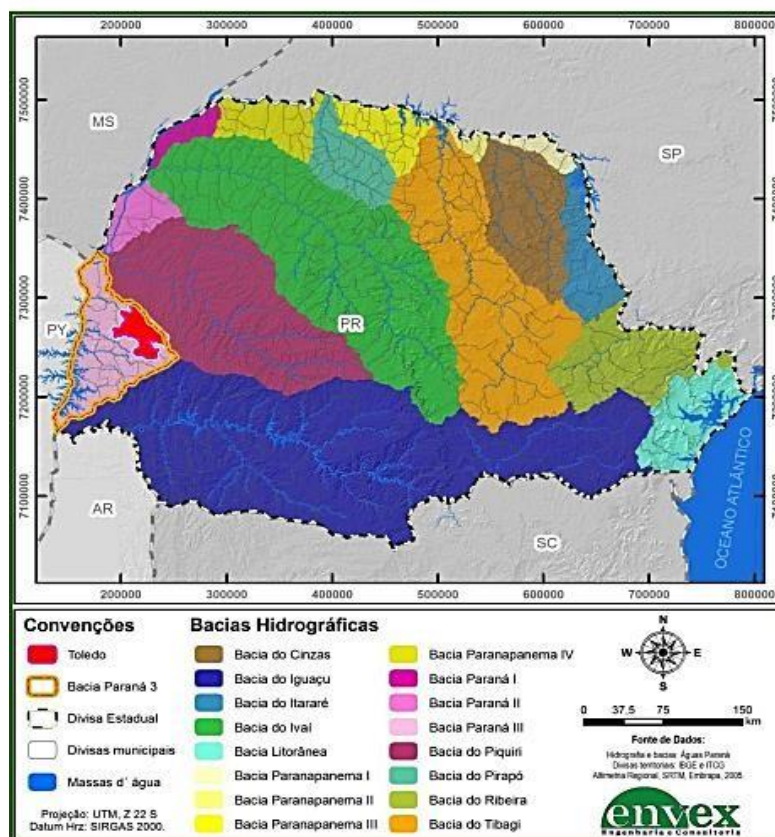
Fonte: Adaptada de NUVOLARI *et al.*, 2010.

### 2.1.3 Aspectos Gerais das Bacias Hidrográficas e dos Recursos hídricos do Município de Toledo

O município de Toledo localiza-se na Bacia Hidrográfica do Paraná 3, a qual está inserida na Região Hidrográfica do Paraná, que segundo a (ANA, 2005) é denominada Alto Paraná. A distribuição das bacias hidrográficas do Paraná e a contribuição do município de Toledo para a mesma é exemplificada na Figura 2.

Possuindo uma área total de 7.979,40 km<sup>2</sup>, cerca de 4% da área do estado a Bacia Hidrográfica do Paraná 3, tem como destaque, a presença da Hidrelétrica de Itaipu, que é considerada a maior usina do mundo em geração de energia. Em sua maioria, a ocupação da bacia do Alto Paraná se dá pela classe de agricultura intensiva, ocorrendo uma faixa de uso misto que segue do Sul até a região central da bacia. Existindo ainda pequenas áreas de cobertura florestal e concentrações urbanas e industriais, com destaque para as regiões de Foz do Iguaçu e Cascavel (PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2016).

**Figura 2.** Divisão das Bacias Hidrográficas no Paraná.



**Fonte:** Prefeitura municipal de Toledo, 2016.

Segundo a classificação de Köppen (KÖPPEN, W.; GEIGER, R. 1928.) que é baseada na vegetação, temperatura e pluviosidade, a bacia do Paraná 3, o município de Toledo, apresenta clima predominante do tipo Cfa, que se trata de um tipo climático subtropical com temperatura média no mês mais frio de aproximadamente 18°C e 22° C no mês mais quente. Também apresenta clima Cfb, que é o clima temperado, propriamente dito. Ambos com concentração de chuvas

nos meses de verão e sem estação de seca definida (PAULI, 2014).

Este tipo de clima é temperado chuvoso, sem estação seca e moderadamente quente representado na Tabela 2 (PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2016).

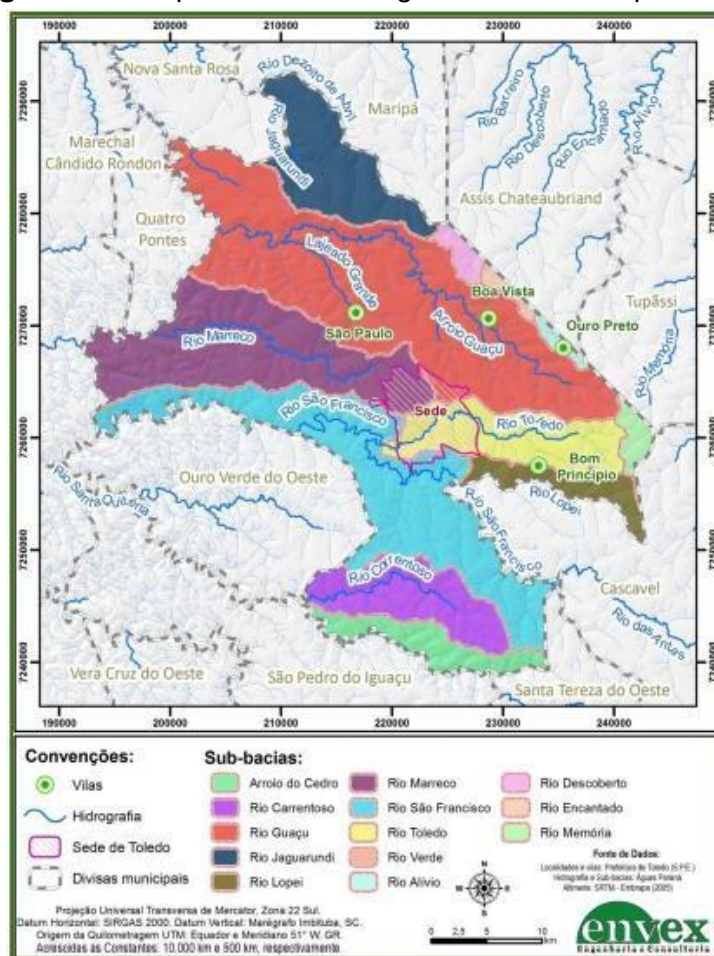
**Tabela 2.** Características climatológicas da região de Toledo.

<b>Precipitação média anual</b>	<b>1600 a 2000 mm</b>
Evapotranspiração média anual	1000 a 1200 mm
Temperatura média anual	20 a 21 °C
Umidade relativa média anual	75 a 80 %
Precipitação média anual	1792 mm (período de 1976 a 2006)

**Fonte:** Adaptado de Prefeitura municipal de Toledo, 2016.

No município de Toledo, além do rio Toledo, as principais bacias hidrográficas que a constituem são a dos rios São Francisco e do Marreco (centro), do Guaçu e Dezoito de abril (ao norte), e Santa Quitéria (ao sul). Essas microbacias hidrográficas (de cerca de 20 km a 70 km de extensão) são utilizadas como referência para o sistema integrado de conservação de solos. O município de Toledo com sua respectiva divisão hidrográfica por sub-bacia hidrográfica é ilustrado na Figura 3.

**Figura 3.** Principais bacias hidrográficas do Município de Toledo.



**Fonte:** Prefeitura municipal de Toledo, 2016.

#### 2.1.4 Sub-bacia do Rio Marreco

Localizado no município de Toledo, o Rio Marreco possui uma extensão de 38,3 km e área de 198,6 km<sup>2</sup>, sendo distribuída entre a área urbana do Distrito Sede e os Distritos de Dois Irmãos, Vila Ipiranga, Concórdia do Oeste e São Miguel. Tendo sua nascente em Toledo, no loteamento Pasquali II (Jardim Gisella) e seguindo seu curso no território de Marechal Cândido Rondon. Seus principais afluentes são as Águas Jacutinga, Silvino, Sururuca, Tarumã, Palmito, Santo Antônio, Macaco, Esperança e Verde, Sanga Panambi, Córregos Azul, Laranjeira, Lageado 41 e Barra Bonita (na divisa com Marechal Cândido Rondon) além do Rio Taquara, que é ilustrado na Figura 4 (PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2016).

É considerado pela população local um rio de grande influência nas atividades, sejam elas de lazer ou econômicas. Além disso, o Arroio Marreco é utilizado como receptor de efluente do tratamento de esgoto sanitário, promovido

pela SANEPAR. As vazões médias mensais são ilustradas na Tabela 3.

**Tabela 3.** Vazões médias mensais do Rio Marreco.

<b>Mês</b>	<b>Vazão média mensal histórica (m<sup>3</sup>/s)</b>
Janeiro	5,43
Fevereiro	5,32
Março	4,52
Abril	5,08
Maiο	5,98
Junho	5,94
Julho	5,20
Agosto	4,73
Setembro	5,04
Outubro	7,15
Novembro	6,27
Dezembro	5,61
<b>Média anual</b>	<b>5,52</b>

**Fonte:** Adaptado de Prefeitura municipal de Toledo, 2016.

## 2.2 PLANO NACIONAL DE RECURSOS HIDRÍCOS

O controle da qualidade da água é um mecanismo de aumento da disponibilidade hídrica, sendo normalmente direcionado apenas ao controle das cargas poluidoras e, usualmente, visto como uma tarefa separada da gestão da quantidade de água. Dessa forma a Lei 9.433 prevê a utilização de cinco instrumentos para permitir a implantação e execução da Política Nacional de Recursos Hídricos (PANSERA, 2018).

O Plano Nacional de Recursos Hídricos é um dos instrumentos que orienta a gestão das águas no Brasil. Composto por um conjunto de diretrizes, metas e programas. O documento final foi aprovado pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) em 30 de janeiro de 2006. Os objetivos específicos são assegurar: a melhoria das disponibilidades hídricas, superficiais e subterrâneas, em qualidade e quantidade; a redução dos conflitos reais e potenciais de uso da água, bem como

dos eventos hidrológicos críticos e a percepção da conservação da água como valor socioambiental relevante (BRASIL, 20??).

Devido a seu caráter nacional, o PNRH é adequado periodicamente às realidades das Regiões Hidrográficas, por revisões que aperfeiçoam e aprofundam temas a partir de análises técnicas e de consultas públicas. Assim, a elaboração do Plano configura um processo de estudo, diálogo e pactuação contínuos, o que resulta em “retratos” da situação dos recursos hídricos em diferentes momentos históricos. Dessa forma, sua base é composta pelo Planos de bacia; Enquadramento dos corpos d’água em classes segundo os usos preponderantes; Outorga de uso da água; Cobrança pelo uso da água; Sistemas de informação de recursos hídricos (PANSERA, 2019).

### 2.3 QUALIDADE DA ÁGUA

A qualidade da água está relacionada diretamente com a sua aplicação. A água configura-se como um recurso natural e essencial, que visa atender necessidades biológicas, servir ao meio ambiente, geração de energia, saneamento básico, agricultura, pecuária, indústria, navegação, entre outros. Logo, diferentes usos da água, possuem diferentes características de qualidade, sendo necessário fixar um padrão mínimo relacionado à sua utilização (NUVOLARI *et al.*, 2010).

O nível de qualidade e as características desejáveis que são requeridos para as diversas finalidades da água devem ser fundamentados em suporte legal, sendo obtido por meio de legislações que estabelecem parâmetros em função do uso previsto, como demonstra a Figura 4.

**Figura 4.** Associação entre os usos da água e os requisitos de qualidade.

<b>Uso Geral</b>	<b>Uso específico</b>	<b>Qualidade requerida</b>
<b>Abastecimento de água doméstico</b>		- Isenta de substâncias químicas e organismos prejudiciais a saúde - Adequada para serviços domésticos - Baixa agressividade e dureza - Esteticamente agradável (baixa turbidez, cor, sabor e odor, ausência de microrganismos).
<b>Abastecimento industrial</b>	Água é incorporada ao produto	- Isenta de substâncias químicas e organismos prejudiciais a saúde - Esteticamente agradável (baixa turbidez, cor, sabor e odor, ausência de microrganismos).
<b>Irrigação</b>	Água entra em contato com o produto	- Variável com o produto
	Água não entra em contato com o produto Hortaliças, produtos ingeridos crus ou com casca. Demais plantações	- Baixa dureza e agressividade - Isenta de substâncias químicas e organismos prejudiciais a saúde - Salinidade não excessiva - Isenta de substâncias químicas prejudiciais ao solo e às plantações - Salinidade não excessiva
<b>Dessedentação de animais</b>	-	- Isenta de substâncias químicas e organismos prejudiciais aos animais
<b>Preservação da flora e fauna</b>	-	- Variável com requisitos ambientais da flora e da fauna que se deseja preservar
<b>Recreação e lazer</b>	Contato primário (natação, esqui, surfe)	- Isenta de substâncias químicas e organismos prejudiciais a saúde - Baixos teores de sólidos em suspensão, óleos e graxas.
<b>Geração de energia</b>	Contato Secundário (navegação, lazer contemplativo).	Aparência agradável
	Usinas hidrelétricas	- Baixa agressividade
	Usinas nucleares ou termelétricas	- Baixa dureza
<b>Transporte</b>		Baixa presença de material grosseiro que possa pôr em risco as embarcações
<b>Diluição de despejos</b>	-	-

Fonte: Adaptado de Von Sperling, 2007.

As Resoluções Conama n. 357, de 17 de março de 2005 e n. 430 de 13 de maio de 2011, indicam padrões de qualidade dos corpos receptores e para lançamento de efluentes nos corpos d'água e padrões de balneabilidade. Além disso, no Conama 357 foi estabelecida a Classificação das águas (doces, salinas e

salobras) e, fixado para cada uma delas limites e/ou condições relacionadas à sua destinação final e uso como é representado no Quadro 1.

**Quadro 1.** Classificação das águas doces.

<b>Classe</b>	<b>Destinação</b>
<b>Classe especial</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Abastecimento para consumo humano, com desinfecção.</li> <li>- Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.</li> <li>- Preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.</li> </ul>
<b>Classe 1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado.</li> <li>- Proteção das comunidades aquáticas</li> <li>- Recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;</li> <li>- Irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película</li> <li>- Proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas</li> </ul>
<b>Classe 2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;</li> <li>- Proteção das comunidades aquáticas;</li> <li>- Recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;</li> <li>- Irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e.</li> <li>- Aquicultura e à atividade de pesca.</li> </ul>
<b>Classe 3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;</li> <li>- Irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;</li> <li>- Pesca amador e recreação de contato secundário;</li> <li>- Dessedentação de animais.</li> </ul>
<b>Classe 4</b>	Navegação

Fonte: Adaptado do CONAMA 2005.

### 2.3.1 Parâmetros químicos da qualidade da água

#### 2.3.1.1 Oxigênio Dissolvido

Organismos aeróbios aquáticos dependem diretamente da disponibilidade de



oxigênio dissolvido na água. É de extrema importância a determinação de sua concentração, uma vez que o oxigênio está presente praticamente em todos os processos químicos e biológicos.

A descarga de material orgânico em excesso na água pode resultar na diminuição do oxigênio no sistema devido ao seu consumo por microrganismos que fazem a decomposição de compostos orgânicos.

A quantidade de oxigênio presente na água depende da temperatura, da quantidade de sais presentes e da pressão atmosférica (EMBRAPA, 2006).

Existem casos de supersaturação, onde as concentrações podem ter valores superiores a 10 mg/L que é o caso das águas eutrofizadas (ricas em nutrientes). Tal fenômeno pode ocorrer em lagos e represas, em que o excessivo crescimento das algas faz com que durante o dia, devido à fotossíntese, os valores de oxigênio fiquem mais elevados e, durante a noite a respiração dos organismos faz com que as concentrações de oxigênio diminuam significativamente, podendo até causar a morte de organismos, como peixes. (ANA, 2005).

### 2.3.1.2 Potencial Hidrogeniônico

O potencial hidrogeniônico (pH) se trata da concentração dos íons  $H^+$  nas águas, expressa a intensidade das condições ácidas ou alcalinas. É considerado um parâmetro chave nas estações de tratamento por influenciar nos processos e operações unitárias de potabilização. Compreende um intervalo de 0 a 14, onde valores abaixo de 7 indicam condições ácidas e acima de 7 alcalinas (LIBÂNIO, 2008).

Os valores de pH podem ser influenciados por fatores naturais, como dissolução de rochas, absorção de gases atmosféricos, oxidação da matéria orgânica e fotossíntese, e antropogênicos pelo despejo de esgotos domésticos e industriais, devido à oxidação da matéria orgânica e à lavagem ácida de tanques, respectivamente (SPERLING, 2005).

O pH do ambiente é considerado um parâmetro de grande valia para se investigar um possível ponto de contaminação e seu causador. Em corpos d'água o pH é mais ácido, assim a solubilidade de agroquímicos aumenta, o que pode inibir a atividade bentônica fato que ocorre devido à redução da decomposição e a ciclagem de nutrientes. Outro fator de interferência do pH, refere-se à proporção de amônia

ionizada que predomina em pH ácido, e a amônia livre, que pode ser tóxica para alguns organismos presentes no ambiente aquático (HERMES E SILVA, 2004).

Além disso, sabe-se que o processo de oxidação biológica tende a reduzir o seu valor provocando alterações na biota do ambiente aquático (NUVOLARI *et al.*, 2010).

#### 2.3.1.3 Sólidos

Sólidos são substâncias que apresentam rigidez e se encontram dissolvidas ou suspensas nas águas naturais e residuárias, são a característica física de maior importância no dimensionamento e controle de operações de unidades de tratamento de efluentes.

A presença de sólidos nas águas pode ser relacionada tanto a características biológicas como químicas, podendo ocorrer de forma natural devido a processos erosivos, orgânicos e detritos orgânicos, ou de forma antropogênica como o lançamento de lixo e esgoto (ALMEIDA, 2013).

Os sólidos podem ser subdivididos em diversas classes, sendo as mais abordadas para parâmetros da qualidade da água os sólidos totais, sólidos dissolvidos fixos e sólidos dissolvidos voláteis.

#### 2.3.1.4 Turbidez

A turbidez da água é causada por uma grande variedade de sólidos em suspensão e indica o grau de interferência com a passagem de luz através da mesma, sendo expressa por meio de unidades de turbidez (uT), também denominadas nefelométricas de turbidez (LIBÂNIO, 2008).

A *American Public Health Association* (APHA; WEF, 2005) define turbidez como a expressão da propriedade óptica que faz a luz ser dispersa ou absorvida em vez de ser transmitida em linha reta através da amostra. Sendo assim, águas que possuem a mesma magnitude de turbidez podem apresentar partículas suspensas com características diferentes, como a composição, tamanho e formato, de maneira que os tipos de partículas irão interferir na passagem da luz (LIBÂNIO, 2008).

A turbidez natural das águas superficiais pode ter ocorrências de origem natural – partículas de rochas, argila, algas, microrganismos – e também de origem

antrópica como o lançamento de esgotos domésticos ou industriais e erosão (SPERLING, 2005).

#### 2.3.1.5 Demanda Bioquímica de Oxigênio

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) é um indicador indireto da quantidade de matéria orgânica presente. Podendo ser definida como a quantidade de oxigênio necessária para oxidar o carbono orgânico biodegradável, através de processos bioquímicos de decomposição. As bactérias aeróbias são responsáveis por transformar a matéria orgânica em uma forma inorgânica estável (SPERLING, 2005).

A DBO de um corpo d'água está relacionada diretamente com o oxigênio dissolvido naquele corpo, sendo que quanto maior o valor da DBO no meio aquático, maior será a demanda de oxigênio e mais elevado será o seu consumo. Este parâmetro permite quantificar o impacto causado indiretamente na biota pelo lançamento de material orgânico. Sendo considerado indireto por diminuir o oxigênio no meio, no entanto a demanda bioquímica de oxigênio não significa em si um indicador de toxicidade, pois não expressa nenhum dano direto aos seres vivos (LEITE, 2004).

Dentre os fatores que afetam a demanda bioquímica de oxigênio, o lançamento de água residuária é o mais expressivo, visto que aumentam a DBO e a carga de nutrientes de corpos d'água, causando impactos negativos ao ambiente e levam à desestabilização de ecossistemas aquáticos (MORRISON *et al.*, 2001).

#### 2.3.1.6 Demanda Química de oxigênio

A demanda química de oxigênio revela a quantidade de oxigênio necessária para a oxidação da matéria orgânica, por meios químicos. Sendo de extrema importância para a detecção da presença de substâncias com resistência à degradação biológica (INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS).

A resolução CONAMA 357/05 não faz nenhuma referência ao parâmetro DQO na classificação dos corpos d'água e nos padrões de lançamento de efluentes líquidos (AQUINO; SILVA; L. CHERNICHARO, 2007).

Mesmo sem um limite estabelecido pela legislação, a DQO é um parâmetro de grande importância em estudos sobre a qualidade da água, sendo um parâmetro

que dá uma indicação do oxigênio requerido para estabilização da matéria orgânica, está quase sempre associada a DBO, no entanto os valores da DQO são sempre maiores que a DBO, pois ela considera além da matéria orgânica, compostos não biodegradáveis. Logo, é utilizada para observar o nível e a maior facilidade ou dificuldade de biodegradabilidade dos despejos (AGUDO, 1992).

#### 2.3.1.7 Surfactantes

Os surfactantes são moléculas constituídas de uma parte hidrofóbica e outra hidrofílica. A parte apolar da molécula é frequentemente uma cadeia hidrocarbonada enquanto a parte polar pode ser iônica (aniônica ou catiônica), não-iônica ou anfotérica (NITSCHKE & PASTORE, 2002).

A presença dos surfactantes altera os fatores visuais dos rios (formação de espumas) e afetam as propriedades físico-químicas e biológicas dos solos assim como a solubilidade de substâncias e do O<sub>2</sub>, podendo permanecer no meio ambiente durante um longo período de tempo (RAMOS; ALEM SOBRINHO, 2002).

#### 2.3.1.8 Toxicidade

Para avaliar o impacto ambiental dos poluentes sobre um ecossistema é necessário identificar as substâncias causadoras de efeitos nocivos nos organismos e os inertes do ambiente. Assim, torna-se necessário a utilização de testes de toxicidade e verificação da presença ou ausência de organismos indicadores do meio (MATOS, 2011).

A Ecotoxicologia é a ciência que estuda e engloba os efeitos nocivos promovidos por substâncias químicas, principalmente de origem antrópica, sobre populações de organismos presentes nos ecossistemas. Para avaliação dos efeitos agudos utiliza-se testes de exposição curtos e para efeitos crônicos, testes de longa duração (AZEVEDO; CHASIN, 2003).

Os testes de toxicidade aguda são empregados para avaliar os efeitos sobre organismos expostos às amostras em curto período de tempo, em média 1 a 4 dias, dependendo do organismo, analisando a mortalidade (peixes) ou um efeito que anteceda a mortalidade. Os resultados geralmente são expressos em termos de CE<sub>50</sub> (concentração mediana efetiva que imobiliza 50 % dos organismos teste) ou

CL<sub>50</sub> (concentração mediana letal a 50 % dos organismos testes) (ARAGÃO; ARAÚJO, 2006).

Os testes crônicos estimam os efeitos gerados por contaminantes presentes em níveis sub letais aos organismos, avaliando os efeitos na sobrevivência, desenvolvimento de ovos, reprodução e comportamento, durante uma fase representativa do ciclo de vida. Os resultados podem ser expressos em CENO (maior concentração que não causa efeito aos organismos teste), CEO (menor concentração que causa efeito aos organismos), VC (valor crônico), que corresponde à média geométrica entre CENO e CEO, como também em CI<sub>25%</sub>, que indica a concentração nominal do agente tóxico, que causa a redução de 25% na reprodução dos organismos em relação ao controle experimental (ARAGÃO; ARAÚJO, 2006).

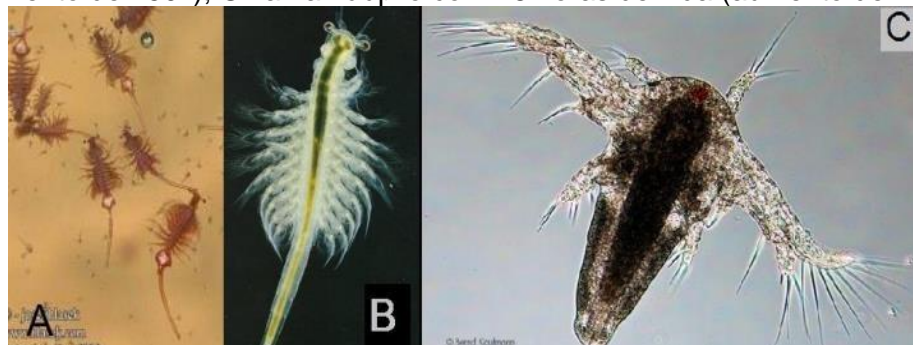
Para avaliação de toxicidade em efluentes e em águas naturais e residuais emprega-se o uso de bioensaios de toxicidade aguda, utilizando vários organismos de diferentes níveis taxonômicos, a fim de aumentar a confiabilidade dos resultados (CUNHA, 2011).

Os organismos normalmente utilizados nos testes de toxicidade são dos ecossistemas marinhos, terrestres ou fluviais, como microrganismos, invertebrados, plantas e peixes (TOTHIL; TURNER, 1996).

Dentre os bioindicadores utilizados podem-se citar os micros crustáceos *Artemia salina*, *Daphnia magna*, *Daphnia similis* e *Ceriodaphnia dubia*, a microalga *Chlorella vulgaris*, as bactérias *Photobacterium phosphoreum* e *Spirillum volutans* e a *Lactuca sativa* (semente de alface).

Cistos de *Artemia salina* são comumente usados em testes de toxicidade, devido sua elevada disponibilidade, baixo custo e simplicidade no uso. São microcrustáceos que podem ser observados a olho nu ou com auxílio de um microscópio como é ilustrado na Figura 5 (CUNHA, 2011).

**Figura 5.** Microscopia óptica de *Artemia salina*. A: adulto (aumento de 100x); B: adulto (aumento de 250x); C: larva náuplio com 48 horas de vida (aumento de 400x).



**Fonte:** FREITAS, 2008.

Os cistos podem ser armazenados, sem perder sua viabilidade, em ambiente seco ou sob condições anaeróbias por no mínimo seis meses. Possuem alta sensibilidade a substâncias tóxicas e uma resposta rápida que estima diretamente a toxicidade aguda (CUNHA, 2011).

#### 2.3.1.9 Coliformes totais e termotolerantes

É necessário ter uma preservação da qualidade da água, principalmente no que se refere à água dos mananciais como minas, poços, nascentes, lagos, entre outros, que são destinados ao consumo humano, uma vez que sua contaminação por excretas de origem animal e humana pode torná-las um veículo de transmissão de doenças infecciosas e parasitárias, o que influencia diretamente à saúde da população (BUZANELLO *et al.*, 2008).

As bactérias do grupo coliforme são utilizadas como parâmetros de contaminação bacteriológica da água. Essas habitam normalmente o trato gastrointestinal do homem e de outros animais homeotérmicos, em ambientes não fecais, no solo e vegetais havendo também relativa capacidade de se multiplicarem na água (ALVES *et al.*, 2018).

Para determinação de indicadores de contaminação fecal em água, utiliza-se testes que são a maneira mais sensível e específica de estimar a qualidade da água.

Os métodos mais utilizados são: a determinação de coliformes termotolerantes e totais (BOMFIM et al., 2007).

O grupo de bactérias termotolerantes são capazes de fermentar a lactose em temperaturas elevadas ( $44,5 \pm 0,2$  °C), por um prazo de 24 horas e engloba predominantemente o gênero *Escherichia*. Os coliformes totais possuem um amplo grupo de bactérias aeróbias ou anaeróbias que são capazes de fermentar a lactose de 24 a 48 horas à temperatura 35 a 37 °C (LIBÂNIO, 2008).

Para análises de água bruta emprega-se a técnica com o indicador *E. coli*, a fim de avaliar a probabilidade da presença de protozoários e outros patógenos, e para monitoramento de efluentes das estações de tratamento, utiliza-se coliformes totais como balizador da qualidade da água tratada e eficiência de potabilização (LIBÂNIO, 2008).

## 2.4 POLUIÇÃO E CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA

A qualidade da água é afetada por uma variedade de ações antropológicas e também naturais como processos de precipitação, sorção e solubilização, como ilustrado na Figura 6.

**Figura 6.** Processos naturais relevantes que afetam a qualidade da água.

Tipo de processo	Principal processo dentro do corpo d'água	Corpo d'água
Hidrológicos	Diluição	Todos os corpos d'água
	Evaporação	Águas de superfície
	Percolação e lixiviação	Águas subterrâneas
	Suspensão e sedimentação	Águas de superfície
Físicos	Troca gasosa com a atmosfera	Principalmente rios e lagos
	Volatilização	Principalmente rios e lagos
	Adsorção/dessorção	Todos os corpos d'água
	Aquecimento e resfriamento	Principalmente rios e lagos
	Difusão	Lagos e águas subterrâneas
Químicos	Fotodegradação	Lagos e rios
	Reações ácido-base	Todos os corpos d'água
	Reações redox	Todos os corpos d'água
	Dissolução de partículas	Todos os corpos d'água
	Precipitação de minerais	Todos os corpos d'água
	Troca iônica	Águas subterrâneas
Biológicos	Produção primária	Águas de superfície
	Morte e crescimento microbiano	Todos os corpos d'água
	Decomposição de matéria orgânica	Principalmente rios e lagos
	Bioacumulação	Principalmente rios e lagos
	Biomagnificação	Principalmente rios e lagos

**Fonte:** PAULI, 2014.

Além das formas naturais a contaminação pode se dar pela forma antrópica, podendo ser classificada como fontes pontuais ou difusas. Segundo Sodré (2012), as fontes difusas de poluição, também denominadas não pontuais, são aquelas cuja origem não pode ser facilmente identificada.

Usualmente a poluição difusa se dá a partir de ações consecutivas sobre extensas áreas diferentemente das atividades pontuais que geralmente são caracterizadas por operações repetitivas concentradas em pequenas áreas (NOVOTNY; CHESTERS, 1981).

Em áreas rurais, as fontes de poluição podem ocorrer a partir de atividades agrícolas por meio da contaminação da água por fertilizantes ou agrotóxicos aplicados ao solo (GONÇALVES *et al.*, 2000).

Já a poluição pontual, é aquela onde os poluentes são lançados em pontos específicos dos corpos d'água e de forma individualizada, o lançamento ocorre de forma controlada sendo estabelecidos padrões médios de lançamento. Sendo que preferencialmente a quantidade e composição dos lançamentos não sofram grandes variações ao longo do tempo. As indústrias e estações de tratamento de esgotos são exemplos deste tipo de poluição (PEREIRA, 2004).

Os poluentes são definidos de acordo com sua atividade geradora, causando um efeito característico, como demonstrado no Quadro 2, que identifica alguns dos principais poluentes e seus efeitos.



**Quadro 2.** Fontes de poluição e seus impactos.

<b>Fonte de Poluição</b>	<b>Poluentes</b>	<b>Consequências</b>
<b>Esgoto doméstico</b>	Matéria orgânica biodegradável, microrganismos (bactérias, vírus, etc.), nutrientes (nitrogênio e fósforo), óleos e graxas, detergentes e metais.	Diminuição do OD Aumento da DBO Aumento da DQO Eutrofização
<b>Agricultura</b>	Defensivos agrícolas	Bioacumulação Toxicidade
<b>Indústria</b>	Poluição Térmica	Aumento da necessidade de oxigênio dos organismos
	Fertilizantes	Eutrofização Diminuição do OD Toxicidade
	Resíduos de curtume	Toxicidade
<b>Matadouro</b>	Material em suspensão, nutrientes, matéria orgânica, cor e microrganismos.	Aumento da DBO e turbidez Diminuição do OD

**Fonte:** Adaptado de Pereira, 2004.

## 2.5 PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO RÁPIDA

A avaliação ambiental de cursos d'água por meio de parâmetros físico-químicos e microbiológicos geram elevados custos e exigem conhecimento técnico adequado.

Os problemas nos dados de qualidade da água disponíveis e as deficiências das redes de monitoramento tem feito com que pesquisadores reavaliem os procedimentos comumente utilizados e estabeleçam métodos úteis, eficazes e confiáveis, que em conjunto com os métodos já existentes, potencializem os dados referentes ao estado real dos corpos hídricos sob avaliação, com ajuda das comunidades locais (RODRIGUES, 2008).

Neste contexto, se inserem os Protocolos de Avaliação Rápida dos Rios (PARs), ferramentas úteis que levam em consideração a análise integrada dos

ecossistemas, por meio de uma metodologia simples, fácil e viável para aplicação por pessoas previamente instruídas (BARBOUR *et al.*, 1999).

Por definição, os PARs são documentos de referência que contém procedimentos metodológicos aplicáveis a avaliação rápida, qualitativa e semi – quantitativa, de um conjunto de variáveis representativos dos principais componentes físicos que controlam e condicionam os processos e funções ecológicas dos sistemas fluviais (CALLISTO *et al.*, 2002; RODRIGUES *et al.*, 2008).

Para Barbour *et al.* (1999), os PARs são procedimentos de baixo custo, cientificamente válidos e que geram resultados rápidos, além de produzirem relatórios científicos facilmente traduzidos para gestão e pelo público leigo.

Os Protocolos de Avaliação Rápida de Rios são compostos por *checklists* que avaliam determinados parâmetros e permitem obter uma pontuação do estado de conservação em que os rios se encontram. Em algumas situações, os protocolos são adaptados uma vez que o ecossistema fluvial estudado pode apresentar diferentes tipos de vegetação, clima, solo, relevo, dentre outros aspectos.

Para sua aplicação, é importante buscar uma área para controle dos resultados que, preferencialmente, apresente baixas interferências antrópicas (MINATTI-FERREIRA; BEAUMORD, 2004 apud RODRIGUES *et al.*, 2010). O valor obtido na aplicação do PAR nessa área servirá como um limite de referência para execução do PAR na área estudada. A partir desse ponto de referência é que são feitas as análises da qualidade ambiental dos outros pontos.

Callisto *et al.* (2002) apresentaram um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats, modificado da proposta de Hannaford *et al.* (1997) e da Agência Nacional de Proteção de Ohio (U. S. EPA, 1987), fazendo adaptações para as condições dos ecossistemas nos estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro, no qual foi aplicado por dois grupos de estudantes e para avaliar a significância estatística foram realizados testes t Student.

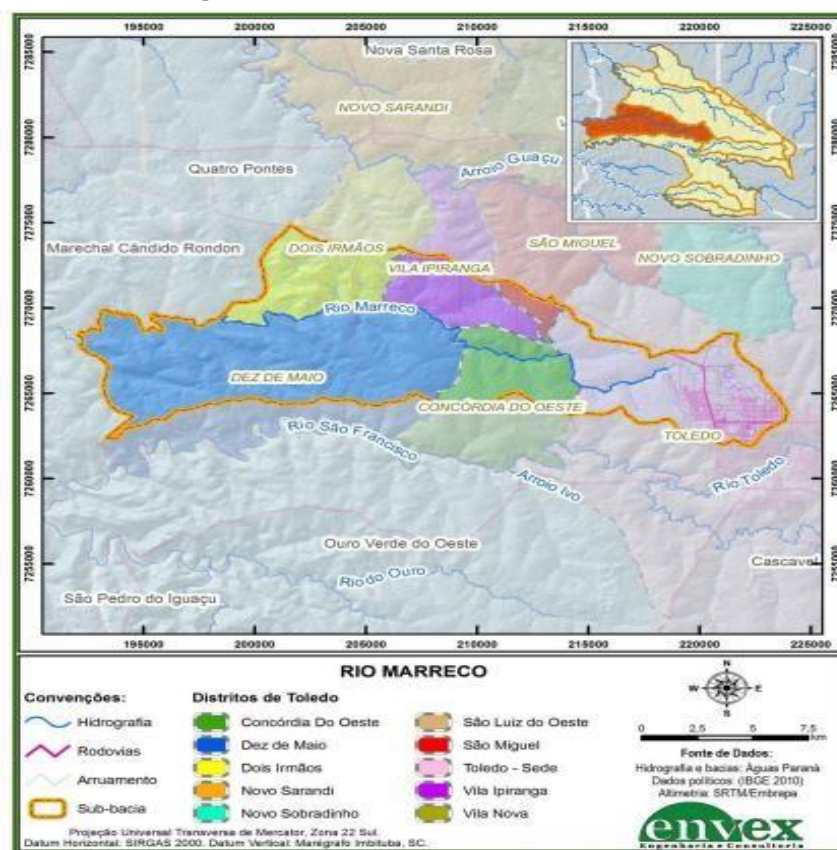
O uso dos PARs de forma complementar a outras análises da qualidade da água de rios (como análises físico-químicas e microbiológicas da água e do solo, por exemplo), permite a obtenção de informações que possibilitem o planejamento do uso e conservação dos recursos fluviais (Rodrigues *et al.*, 2010).

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi desenvolvido no rio Marreco, localizado no município de Toledo, com uma extensão de aproximadamente 40 km, possui nascente no bairro Jardim Gisella e segue seu curso no território de Marechal Cândido Rondon até confluir com o Rio São Francisco verdadeiro, como representado na Figura 7.

**Figura 7.** Sub-bacia do Rio Marreco.



**Fonte:** Prefeitura municipal de Toledo, 2016.

Para a escolha dos pontos de coleta, foi considerado o ponto de descarte da estação de tratamento de esgoto do município de Toledo, sendo em coordenadas geográficas 24°42'04.7"S 53°48'24.9"W, obtidas por GPS. O segundo ponto localiza-se aproximadamente 940,45 metros do lançamento do efluente, conforme Figura 8 e o terceiro considerou-se uma distância significativa do lançamento do efluente no

corpo, para que fosse possível a visualização no geral do aspecto do Arroio marreco. Os três pontos de coleta estão descritos na Tabela 4 e ilustrados na Figura 9.

**Figura 8.** Distância entre ponto 2 e descarte de efluentes.



Fonte: Autores, 2019.

**Tabela 4.** Pontos de coleta.

Ponto de coleta	Local (em relação à ETE)	Coordenadas geográficas
P1	Aprox. 4 km antes do lançamento	24°41'20.7"S 53°46'33.1"W
P2	Aprox. 940 m após o lançamento	24°42'01.1"S 53°48'55.6"W
P3	Aprox. 15 km após o lançamento	24°39'32.0"S 53°54'02.2"W

Fonte: Autores, 2019.

**Figura 9.** Pontos de coleta.



Fonte: Autores, 2019.

## 3.2 COLETA DE AMOSTRAS

O monitoramento das amostras foi realizado em um período de 6 meses, compreendido entre setembro de 2018 a março de 2019, não havendo a coleta do mês de fevereiro por limitações técnicas e logísticas. Sendo a amostragem realizada mensalmente.

O tipo de amostragem utilizado foi o método simples, onde prevê a retirada de uma porção diretamente do corpo hídrico, sendo um local representativo. Para armazenagem das amostras foram utilizados recipientes previamente higienizados, sendo eles, poli tereftalato de etila (PET) para análises que não necessitem de esterilização e recipientes de vidros autoclavados para análise microbiológica. As amostras foram conservadas resfriadas a uma temperatura de 4°C em bolsas térmicas até as dependências da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, onde foram realizadas as análises, preferencialmente no mesmo dia da coleta ou até a entrega no laboratório localizado na UNIOESTE (GERPEL) para a realização da análise de DBO que foi terceirizada.

### 3.2.1 Interferentes de coleta

Com objetivo de minimizar os efeitos dos interferentes durante a coleta, o índice de precipitação foi utilizado em períodos antecedentes às coletas.

E em relação à natureza das amostras coletadas, foram de água superficial (0 a 30 cm de profundidade), sempre elaborada pelo mesmo mecanismo para garantir que o processo fosse igual em todo o período de coletas.

## 3.3 PARÂMETROS ANALISADOS

Os indicadores da qualidade da água avaliados foram: pH, oxigênio dissolvido, turbidez, coliformes totais e termotolerantes, toxicidade aguda, sólidos totais, DBO, DQO e surfactantes. As metodologias físico-químicas utilizadas seguiram o *Standard Methods for the examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005). No Quadro 3 constam as metodologias que foram utilizadas para análise.

**Quadro 3.** Métodos das análises a serem desenvolvidas no trabalho.

<b>Análise</b>	<b>Método</b>	<b>Referências</b>
pH	pHmetro Policontrol 250	APHA (2005)
Oxigênio Dissolvido	Oxímetro microprocessado SL 520	APHA (2005)
Turbidez	Nefelométrico	APHA (2005)
Coliformes totais e termolerantes	Número mais provável	SILVA <i>et al.</i> , (2007)
Toxicidade aguda	Ecotoxicidade	MEYER <i>et al.</i> , (1982)
Sólidos totais	Gravimétrico	APHA (2005)
DQO	Micrométodo	APHA (2005)
Surfactantes	Azul de Metileno	APHA (2005)

**Fonte:** Autores, 2019.

Os procedimentos de realização para cada parâmetro são detalhados a seguir.

### 3.3.1 Potencial Hidrogeniônico

As análises de pH foram realizadas no dia da coleta utilizando o papel indicador MColorpHast, e nas dependências da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Toledo, pelo método potenciométrico utilizando o pHmetro digital Policontrol 250. Foi realizada a calibração do pHmetro, conforme recomendações do fabricante. Após a calibração do aparelho com soluções tampão pH 4 e 7, foram realizadas as medições do pH.

### 3.3.2 Turbidez

Para a análise de turbidez utilizou-se um turbidímetro MS Tecnopon com faixa de leitura de 0,8 até 1000 NTU, previamente calibrado com as soluções padrões. As soluções padrões são instáveis e possuem um período de no máximo 15 dias de

utilização após o seu preparo, caso esse tempo exceda, a calibração será inválida, sendo necessária a preparação de novos padrões.

### 3.3.3 Oxigênio dissolvido

A análise de oxigênio dissolvido foi realizada “in loco” com a utilização da sonda portátil (oxímetro microprocessado SL 520) previamente calibrada. A sonda foi imersa na água com movimentos circulares até sua estabilização. E a calibração da sonda foi realizada utilizando a solução “zero” com sulfito de sódio e com a atmosfera que se caracteriza “100%” e quando necessário utilizou-se da troca de membrana que foi realizada cuidadosamente para evitar a formação de bolhas.

### 3.3.4 Surfactantes

Para a determinação da concentração de surfactantes, foi necessário a elaboração de uma curva de calibração padrão. Os padrões então foram transferidos para funis de separação de 500,0 mL e o pH ajustado a 7,0, utilizando hidróxido de sódio 0,1 mol L<sup>-1</sup> ou ácido sulfúrico 0,05 mol L<sup>-1</sup>. Adicionou-se aos padrões 25,0 mL de solução de azul de metileno. E realizou-se três extrações sucessivas com alíquotas de 10,0 mL de clorofórmio cada. Na primeira extração foi adicionado cerca de 1,0 mL de álcool isopropílico para evitar a formação de emulsão. A fase orgânica foi recolhida em balão volumétrico de 50,0 mL e o volume completado com clorofórmio (APHA,2005).

Sendo então determinada a absorvância das soluções em espectrofotômetro UV/VIS a 652 nm. As leituras foram realizadas em duplicata e as médias das absorvâncias referentes a cada concentração foram plotadas em gráfico de concentração *versus* absorvância. Obtendo assim, a equação da reta e o coeficiente de correlação que foram calculados pela análise de regressão linear (APHA, 2005).

#### 3.3.4.1 Preparação das amostras e determinação de surfactante

Foi retirado uma alíquota de 250,0 mL de cada uma das amostras e então filtradas para retirada de possíveis materiais em suspensão, ajustou-se o pH a 7,0 ± 0,1 com hidróxido de sódio 0,1 mol L<sup>-1</sup> ou ácido sulfúrico 0,05 mol L<sup>-1</sup>. As amostras foram então transferidas para funis de separação de 500,0 mL. Adicionou-se às

amostras 25,0 mL de solução de azul de metileno. Sendo realizadas três extrações sucessivas com alíquotas de 10,0 mL de clorofórmio cada. Na primeira extração foi adicionado cerca de 1,0 mL de álcool isopropílico. A fase orgânica foi recolhida e transferida para outro funil de separação de 500,0 mL, onde foi adicionado 50,0 mL de solução salina ácida para retirada de interferentes positivos. A fase orgânica recolhida em balão volumétrico de 50,0 mL e o volume completado com clorofórmio. A concentração do analito foi estimada após análise por espectroscopia UV/visível a 652 nm utilizando a curva de calibração obtida anteriormente (APHA, 1998).

### 3.3.5 Coliformes Totais e Termotolerantes – Ausência e Presença

Para determinar o número mais provável de coliformes totais e termotolerantes, foi realizada a técnica do NMP com teste presuntivo e confirmativo, para séries de 3 tubos. Para melhores resultados, foram realizadas duplicatas de cada ponto da amostra.

Para o teste presuntivo foi necessário fazer diluições seriadas de  $10^{-1}$  a  $10^{-3}$  em água peptonada 0,1%, e posteriormente inocular 1 mL de cada amostra em cada série de tubos contendo 9 mL de Caldo Lauril Triptose (LST). Cada série contendo 3 tubos de cada amostra (pontos 1, 2 e 3), estes foram incubados em estufa a temperatura de  $35\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$  por 24-48 horas. Os tubos que apresentaram formação de gás no seu interior indicaram presença de coliformes.

O teste confirmativo (etapa de confirmação) foi realizado nos tubos que indicaram presença de coliformes, nesta etapa foi retirado uma alçada desses tubos e então inoculados em tubos contendo Caldo Verde Brilhante (VB) 2%, para determinação de coliformes totais, e em tubos contendo Caldo *E. coli* (EC) para detecção de coliformes termotolerantes.

Os tubos contendo VB foram incubados em estufa a temperatura de  $35\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$  por 24 – 48 horas, e os tubos contendo EC incubados em estufa por 24 horas a temperatura de  $44,5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Os resultados foram avaliados após o período de incubação, os tubos com formação de gás no seu interior indicaram presença dos coliformes e com posterior consulta na tabela de número mais provável, determinou-se o NMP de coliformes termotolerantes presentes na amostra.



### 3.3.6 Teste de toxicidade aguda com microcrustáceo *Artemia salina*

Os cistos de *Artemia salina* foram eclodidos em uma solução nutritiva descrita por Meyer *et al.* (1982), que consiste na mistura de:  $23,0 \pm 0,1$  g de NaCl;  $11,0 \pm 0,1$  g de  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ;  $4,0 \pm 0,1$  g de  $Na_2SO_4$ ;  $1,3 \pm 0,1$  g de  $CaCl_2 \cdot 2H_2O$  e  $0,7 \pm 0,1$  g de KCl em 1 L de água destilada. Ajustando-se o pH para 9, antes da inoculação dos cistos, usando uma solução de  $Na_2CO_3$ .

O aquário utilizado para eclosão foi um béquer de 250 mL, com um lado coberto com material escuro e do outro lado uma lâmpada. O aquário foi mantido em temperatura ambiente e a eclosão pode ser observada a partir de 24 horas.

Após a eclosão, foi realizado o ensaio de toxicidade, onde foi utilizado tubos de ensaio com capacidade de 10 mL. O controle consiste em 5 mL de solução Meyer em triplicata.

Para cada amostra de efluente foram preparadas 5 diluições em triplicata, de acordo com a Tabela 5.

**Tabela 5.** Diluição das amostras para teste de toxicidade.

	% de efluente				
	20	40	60	80	100
<b>Volume de efluente (mL)</b>	1	2	3	4	5
<b>Volume de solução Meyer (mL)</b>	4	3	2	1	0

Fonte: Autores, 2019.

Em cada tubo de ensaio foram adicionadas 10 larvas de *Artemia salina*, incubadas à temperatura ambiente na presença de luz, por 24 horas. Após este período foi realizada a contagem das *Artemias* vivas em cada tratamento.

### 3.3.7 Determinação de sólidos totais

Para a determinação de sólidos totais, inicialmente, foi necessário colocar as cápsulas de porcelana em mufla a  $560 \text{ }^\circ\text{C} \pm 20 \text{ }^\circ\text{C}$ , por  $30 \pm 2$  minutos. Após este tempo, as capsulas foram transferidas para o dessecador, com auxílio de uma pinça, onde permanecerão por até 1 hora até seu completo resfriamento.

Em seguida, pesadas e anotadas suas massas como  $M_1$ . Mantendo-as no dessecador até o momento do uso. Com o auxílio de pipeta volumétrica, foi medido 100 mL de cada amostra e transferido para as capsulas, previamente taradas, e então levadas ao banho-maria até serem totalmente evaporadas.

Após a evaporação, foram colocadas em estufa a  $105\text{ }^\circ\text{C} \pm 2\text{ }^\circ\text{C}$ , por  $60 \pm 2$  minutos. Posteriormente esfriadas por 30 minutos no dessecador, e então pesadas e anotadas suas massas como  $M_2$ . O cálculo para sólidos totais foi realizado a partir da Equação 1.

$$ST = \frac{(M_2 - M_1) \times 1000 \times 1000}{V} \quad (1)$$

Em que:

$ST$  = sólidos totais ( $\text{mg L}^{-1}$ );

$V$  = volume da amostra (mL);

$M_1$  = peso da cápsula tarada (g);

$M_2$  = peso da capsula com sólido total (g).

### 3.3.8 Demanda Química de Oxigênio

Foi necessária a preparação das seguintes soluções: oxidante, catálise e padrão. Para preparação da solução oxidante, foi dissolvido em 500 mL de água destilada 10,216 g de  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  seco à  $100\text{ }^\circ\text{C}$ ; 33,3 g de  $\text{HgSO}_4$  e 167 mL de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado. Resfriada até temperatura ambiente e após completar o volume com água destilada.

A solução de catálise foi realizada dissolvendo 10 g de sulfato de prata em 1 litro de ácido sulfúrico concentrado.

Para solução padrão, pesou-se 0,8509 g de biftalato de potássio (PA) ( $\text{C}_8\text{H}_5\text{KO}_4$ ) seco em estufa à  $100\text{ }^\circ\text{C}$  por 2 horas e dissolveu-se em água destilada até completar o volume de 1000 mL. Esta solução corresponde a uma concentração de 1000 mg de  $\text{O}_2\text{ L}^{-1}$ . Foi então realizada a curva de calibração utilizando série de soluções padrões de 100 a 700 mg de  $\text{O}_2$  por litro, a partir da solução padrão de acordo com a Tabela 6.

**Tabela 6.** Valores de concentração de O<sub>2</sub> utilizados na curva de calibração

<b>Volume da solução padrão a elevar a 100 ml</b>	<b>Concentração (mg de O<sub>2</sub> L<sup>-1</sup>)</b>
10	100
20	200
30	300
40	400
50	500
60	600
70	700

**Fonte:** Autores, 2019.

Com isso, é possível conhecer a concentração de oxigênio a ser oxidado em cada amostra. Para elaboração da curva de calibração foram utilizados tubos de oxidação, onde foram adicionados 1,5 mL de solução oxidante, 2,5 mL da amostra padrão de cada uma das diluições, apresentadas na Tabela 5, e 3,5 mL de solução catálise, o branco foi preparado substituindo a amostra por água destilada. Estes colocados no reator (COD – REACTOR HACH) à 150 °C por duas horas.

Em seguida, foi feita a leitura da absorbância a 600 nm em espectrofotômetro modelo Pharo 100 (MERCK), após rápido resfriamento. Obtendo assim dados para construção da reta de calibração, sendo realizada então a determinação de DQO em duplicata para as amostras, quanto mais próximo de 1 for R<sup>2</sup>, melhor é o nível de confiança dos resultados das análises. A leitura no espectrofotômetro é realizada após calibração e ajuste de absorbância para 600 nm, faz-se a leitura da curva padrão, em duplicatas de cada concentração, realizadas de acordo com o *Standard Methods* (APHA, 1998).

### **3.3.9 Demanda Bioquímica de Oxigênio**

A análise de demanda bioquímica de oxigênio foi realizada no laboratório GERPEL, localizado na Unioeste/Toledo. O método utilizado foi o de DBO<sub>5</sub> com semente, por meio da metodologia SMEWW- 22° nd.2012. Método 5210-B.

### 3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

As médias dos parâmetros em cada ponto de coleta foram comparados pela análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey com 5% de significância. Para as análises estatísticas utilizou-se o software R versão 3.5.3, com os pacotes “Rcmdr” e “agricolae” (R Development CoreTeam, 2019).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 DESCRIÇÃO DOS PONTOS DE COLETA

O primeiro ponto de coleta (P1) apresenta maior influência urbana, devido maior proximidade à cidade de Toledo. Possui mata ciliar inferior a 10 metros, margem assoreada e dossel de 3 a 5 metros, a água do rio Marreco tem coloração marrom turva. O local apresenta resíduos sólidos como garrafas PET, isopor e materiais de pesca, além de odor característico (desagradável). Na última coleta realizada dia 15/03/2019, a trilha que dava acesso ao local que coletávamos água onde foram coletadas as amostras foi fechada com troncos de árvores, assim, foi preciso coletar a água próximo ao um local que tem grande fluxo de automóveis sobre o rio.

O segundo ponto (P2) localiza-se dentro de uma propriedade rural, situado a aproximadamente 1 km do lançamento de efluente da Estação de Tratamento de Esgoto de Toledo. Apresenta mata ciliar direita superior a 30 metros e ausência de mata ciliar na borda esquerda, sendo substituída por grama. Possui grande quantidade de cipós e diversas árvores mortas, que muitas vezes estavam sob o rio dificultando sua corrente, o que causava mal cheiro e turvação da água. Em algumas coletas foi possível notar a presença de espumas sob o rio e na propriedade há criação de suínos.

O terceiro ponto (P3) está mais afastado da área urbana, localizado em propriedade rural, possui mata ciliar bem estruturada, com estado avançado de regeneração e dossel em torno de 10 a 12 metros. Na propriedade também há criação de suínos e bovinos. As Figuras 10, 11 e 12 representam os pontos 1, 2 e 3 respectivamente.

**Figura 10.** Ponto de coleta 1, antes do lançamento do efluente.



**Fonte:** Autores, 2019.

**Figura 11.** Ponto de coleta 2, logo após o lançamento do efluente.



**Fonte:** Autores, 2019.

**Figura 12.** Ponto de coleta 3, distante do lançamento do efluente.

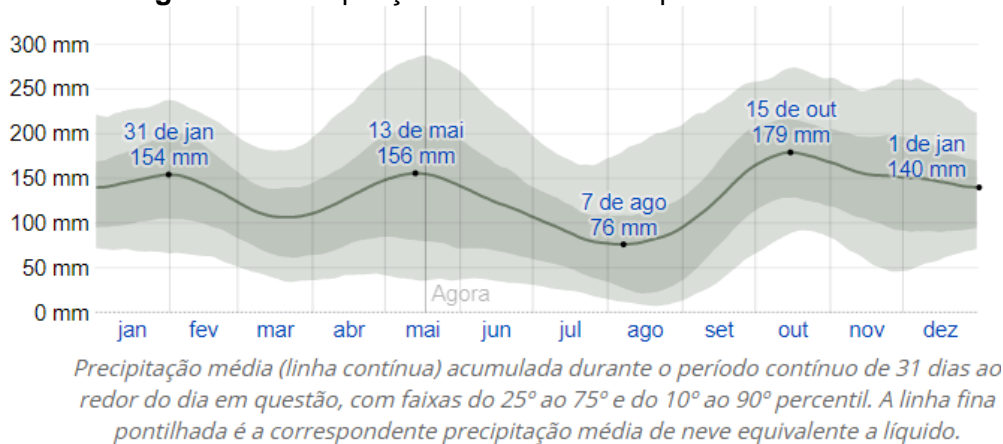


**Fonte:** Autores, 2019.

#### 4.2 LEVANTAMENTO DE CHUVAS

A precipitação de chuva influencia diretamente a vazão e a qualidade da água. As coletas foram realizadas em locais distantes da cidade, sendo o ponto 2 e 3 localizados em meio rural, assim torna-se difícil estabelecer uma relação direta entre precipitação e qualidade de água, uma vez que diferentes intensidades de precipitação estabelecem diversos níveis de impactos no solo, provocando processos erosivos de diversos graus, de acordo com o uso e ocupação das terras, umidade do solo e outros fatores que influenciam diretamente na taxa de escoamento superficial. A precipitação desencadeia processos erosivos que aumentam a turbidez, a cor e o teor de matéria orgânica nas águas (ROSA *et al.*, 2017).

O município de Toledo possui variação sazonal extrema na precipitação mensal de chuva. Chove ao longo do ano inteiro, com máximo de chuva durante os 31 dias ao redor de 15 de outubro, com acumulação total média de 179 milímetros e o mínimo de chuva ocorre por volta de 7 de agosto, com acumulação total média de 76 milímetros, conforme representado na Figura 13.

**Figura 13.** Precipitação média do município de Toledo.

**Fonte:** Weather Spark, 2018.

Na semana que antecedeu a primeira coleta (25/09/2018) teve a ocorrência de chuvas, o mês de setembro iniciou com 96 milímetros e terminou com 164 milímetros.

No mês de outubro de 2018, a precipitação manteve-se praticamente constante, ficando em 172 milímetros. Novamente houve a ocorrência de chuvas na semana que antecedeu a segunda coleta (26/10/2018).

O mês de novembro de 2018 iniciou-se com precipitação de chuva em torno de 168 milímetros e terminou com 151 milímetros. Nos dias em torno da terceira coleta (30/11/2018) teve a ocorrência de muita chuva, bem como no dia.

A quarta coleta (10/12/2018) não teve a ocorrência de chuvas na semana que a antecedeu. O mês de dezembro de 2018 iniciou-se com uma precipitação em torno de 151 milímetros e terminou com 140 milímetros.

No mês de fevereiro de 2019, a precipitação iniciou-se em 154 milímetros e terminou em 124 milímetros, com grande volume de chuvas nas semanas que antecederam a quinta coleta (11/02/2019).

Na semana que antecedeu a última coleta (15/03/2019) também teve a ocorrência de um grande volume de chuvas, sendo que o mês de março iniciou com uma precipitação de 123 milímetros e terminou em 110 milímetros.

Dessa forma, praticamente todas as coletas sofreram interferência de chuvas, o que pode influenciar os resultados das análises físicas químicas.



### 4.3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA DO RIO MARRECO

Para caracterização da água do Rio Marreco, foi utilizado como referência para os parâmetros a Resolução CONAMA 357 DE 2005, para rios de classe 3, conforme designado pelo último enquadramento oficial realizado pelo Instituto das águas do Paraná 2016.

#### 4.3.1 Potencial Hidrogeniônico (pH)

No monitoramento do Rio Marreco, os valores de pH (Tabela 7) variaram entre 5,500 e 8,505. Estando predominantemente dentro da faixa de 6 a 9 que é exigida para a classe 3, conforme a resolução CONAMA 357 de 2005.

**Tabela 7.** Resultados pH com desvio padrão.

Coleta	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	CONAMA 357/2005
<b>Set/18</b>	7,460 <sup>c</sup> ± 0,028	7,100 <sup>c</sup> ± 0,028	6,735 <sup>e</sup> ± 0,035	
<b>Out/18</b>	8,505 <sup>a</sup> ± 0,021	7,810 <sup>b</sup> ± 0,014	7,630 <sup>b</sup> ± 0,070	
<b>Nov/18</b>	6,850 <sup>d</sup> ± 0,070	7,850 <sup>a</sup> ± 0,000	7,015 <sup>d</sup> ± 0,021	Entre 6 e 9
<b>Dez/18</b>	7,515 <sup>c</sup> ± 0,021	7,745 <sup>a</sup> ± 0,021	7,350 <sup>c</sup> ± 0,000	
<b>Fev/19</b>	7,820 <sup>b</sup> ± 0,070	7,490 <sup>a</sup> ± 0,070	7,790 <sup>a</sup> ± 0,014	
<b>Mar/19</b>	5,500 <sup>e</sup> ± 0,000	6,320 <sup>d</sup> ± 0,028	6,665 <sup>e</sup> ± 0,035	

Letras diferentes na mesma coluna correspondem a diferença significativa entre os meses ( $p < 0,05$ ) pelo Teste de Tukey.

**Fonte:** Autores, 2019.

Os menores valores de pH foram obtidos na coleta do mês de março, isso se deve ao aumento do regime pluviométrico, visto que durante esse mês teve ocorrência de um elevado volume de chuvas, principalmente no período que antecedeu a coleta. O valor de pH inferior a 6 foi obtido apenas no ponto 1, durante a última coleta, tal resultado pode ser devido a presença de ácidos húmicos

resultantes da degradação da matéria orgânica presente nas águas. Segundo Hermes e Silva (2004), o pH apresenta mudanças ao longo do dia, por conta dos processos bioquímicos ocorrentes nas águas, que podem ser influenciados pela incidência da radiação solar.

A variação de pH está relacionada a presença de matéria orgânica, seres vivos, rochas, ar e água. Assim, os valores mais baixos de pH podem estar associados com a decomposição da matéria orgânica, presente nas amostras.

#### 4.3.2 Turbidez

Os resultados de turbidez se mantiveram dentro dos valores permitidos na legislação (100 UNT), havendo pouca variabilidade entre os pontos de coleta.

De acordo com a Tabela 8, o ponto 1 apresenta um leve aumento devido a maior presença de matéria orgânica recorrente da proximidade a área urbana, onde a carga adicional de sólidos em suspensão, eleva esse indicador de qualidade da água. A maior turbidez verificada indica presença mais expressiva de materiais finos em suspensão na água e pode ser decorrente do lançamento inadequado de efluentes frescos ou mais concentrados no rio, como esgotos domésticos e industriais.

**Tabela 8.** Resultados turbidez com desvio padrão.

<b>Coleta</b>	<b>Ponto 1</b>	<b>Ponto 2</b>	<b>Ponto 3</b>	<b>CONAMA 357/2005</b>
<b>Set/18</b>	79,5 <sup>a</sup> ± 0,707	53,0 <sup>c</sup> ± 1,414	47,5 <sup>b</sup> ± 2,121	
<b>Out/18</b>	24,0 <sup>d</sup> ± 1,414	21,0 <sup>d</sup> ± 1,414	31,0 <sup>c</sup> ± 0,000	
<b>Nov/18</b>	80,0 <sup>a</sup> ± 0,000	75,5 <sup>a</sup> ± 2,121	79,5 <sup>a</sup> ± 0,707	Até 100 UNT
<b>Dez/18</b>	60,0 <sup>b</sup> ± 0,000	58,0 <sup>c</sup> ± 0,000	79,0 <sup>a</sup> ± 1,414	
<b>Fev/19</b>	52,0 <sup>c</sup> ± 1,414	54,0 <sup>c</sup> ± 1,414	80,0 <sup>a</sup> ± 0,000	
<b>Mar/19</b>	77,5 <sup>a</sup> ± 0,707	64,0 <sup>b</sup> ± 1,414	80,0 <sup>a</sup> ± 0,000	

Letras diferentes na mesma coluna correspondem a diferença significativa entre os meses ( $p < 0,05$ ) pelo Teste de Tukey.

**Fonte:** Autores, 2019.

Porém ainda há passagem do feixe de luz no corpo hídrico pelo fato de não exceder o limite permitido pela Resolução do CONAMA 357 / 2005. A ocorrência de elevados valores de turbidez acarretaria na falta de fotossíntese para vegetação submersa e algas, além de influenciar em comunidades aquáticas (CETESB, 2008).

De acordo com os resultados, os menores valores de turbidez para os três pontos ocorreram na segunda coleta (outubro/18), isso pode ser decorrente da precipitação do mês de outubro, que aumentou a vazão e diluição da água do rio.

O parâmetro turbidez, apesar de indicativo de possível contaminação por patógenos, não representa sozinho indicativo de água de qualidade inferior. A turbidez é parâmetro comum nas caracterizações de águas brutas por conta do elevado teor de sedimentos que estas transportam (Filizola *et al.*, 1999).

#### **4.3.3 Oxigênio dissolvido**

O ecossistema aquático necessita de oxigênio dissolvido para realizar trocas gasosas e manter o ecossistema ativo. As concentrações de oxigênio podem estar relacionadas com temperatura, pressão e salinidade da água. O oxigênio atmosférico dissolve-se em águas devido à diferença de pressão parcial. Isso depende das características hidráulicas sendo proporcional a velocidade do manancial, quanto maior a turbulência do rio, maior será a quantidade de oxigênio dissolvido (MACHADO, 2006).

Os resultados obtidos para OD nos cinco pontos analisados nas coletas realizadas foram comparados com a Resolução do CONAMA 357/2005 e podem ser observados na Tabela 9.

**Tabela 9.** Resultados oxigênio dissolvido com desvio padrão.

<b>Coleta</b>	<b>Ponto 1</b>	<b>Ponto 2</b>	<b>Ponto 3</b>	<b>CONAMA 357/2005</b>
<b>Set/18</b>	4,290 <sup>d</sup> ± 0,014	4,180 <sup>d</sup> ± 0,014	4,020 <sup>d</sup> ± 0,028	
<b>Out/18</b>	8,175 <sup>b</sup> ± 0,035	8,270 <sup>a</sup> ± 0,014	8,215 <sup>a</sup> ± 0,021	Não inferior a 4 mg/L O <sub>2</sub>
<b>Nov/18</b>	5,115 <sup>c</sup> ± 0,021	5,035 <sup>c</sup> ± 0,049	6,350 <sup>b</sup> ± 0,070	
<b>Dez/18</b>	9,165 <sup>a</sup> ± 0,021	7,450 <sup>b</sup> ± 0,000	5,035 <sup>c</sup> ± 0,007	

Letras diferentes na mesma coluna correspondem a diferença significativa entre os meses ( $p < 0,05$ ) pelo Teste de Tukey.

**Fonte:** Autores, 2019.

Valores muito próximo aos estabelecidos pela resolução CONAMA 357/2005, que são em destaque referentes à coleta do mês de setembro podem estar relacionadas aos defensivos agrícolas utilizados nas proximidades do Arroio Marreco, esgoto doméstico sem tratamentos adequados e efluentes industriais, bem como inúmeros pontos em potencial de contaminação, pela menor quantidade de chuvas que antecedem a primeira coleta, tais contaminantes podem estar de maneira mais concentrada no rio o que promoveria uma diminuição da concentração de OD. Além disso, este parâmetro depende das características hidráulicas sendo proporcional a velocidade do manancial, que no mês de setembro pode ser dita como inferior aos outros meses de coleta, pela menor quantidade de chuva, pois quanto maior a turbulência do rio, maior será a quantidade de oxigênio dissolvido (MACHADO, 2006). A determinação do OD, só se fez possível nos primeiros quatro meses, por problemas técnicos na utilização da sonda que não puderam ser resolvidos para as últimas duas coletas.

#### **4.3.4 Surfactantes**

Apesar de não ser um parâmetro amplamente utilizado para a avaliação da qualidade da água, indicativos visuais como a presença de espuma no local de coleta e a constante reclamação de moradores ribeirinhos, tornaram a análise de surfactantes um parâmetro de extrema relevância, os resultados obtidos bem como as coletas estão apresentados na tabela 10.

**Tabela 10.** Resultados de surfactantes com desvio padrão.

Coleta	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	CONAMA 357/2005
<b>Set/18</b>	0,038 <sup>f</sup> ± 0,000	0,352 <sup>e</sup> ± 0,000	0,026 <sup>d</sup> ± 0,000	
<b>Out/18</b>	0,204 <sup>a</sup> ± 0,000	1,099 <sup>a</sup> ± 0,000	0,034 <sup>c</sup> ± 0,000	
<b>Nov/18</b>	0,099 <sup>d</sup> ± 0,000	0,640 <sup>d</sup> ± 0,000	0,005 <sup>e</sup> ± 0,000	
<b>Dez/18</b>	0,167 <sup>b</sup> ± 0,002	0,840 <sup>b</sup> ± 0,000	0,028 <sup>d</sup> ± 0,000	Até 0,5 mg/L
<b>Fev/19</b>	0,103 <sup>c</sup> ± 0,000	0,742 <sup>c</sup> ± 0,000	0,084 <sup>a</sup> ± 0,000	
<b>Mar/19</b>	0,050 <sup>e</sup> ± 0,000	0,050 <sup>f</sup> ± 0,000	0,050 <sup>b</sup> ± 0,000	

Letras diferentes na mesma coluna correspondem a diferença significativa entre os meses ( $p < 0,05$ ) pelo Teste de Tukey.

**Fonte:** Autores, 2019.

Como observado, resultados elevados foram encontrados no ponto 2, no qual existe um descarte de águas residuárias próximas, sendo que ultrapassam os valores máximos obtidos pela resolução do CONAMA 357/2005.

A maior problemática em relação a este contaminante é justamente em relação à diminuição da tensão superficial da água que promove mudanças nas taxas de aeração, tal efeito causado pela presença das bolhas de ar que permanecem menos tempo em contato com a água acarretando em uma diminuição do oxigênio dissolvido. Além disso, a formação de espuma na superfície impede a entrada de luz na água que é essencial para a fotossíntese e pode ser facilmente dispersada pelo vento, carregando patógenos ou outros contaminantes.

#### 4.3.5 Coliformes totais e termotolerantes

A análise microbiológica para todos os pontos foi positiva em todos os meses de coleta, ou seja, há presença de coliformes totais e termotolerantes. Portanto as águas do Rio Marreco não atendem os padrões de potabilidade que determina que a ausência de coliformes em qualquer situação, inclusive em poços, minas, nascentes, lagos dentre outras (ANVISA, 2004).

A água do rio Marreco é imprópria para o consumo humano, segundo a Resolução do CONAMA 357/2005. O limite excedeu 1.000 coliformes termotolerantes (CF) por 100 mL de água, conforme representado na Tabela 11.

**Tabela 11.** Resultados coliformes totais e termotolerantes por NMP.

Coleta		Número de tubos com reação positiva			Índice de NMP/100	Limite de confiança de 95%	
		1.1	1.10	1.100		Inferior	Superior
<b>Set/18</b>	P1	5	5	5			
	P2	5	5	5	>1600	700	
	P3	5	5	5			
<b>Out/18</b>	P1	5	5	5			
	P2	5	5	5	>1600	700	
	P3	5	5	5			
<b>Nov/18</b>	P1	5	5	5			
	P2	5	5	5	>1600	700	
	P3	5	5	5			
<b>Dez/18</b>	P1	5	5	5			
	P2	5	5	5	>1600	700	
	P3	5	5	5			
<b>Fev/19</b>	P1	5	5	5			
	P2	5	5	5	>1600	700	
	P3	5	5	5			
<b>Mar/19</b>	P1	5	5	5			
	P2	5	5	5	>1600	700	
	P3	5	5	5			

**Fonte:** Autores, 2019.

A presença de coliformes em todas análises do P1 pode ser decorrente da proximidade ao centro urbano e pela presença de poluição, tanto por resíduos sólidos domésticos como por lançamento inadequado de esgoto e outros efluentes. Os pontos 2 e 3 são localizados próximos a criação de suínos e bovinos, que podem ter contaminado o local, além de que o P2 está localizado próximo ao descarte do efluente da estação de tratamento de esgoto.

A introdução de matéria orgânica nos corpos d'água se dá principalmente por meio de lançamento de esgoto doméstico, podendo estar presente em alguns efluentes industriais ou até mesmo naturalmente, como parte dos processos biogeoquímicos (CUNHA & FERREIRA, 2006).

O esgoto é constituído principalmente por matéria orgânica, que pode servir de alimento aos microrganismos, como fungos e bactérias, e, em alta quantidade, poderá ser consumido por bactérias, que passarão a ter condições propícias para multiplicar-se rapidamente (NASS, 2002).

É possível estabelecer uma conexão entre os valores obtidos de turbidez e as análises de coliformes, que indicaram altos teores de microrganismos, uma vez que as partículas em suspensão que contribuem para o aumento da turbidez podem servir como meio para a proliferação de bactérias (Von Sperling, 2005), e a presença de microrganismos que só se desenvolvem no intestino de animais quentes indica a presença de carga orgânica proveniente de efluentes domésticos.

#### **4.3.6 Toxicidade**

A *Artemia salina* sp. pode evidenciar a qualidade das amostras através da toxicidade. Ao expor os microcrustáceos em diferentes concentrações de amostra e solução salina, pode-se verificar se há algum agente interferindo na sobrevivência dos náuplios. Nos ensaios realizados utilizando as amostras do Arroio Marreco, não foi possível observar nenhuma morte aparente do microcrustáceo que pode ser diretamente causada pela amostra. Na primeira coleta, em nenhum dos pontos e nenhuma concentração, foram observadas mortes, somente na última amostra constituída de 100% da amostra coletada, que pode ter sido causada pela ausência de nutrientes o que ocasionaria a mortalidade dos náuplios (estágio larval). Além disso, durante o período de coleta, foi relatado por um dos moradores locais que ainda é possível a realização da pesca no local, logo a utilização do parâmetro de toxicidade utilizando a *Artêmia salina* como indicador, não traria resultados consideráveis.

#### **4.3.7 Sólidos totais**

A quantidade de sólidos totais indica a presença de sedimentos no corpo hídrico, proveniente de arraste superficial, exposição, fragilidade do solo e possíveis pontos de despejos domésticos ou até mesmo industriais. Este parâmetro pode ser muito variável, por influência de chuvas ou qualquer tipo de ação que possa contribuir para uma perturbação do ambiente. Os sólidos totais somam sólidos

suspensos, dissolvidos e voláteis. Esses podem reter bactérias e matéria orgânica ao corpo hídrico, colaborando com a decomposição anaeróbia (CETESB, 2013).

Os resultados apresentados na Tabela 12 relacionam os valores obtidos e o limite estabelecido pela Resolução do CONAMA 357/2005.

**Tabela 12.** Resultados sólidos totais com desvio padrão.

<b>Coleta</b>	<b>Ponto 1</b>	<b>Ponto 2</b>	<b>Ponto 3</b>	<b>CONAMA 357/2005</b>
<b>Set/18</b>	52,000 <sup>d</sup> ± 2,828	50,000 <sup>ab</sup> ± 0,000	46,000 <sup>a</sup> ± 2,828	
<b>Out/18</b>	91,500 <sup>a</sup> ± 2,121	43,000 <sup>ab</sup> ± 4,242	36,550 <sup>b</sup> ± 0,212	
<b>Nov/18</b>	92,000 <sup>a</sup> ± 0,000	45,500 <sup>b</sup> ± 2,121	26,500 <sup>c</sup> ± 2,121	
<b>Dez/18</b>	77,650 <sup>c</sup> ± 0,212	52,000 <sup>a</sup> ± 2,828	33,700 <sup>b</sup> ± 0,282	Até 500 mg/L
<b>Fev/19</b>	57,200 <sup>d</sup> ± 0,282	47,500 <sup>ab</sup> ± 2,121	42,550 <sup>a</sup> ± 0,353	
<b>Mar/19</b>	84,700 <sup>b</sup> ± 0,282	45,680 <sup>ab</sup> ± 0,028	35,300 <sup>b</sup> ± 0,424	

Letras diferentes na mesma coluna correspondem a diferença significativa entre os meses ( $p < 0,05$ ) pelo Teste de Tukey.

**Fonte:** Autores, 2019.

Os resultados encontrados estão dentro do limite estabelecido e quando aplicado o teste de Tukey com ( $p < 0,05$ ) não obtiveram grande variação por se tratar de um rio com alta taxa de arraste superficial.

#### 4.3.8 Demanda química de oxigênio

A resolução do CONAMA n° 357 de 2005 não estabelece limites para a demanda química de oxigênio, tanto para a classificação de corpos d'água quanto para emissão de efluentes líquidos. No entanto, alguns autores como Chapman e Kimstach (1998) definem que para águas superficiais não poluídas, o valor de 20 mg/L seria o limite aceitável, os resultados obtidos estão representados na Tabela 13.



**Tabela 13.** Resultados DQO com desvio padrão.

<b>Coleta</b>	<b>Ponto 1</b>	<b>Ponto 2</b>	<b>Ponto 3</b>	<b>CONAMA 357/2005</b>
<b>Set/18</b>	29,754 <sup>b</sup> ± 0,005	34,585 <sup>c</sup> ± 0,021	35,872 <sup>a</sup> ± 0,002	
<b>Out/18</b>	12,318 <sup>e</sup> ± 0,002	20,360 <sup>f</sup> ± 0,014	18,215 <sup>e</sup> ± 0,007	
<b>Nov/18</b>	27,750 <sup>c</sup> ± 0,141	33,252 <sup>d</sup> ± 0,003	23,200 <sup>d</sup> ± 0,282	
<b>Dez/18</b>	18,032 <sup>d</sup> ± 0,001	26,776 <sup>e</sup> ± 0,001	23,001 <sup>d</sup> ± 0,002	Não possui
<b>Fev/19</b>	18,236 <sup>d</sup> ± 0,001	36,750 <sup>b</sup> ± 0,000	29,772 <sup>c</sup> ± 0,002	
<b>Mar/19</b>	61,830 <sup>a</sup> ± 0,042	41,170 <sup>a</sup> ± 0,028	34,040 <sup>b</sup> ± 0,056	

Letras diferentes na mesma coluna correspondem a diferença significativa entre os meses ( $p < 0,05$ ) pelo Teste de Tukey.

**Fonte:** Autores, 2019.

Apesar de não ser previsto um limite referente aos valores de DQO, os resultados obtidos demonstram que o corpo hídrico teve sua qualidade deteriorada pela urbanização, não sendo somente impacto das águas residuárias nele lançadas. Os valores de DQO mais elevados no ponto 2 são causados pelo alto volume de resíduo lançado, como o ponto de coleta se encontra muito próximo a esse descarte.

Valores inferiores aos demais, que foram obtidos na coleta realizada em outubro de 2018, podem ser justificados pela precipitação expressiva no período da coleta, o que acarreta em uma diluição significativa e alteração nos resultados obtidos.

A DQO de maneira geral é sempre superior a DBO. Isto acontece porque a DBO está relacionada apenas à matéria biodegradável e a DQO se refere a qualquer material presente no meio que possa sofrer uma oxidação, logo, valores de DQO muito elevados, que são o caso dos resultados obtidos indicam a presença de uma matéria não biodegradável, que é lançada próxima ao ponto de coleta.

#### **4.3.9 Demanda Bioquímica de oxigênio**

Com objetivo de verificar as alterações da demanda bioquímica de oxigênio no efluente, foram realizadas análises referentes ao ponto inicial (P1) e ponto final

(P3), sendo o mesmo realizado pela GERPEL/INEO, utilizando a metodologia SMEWW- 22° nd.2012. Método 5210-B. tendo como resultado os valores apresentados na Tabela 14.

**Tabela 14.** Resultados DBO.

<b>Coleta</b>	<b>DBO (mg/L)</b>
Ponto 1	6,18
	6,24
Ponto 3	6,24
	6,18

**Fonte:** Autores, 2019.

Conforme observado os valores não possuem variação expressiva quando comparados e atendem a legislação que diz que os valores de DBO 5 dias a 20°C até 10 mg/L O<sub>2</sub> (CONAMA, 2005), como um dos parâmetros adotados para a análise da qualidade do rio é referente a DQO, não sendo possível a realização da análise da demanda bioquímica de oxigênio na universidade, foram realizadas somente amostras no início e no final das coletas, sendo portanto um parâmetro não declarado durante todo o período de monitoramento.

## 5 PROPOSTA DE MINIMIZAÇÃO

Com os resultados obtidos, é possível observar que existem alterações na qualidade do rio Marreco ao longo do seu percurso, não sendo possível atribuir tais modificações à apenas uma fonte de poluição. Segundo o Plano de ação e estratégias para biodiversidade (2016), o rio Marreco faz divisa entre propriedades privadas, cujas margens possuem atividades agrícolas e pecuárias, sendo que alguns locais de nascentes se encontram ao lado de currais recebendo toda água lixiviada, que contém restos de ração e dejetos de origem animal, além de tubulações das moradias locais. Os resultados encontrados convergem com os apresentados pelos laudos do Projeto da Itaipu Binacional no Programa de Monitoramento Participativo da Qualidade da Água de Rios, onde o rio Marreco foi qualificado com água ruim a péssima. Desta forma, faz-se necessário um monitoramento contínuo dos parâmetros já avaliados no presente trabalho.

Sabe-se que tais análises exigem conhecimento técnico bem como equipamentos ou geram custos para sua realização. Para viabilizar o acompanhamento da qualidade do rio, propõem-se a aplicação do PAR (Protocolo de avaliação rápida) adaptado de Callisto *et al.* (2002) que consiste em uma ferramenta desenvolvida com a finalidade de auxiliar o monitoramento ambiental dos sistemas hídricos, de modo que sejam utilizadas informações qualitativas e quantitativas das características das condições naturais de um determinado trecho fluvial.

O PAR deve ser simples, baseado em perguntas que devem ser respondidas de acordo com as características do meio em que se encontra o rio, sendo que, sua aplicação deve abranger desde analistas ambientais, estudantes ou voluntários não qualificados, que devem ser orientados para que identifiquem as características do local e apliquem o protocolo corretamente.

O protocolo proposto (Figura 14) é uma adaptação que visa abordar as características observadas durante o período das coletas, bem como avaliar os parâmetros alterados e a sua incidência, tendo como objetivo a aplicação por moradores da região.

**Figura 14.** Protocolo de avaliação rápida adaptado de Callisto *et al.*, (2002).**Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats aplicado em trechos de bacias hidrográficas**

Localização:

Hora da avaliação:

Data da avaliação:

Tipo de ambiente: Córrego ( ) Rio ( )

Tempo (situação do dia):

**PARÂMETROS****1. Tipo de ocupação das margens do corpo d'água (principal atividade)**

( ) 4 pontos

Vegetação natural

( ) 2 pontos

Trechos com mata ciliar intercalados com áreas residenciais ou agrícolas.

Agricultura

Monocultura

Reflorestamento

( ) 0 pontos

Ausência de vegetação natural

Comercial

Industrial

Residencial

**2. Erosão próxima e/ou nas margens do rio e assoreamento em seu leito**

( ) 4 pontos

Ausente

( ) 2 pontos

Trechos com pontos de assoreamento

( ) 0 pontos

Assoreamento intenso

**3. Modificações causadas pelo homem**

( ) 4 pontos

Ausente

( ) 2 pontos

Alterações de origem doméstica  
(Esgoto, lixo)

( ) 0 pontos

Alterações de origem industrial  
(Fábricas, canalização)**4. Cobertura vegetal**

( ) 4 pontos

Mata ciliar de 15 a 30 metros

( ) 2 pontos

Mata ciliar até 15 metros

( ) 0 pontos

Ausência de mata ciliar

**5. Odor da água**

( ) 4 pontos

Ausente

( ) 2 pontos

Presença sutil de odor

( ) 0 pontos

Óleo/ Industrial/ Produtos químicos

**6. Oleosidade da água**

( ) 4 pontos

Ausente

( ) 2 pontos

Moderada

( ) 0 pontos

Abundante

**7. Aspecto da água**

( ) 4 pontos

Aspecto normal para um rio

( ) 2 pontos

Apresenta turbidez elevada

( ) 0 pontos

Apresenta coloração opaco/ colorida

**8. Presença de espuma**

( ) 4 pontos

Ausente

( ) 2 pontos

Moderada

( ) 0 pontos

Abundante

**9. Alteração no canal do rio**

( ) 4 pontos

Canal normal

(Não possuem construções que alteram a paisagem)

( ) 2 pontos

Existem alterações

(Presença de construções pequenas pontes)

( ) 0 pontos

Alterações evidentes

(Fluxo de carros, construções presentes nas duas margens)

**10. Ecossistema local**

( ) 4 pontos

Presença de peixes, anfíbios, insetos aquáticos e plantas aquáticas.

( ) 2 pontos

Poucos peixes, anfíbios, insetos aquáticos e plantas aquáticas

( ) 0 pontos

Ausência de peixes insetos aquáticos e plantas aquáticas

**RESULTADO**

( ) 0 a 10 pontos

( ) 11 a 16 pontos

( ) acima de 17 pontos

Trechos impactados

Trechos alterados

Trechos naturais

**Fonte:** Autores, 2019.

Este PAR abrange a avaliação de dez parâmetros, são eles: “Tipo de ocupação das margens do corpo d’água”, “Erosão próxima e/ ou nas margens do rio e assoreamento em seu leito”, “Modificações causadas pelo homem”, “Cobertura vegetal”, “Odor da água”, “Oleosidade da água”, “Transparência da água”, “Presença de espuma”, “Alteração no canal do rio” e “Ecossistema local”. A partir da descrição

de cada parâmetro proposto, é possível atribuir notas condizentes com as condições observadas no trecho do rio em avaliação.

A pontuação aumenta proporcionalmente com a qualidade do habitat, e pode variar de acordo com o local das observações. O resultado final do protocolo proposto é obtido a partir da somatória dos valores atribuídos a cada parâmetro avaliado.

Trechos cujas pontuações, quando somadas encontram-se em um intervalo de 0 a 10 deverão ser considerados “impactados”, quando no intervalo de 11 a 16 são ditos “alterados” e acima de 17 trechos “naturais”.

Com a aplicação do PAR é possível monitorar constantemente o rio e identificar possíveis descartes inadequados, desmatamentos e utilizações indevidas em pontos específicos, facilitando denúncias para os órgãos de fiscalização.

## 6 CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos nas análises físico-químicas e microbiológicas foi possível observar que houve variação significativa nos parâmetros de surfactantes e no número mais provável de coliformes termotolerantes, que se mostraram superiores aos valores estabelecidos pela resolução do CONAMA 357 de 2005, além desses resultados, os valores de DQO encontrados também acusaram interferentes na qualidade da água, quando comparados a resultados da literatura.

A alteração dos valores de surfactantes e coliformes termotolerantes e DQO não pode ser diretamente relacionada a somente uma fonte poluidora, devido à complexidade dos resíduos lançados no Rio Marreco, fazendo-se necessário um monitoramento contínuo, podendo o mesmo ser realizado com a utilização do protocolo de avaliação rápida proposto, juntamente com análises físicas, químicas e microbiológicas.

Como sugestão para futuros trabalhos, propõe-se que seja realizado análises em pontos específicos que podem ser estabelecidos conforme o mapeamento da região ao longo do rio, levando em consideração o tipo de propriedade e resíduos possíveis, existentes no percurso. E também a realização de testes utilizando outras metodologias para avaliar a toxicidade, podendo ser utilizado bioindicadores como a *Daphnia magna*, *Daphnia similis* e *Ceriodaphnia dubia*, a microalga *Chlorella vulgaris*, as bactérias *Photobacterium phosphoreum* e *Spirillum volutans* e a *Lactuca sativa* (semente de alface).

## REFERÊNCIAS

AGUDO, E.G. "**Demanda Química de Oxigênio**". Curso Fundamentos Químicos do Saneamento. Universidade Mackenzie, 1992.

ALMEIDA, E; ASSALIN, M. R; ROSA, M. A. **Tratamento de efluentes industriais por processos oxidativos na presença de ozônio**. Química Nova, Campinas, v. 27, n. 5, p.818-824, jul. 2004.

ALMEIDA, J. C. **Avaliação do Índice de Qualidade da Água na Lagoa dos Patos**. 2013. 52 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2013.

ALVES SGS, ATAIDE CDG, SILVA JX. **Microbiológica de coliformes totais e termotolerantes em água de bebedouros de um parque público de Brasília, Distrito Federal**. Revista Cient. Sena Aires. 2018; 7(1): 12-7.

ANA- Agência Nacional das Águas. **Caderno de Recursos Hídricos: Panorama das águas subterrâneas no Brasil**. Brasília, 2005.

ANGELO, J.; ANDRADE, L.; MADEIRA, L. M.; MENDES, A. **An overview of photocatalysis phenomena applied to NOx abatement**. *Journal of Environmental Management*, v. 129, p. 522-539, 2013.

APHA/AWWA/WEF. EATON, A.D (2005).; et al. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21<sup>a</sup> ed. Washington: American Public Health Association.

AQUINO, S. F. de; SILVA, S; L. CHERNICHARO, C. A. **Considerações práticas sobre o teste de demanda química de oxigênio (dco) aplicado a análise de efluentes anaeróbios**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24. 2007, Belo Horizonte. Saneamento Ambiental "Compromisso ou discurso". Belo Horizonte: Fitabes, 2006. v. 11 p. 295 - 304.

ARAGÃO, M. A.; ARAÚJO, R. P. A. **Métodos de Ensaio de Toxicidade com Organismos Aquáticos**. In: ZAGATTO, P. A.; BERTOLETTI, E. (Org.). Ecotoxicologia aquática – princípios e aplicações. Editora RiMa. São Carlos, SP. 478 p. 2006.

ARAÚJO, K. S. *et al.* **Processos oxidativos avançados: uma revisão de fundamentos e aplicações no tratamento de águas residuais urbanas e efluentes industriais**. *Ambiente & Água*, Taubaté, v. 11, n. 2, p.387-401, abr. 2006.

AZBAR, N.; YONAR, T.; KESTIOGLU, K. **Comparison of various advanced oxidation processes and chemical treatment methods for COD and color removal from polyester and acetate fiber dyeing effluent**. *Chemosphere*, v. 55, n. 1, p. 35-43, 2004.

AZEVEDO, F; A; CHASIN, Alice Aparecida da Matta. **As bases toxicológicas da ecotoxicologia**. São Paulo: Rima, 2003. 322 p.

**BACIAS HIDROGRÁFICAS DO PARANÁ UMA SÉRIE HISTÓRICA**. Curitiba: Via Comunicação Integrada 2010. Disponível em: <[http://www.meioambiente.pr.gov.br/arquivos/File/corh/Revista\\_Bacias\\_Hidrograficas\\_do\\_Parana.pdf](http://www.meioambiente.pr.gov.br/arquivos/File/corh/Revista_Bacias_Hidrograficas_do_Parana.pdf)>. Acesso em: 23 set. 2018.

BARBOUR, M.T., J. GERRITSEN, B.D. SNYDER, AND J.B. STRIBLING. **Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish**. 2ª ed. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water; Washington, D.C, 1999.

BARCELÓ (2003). **Trac-Trends in Analytical Chemistry**, contatados pelos seguintes meios: v.22(10), p. XIV-XVI.

BAUTISTA, P.; MOHEDANO, A. F.; CASAS, J. A.; RODRIGUEZ, J. J. **An overview of the application of Fenton oxidation to industrial wastewaters treatment**. Journal Chemical Technology Biotechnology, v. 83, p. 1323- 1338, 2008.

BOMFIM, M. V. J.; SOEIRO, G. de O.; MADEIRA, M.; BARROS, H. D. **Avaliação físicoquímica e microbiológica da água de abastecimento do laboratório de bromatologia da UERJ**. Revista Higiene Alimentar, São Paulo, v. 21, n. 152, p. 99- 103, 2007.

BRASIL, **Resolução CONAMA nº357, de 17 de março de 2005**. Classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional. Publicado no D.O.U.

BRASIL, **Resolução CONAMA - nº 430, de 13 de maio de 2010**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho.

BRASIL, 2004. **Agência Nacional da Vigilância Sanitária (ANVISA)**. Portaria nº 518, de 25 de março de 2004.

BRASIL, 1996. **Instituto Brasileiro de Geografia e estatística- IBGE - Censo Agropecuário 1970, 1975, 1980, 1985 e 1996**. Disponível em < [http://www.pick-upau.org.br/mundo/geo\\_brasil/anexo1\\_estatisticas\\_dados\\_ibge.pdf](http://www.pick-upau.org.br/mundo/geo_brasil/anexo1_estatisticas_dados_ibge.pdf)> Acesso em: 22 set. 2018.

BRILLAS, E.; SIREN, I.; OTURAN, M. A. **Electro-Fenton process and related electrochemical technologies based on Fenton's reaction chemistry**. Chemical Reviews, v. 109, p. 6570-6631, 2009.

BUZANELLO, E. B.; MARTINHAGO, M. W.; ALMEIRA, M. M.; PINTO, F. G. S. **Determinação de Coliformes Totais e Termotolerantes na Água do Lago Municipal de Cascavel, Paraná**. Revista Brasileira de Biociências, Porto Alegre, v. 6, supl. 1, p. 59-60, 2008.



CALLISTO, M., FERREIRA, W., MORENO, P., GOULART, M.D.C.; PETRUCIO, M. **Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ)**. Acta Limnologica Brasiliensia. 14(1): 2002. p.91 - 98.

CERINO, W. **Distribuição de Água no Brasil**. 2016. Disponível em: <<http://geobrmundo.blogspot.com/2016/03/distribuicao-de-agua-no-brasil.html>>. Acesso em: 22 set. 2018.

CUNHA, B. M. **Avaliação ecotoxicológica de distintos tipos de efluentes mediante ensaios de toxicidade aguda utilizando *Artemia salina* e *Lactuca sativa***. 2011. 79 f. TCC (Graduação) - Curso de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo - Apêndice A - Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem**. 2008. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/publicacoes.asp>>. Acesso em: 16 de maio de 2019.

CUNHA, C.L.N.; FERREIRA, A.P. (2006) **Modelagem matemática para avaliação dos efeitos de despejos orgânicos nas condições sanitárias de águas ambientais**. Caderno de Saúde Pública, v. 22, n. 8, p. 1715-1725. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-311X2006000800020>

DE MORAIS, J. L.; PERALTA-ZAMORA, P. **Use of advanced oxidation processes to improve the biodegradability of mature landfill leachates**. Journal of Hazardous Materials, v.123, n.1-3, p 181-186, 2005.

MENDIBURU, F. (2019). **agricolae: Statistical Procedures for Agricultural Research**. R package version 1.3-1. <https://CRAN.R-project.org/package=agricolae>.

FILIZOLA, N.; GUYOT, J. L.; BOAVENTURA, G. **Fluxo de sedimentos em suspensão na Amazônia—uma análise a partir da base de dados da ANEEL**. 1999. Disponível em: [http://www.ana.gov.br/hibam/publicacoes/filizola\\_1.pdf](http://www.ana.gov.br/hibam/publicacoes/filizola_1.pdf).

FOX, J., and Bouchet-Valat, M. (2019). **Rcmdr: R Commander**. R package version 2.5-3.

HANNAFORD, M.J.; BARBOUR, M.T.; RESH, V.H. **Training reduces observer variability in visualbased assessments of stream habitat**. Journal of the North American Benthological Society, v. 16, n. 4, 1997. p. 853-860.

HERMES, L.C.; SILVA, A.S. **Avaliação da Qualidade das águas: manual prático**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2004. 55p.

HERNANDEZ, R.; ZAPPI, M.; COLLUCI, F.; JONES, R. **Comparing the performance of various advanced oxidation process for treatment of acetone contaminated water**. Journal Hazardous Materials, v. 92, p. 33-50, 2002.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. Wall-map 150cmx200cm.

LEITE, A. E. B. **Simulação do lançamento de esgotos domésticos em rios usando um modelo de qualidade d'água, SisBAHIA®**. 2014. 94 f. Tese (Doutorado) - Curso de Saúde Pública, Ensp/fiocruz C, Rio de Janeiro, 2004.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de água**. 2. ed. Campinas: Átomo, 2008. 444 p.

MACHADO, W.C.P. **Indicadores da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio pato branco**. Tese (Doutorado em Geologia), UFPR, Curitiba, 2006.

MARSELLI, B.; GARCIA-GOMEZ, J.; MICHAUD, P. A.; RODRIGO, M. A.; COMNINELLIS, C. **Electrogeneration of hydroxyl radicals on boron-doped diamond electrodes**. *Journal of the Electrochemical Society*, v. 150, p. 79- 83, 2003.

MATOS, M. F. **Avaliação e identificação da toxicidade de amostras de água e sedimento do reservatório de funil**, RJ. 2011. 69 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências em Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2011.

MINATTI-FERREIRA, D. D.; BEAUMORD, A.C. **Adequação de um protocolo de avaliação rápida de integridade ambiental para ecossistemas de rios e riachos: Aspectos físicos**. *Revista Saúde e Ambiente*, Joinville (SC), v.7, n.1, 2006. p. 39-47.

MORRISON, G.; FATOKI, O. S.; PERSSON, L.; EKBERG, A. **Assessment of the impact of point source pollution from the Keiskammahoek Sewage Treatment Plant on the Keiskamma River – pH, electrical conductivity, oxygen demanding substance (COD) and nutrients**. *Water SA.*, v.27, p.475-480, 2001.

NASS, D.P. (2002) **O conceito de poluição**. Disponível em: <<http://files.professora-mirtes.webnode.com/200000113738c57486a/O%20conceito%20de%20polui%C3%A7%C3%A3o.pdf>> Acesso em: 22 maio 2019.

NITSCHKE, M., PASTORE, G.M. **Biossurfactantes: propriedades e aplicação**. *Química Nova*, v. 25, n.5, Química Nova, v. 25, n.5, p.772-776, 2002.

NOGUEIRA, R. F. P.; TROVÓ, A. G.; SILVA, M. R. A. Da; VILLA, R. D. **Fundamentos e aplicações ambientais dos processos fenton e foto-fenton**. *Química Nova*, v.30, n.2, p.400-408, 2007.

NOVOTNY V, CHESTERS G (1981) **Handbook of non-point pollution: sources and management**, Van Nostrand-Reinhold, New York.

NUVOLARI, A *et al.* **Reúso da água: conceitos, teorias e práticas**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2010. 408 p.

PAPOUTSAKIS, S.; MIRALLES-CUEVAS, S.; GONDREXON, N.; BAUP, S.; MALATO, S.; PULGARIN, C. **Coupling between high-frequency ultrasound and solar photo-Fenton at pilot scale for the treatment of organic contaminants: An initial approach.** Ultrasonics Sonochemistry, v. 22, p. 527-534, 2015.

PAULI, A. R. **Avaliação da qualidade da água subterrânea utilizada para consumo humano região rural no município de Toledo- PR.** 2014. 126 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Centro de Engenharia e Ciências Exatas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2014.

PEREIRA, R. S. **POLUIÇÃO HÍDRICA: CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS.** Revista Eletrônica de Recursos Hídricos, Pelotas, v. 1, n. 1, p.20-36, out. 2004.

Prefeitura Municipal de Toledo. **Plano Municipal de Recursos Hídricos**, 2016. Disponível em <[http://www.toledo.pr.gov.br/sites/default/files/plano\\_municipal\\_de\\_recursos\\_hidricos\\_aprovado\\_1.pdf](http://www.toledo.pr.gov.br/sites/default/files/plano_municipal_de_recursos_hidricos_aprovado_1.pdf)> Acesso em: 20 set. 2018.

Prefeitura Municipal de Toledo. **Plano de ação e estratégias para a biodiversidade do município de Toledo**, 2016. Disponível em <[https://www.toledo.pr.gov.br/sites/default/files/relatorio\\_do\\_meio\\_biologico\\_e\\_fisico.pdf](https://www.toledo.pr.gov.br/sites/default/files/relatorio_do_meio_biologico_e_fisico.pdf)> Acesso em: 18 jun. 2019.

R Core Team (2019). **R: A language and environment for statistical computing.** R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

RODRIGUES, A. S. L. **Adequação de um Protocolo de Avaliação Rápida para o Monitoramento e Avaliação Ambiental de Cursos D'Água Inseridos em Campos Rupestres.** Ouro Preto: Universidade Federal de Ouro Preto, 2008. 104p.

RODRIGUES, A.S.L.; CASTRO, P.T.A.; MALAFAIA, G. **Utilização dos Protocolos de Avaliação Rápida de Rios como Instrumentos Complementares na Gestão de Bacias Hidrográficas Envolvendo Aspectos da Geomorfologia Fluvial: Uma Breve Discussão.** Enciclopédia Biosfera – Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.6, n.11, 2010. p. 1-9.

ROSA A. G.; SANTOS, J. T. S.; COSTA J. A.; FONSECA, D. D. F.; SOUSA, A. M. L. **Comportamento da precipitação como fator ativo de processos erosivos no município de Rondon do Pará, PA (Brasil).** Scientia Plena v.13, n. 2, 2017.

SODRÉ FF, Schnitzler DC, Scheffer EWO, Grassi MT (2012) **Evaluating copper behavior in urban surface waters under anthropic influence.** A case study from the Iguaçu River, Brazil. Aquat. Geochem., in press.

TOTHILL, I. E.; TURNER, A. P. F. **Developments in bioassay methods for toxicity testing in water treatment.** TrAC Trends in Analytical Chemistry, v. 15, p. 178-188, 1996.

VENDRAMEL, E.; KÖHLER, V.B.A história do abastecimento da água em Maringá, Estado do Paraná. *Acta Scientiarum*, v.24, n.1, p.253-260, 2002.

VON SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3ª Edição. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Editora da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG – Belo Horizonte, 2005.

VON SPERLING, M. V. **Estudos de Modelagem da qualidade da água de rios. 2007.588p., Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**, - Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

WANG, J.; RIED, A.; STAPEL, H.; ZHANG, Y.; CHEN, M.; ANG, W.S. et al. **A pilot-scale investigation of ozonation and advanced oxidation processes at Choa Chu Kang Waterworks**. *Water Practice & Technology*, v. 10, n. 1, p. 43- 49, 2015.

WEATHER SPARK. **Condições meteorológicas médias de Toledo**, 2018. Disponível em:< <https://pt.weatherspark.com/y/29580/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Toledo-Brasil-durante-o-ano>>. Acesso em 14 maio 2019.