



Estado do Paraná

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ – UNIOESTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS – PPGCA**

**AVALIAÇÃO DOS ASPECTOS FÍSICO-QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS PARA
DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA – IQA
NO RIO TOLEDO - PR**

JULIANA TABORDA

**TOLEDO/PR
MAIO/2017**



Estado do Paraná

**AVALIAÇÃO DOS ASPECTOS FÍSICO-QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS PARA
DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA – IQA NO RIO
TOLEDO – PR**

JULIANA TABORDA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais, área de concentração em **Ecosystemas e Dinâmicas Sócio-ambientais**.

Orientador: Prof. Dr. Nyamien Yahaut Sebastien
Co-orientador: Prof. Dr. Dirceu Baumgartner

**TOLEDO/PR
MAIO/2017**

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Vanira e Chan e ao meu irmão Jander pelo apoio incondicional, incentivo e pela confiança demonstrada ao longo de minha formação pessoal e profissional.

Aos professores Dirceu Baumgartner e Nyamien Sebastien pela orientação e colaboração para a realização do presente trabalho.

Ao professor Paulo Sanches pelo incentivo e auxílio durante as coletas das amostras.

A professora Tatiana Rodrigues pela amizade e apoio prestado.

Ao Grupo de Estudos em Recursos Pesqueiros e Limnologia – Gerpel, pela disponibilização do laboratório de Limnologia Aplicada para a realização das análises.

A minha amiga e colega de trabalho Adriana Tronco pela amizade, apoio e motivação.

Aos meus amigos e colegas de trabalho, Jean e Sabrina por esses anos de parceria e amizade, que me auxiliaram nas análises realizadas ao longo do projeto.

Ao Carlos Augusto, meu namorado, que tem sido meu companheiro em todos os momentos, principalmente durante as dificuldades.

Aos colegas de mestrado Guilherme e Mariane, que foram parceiros durante o período de realização das aulas e coletas.

E a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização de mais essa etapa da minha vida.

“Há quem diga que são os sonhos dos homens que sustentam o mundo na sua órbita.”

Carl Jung

RESUMO

TABORDA, JULIANA. Avaliação dos Aspectos Físico-Químicos e Microbiológicos para Determinação do Índice de Qualidade da Água – IQA no Rio Toledo – PR. Data da defesa 03 de Março de 2017. 52 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná/Campus de Toledo. Toledo, 2017.

O rio Toledo tem seu percurso tanto na área rural quanto urbana, estando sujeito a diferentes formas de impactos ambientais. As alterações das características da água podem estar relacionadas ao uso e ocupação do solo nas proximidades do rio, gerando processos antropogênicos. Sendo assim, o propósito deste trabalho foi analisar a qualidade da água do rio Toledo, a fim de verificar os efeitos da urbanização e atividades agrícolas sob o corpo hídrico. Foi utilizado o Índice de Qualidade de Água (IQA) e análise dos elementos traço cádmio, chumbo, manganês, níquel e zinco. O IQA foi calculado, de acordo com a metodologia proposta pela CETESB (2015), onde foram obtidas as variáveis físicas: turbidez e temperatura da água; variáveis químicas: DBO; pH; oxigênio dissolvido; nitrogênio total e fósforo total; variáveis biológicas: coliformes fecais. As análises limnológicas foram realizadas seguindo a metodologia descrita em APHA (2005). Os valores das análises foram comparados aos estabelecidos pela resolução Conama nº 357/2005, para águas de Classe II. As concentrações dos elementos traço foram obtidas através do equipamento ICP-OES por digestão ácida. Para tanto, foram realizadas coletas de água mensais, em cinco pontos distintos, três pontos localizados na região rural, e dois pontos situados na região urbana, durante o período de julho de 2015 a junho de 2016, totalizando um ano de monitoramento. Os valores de IQA nos cinco pontos de coleta variaram de (78,06 a 36,44). O ponto 1 obteve uma média anual de (67,75) e o ponto 4 (39,92). Os pontos 4 e 5 mostraram-se pontos críticos com relação à contaminação de origem orgânica (DBO), fosfatada (fósforo total) e microbiológica (coliformes fecais). Os valores obtidos ultrapassaram os limites preconizados pela legislação vigente em praticamente todo o monitoramento. Estes valores permitiram classificar o corpo hídrico nas categorias de Regular a Boa. Os elementos traço apresentaram em todos os pontos valores discordantes dos limites recomendados pela resolução Conama nº 357/2005 para águas de Classe II. A análise de uso e ocupação do solo demonstrou que, a região urbana ocupa uma área de 2.902,93 (Ha), totalizando 2,42% de ocupação. A área agrícola ocupa 98.643,02 (Ha), com 82,33% de área em uso. Dessa maneira o uso e ocupação do solo de forma inadequada pode influenciar diretamente na qualidade e na disponibilidade dos recursos hídricos, seja pela urbanização acelerada, pela supressão da vegetação ou pelo uso da agricultura. Os impactos podem variar em função do uso, aporte de carga orgânica, nutrientes, contaminantes metálicos e o arraste de sedimentos, comprometendo a qualidade e o equilíbrio do ecossistema aquático.

PALAVRAS CHAVE: qualidade ambiental; uso e ocupação do solo; crescimento urbano

ABSTRACT

TABORDA, JULIANA. Evaluation of the Physical-Chemical and Microbiological Aspects for Determination of the Water Quality Index - WQI in the Toledo River - PR. Date of defense 03 March 2017. 52 p. Dissertation (Master of Science in Environmental Sciences) - State University of the West of Paraná / Campus de Toledo. Toledo, 2017.

The Toledo river has its route in both rural and urban areas, being subject to different forms of environmental impacts. Changes in water characteristics may be related to the use and occupation of the soil in the vicinity of the river, generating anthropogenic processes. Thus, the purpose of this work was to analyze the water quality of the Toledo River in order to verify the effects of urbanization and agricultural activities under the water body. The Water Quality Index (WQI) and cadmium trace elements, lead, manganese, nickel and zinc were used. The WQI was calculated, according to the methodology proposed by CETESB (2015), where the physical variables were obtained: turbidity and water temperature; Chemical variables: BOD; pH; Dissolved oxygen; Total nitrogen and total phosphate; Biological variables: fecal coliforms. Limnological analyzes were performed following the methodology described in APHA (2005). The values of the analyzes were compared to those established by the Conama Resolution nº 357/2005, for Class II waters. The concentrations of the trace elements were obtained through the ICP-OES equipment by acid digestion. In order to do this, monthly water collections were carried out in five distinct points, three points located in the rural region, and two points in the urban region, during the period from July 2015 to June 2016, totaling one year of monitoring. The WQI values at the five collection points ranged from (78.06 to 36.44). Point 1 had an annual average of (67.75) and point 4 (39.92). Points 4 and 5 showed critical points regarding contamination of organic origin (BOD), phosphate (total phosphate) and microbiological (fecal coliforms). The values obtained exceeded the limits established by the legislation in force in practically all monitoring. These values allowed to classify the water body in the categories of Regular to Good. The trace elements presented in all points values discordant of the limits recommended by the resolution Conama no 357/2005 for waters of Class II. The analysis of land use and occupation showed that the urban area occupies an area of 2,902.93 (Ha), totaling 2.42% of occupancy. The agricultural area occupies 98,643.02 (Ha), with 82.33% of area in use. In this way the use and occupation of the soil improperly can directly influence the quality and availability of water resources, either by accelerated urbanization, by the suppression of vegetation or by the use of agriculture. Impacts may vary depending on the use, organic load, nutrients, metallic contaminants and sediment trapping, compromising the quality and balance of the aquatic ecosystem.

KEY WORDS: environmental quality; Use and occupation of the soil; urban growth

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Hidrografia da bacia do rio Toledo – PR. Fonte: Plano diretor participativo Toledo – 2050.	4
Figura 2. Pontos de amostragem localizados no Rio Toledo na cidade de Toledo – PR.	10
Figura 3. Local de amostragem 1 (P1). Fonte: o autor	11
Figura 4. Local de amostragem 2 (P2). Fonte: o autor	12
Figura 5. Local de amostragem 3 (P3). Fonte: o autor	13
Figura 6. Local de amostragem 4 (P4). Fonte: o autor	14
Figura 7. Local de amostragem 5 (P5). Fonte: o autor	15
Figura 8. Curvas médias de variação da qualidade das águas. Fonte: CETESB, 2015.	18
Figura 9. Mapa de classificação de uso e ocupação do solo na cidade de Toledo/PR.	21
Figura 10. Variação temporal e espacial da precipitação da média histórica das chuvas e a precipitação mensal (A) e a precipitação 3 dias antes da coleta (B), no período de julho de 2015 á junho de 2016. Fonte: SIMEPAR, 2017.	23
Figura 11. Variação espacial e temporal dos valores médios do Oxigênio Dissolvido obtidos em 5 pontos distintos (A) e obtidos nos pontos 1, 2 e 3 (B) no período de julho de 2015 á junho de 2016, no rio Toledo.	24
Figura 12. Variação espacial e temporal dos valores médios de temperatura da água obtida no período de julho de 2015 á junho de 2016, no rio Toledo.	26
Figura 13. Variação espacial e temporal dos valores médios de pH da água obtidas em 5 pontos distintos (A) e nos pontos 1,2 e 3 (B) no período de julho de 2015 á junho de 2016, no rio Toledo.	27
Figura 14. Variação espacial e temporal dos valores médios de Turbidez da água obtidas em 5 pontos distintos (A), e nos pontos 3 e 5 (B) no período de julho de 2015 á junho de 2016, no rio Toledo.	28
Figura 15. Variação espacial e temporal dos valores médios de Fosfato Total obtidos em 5 pontos distintos (A), e nos pontos pontos 1,2 e 3 (B) no período de julho de 2015 á junho de 2016, no rio Toledo.	30

Figura 16. Variação espacial e temporal dos valores médios de Nitrogênio Total em 5 pontos distintos (A), e nos pontos 1,4 e 5 (B) obtidos no período de julho de 2015 a junho de 2016, no rio Toledo.	31
Figura 17. Variação espacial e temporal dos valores médios de Coliformes Fecais em 5 pontos distintos (A), e nos pontos 1,2 e 3 (B), obtidos no período de julho de 2015 a junho de 2016, no rio Toledo.	33
Figura 18. Variação espacial e temporal dos valores médios da Demanda Bioquímica de Oxigênio em 5 pontos distintos (A), e nos pontos 1,2 e 3 (B) obtidas no período de julho de 2015 a junho de 2016, no rio Toledo.	34
Figura 19. Variação espacial e temporal dos valores médios de Sólidos Totais água em 5 pontos distintos (A), e nos pontos 1,2 e 3 (B) obtidos no período de julho de 2015 a junho de 2016, no rio Toledo.	35
Figura 20. Variação espacial e temporal dos valores médios de Cádmio em 5 pontos distintos (A), e nos pontos 2,3 e 4 (B), obtidos no período de julho de 2015 a junho de 2016, no rio Toledo.	36
Figura 21. Variação espacial e temporal dos valores médios de Ferro Total em 5 pontos distintos (A), e nos pontos 2,3 e 5 (B), obtidos no período de julho de 2015 a junho de 2016, no rio Toledo.	38
Figura 22. . Variação espacial e temporal dos valores médios de Manganês em 5 pontos distintos (A), e nos pontos 1 e 3 (B), obtidos no período de julho de 2015 a junho de 2016, no rio Toledo.	39
Figura 23. Variação espacial e temporal dos valores médios de Níquel, obtidos no período de julho de 2015 a junho de 2016, no rio Toledo.	41
Figura 24. Variação espacial e temporal dos valores médios de Chumbo em 5 pontos distintos (A), e nos pontos 3 e 4 (B), obtidos no período de julho de 2015 a junho de 2016, no rio Toledo.	42
Figura 25. Variação espacial e temporal dos valores médios de Zinco em 5 pontos distintos (A), e nos pontos 2 e 3 (B), obtidos no período de julho de 2015 a junho de 2016, no rio Toledo.	43
Figura 26. Variação espacial e temporal dos valores médios do Índice de Qualidade de Água (IQA), obtidos no período de julho de 2015 á junho de 2016, no rio Toledo.	44

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Pesos dos diferentes parâmetros utilizados no cálculo do índice de qualidade da água. Fonte: CETESB, 2015.....	19
Tabela 2. . Classificação da água de acordo com os valores de IQA. Fonte: CETESB, 2015.....	19
Tabela 3. Classes de uso e ocupação do solo analisadas na cidade de Toledo – PR.....	22

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	OBJETIVOS	2
2.1.	GERAL	2
2.2.	OBJETIVOS ESPECIFICOS	2
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	2
3.1	BACIA HIDROGRÁFICA	2
3.2	QUALIDADE DA ÁGUA.....	5
3.3	INFLUÊNCIA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA	6
3.4.	ENQUADRAMENTO DOS CORPOS DE ÁGUA (RESOLUÇÃO CONAMA).....	8
3.5.	ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA (IQA)	8
4.	MATERIAIS E MÉTODOS	9
4.1.	ÁREA DE ESTUDO.....	9
4.1.1.	DESCRIÇÃO DOS PONTOS DE COLETA NO RIO TOLEDO.....	11
4.1.2.	COLETA E ANÁLISE DAS AMOSTRAS.....	16
4.1.3.	ANÁLISE DAS VARIÁVEIS FÍSICAS, QUÍMICAS, MICROBIOLÓGICAS E ELEMENTOS TRAÇO	16
4.1.4.	ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA – IQA.....	17
4.1.5.	USO E OCUPAÇÃO DO SOLO.....	20
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	23
5.1.	ANÁLISE PLUVIOMÉTRICA	23
5.2.	ANÁLISES FÍSICAS, QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS.....	23
5.2.1.	OXIGÊNIO DISSOLVIDO	23
5.2.2.	TEMPERATURA DA ÁGUA	25
5.2.3.	POTENCIAL HIDROGENIÔNICO	26
5.2.4.	TURBIDEZ	28
5.2.5.	FOSFATO TOTAL.....	29
5.2.6.	NITROGÊNIO TOTAL	31
5.2.7.	COLIFORMES FECALIS	32
5.2.8.	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO).....	33
5.2.9.	SÓLIDOS TOTAIS.....	34
5.3.	ELEMENTOS TRAÇO (METAIS PESADOS)	35

5.3.1.	CÁDMIO	36
5.3.2.	FERRO TOTAL	37
5.3.3.	MANGANÊS	39
5.3.4.	NÍQUEL	40
5.3.5.	CHUMBO	41
5.3.6.	ZINCO	43
5.4.	ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQA)	44
6.	CONCLUSÃO	46
7.	REFERÊNCIAS.....	47

1. INTRODUÇÃO

As áreas urbanizadas têm sido caracterizadas pela expansão sem planejamento adequado. O que pode estar desencadeando interferência direta em elementos bióticos e abióticos, como nos rios e seus afluentes.

A água se constitui em um recurso natural de respeitável importância para a vida dos seres humanos, plantas, animais e microrganismos, sendo efetivo para uma totalidade de processos industriais e urbanos (VON SPERLING, 1997).

O intenso uso múltiplo, a perda de matas ciliares, o escoamento superficial e a contaminação dos corpos hídricos pelo despejo de resíduos líquidos e sólidos *in natura*, têm conduzido à intensa degradação da qualidade da água dos mananciais (VIEIRA, 2008).

As principais fontes de poluição dos corpos hídricos podem ser originadas devido ao uso e ocupação do solo, com a geração de efluentes domésticos, efluentes industriais e cargas difusas agrícolas, que ocorrem pela drenagem de poluentes como fertilizantes e agrotóxicos. (Beló et al., 2010).

Para avaliar as condições ambientais dos corpos hídricos, são normalmente realizadas análises de diversas variáveis que representam suas características físicas, químicas e biológicas. Essas variáveis são comparadas a parâmetros estabelecidos pela legislação, as quais possibilitam o enquadramento dos corpos hídricos (CONAMA, 2005).

O rio Toledo é o principal rio do município de Toledo e abastece um centro urbano com mais de 132 mil habitantes (IBGE, 2016). O entendimento das condições ambientais produzirá informação sistematizada para que o poder público e privado atuem no sentido de preservação desse importante manancial.

Nesse sentido, buscou-se avaliar a qualidade da água do rio Toledo, utilizando o Índice de Qualidade da Água (IQA) e a avaliação da concentração dos metais pesados presentes no corpo hídrico, a fim de verificar a qualidade da água superficial na bacia do rio Toledo, visando a viabilidade do uso da água de acordo com a legislação vigente.

2. OBJETIVOS

2.1. GERAL

Avaliar a qualidade da água do rio Toledo, localizado na cidade Toledo/PR em cinco pontos de amostragem distintos, por meio das análises de variáveis físicas, químicas, microbiológicas e elementos traço em escala espacial e temporal.

2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Analisar as variáveis químicas, físicas, microbiológicas: pH, turbidez, temperatura da água, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, fosfato total, nitrogênio total, sólidos totais e coliformes fecais, e os metais pesados: cádmio, chumbo, manganês, níquel e zinco, a fim de verificar se as mesmas podem ser aplicadas para identificação de possíveis interferências naturais ou antropogênicas no rio;
- Verificar o enquadramento das variáveis com os padrões brasileiros de qualidade ambiental (Resolução CONAMA N° 357/2005 para águas de Classe II);
- Calcular o Índice de Qualidade da Água (IQA), proposto pela CETESB, 2015;
- Verificar através do mapa de Uso e Ocupação do Solo as classes de áreas ocupadas em torno do rio Toledo.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 BACIA HIDROGRÁFICA

A qualidade e a quantidade das águas de uma bacia hidrográfica são resultantes de uma infinidade de processos naturais como tipos de solo e relevo, a vegetação local presente, ou atividades antrópicas como o desmatamento (SINGH & MISHRA, 2014), atividades agrícolas (WILLIAMS et. al., 2015) urbanização e desenvolvimento industrial (BARRON et al., 2013) que exercem grande pressão sobre os recursos naturais que compõem a bacia.

O estado do Paraná possui dezesseis bacias hidrográficas. Dentre elas está a bacia hidrográfica do Paraná III, localizada na mesorregião oeste do Paraná, ao sul do Mato Grosso do Sul, que possui uma área total de 7.979,40 Km², cerca de 4% da área do estado, e uma população de 642.684 habitantes, em torno de 6% do total do estado (SEMA, 2013).

Os principais afluentes da bacia do rio Paraná III caracterizam – se pelos rios São Francisco que nasce em Cascavel, o Guaçu que nasce em Toledo, o São Francisco Falso que nasce em Céu Azul e o Ocoí que nasce em Matelândia (SEMA, 2013).

A bacia hidrográfica do Rio Toledo é formada por seis bacias que deságuam no Lago de Itaipu, representadas pelos rios Toledo, São Francisco, Dezoito de Abril, Santa Quitéria, Arroio Guaçu e Arroio Marreco (MUNICÍPIO DE TOLEDO, 2001).

O Rio Toledo corre no sentido leste-oeste, e possui uma extensão de 26,5 km de extensão, sendo considerado o mais importante do município. Corta o perímetro urbano da cidade de Toledo – PR. É manancial de abastecimento para a produção de água tratada pela SANEPAR (Companhia de Saneamento do Paraná). Sendo considerado ambientalmente estratégico, já que a área de drenagem da sua bacia contribui para o reservatório da Itaipu Binacional (SEMA, 2013).

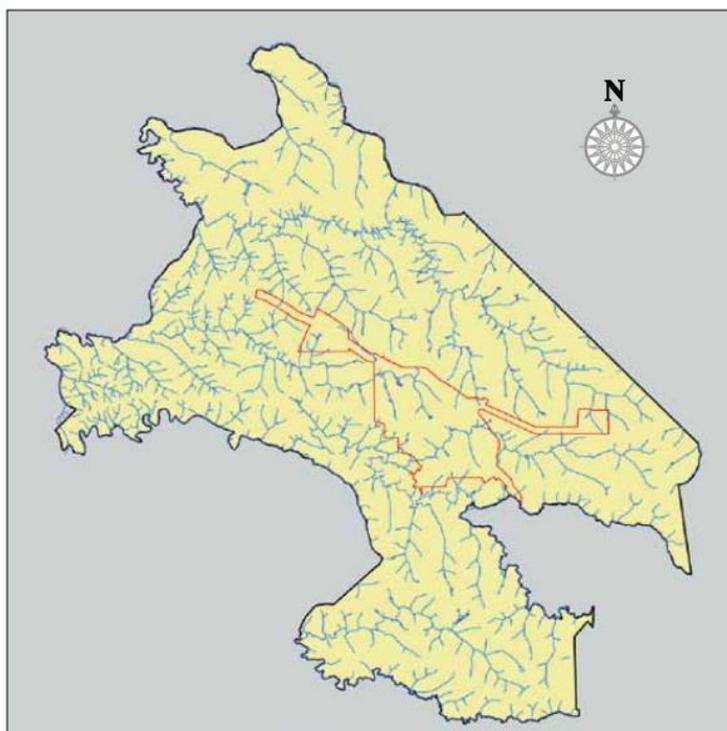


Figura 1. Hidrografia da bacia do rio Toledo – PR. Fonte: Plano diretor participativo Toledo – 2050.

Atualmente os afluentes da bacia do Paraná III compõem usos agrícolas, com culturas anuais principalmente de soja e milho, com elevado potencial de contaminação por escoamento superficial pelo grande volume de utilização de agrotóxicos nas áreas de uso pela agricultura (SEMA, 2013).

Na pecuária destacam-se os suínos, bovinos, aves e peixes (TOMM, 2001). Das 195 propriedades agrícolas, 23 % desenvolvem atividades ligadas à suinocultura, sendo 46 distribuídas ao longo do curso de água (SEMA, 2013).

O rio Toledo é um corpo da água de suma importância dentro da Bacia Hidrográfica do Paraná III. Porém, sofre interferência direta de atividades industriais, urbanas e de agricultura, as quais deterioram significativamente a qualidade das suas águas, de forma a limitar o seu uso (NIEWEGLOWSKI, 2006).

Deste modo, a estruturação do espaço, ou seja, o uso do solo de forma inadequada pode influenciar nas características naturais dos recursos hídricos, em específico os mananciais, que são priorizados para o abastecimento humano (CESCONETO, 2012).

3.2 QUALIDADE DA ÁGUA

A qualidade da água vem mobilizando diversas áreas do conhecimento científico e ambiental, gerando pesquisas e estudos relacionados a potenciais fontes de contaminação originadas por ações antropogênicas em torno dos corpos hídricos.

A qualidade da água é uma variável dependente das características naturais e do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica. A alteração das características físico-químicas da água pode ser relacionada aos grupos dos compostos orgânicos e inorgânicos, bem como aos processos naturais e antropogênicos (UNEP/GEMS, 2008).

Dentre os contaminantes orgânicos, destacam-se os efluentes originados dos esgotos domésticos e os inorgânicos, componentes sintéticos do setor industrial e agrícola. Os processos naturais incluem o material recebido pelos corpos fluviais de processos naturais como intemperismo, já a intervenção antrópica decorre dos diferentes tipos de uso do solo como a agropecuária, o urbano e a indústria (MARQUES e SOUZA, 2005).

As fontes não pontuais e pontuais de poluição foram instituídas para definir os tipos de entrada dos poluentes no meio ambiente. As fontes não pontuais representam os despejos provenientes de atividades humanas para as quais os poluentes não têm entrada definida nos corpos de água receptores, sendo de difícil identificação, medição e controle (REBELO e BAVARESCO, 2008).

Enquanto que, as fontes pontuais representam os lançamentos das atividades onde as águas residuárias são dirigidas diretamente para os cursos de água, onde podem ser medidas e controladas. (REBELO e BAVARESCO, 2008). Alguns parâmetros têm sido usados nos estudos da qualidade da água, principalmente os de origem orgânica, relacionados aos esgotos domésticos e industriais. Os contaminantes inorgânicos têm ganhado uma visibilidade maior com o estudo da contaminação por elementos traço, tendo em vista a toxicidade desses elementos.

De acordo com Meurer et al (2006) nas últimas décadas acentuou-se a preocupação quanto a contaminação e poluição do solo por metais pesados e

conseqüentemente das águas superficiais e subterrâneas devido a grande expansão urbana e industrial.

Rietzler et al. (2001) acrescentam que as fontes naturais dos metais pesados são as rochas, os solos e as atividades vulcânicas, transportados por processos de lixiviação, erosão e escoamento pluvial. As fontes antrópicas incluem atividades industriais por meio de efluentes sólidos, que são lançados diretamente na atmosfera, e líquidos, que são lançados nos corpos hídricos, e atividades como mineração e agricultura, causando deflúvio urbano e agrícola.

Nesse sentido, o monitoramento da qualidade da água proporciona um amplo campo de participação e divulgação de conhecimentos na sociedade, fornecendo ferramentas para a compreensão do meio ambiente, tomadas de decisões, sobretudo, do gerenciamento do uso e ocupação do solo, da água superficial e do ambiente como um todo (SANTOS et al., 2014).

Portanto, é de grande importância compreender os processos ambientais, para que se invista no conhecimento dos ecossistemas e para que se possa agir corretamente sobre as causas das alterações identificadas. Esta iniciativa é possível quando se dispõe de um conjunto de informações precisas, obtidas a partir de observações e análise sobre o que está ocorrendo no meio.

3.3 INFLUÊNCIA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA

As atividades agrícolas, industriais e de ocupação urbana tem implicação direta sob a qualidade da água de um corpo hídrico. Cada atividade é caracterizada de formas distintas, que resultam em impactos diferenciados nos recursos naturais (PRADO & NOVO, 2005).

Tucci (2005) em seu estudo sobre águas urbanas reportou que a poluição difusa está fortemente correlacionada com o uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica, pelas atividades agrárias e industriais, urbanização, desmatamento e escoamento superficial pluvial.

Em relação às fontes pontuais de poluição, em virtude do desenvolvimento tecnológico do tratamento de efluentes, os lançamentos pontuais podem ser controlados de uma forma mais simplificada, enquanto que na grande maioria dos países desenvolvidos, o foco do controle da poluição da

água está voltado para a poluição difusa, pelo fato das fontes pontuais já terem sido mensuradas (REBELO e BAVARESCO, 2008).

Mota (2008) estabeleceu alguns conceitos que podem ser utilizados para que os impactos sob o uso e ocupação do solo possam ser minimizados, como o controle de parcelamento e da ocupação de terras, proteção de áreas de conservação (margens dos cursos d'água, encostas, várzeas), demarcação de unidades de conservação e proteção dos recursos hídricos nas áreas urbanizadas.

Desse modo a importância da análise do uso e da ocupação do solo em estudos de caracterização ambiental justifica-se pela necessidade da identificação de potenciais fontes de alterações do ambiente, provenientes das atividades antrópicas (SANTOS et al., 2014).

3.4. ENQUADRAMENTO DOS CORPOS DE ÁGUA (RESOLUÇÃO CONAMA)

A Resolução CONAMA N^o 357/2005 dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais, bem como estabelece as condições e os padrões de lançamentos de efluentes e, em seu artigo n^o 10, onde estabelece que os valores máximos preconizados para os parâmetros relacionados em cada uma das classes de enquadramento deverão ser obedecidos nas condições de vazão de referência (BRASIL, 2005).

Desta forma, o conceito de enquadramento não é um diagnóstico da situação atual do corpo de água, em termos de qualidade da água, mas primeiramente a definição de quais os usos preponderantes pretendidos (a curto, médio e longo prazo) e qual as metas a serem alcançadas (intermediária e final), e periodicamente monitoradas e reavaliadas (POLETTO et al., 2014).

O enquadramento estabelecido pela Conama n^o 357/2005 estabelece o nível de qualidade (classe) a ser alcançado e/ou mantido em um segmento de corpo d'água ao longo do tempo.

3.5. ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA (IQA)

Os índices e indicadores ambientais foram desenvolvidos como resultado da crescente preocupação social com os aspectos ambientais do desenvolvimento. Por outro lado, os indicadores tornaram-se fundamentais no processo decisivo das políticas públicas e no acompanhamento de seus efeitos (CETESB, 2015).

O IQA foi desenvolvido para avaliar a qualidade da água bruta visando seu uso para o abastecimento público, seus parâmetros utilizados no cálculo do IQA são em sua maioria indicadores de contaminação causada pelo lançamento de esgotos domésticos (CETESB, 2015).

Os parâmetros analisados para a determinação do IQA são: potencial hidrogeniônico (pH), oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), fosfato total, nitrogênio total, coliformes fecais, turbidez, sólidos totais e temperatura da água (CETESB, 2015).

O Índice de Qualidade de Água é um índice utilizado para classificar e avaliar a condição da avaliação de água para a utilização de abastecimento público, considerando um tratamento adequado (CETESB, 2015).

Ressaltando que a avaliação do IQA apresenta limitações, por não analisar outros parâmetros importantes, como os metais pesados e pesticidas, logo, o índice, apesar de fornecer uma avaliação integrada, não substituirá uma avaliação minuciosa da qualidade das águas de uma bacia hidrográfica (CETESB, 2015).

Apesar destas limitações, o IQA é um índice de qualidade bastante empregado no Brasil, podendo ser utilizado como referência entre diferentes corpos d'água (ANA, 2015).

Nesta perspectiva, os resultados de IQA são relativos e devem ser interpretados levando em consideração o uso da água analisada, já que se trata de uma ferramenta básica de avaliação quantitativa da qualidade da água, fornecendo um resumo de todo ambiente aquático através da integração de dados obtidos de vários indicadores que refletem os objetivos de gestão e as características ambientais do ambiente monitorado (DOBBIE & DAIL, 2013).

O IQA trata se de um índice que mede a condição da avaliação de água para a utilização de abastecimento público, considerando um tratamento convencional, porém, a avaliação do IQA apresenta limitações, por não analisar outros parâmetros importantes, tais como; substâncias tóxicas (metais pesados e pesticidas), e substâncias que podem interferir nas principais propriedades organolépticas da água.

Com isso, o presente trabalho procurou quantificar os metais pesados cádmio, chumbo, manganês, níquel e zinco, para a obtenção de um diagnóstico mais preciso sobre a situação atual da qualidade hídrica do rio.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. ÁREA DE ESTUDO

O rio Toledo é considerado o principal rio do município de Toledo e está localizado na bacia hidrográfica do Paraná III, no Oeste do Estado do Paraná,

numa área de 1.197 km², com aproximadamente 132.077 habitantes (IBGE, 2015).

Com extensão de 26,5 km e drenando uma área de 92,0 km², o rio percorre todo o município, passando pelo seu centro urbano, onde é utilizado como manancial de abastecimento (SANEPAR, 2015). Os pontos de coleta podem ser observados na (Figura 2).

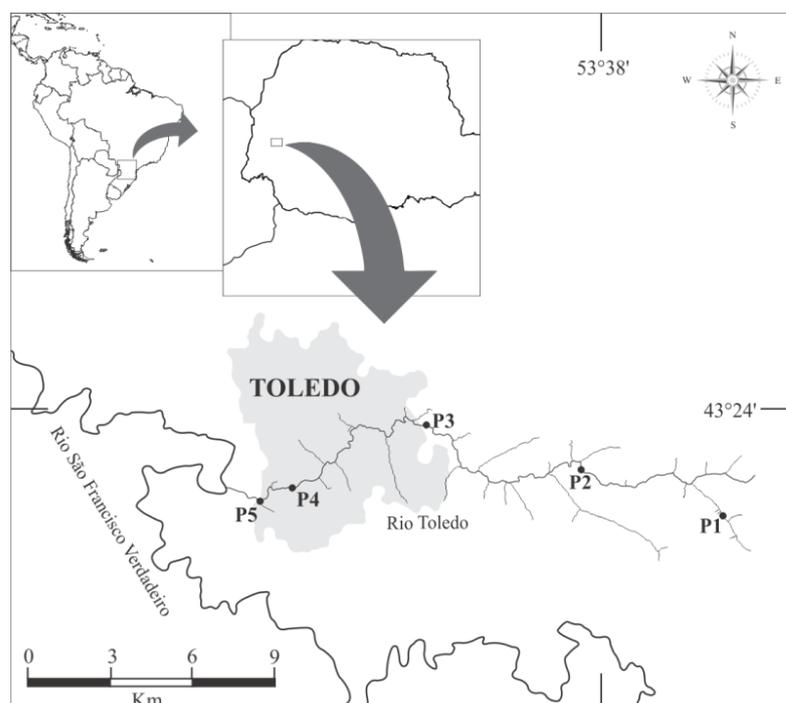


Figura 2. Pontos de amostragem localizados no Rio Toledo na cidade de Toledo – PR.

Para a coleta de água foram definidos critérios como: proximidade de áreas urbanas e áreas rurais. O posicionamento geográfico e uma breve descrição dos locais dos pontos propostos podem ser observados na Tabela 1.

4.1.1. DESCRIÇÃO DOS PONTOS DE COLETA NO RIO TOLEDO

O local de amostragem ponto 1 (Figura 3), está localizado nas coordenadas geográficas: 24°44'50" S e 53°38'21" O, no distrito de São Luiz do Oeste, próximo à nascente. Apresenta predomínio da agricultura no entorno do local. Foi considerada a referência onde se pretendeu caracterizar a situação que deveria, em princípio, mostrar-se melhor qualidade da água no rio. Pode-se observar mata ciliar estreita, porém abundante e profundidade da lâmina d'água de aproximadamente 50 cm. Leito composto predominantemente de sedimentos.



Figura 3. Local de amostragem 1 (P1). Fonte: o autor

O local de amostragem ponto 2 (Figura 4), denominada Sol Nascente, está localizado nas coordenadas geográficas: 24°44'50" S e 53°38'21" O. O ponto é marcado por áreas agriculturáveis no entorno do rio. A área de drenagem abrangida por este local compreende 24,1 Km², está em altitude de 509,09 m. A vazão média observada na seção do rio, neste ponto, foi de aproximadamente 1,07 m³. Neste local o rio apresenta largura aproximada de 5 metros. As margens encontram se preservadas, com mata ciliar presente. A profundidade da lâmina d'água é de, aproximadamente 1,20 metros. O leito é composto predominantemente de sedimentos.

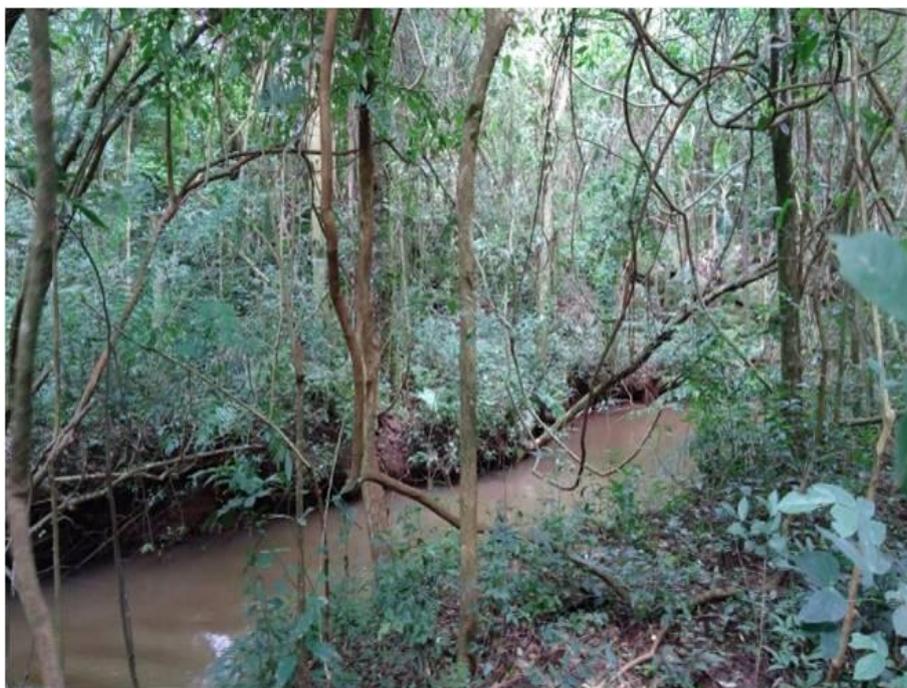


Figura 4. Local de amostragem 2 (P2). Fonte: o autor

O trecho do rio ponto 3 (Figura 5), está localizado nas coordenadas geográficas: 24°44'38" S e 53°41'12" O, próximo a estação de coleta de água para abastecimento público da Companhia de Saneamento do Parana - SANEPAR. Nesta pretendeu-se avaliar a influência de possíveis descargas pontuais, como, esgotos e efluentes industriais e da suinocultura, e também das cargas difusas provenientes principalmente da agricultura. A área de drenagem abrangida por esta estação compreende 64,24 Km², está em altitude de 493,793 m. A vazão média observada na seção do rio foi de 1,68 m³. Neste local o rio apresenta largura aproximada de 6,5 metros; apresentou profundidade média de 1 metro. O leito é composto de sedimentos e pedras. As margens apresentaram mata ciliar abundante.



Figura 5. Local de amostragem 3 (P3). Fonte: o autor

O ponto 4 (Figura 6), está localizado nas coordenadas geográficas: 24°44'48' S e 53°44'26" O. Apresentou odor característico de lançamento de esgoto durante o período de amostragem. Pode-se observar mata ciliar pouco preservada e presença de erosão nas margens. O leito do rio é formado por sedimentos e pedras, com velocidade da água moderada e profundidade média de 1,20 metros. As amostragens ocorreram próximas à ponte no contorno sul, jardim Bressan, na área urbana da cidade de Toledo – Pr.



Figura 6. Local de amostragem 4 (P4). Fonte: o autor

O ponto 5 (Figura 7), está localizado nas coordenadas geográficas: 24°45'14" S e 53°46'35" O. Situado próximo à foz do Rio Toledo com o Rio São Francisco Verdadeiro, adjunto a pedreira municipal, sentido a Ouro Verde do Oeste - Pr. Neste local geralmente são lançados esgotos domésticos tratados e não tratados, efluentes de indústrias. A área de drenagem abrangida por este local compreende 111,5 Km², está em altitude de 423,129 m. A vazão média observada na seção do rio, neste local foi aproximadamente 2,17 m³. Neste local o rio apresenta largura aproximada de 6,5 metros. Possui profundidade média de 1 metro. A mata ciliar no entorno do rio se encontra preservada, porém com presença de espécies exóticas (Leucenas, bambus e eucaliptos). O leito é formado por sedimentos e pedras em alguns trechos.



Figura 7. Local de amostragem 5 (P5). Fonte: o autor

4.1.2. COLETA E ANÁLISE DAS AMOSTRAS

As amostragens de água para análise das variáveis físicas, químicas e microbiológicas foram realizadas mensalmente durante um ano (julho de 2015 á julho de 2016), em 5 locais ao longo do rio Toledo, conforme descritos anteriormente.

A coleta e preservação das amostras foram realizadas de acordo com o Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (ANA, 2012).

O enquadramento nos limites legais das variáveis analisadas foi realizado levando em consideração os padrões brasileiros de qualidade ambiental (Resolução CONAMA N° 357/2005 para águas de classe II) (BRASIL, 2005).

Para testar as diferenças nos valores das concentrações dos pontos e meses foi realizada uma análise de variância (ANOVA), e quando foram registradas diferenças significativas, foi realizado o Teste de Tukey ($p < 0,05$), com auxílio do software Statistica 7.0 (STATSOFT INC., 2005).

4.1.3. ANÁLISE DAS VARIÁVEIS FÍSICAS, QUÍMICAS, MICROBIOLÓGICAS E ELEMENTOS TRAÇO

As amostras foram coletadas na superfície da água do rio. Foram obtidos *in situ* os seguintes dados abióticos:

- Temperatura da água: a temperatura da água foi realizada em campo, utilizando o oxímetro ISY, modelo 550A (APHA,2005);
- pH (potencial hidrogeniônico): foi aferido o pH com pHmêtro modelo DIGIMED DM-2P (APHA, 2005);
- Oxigênio dissolvido: os dados de oxigênio dissolvido foram obtidos utilizando o oxímetro ISY, modelo 550A (APHA, 2005);
- Turbidez: utilizou – se o turbidímetro Quimis, modelo AP2000, pelo método nefelométrico. Os resultados são expressos em Unidades de Turbidez – NTU (APHA, 2005).

Foram analisados os seguintes parâmetros físicos, químicos e microbiológicos no laboratório de Limnologia Aplicada da UNIOESTE *campus* de Toledo:

- Fosfato Total: foi determinado pelo método colorimétrico (APHA, 2005);
- Nitrogênio Total: a análise foi realizada pelo método volumétrico em ácido bórico (APHA, 2005);
- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO): As amostras foram incubadas a 20°C. A análise consiste na medição do oxigênio dissolvido no início e depois da incubação. A DBO é a diferença entre o oxigênio dissolvido inicial e o final (APHA, 2005);
- Sólidos Totais: foi determinado pelo método gravimétrico (APHA, 2005);
- Coliformes Fecais: foi utilizado o método que permite que se determine o número mais provável que é a estimativa da densidade de bactérias em uma amostra calculada a partir da combinação de resultados positivos e negativos (APHA, 2005).

Os elementos traço foram determinados, no laboratório de Saneamento Ambiental da UNIOESTE *campus* de Cascavel. As concentrações dos metais pesados foram obtidas através do equipamento ICP-OES por digestão ácida (APHA, 2005).

4.1.4. ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA – IQA

Após a determinação dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos, foi determinado o índice de qualidade da água (IQA), através da seguinte fórmula (CETESB, 2015):

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

Sendo:

IQA = Índice de qualidade da água;

q_i = qualidade do i -ésimo parâmetro (obtido nas curvas);

W_i = peso relativo do i -ésimo parâmetro (Tabela 3).

Onde os valores de q_i foram obtidos nas curvas médias de variação da qualidade da água (Figura 8).

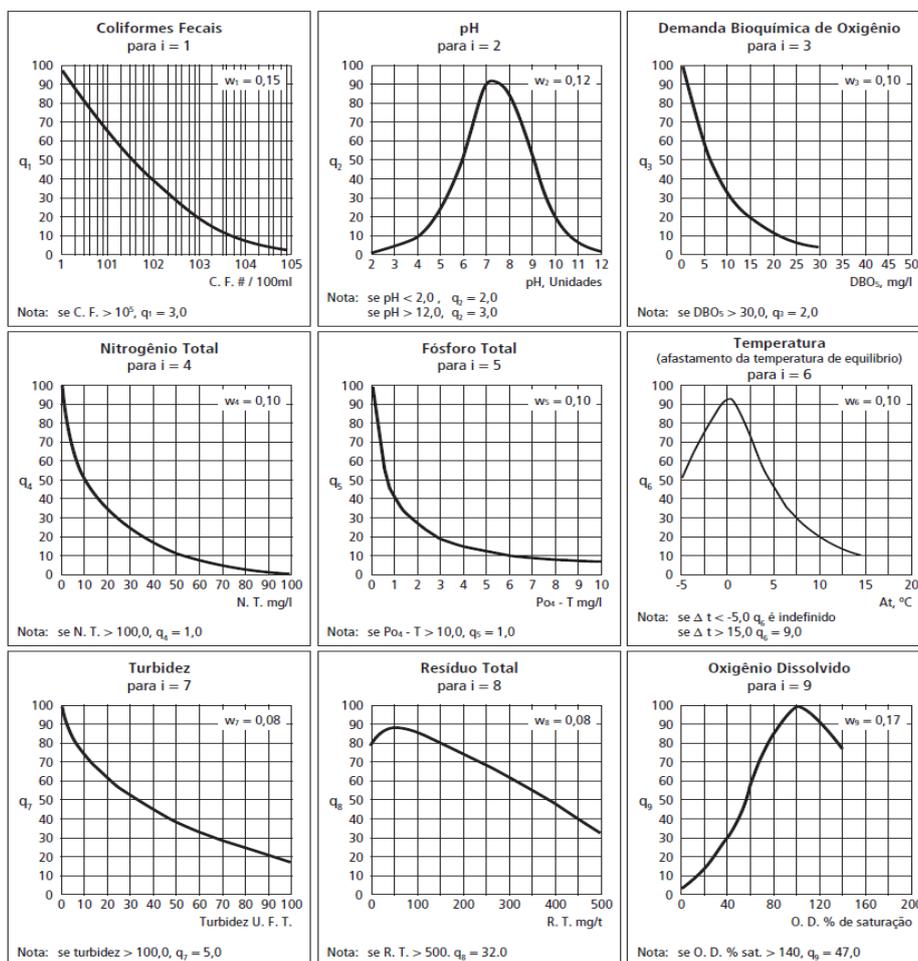


Figura 8. Curvas médias de variação da qualidade das águas. Fonte: CETESB, 2015.

Os valores de W_i foram obtidos na tabela de pesos para as diferentes variáveis de qualidade de água, utilizadas no cálculo do IQA (Tabela 1).

Tabela 1. Pesos dos diferentes parâmetros utilizados no cálculo do índice de qualidade da água. Fonte: CETESB, 2015.

Variáveis	Pesos (W_i)
Demanda Bioquímica de Oxigênio	0,10
Oxigênio Dissolvido	0,17
Coliformes Fecais	0,15
Nitrogênio Total	0,10
pH	0,12
Variação da Temperatura	0,10
Resíduo Total	0,08
Fósforo Total	0,10
Turbidez	0,08

A qualidade da água foi classificada em Ótima, Boa, Regular, Ruim e Péssima (CETESB, 2015), conforme o valor de IQA constante na Tabela 1.

Tabela 2. . Classificação da água de acordo com os valores de IQA. Fonte: CETESB, 2015.

IQA	Classificação
$79 < IQA \leq 100$	Ótima
$51 < IQA \leq 79$	Boa
$36 < IQA \leq 51$	Regular
$19 < IQA \leq 36$	Ruim
$IQA \leq 19$	Péssima

Os valores dos parâmetros obtidos após análises durante o monitoramento realizado durante o período mensal de julho de 2015 á junho de 2016 foram reunidos e calculados em planilhas eletrônicas, para composição do Índice de Qualidade de Água (IQA).

Utilizando a classificação da Tabela 2 pode-se constatar a viabilidade do uso da água dos cursos d'água para o consumo humano e animal, pois o IQA reflete a interferência por esgotos sanitários e outros materiais orgânicos, nutrientes e sólidos.

4.1.5. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

O uso do solo e as atividades produtivas têm relação direta com a qualidade e a quantidade dos recursos hídricos que integram uma bacia hidrográfica. Deste modo, a análise da qualidade da água deve levar em conta todas as possíveis interações dos corpos d'água existentes na bacia de estudo, com os demais componentes do ambiente como o meio físico, o meio biótico e o meio antrópico.

A partir da análise da imagem do satélite (*SENTINEL 2*) no período de 2015/2016, aliada com os levantamentos de campo durante o período de estudo, o programa *Q-GIS* possibilitou a integração de vários tipos de dados, devidamente georeferenciados. A análise de classificação multispectral supervisionada *MULTISPEC*, classifica os dados da superfície terrestre da área de interesse, definindo as categorias.

As classes apresentam semelhanças entre os pixels presente em cada uma delas, e com essa análise separa os pixels em cada uma das classes determinadas. As classes definidas foram área urbana, área agrícola, solo exposto, vegetação e pastagem. O algoritmo utilizado para esta análise de classificação multispectral supervisionada foi a de maximaverosimilhança. A análise do uso e ocupação do solo, no município de Toledo/PR em 2015/2016 originou um mapa que pode ser visualizado na (Figura 9):

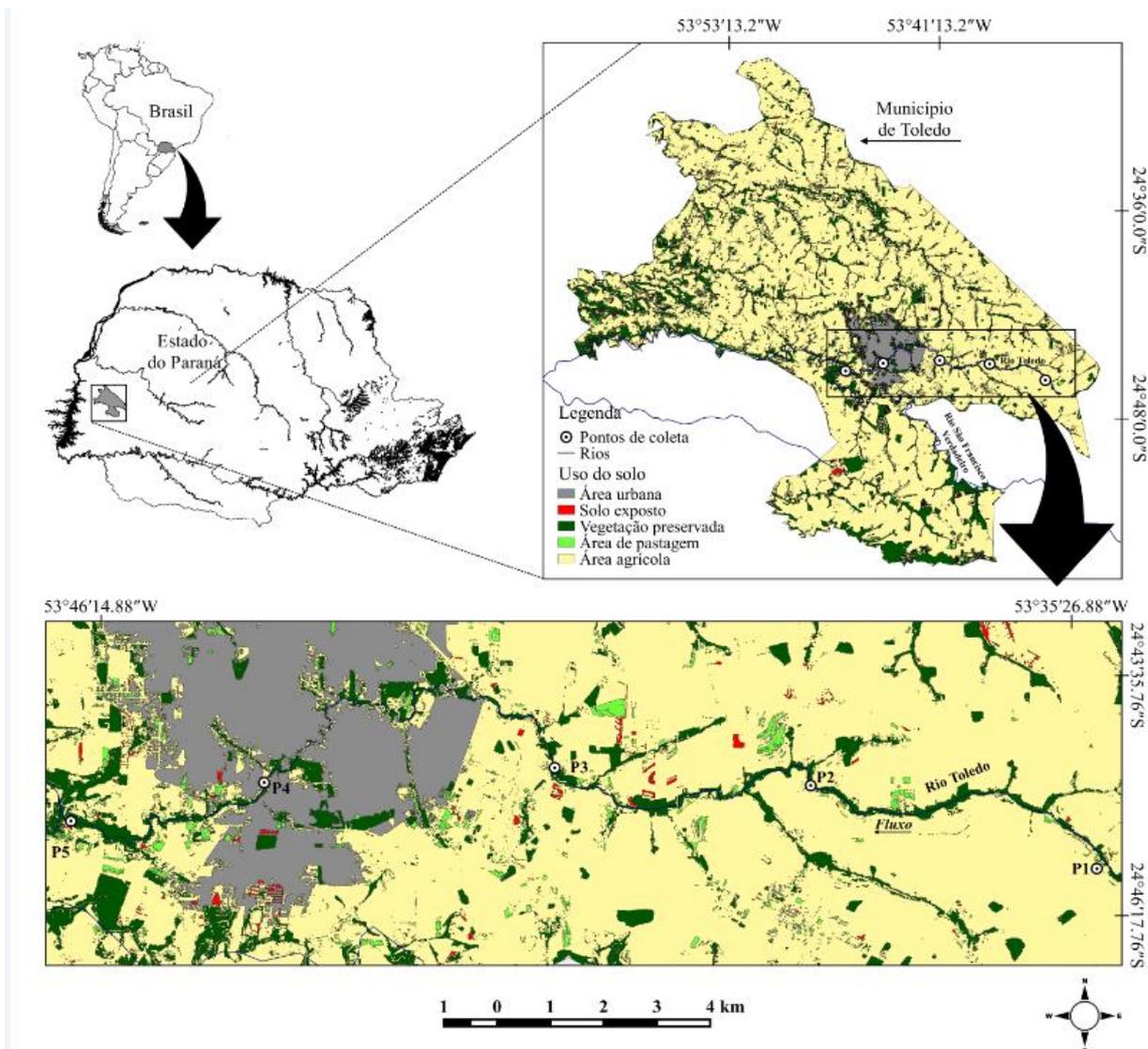


Figura 9. Mapa de classificação de uso e ocupação do solo na cidade de Toledo/PR.

Mesmo apresentando grande diversidade de uso e ocupação do solo, a bacia do rio Toledo é marcada pelo predomínio de culturas temporárias em áreas agrícolas que correspondem a (82,33 %) da bacia em estudo, sendo integradas pelo cultivo de grãos como a soja e o milho.

Pode – se observar a presença de áreas ocupadas por pastagens (2,20 %), as quais estão concentradas principalmente nos arredores da área rural do município de Toledo. Foi evidenciado também o uso do solo próximo à bacia do rio Toledo por áreas urbanas que ocupam 2,42% da área total, as quais são incorporadas por zonas comerciais, industriais e residenciais. Outras classes de uso podem ser observadas na (Tabela 3).

Tabela 3. Classes de uso e ocupação do solo analisadas na cidade de Toledo – PR.

Classes	Porcentagem (%)	Área (Ha)
Urbano	2,42	2.902,93
Solo exposto	0,55	663,079
Vegetação	12,49	14.965,91
Pastagem	2,20	2.638,95
Agrícola	82,33	98.643,04
Total	100	119.813,91

A análise do uso e ocupação do solo na bacia do rio Toledo proporcionou uma caracterização das principais formas de uso do solo pelas atividades antrópicas. Podem ser consideradas como exemplo dessa problemática as prováveis alterações que o desenvolvimento de culturas temporárias desprovida de planejamento agrícola adequado pode trazer para a manutenção da cobertura vegetal, da qualidade do solo e das águas superficiais.

Vários estudos têm sido registrados, constando que bacias hidrográficas com abrangência em áreas agrícolas e urbanas têm, de forma geral, degradado os mananciais hídricos (BAKER, 2003; FIA et al., 2015; RAMIREZ et al., 2014).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. ANÁLISE PLUVIOMÉTRICA

Os dados mensais de precipitação durante o período de julho de 2015 à junho de 2016 foram adquiridos do banco de dados do Sistema Meteorológico do Paraná – SIMEPAR. No gráfico (Figura 10A), pode se observar a média histórica da precipitação e a precipitação mensal que ocorreu no município de Toledo/PR.

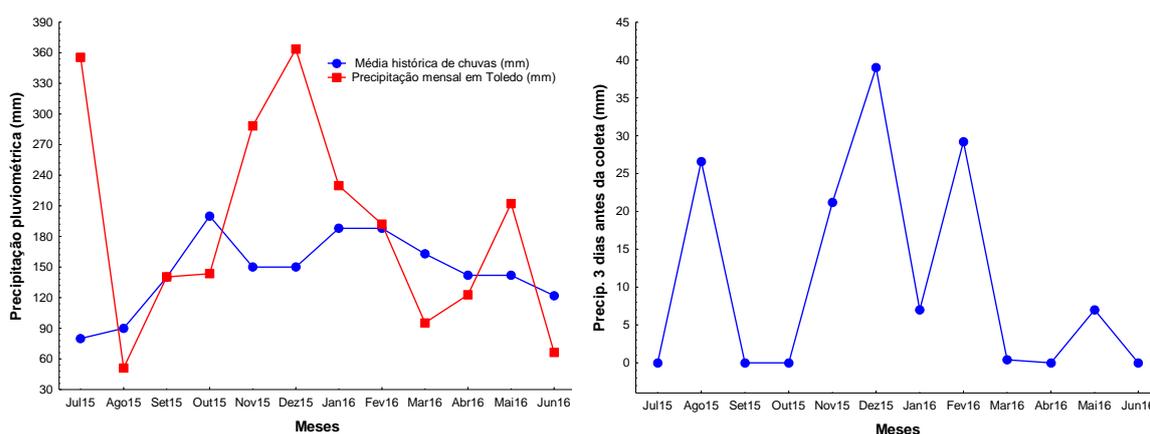


Figura 10. Variação temporal e espacial da precipitação da média histórica das chuvas e a precipitação mensal (A) e a precipitação 3 dias antes da coleta (B), no período de julho de 2015 à junho de 2016. Fonte: SIMEPAR, 2017.

No gráfico (Figura 10B), podemos observar a precipitação que ocorreu três dias anteriores ao dia da coleta das amostras no rio Toledo/PR. Os dados de precipitação foram utilizados para um melhor entendimento sobre as variações de alguns parâmetros analisados durante o estudo, e que foram alterados pela ocorrência de chuvas.

5.2. ANÁLISES FÍSICAS, QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS

5.2.1. OXIGÊNIO DISSOLVIDO

As concentrações de oxigênio dissolvido não apresentou diferença significativa nos meses coletados, tampouco entre os pontos ($p > 0,05$). Durante o período de estudo, o maior valor encontrado de oxigênio dissolvido

foi no ponto 1 em junho de 2016 (11,18) e o menor no mês de abril de 2016 no ponto 3 (1,25 mg/L).

De acordo com a Agência Nacional das Águas - ANA (2009) um rio considerado limpo, em condições normais apresenta normalmente de 8 a 10 mg/L de oxigênio dissolvido, podendo variar conforme a temperatura e a pressão atmosférica.

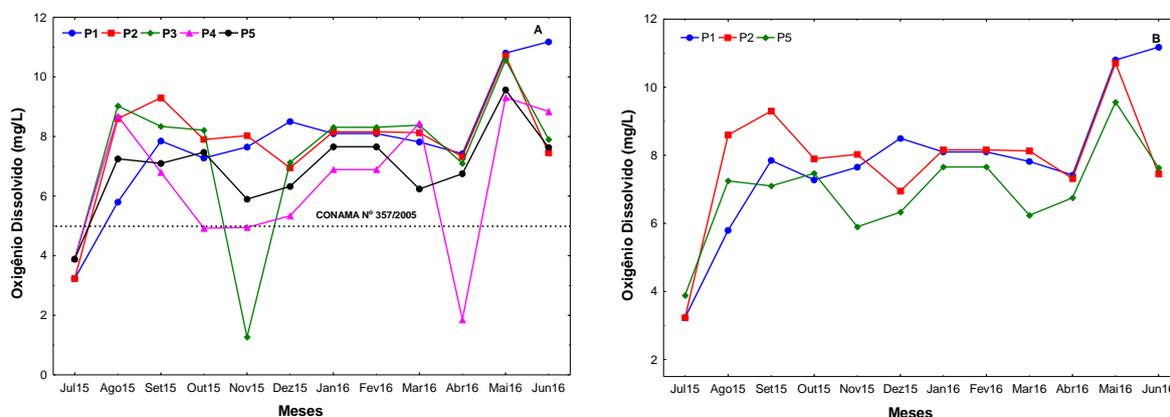


Figura 11. Variação espacial e temporal dos valores médios do Oxigênio Dissolvido obtidos em 5 pontos distintos (A) e obtidos nos pontos 1, 2 e 3 (B) no período de julho de 2015 á junho de 2016, no rio Toledo.

De acordo com o gráfico (Figura 11A), todos os pontos apresentaram queda do oxigênio dissolvido no mês de julho de 2015, variando de (3,23 mg/L á 3,89 mg/L). A redução do oxigênio dissolvido pode ter ocorrido em consequencia do maior consumo por respiração e oxidação de matéria orgânica (Esteves, 1998).

No mês de novembro de 2015 o ponto 3 apresentou uma queda na concentração de oxigênio dissolvido, que pode ter sido motivado pela precipitação que incidiu no período, promovendo o escoamento superficial das áreas agrícolas que se encontram em torno do trecho, diminuindo assim os níveis de oxigênio na água.

De acordo com o gráfico (Figura 11B), o mês de maio e junho de 2016 apresentaram as maiores concentrações de oxigênio dissolvido registrado durante o monitoramento. Esse fator pode ser atribuído à queda da temperatura (9,3°C), onde a solubilidade do oxigênio na água aumenta com a diminuição da temperatura. Portanto, as águas frias retêm mais oxigênio que as águas mais quentes (Esteves, 1998).

O lançamento de esgotos domésticos ou industriais podem ter motivado a queda dos níveis de oxigênio dissolvido no ponto 4, que se encontra bem próximo a zona urbana da cidade de Toledo/PR. Corroborando com os estudos realizados por Pereira (2010), que atribui a diminuição dos valores de oxigênio dissolvido devido a atividades antrópicas, principalmente das áreas urbanas onde pode ocorrer o lançamento de efluentes contaminantes.

A resolução CONAMA nº 357/2005 determina que as concentrações para esta variável não sejam inferiores a 5 mg/L para águas de classe II. De uma maneira geral o oxigênio dissolvido se manteve dentro dos limites preconizados pela legislação vigente durante o monitoramento.

5.2.2. TEMPERATURA DA ÁGUA

A temperatura da água em escala espacial e temporal durante o monitoramento apresentou uma variação entre 17°C a 25°C. Não houve diferença significativa entre os meses e os pontos coletados durante o monitoramento ($p > 0.05$).

A temperatura manteve a variação entre os meses de outubro de 2015 (23,9°C) e novembro de 2015 (25,2°C), e continuou oscilando entre 20°C e 22°C.

Segundo o boletim meteorológico do SIMEPAR, as temperaturas médias no trimestre março-abril-maio de 2016 começaram a diminuir gradativamente, pois o período já indica o deslocamento de massas de ar menos aquecidas que ingressam ao sul do continente (SIMEPAR, 2017). Devido a esse fator, pode se observar a queda da temperatura em todos os pontos monitorados no mês de maio de 2016, registrando o menor valor 9,3°C (Figura 12).

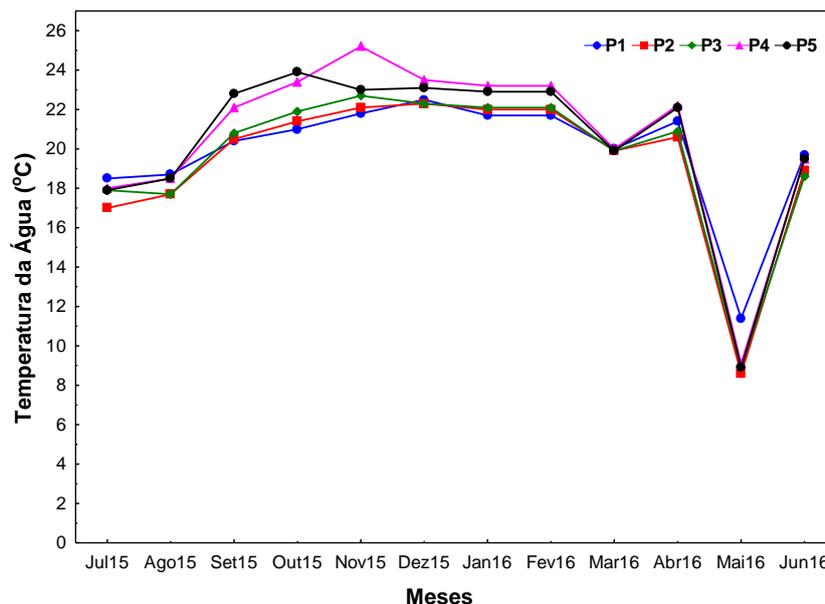


Figura 12. Variação espacial e temporal dos valores médios de temperatura da água obtida no período de julho de 2015 à junho de 2016, no rio Toledo.

A partir de setembro de 2015 houve um significativo aumento na temperatura da água, onde à medida que a primavera se consolida, as temperaturas tendem a aumentar.

Variações de temperatura fazem parte do regime climático normal e corpos de água naturais e apresentam variações sazonais, no entanto alterações de origem antrópica também podem ocorrer como o caso dos rejeitos industriais (SPERLING, 2007).

5.2.3. POTENCIAL HIDROGENIÔNICO

Os valores de pH variaram de (5,2 à 8,6) sendo o maior valor registrado no ponto 1 (8,6) no mês de junho de 2016, e o menor no ponto 1 com 5,2 na amostragem do mês de maio de 2016. A análise espacial do pH indicou que a partir do ponto 4 houve aumento significativo de seus valores (7,17) e no ponto 5 (7,00) no mês de outubro de 2015, a partir de março de 2016 se manteve na faixa de 6,00 (Figura 13A).

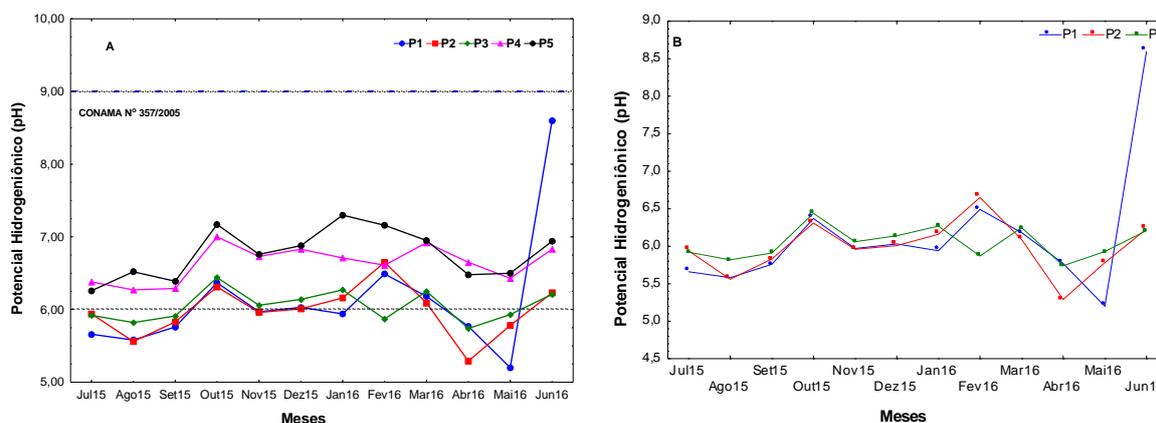


Figura 13. Variação espacial e temporal dos valores médios de pH da água obtidas em 5 pontos distintos (A) e nos pontos 1, 2 e 3 (B) no período de julho de 2015 á junho de 2016, no rio Toledo.

Os pontos 1, 2 e 3 (Figura 13B) nos meses de julho, agosto e setembro de 2015, e nos meses de abril e maio de 2016 apresentaram valores inferiores preconizados pela resolução Conama nº 357/2005 para água de Classe II, em que o limite aceitável é 6,0 a 9,0.

Para os meses monitorados, o pH não apresentou diferença significativa. No entanto para os pontos houve diferença significativa ($p \leq 0,05$), sendo que as maiores médias foram registrados nos pontos 4 e 5.

No mês de junho de 2016 o ponto 1 apresentou o maior valor de pH registrado durante o estudo (8,6), o que pode estar relacionado ao período com pouca precipitação relacionada as temperaturas baixas que ocorreram durante o outono.

Águas que apresentam baixos valores de pH (condição ácida) podem potencializar a solubilização e liberação de metais adsorvidos em sedimentos, influenciando as concentrações de fósforo e nitrogênio e cessando a decomposição de matéria orgânica carbonácea. De acordo com o gráfico B (Figura 14B), podemos observar os pontos 1, 2 e 3, apresentaram valores baixos.

Os dados de pH podem ser correlacionados com os resultados de nitrogênio total, onde os mesmos locais apresentaram valores elevados para nutrientes e alguns metais pesados. Tais alterações podem ser atribuídas a atividades de agricultura realizadas próximas a estes locais, onde se faz uso de insumos agrícolas, ricos em matéria orgânica.

Variações nos valores de pH, podem estar relacionados podem estar relacionadas a ações antropogênicas do entorno do rio, como a urbanização ou agricultura (SPERLING, 2007).

5.2.4. TURBIDEZ

Segundo a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - SABESP (2010), a turbidez pode ser ocasionada por uma variedade de elementos: partículas inorgânicas (argila, lodo, areia, silte), descarga de esgoto doméstico ou industrial, e também por detritos orgânicos, algas, bactérias e plâncton em geral.

De acordo com o gráfico (Figura 14A), os valores de turbidez no período analisado variaram de (5,51NTU á 67,2 NTU), com maior valor registrado no ponto 5, no mês de dezembro de 2015 (67,2 NTU) e o menor no ponto 1 no mês de setembro de 2015 (5,51 NTU). A turbidez do rio Toledo não apresentou diferença significativa nos meses de estudo tampouco nos pontos monitorados ($p>0,05$).

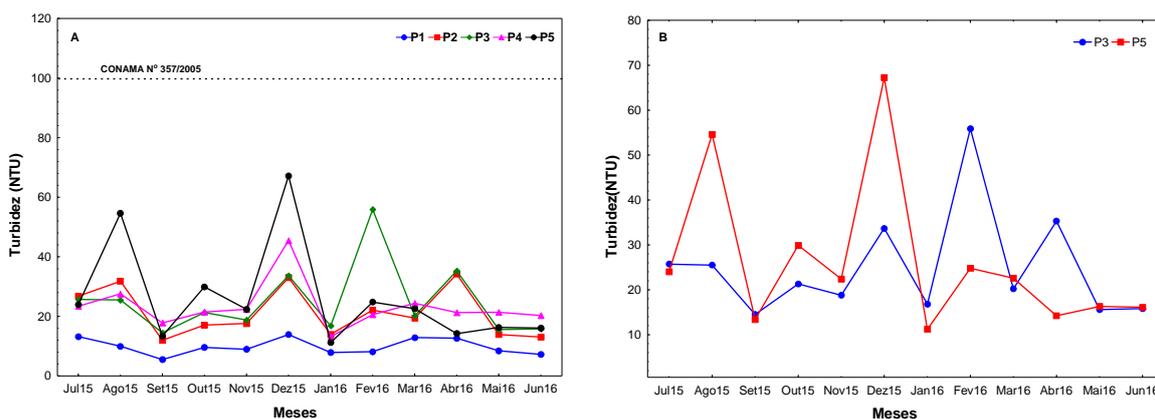


Figura 14. Variação espacial e temporal dos valores médios de Turbidez da água obtidas em 5 pontos distintos (A), e nos pontos 3 e 5 (B) no período de julho de 2015 á junho de 2016, no rio Toledo.

A turbidez foi crescendo conforme a distância da nascente. O ponto 1 registrou os menores valores de turbidez (5,51 NTU e 7,26 NTU). O ponto 5 obteve os maiores valores (67,2 NTU e 54,6 NTU).

Visualizando o gráfico (Figura 14B), podemos observar a variação dos valores de turbidez nos pontos 3 e 5, quais apresentaram os maiores valores

obtidos durante o estudo. Os altos valores de turbidez identificados no ponto 5, podem ser atribuídos pela proximidade do local a foz do afluente do rio Toledo, que recebe uma grande quantidade de resíduos de origem agropecuária e urbana (NIEWEGLOWSKI, 2006).

O ponto 3 apresentou um valor elevado em fevereiro de 2016 (55,9 NTU), que pode ser atribuído a precipitação que ocorreu no período, cerca de 200 mm, que pode ter contribuído para o arraste de sedimentos para este trecho do rio.

Todos os valores registrados encontram-se dentro dos limites estabelecidos pela resolução CONAMA nº 357/2005, que é de até 100 NTU.

Siqueira et al. (2012), ao estudar a qualidade da água do rio Parauapebas, obtiveram valores de turbidez dentro dos padrões da legislação, que oscilou em consequência do material em suspensão devido à entrada de materiais acarreados para o leito do rio.

5.2.5. FOSFATO TOTAL

Com relação ao fosfato total, houve uma variação da sua concentração de (0,006 mg/L á 3,54 mg/L). A maior concentração foi observada no ponto 4 na amostragem do mês de abril de 2016 (3,54 mg/L) e a menor no ponto 1, em dezembro de 2015 (0,006 mg/L).

O fosfato total não apresentou diferença significativa nos meses e nos pontos de coleta ($p > 0,05$). De acordo com o gráfico (Figura 15A), os pontos 4 e 5 apresentaram valores médios mensais elevados em relação aos outros pontos.

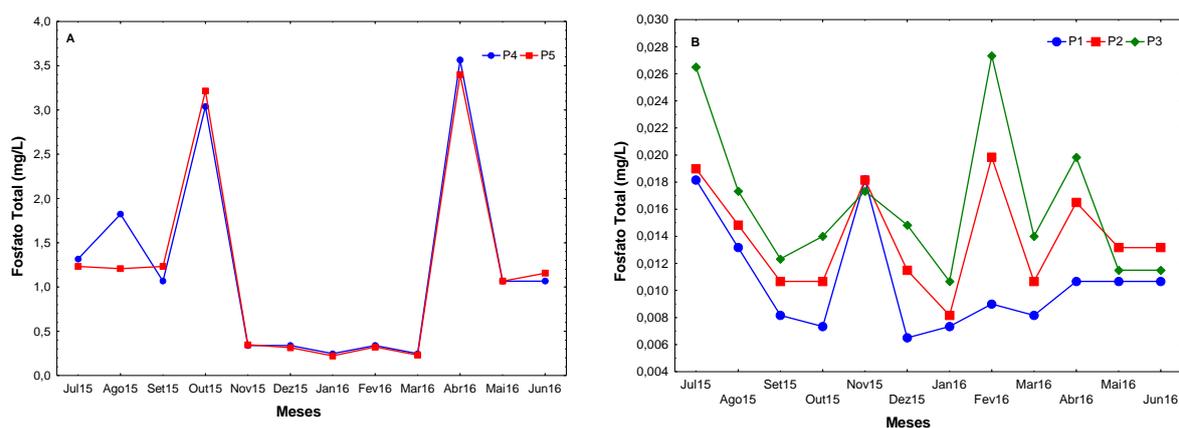


Figura 15. Variação espacial e temporal dos valores médios de Fوسفato Total obtidos em 5 pontos distintos (A), e nos pontos pontos 1,2 e 3 (B) no período de julho de 2015 á junho de 2016, no rio Toledo.

As concentrações de fوسفato total registradas no período de amostragem nos pontos 4 e 5, que estão localizados na região urbana da cidade de Toledo/PR, apresentaram se acima do limite estabelecido pela CONAMA nº 357/2005 em rios de água doce classe II, para fوسفato total em ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários onde o valor máximo é de 0,10 mg/L.

Campanha et al., (2010) relataram que, o acréscimo da concentração de compostos fوسفatados em um corpo hidrico pode ter sido causada por esgotos domésticos, aumentando a sua concentração no rio, atribuindo esse fato sobretudo a produtos de limpeza a base de fوسفatos.

Blume et al. (2010) ao avaliar a qualidade da água do rio dos Sinos, obteve valores de fوسفato total superiores aos preconizados pela legislação (1,10 mg/L), em um local próximo a área urbana e industrial.

De acordo com o gráfico (Figura 15B), podemos observar os valores encontrados para os pontos 1, 2 e 3, ambos localizados na região rural. Os valores encontrados nesse trecho do rio encontram se dentro dos limites preconizados pela legislação vigente para fوسفato total. Os baixos valores encontrados podem ser atribuídos a drenagem pluvial dessas áreas consideradas agricultáveis, que com o escoamento superficial carregaram vestígios de insumos agrícolas para o ambiente aquático.

5.2.6. NITROGÊNIO TOTAL

O nitrogênio total é a soma do nitrogênio orgânico e amoniacal. Sua determinação é realizada através do método Kjeldahl, que engloba nitrogênio amoniacal e nitrogênio orgânico. Estes podem contribuir para a completa abundância de nutrientes na água e a sua eutrofização, e são importantes para avaliar a quantidade de nitrogênio disponível para as atividades biológicas. O Nitrogênio Total Kjeldahl é a forma predominante do nitrogênio nos esgotos domésticos brutos, daí a importância de sua análise (SPERLING, 2005).

Os resultados das análises do nitrogênio total não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os meses e os pontos coletados. Os valores de nitrogênio variaram de (2,44 mg/L e 0,13 mg/L) em todos os pontos de amostragem de acordo com o gráfico (Figura 16A).

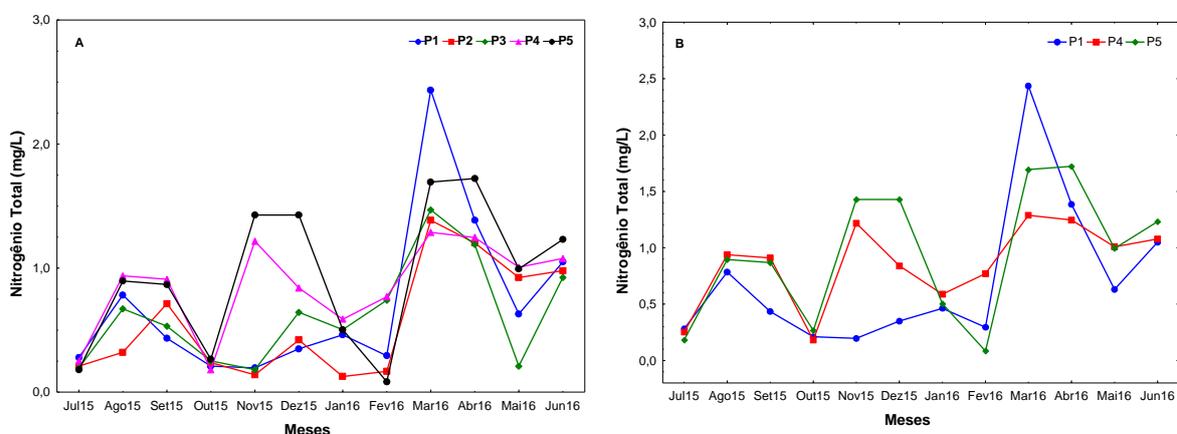


Figura 16. Variação espacial e temporal dos valores médios de Nitrogênio Total em 5 pontos distintos (A), e nos pontos 1,4 e 5 (B) obtidos no período de julho de 2015 a junho de 2016, no rio Toledo.

Podemos observar que os pontos 1,4 e 5 (Figura 16B), mostraram – se com valores elevados, o ponto 1 obteve uma média entre os meses de (0,75 mg/L), o ponto 4 obteve média entre os meses de (0,88 mg/L) e o ponto 5 (0,93 mg/L).

No mês de março de 2016 o ponto 1 apresentou o maior valor encontrado durante o monitoramento, podendo ser atribuído a eventos de precipitação, que podem ter contribuído para o escoamento superficial, acarretando vestígios de fertilizantes ricos em nitrogênio para o corpo hídrico.

Nieweglowski (2006), quando analisou o rio Toledo em um local próximo ao ponto 5, registrou concentrações elevadas de nitrogênio, indicando que pode ter ocorrido contaminação proveniente de esgotos em fase de tratamento primário.

Ao analisar a qualidade da água em uma micro bacia na cidade de Foz do Iguaçu – PR, Cozer et al., (2013) obtiveram resultados semelhantes a este estudo, sugerindo que formas nitrogenadas podem indicar poluição recente por matéria orgânica, podendo ser ocasionado pelo lançamento de resíduos líquidos ou sólidos nos pontos em que o rio passa pela área urbana.

Para essa variável, a resolução CONAMA nº 357/2005 não prevê concentrações limites.

5.2.7. COLIFORMES FECALIS

Os coliformes fecais durante o estudo não apresentaram diferença significativa entre os meses ($p > 0,05$), somente entre os pontos amostrados ($p \leq 0,05$). As diferenças significativas entre os pontos amostrados podem estar relacionadas com as atividades próximas aos mesmos, já que o ponto 1, 2 e 3 localiza - se em áreas agrícolas, enquanto o ponto 4 e 5 situam-se na área urbana.

Os pontos 4 e 5 (Figura 17A), apresentaram valores elevados de coliformes fecais (24.1960 NMP/100mL e 24.1196 NMP/100 mL) durante todo o estudo. Os resultados da determinação de *E. coli* apresentados indicaram valores de coliformes fecais acima do limite estabelecido pela Resolução Conama nº 357/2005 para um corpos de água doce de Classe II (1.000 NMP/100mL). Esse padrão nos pontos 4 e 5 foi observado em praticamente todos os meses estudados, como pode ser observado no gráfico (Figura 17B).

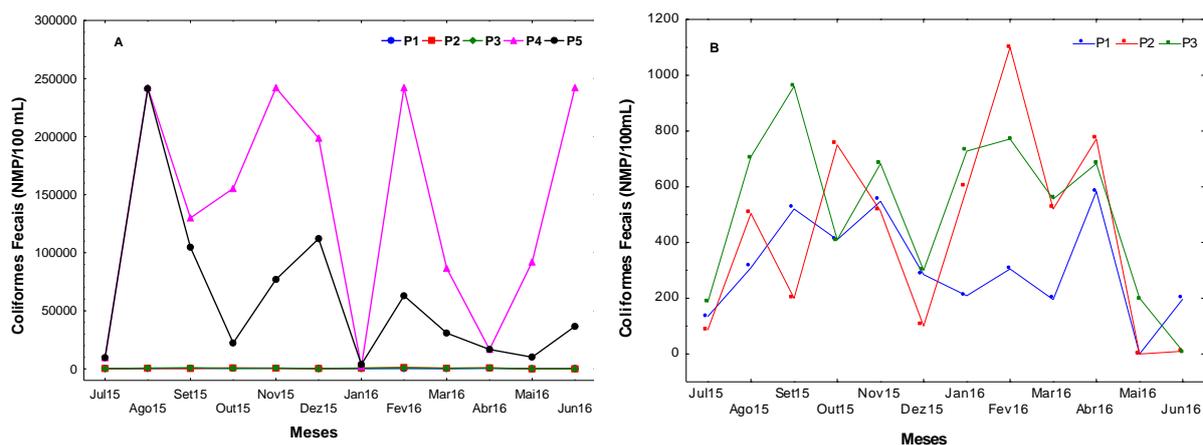


Figura 17. Variação espacial e temporal dos valores médios de Coliformes Fecais em 5 pontos distintos (A), e nos pontos 1, 2 e 3 (B), obtidos no período de julho de 2015 a junho de 2016, no rio Toledo.

Pode se observar que os pontos 1, 2 e 3 (Figura 17B), apresentaram pouca incidência de coliformes, sendo os seus valores sempre inferiores a (134 NMP/100mL). O indicio de *E. coli* no ambiente aquático é reflexo do descaso com o saneamento básico nas áreas urbanas, e o lançamento indiscriminado de esgoto doméstico no manancial, como também retratado nos estudos de também observado por Ribeiro (2006).

A presença de coliformes fecais indica risco da ocorrência de outros microrganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, febre paratífóide, desintéria bacilar e cólera (ALVES, 2011).

5.2.8. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO)

No período analisado os valores de DBO oscilaram entre (0,12 mg/L e 24,65 mg/L). Sendo os maiores valores registrados no ponto 4 no mês de agosto de 2015 (24,65 mg/L) e no ponto 5 (23,93 mg/L) respectivamente (Figura 18A). Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre os meses coletados para a demanda bioquímica de oxigênio (DBO). Os valores obtidos nos pontos 4 e 5 encontraram-se acima dos limites permitidos pela legislação CONAMA nº 357/2005, que é de (5,00 mg/L).

O aumento dos valores de DBO nos corpos de água pode ser decorrente de despejos de esgoto (ricos em fosfatos) os quais provocam um aumento no

teor de matéria orgânica do ambiente (RONCONI et al., 2013). Esse tipo de matéria orgânica para ser mineralizada consome oxigênio dissolvido por oxidação, o que causa alteração de cheiro e sabor da água (CETESB, 2015).

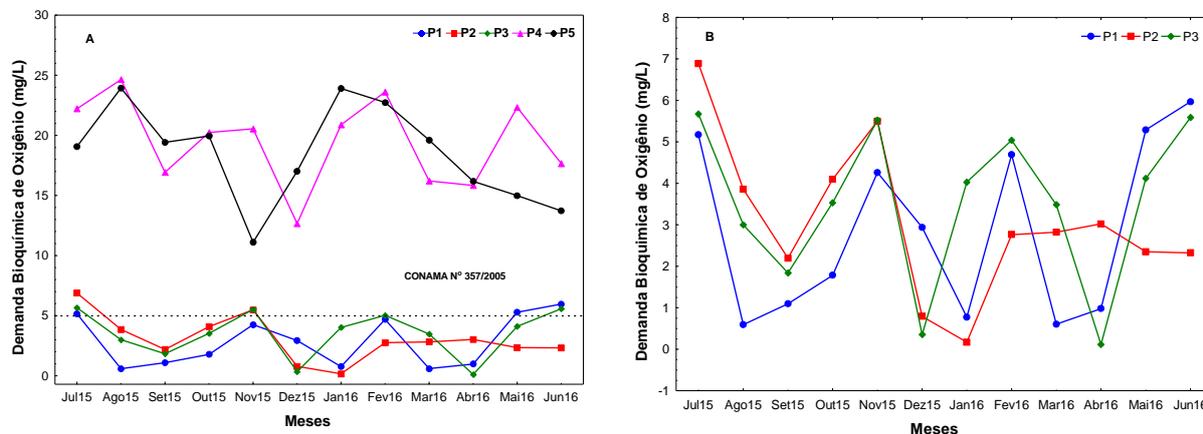


Figura 18. Variação espacial e temporal dos valores médios da Demanda Bioquímica de Oxigênio em 5 pontos distintos (A), e nos pontos 1, 2 e 3 (B) obtidas no período de julho de 2015 a junho de 2016, no rio Toledo.

De acordo com estudos realizados por Almeida & Schwarzbald (2003) os valores de DBO foram menores em áreas de menor influência antrópica, crescendo em áreas onde há predominância de atividades industriais ou que esteja próxima aos centros urbanos, o que de forma geral também foi observado nesse estudo. Como pode se observar no gráfico (Figura 18B), os menores valores obtidos durante o estudo para a demanda bioquímica de oxigênio foi nos pontos 1, 2 e 3, sendo o ponto 3 apresentou o valor mais baixo em abril de 2016 (0,12 mg/L).

5.2.9. SÓLIDOS TOTAIS

Os sólidos totais não apresentaram diferença significativa entre os meses e os pontos coletados ($p > 0,05$). No mês de janeiro de 2016 o ponto 4 apresentou um valor elevado para sólidos totais (200,7 mg/L). A concentração de sólidos totais elevado nesse trecho do rio pode ser atribuída à proximidade da área urbana, onde podem ter ocorrido rejeitos de efluentes nesse local, levando ao acréscimo dessa variável nesse ponto.

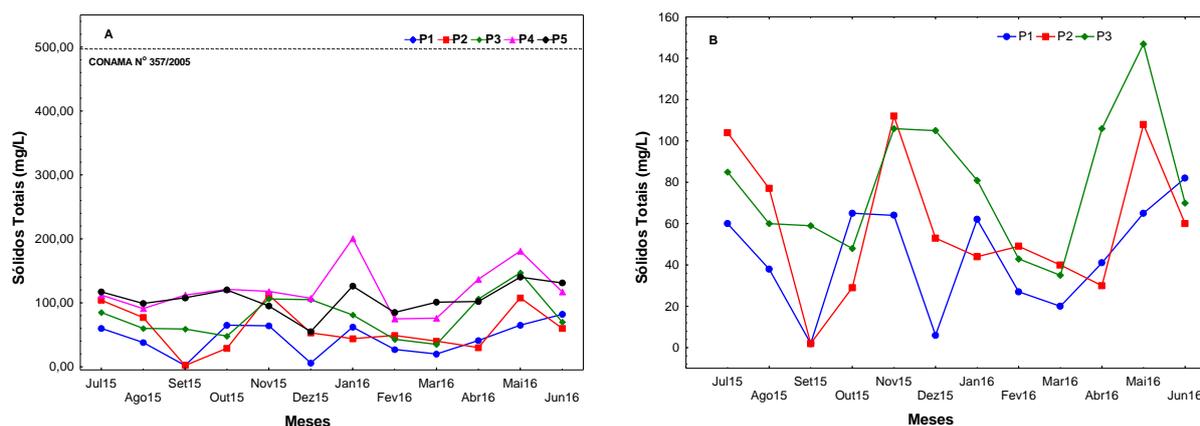


Figura 19. Variação espacial e temporal dos valores médios de Sólidos Totais água em 5 pontos distintos (A), e nos pontos 1,2 e 3 (B) obtidos no período de julho de 2015 a junho de 2016, no rio Toledo.

Correlacionando com os dados de turbidez pode se ressaltar que os sólidos totais foram crescendo conforme a distância da nascente, como pode ser observada no gráfico (Figura 19A). Os pontos 1,2 e 3 apresentaram os menores valores de sólidos totais durante o estudo, estando dentro da conformidade proposta pela legislação vigente (Figura 19B).

Todos os valores observados mostraram-se dentro dos limites estabelecidos pela resolução CONAMA nº 357/2005, cujo limite aceitável é de 500 mg/L.

A problemática pode ocorrer quando os resíduos sólidos que são carregados pelo rio em grande volume se depositam no leito de corpos d'água, podendo causar assoreamento, além do risco de enchentes, e possíveis danos à vida aquática (ANA, 2015).

5.3. ELEMENTOS TRAÇO (METAIS PESADOS)

As principais fontes naturais de elementos traço para o ambiente aquático continental são o intemperismo químico de rochas e a erosão de solos ricos nestes materiais. Atualmente outras fontes têm assumido grande importância, como as atividades industriais, mineração, efluentes domésticos (pelo lançamento de efluentes), agricultura e poluentes atmosféricos (ESTEVES, 1998).

5.3.1. CÁDMIO

O cádmio é um metal encontrado na natureza associado a sulfetos de minérios de zinco, cobre e chumbo. As fontes naturais de cádmio na atmosfera são a atividade vulcânica, a erosão de rochas sedimentares e fosfáticas e os incêndios florestais (CETESB, 2015)

As fontes antropogênicas incluem as atividades de mineração, produção, consumo e disposição de produtos que utilizam cádmio (baterias de níquel-cádmio, pigmentos, estabilizadores de produtos de PVC, recobrimento de produtos ferrosos e não ferrosos, ligas de cádmio e componentes eletrônicos).

O Cádmio apresentou concentrações que variaram de (0,01mg/L á 0,18 mg/L). Os maiores valores foram encontrados nos pontos 2, 3 e 4 (Figura 20B). Para os meses e os pontos monitorados houve variação significativa dos valores ($p \leq 0,05$)

Para essa variável, a resolução CONAMA nº 357/2005 para águas de classe II determina que as concentrações sejam inferiores a 0,001 mg/L. Portanto, as concentrações de cádmio identificadas nesse estudo ultrapassaram os limites preconizados em todos os pontos monitorados (Figura 20A).

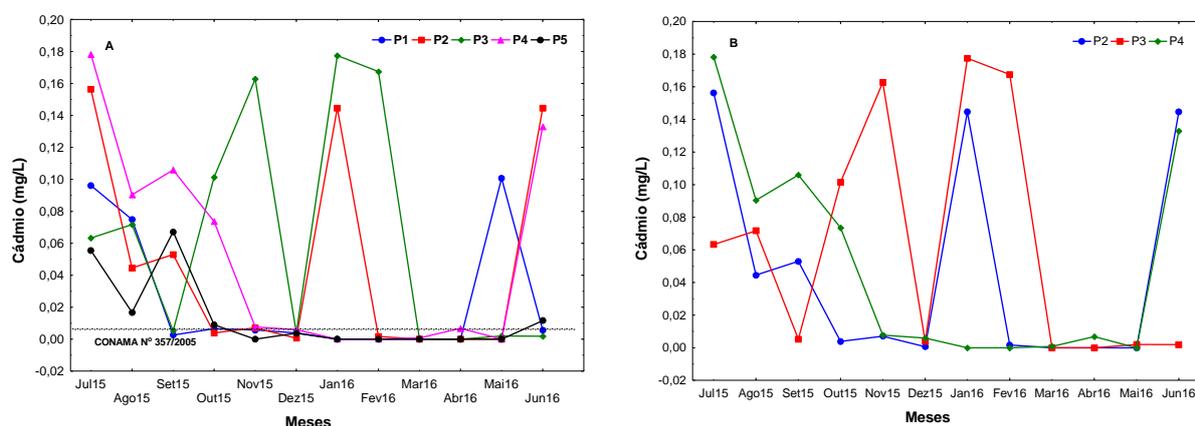


Figura 20. Variação espacial e temporal dos valores médios de Cádmio em 5 pontos distintos (A), e nos pontos 2,3 e 4 (B), obtidos no período de julho de 2015 a junho de 2016, no rio Toledo.

Segundo Baird (2011), altas concentrações de cádmio podem ser explicadas por possíveis despejos ou escoamentos superficiais devido à ocorrência de precipitação, ou originários de atividade biológica, em que os

organismos através de sua atividade metabólica promovem alterações físicas e químicas na água.

Os valores mais elevados foram identificados nos pontos 1, 2 e 3 (Figura 20A), conseqüentemente localizados na região rural de Toledo, onde ocorre grande parte da exploração agrícola do município.

Durante o monitoramento alguns meses apresentaram picos maiores de concentração de cádmio, podendo estar associado aos períodos de colheita em que o solo permaneceu exposto e com a incidência de precipitação aliado a erosão identificada em todos os locais de coleta acarream vestígios desse elemento para o corpo hídrico.

A agricultura, importante fator econômico mundial, colabora cada vez mais para a degradação da qualidade água por meio do lançamento, mesmo que indireto, de poluentes, como agrotóxicos, sedimentos e fertilizantes (NÚÑEZ et al., 2006). Estes, por sua vez, contribuem com cargas, muitas vezes elevadas, de metais pesados, tanto em águas superficiais como em subterrâneas durante o processo de escoamento e percolação (MARQUES et al., 2007).

O cádmio tem elevado potencial tóxico, podendo causar envenenamento quando ingerido na água ou nos alimentos em grandes quantidades, é considerado cancerígeno (BRIGANETE & ESPINHOLA, 2003).

5.3.2. FERRO TOTAL

Naturalmente as principais fontes deste elemento no ambiente aquático continental são o intemperismo químico de rochas e a erosão de solos ricos neste material. Dentre as fontes antropogênicas do ferro, se destacam o setor industrial, as atividades minerárias, os esgotos domiciliares e a utilização de insumos agrícolas (LIBÂNEO, 2008).

Com relação ao ferro total, no período analisado as concentrações médias mensais variaram de (4,2 mg/L a 23,26 mg/L). Estatisticamente não houve variação significativa ($p > 0,05$) nos meses amostrados, tampouco nos locais de coleta.

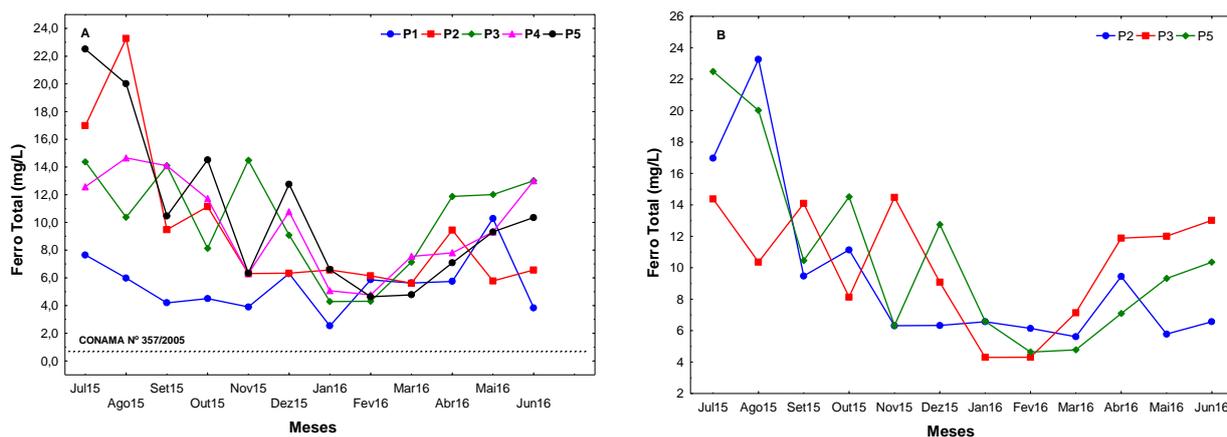


Figura 21. Variação espacial e temporal dos valores médios de Ferro Total em 5 pontos distintos (A), e nos pontos 2,3 e 5 (B), obtidos no período de julho de 2015 a junho de 2016, no rio Toledo.

A alta incidência do ferro identificada nos locais amostrados pode estar associada ao escoamento superficial das áreas agrícolas e urbanas, em função dos períodos chuvosos. Durante o inverno podem ter sido provenientes de atividade biológica, em que os organismos através de sua atividade metabólica promovem alterações físicas e químicas na água (ESTEVES, 1998).

Os pontos 2 e 5 (Figura 21A) apresentaram os maiores valores de ferro total durante o monitoramento (23,26 mg/L e 22,50 mg/L). Visualizando o gráfico (Figura 21B) podemos visualizar o comportamento dos pontos 2, 3 e 5 em relação à dinâmica do ferro total durante o monitoramento.

A elevada concentração de ferro nos pontos 2 e 3 (região rural) deve-se principalmente, a sua ocorrência natural nos solos e rochas drenados pelo rio, aliado a isso, o intenso manejo do solo, facilitando e promovendo o seu carreamento deste elemento juntamente com os sedimentos.

No ponto 5 (região urbana), a contaminação pode ter ocorrido pela proximidade do trecho a intensa exploração mineral (pedreira). A principal causa deste fato está relacionada ao processo erosivo já em estágio avançado que ocorre no local.

Santos et al. (2008) ao avaliarem a ocorrência de metais pesados no trecho inferior do rio Ivaí, PR, observaram que os metais chumbo, zinco, cobre e ferro, apresentaram concentrações mais elevadas que as permitidas pela Resolução vigente, em, pelo menos, um dos pontos amostrados.

Belluta et al. (2014) verificaram a elevação dos teores deste elemento no Córrego Cintra ao longo dos anos de 2007, 2008 e 2009 e tendo como fontes de contaminação esgotos e a agricultura. Como estas fontes também estão presentes nos pontos amostrados no presente trabalho.

O ferro, apesar de não se constituir em um elemento tóxico, traz diversos problemas para o abastecimento público dos recursos hídricos, interferindo na cor e no sabor da água (CETESB, 2015).

5.3.3. MANGANÊS

O Manganês e seus compostos são empregados na indústria do aço, fertilizantes, produtos veterinários, entre outros, sendo assim, a ocorrência de manganês com concentrações mais elevadas podem estar relacionados ao período de precipitação, e em decorrência do escoamento superficial de áreas agrícolas, ou lançamento de efluentes (CETESB, 2015).

No período avaliado, as concentrações de Manganês variaram entre (0,00mg/L e 0,25 mg/L). Os maiores valores foram identificados nos pontos 2 (0,6624) e 5 (0,3673) na amostragem de setembro de 2015. Com relação aos pontos, os valores diferiram significativamente ($p < 0,05$), e com relação aos meses não houve variação significativa ($p > 0,05$).

A resolução CONAMA 357/2005, para rios de classe II, prevê que as concentrações para Manganês sejam inferiores a (0,1 mg/L). Sendo assim, no decorrer do período os valores excederam os limites preconizados pela legislação vigente (Figura 22A).

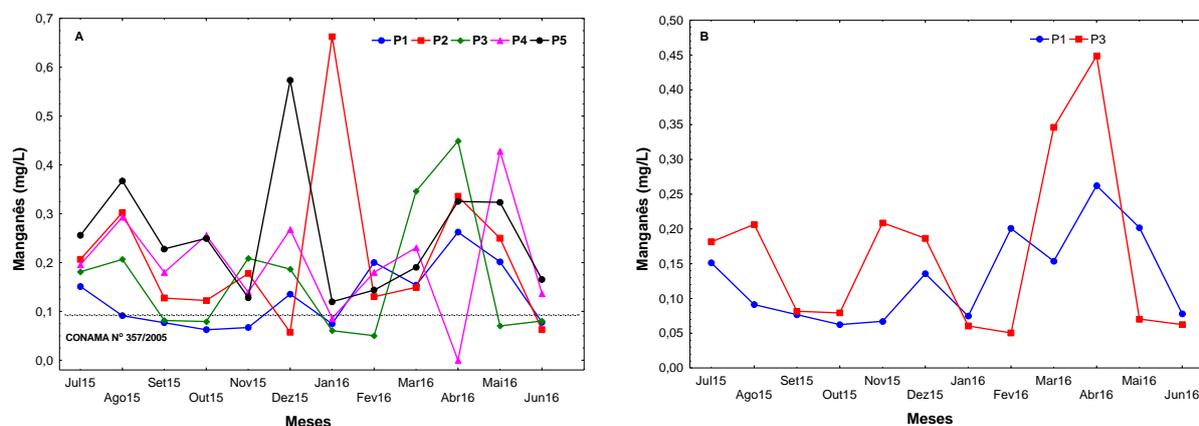


Figura 22. . Variação espacial e temporal dos valores médios de Manganês em 5 pontos distintos (A), e nos pontos 1 e 3 (B), obtidos no período de julho de 2015 a junho de 2016, no rio Toledo.

A toxicidade deste elemento está relacionada à quantidade ingerida. De acordo com Aschner (2000) o manganês é um metal essencial de interesse toxicológico, principalmente porque a exposição excessiva pode provocar efeitos tóxicos no sistema nervoso central. Atualmente, têm-se direcionado a atenção para a possibilidade do envolvimento de compostos de manganês em casos de câncer ou malformações (Gerber et al, 2002).

Os pontos 1 e 3 (Figura 22B) apresentaram os menores valores durante o monitoramento, apresentando variações durante o monitoramento, mas apresentaram valores acima do permitido pela legislação. Ambos estão concentrados na área rural do município, com grande exploração da agricultura e conseqüentemente esses valores podem ser atribuídos à contaminação por insumos agrícolas.

Sendo assim, a ocorrência de manganês com concentrações mais elevadas principalmente nas estações chuvosas (outono, primavera e verão) pode ter sido em decorrência do escoamento superficial de áreas agrícolas, ou até mesmo de lançamento de efluentes. Resultados semelhantes foram registrados por Fukuzawa (2008), ao avaliar o rio Piranga em Minas Gerais.

Cruz (2012), em seu estudo realizado no rio Subaé (Lagoa Salgada e Lagoa Subaé), reportou valores de manganês em suas amostragens de água em escala espacial e temporal, e identificou valores que estavam acima do limite permitido pela legislação vigente.

5.3.4. NÍQUEL

A maior contribuição antropogênica de níquel para o meio ambiente é a queima de combustíveis, além da mineração e fundição do metal, fusão e modelagem de ligas, indústrias de eletrodeposição, fabricação de alimentos, refrigerantes e sorvetes aromatizados (CETESB, 2009).

Para o Níquel, as concentrações oscilaram entre (0,000 mg/L e 0,3109 mg/L). Os pontos 3 e 4 apresentaram valores elevados de níquel nos pontos coletados. Os pontos apresentaram pouca variação dos valores, não diferindo significativamente ($p > 0,05$). Para essa variável, a resolução CONAMA nº 357/2005 para águas de classe II prevê que as concentrações sejam inferiores (0,025 mg/L).

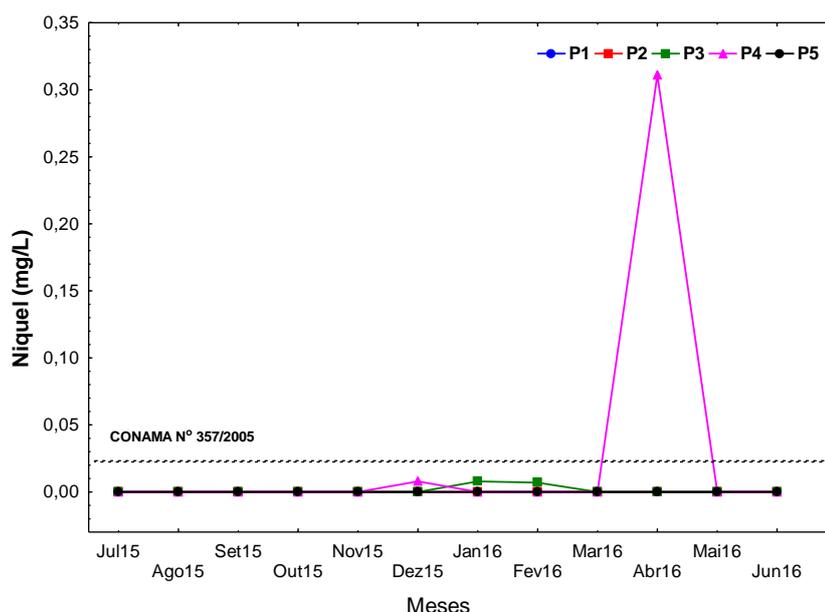


Figura 23. Variação espacial e temporal dos valores médios de Níquel, obtidos no período de julho de 2015 a junho de 2016, no rio Toledo.

O ponto 4 (Figura 23), registrou no mês de abril de 2016 o valor mais elevado para Níquel durante o monitoramento (0,3109 mg/L). A ocorrência de concentrações altas desse elemento podem ter sido decorrentes do lançamento de efluentes e escoamento. Os outros locais ficaram dentro dos limites preconizados pela legislação.

5.3.5. CHUMBO

A presença desse elemento nos corpos hídricos ocorre por deposição atmosférica ou lixiviação do solo. Os corpos d'água podem ser considerados grandes depósitos de chumbo pelo fato de rios e córregos atravessarem áreas agrícolas onde pesticidas e fungicidas são utilizados em larga escala e, através do escoamento superficial induzem a contaminação da água por esse elemento (OKOYE et al., 2010).

As concentrações de chumbo oscilaram entre (0,00 mg/L e 0,6799 mg/L) nas amostragens do rio Toledo (Figura 24A). No período avaliado o teste estatístico mostrou valores significativos ($p \leq 0,05$) entre os meses e os locais de coleta. Para essa variável, a resolução CONAMA nº 357/2005 preconiza para

águas de classe II que as concentrações sejam inferiores a 0,01 mg/L. As doses letais para peixes variam de 0,1 a 0,4 mg/L (CETESB,2015).

Os pontos 3 e 4 apresentaram um padrão relativo aos valores de chumbo durante o estudo (Figura 24B). Foi registrado os maiores valores nesses locais (0,6799 mg/L e 0,6314 mg/L) ambos no mês de novembro de 2015.

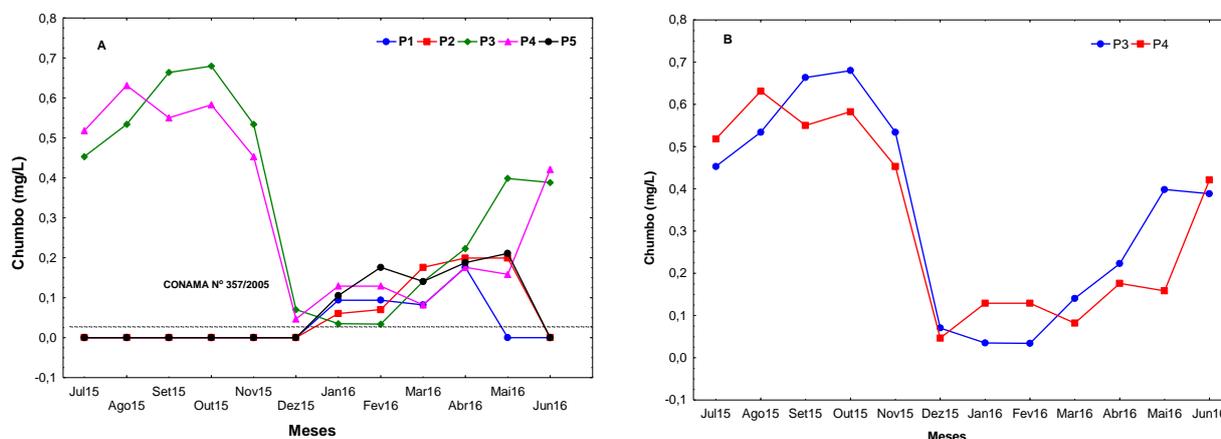


Figura 24. Variação espacial e temporal dos valores médios de Chumbo em 5 pontos distintos (A), e nos pontos 3 e 4 (B), obtidos no período de julho de 2015 a junho de 2016, no rio Toledo.

Uma das hipóteses atribuídas aos valores altos de chumbo no ponto 4, seria a de que em regiões próximas às vias de tráfego intenso e de indústrias, os teores de chumbo são bem mais elevados que os encontrados em áreas isoladas (Andrade et al., 2009, Beck 2005). Outro fator é o efeito cumulativo desse elemento nesses locais devido às atividades de agricultura e mineração executadas próximo aos locais de coleta.

Lima e Santos (2012) avaliaram a poluição por metais pesados nas águas do Rio Claro, GO, incluindo o chumbo e constataram que, pode existir uma relação entre a atividade agrícola com a devastação da mata ciliar do trecho em estudo e da lixiviação natural do solo, predominantemente ácido da região com a presença destes elementos.

O chumbo pode ocasionar distúrbios no organismo humano, contudo, o sistema nervoso central é o mais prejudicado, tanto em adultos quanto em crianças, além de afetar o sangue e os rins, ocasionando a morte (CDC, 2012).

5.3.6. ZINCO

Amplamente utilizado na indústria, o zinco pode ser liberado para o meio ambiente por processos naturais e antropogênicos, onde se destacam a combustão de madeira, incineração de resíduos, produção de ferro e aço e lançamento de efluentes domésticos (DAL BOSCO et al.,2008).

Nesse estudo o zinco apresentou concentrações que variaram de (0,08 mg/L e 3,8299 mg/L). Com relação às coletas e aos meses não houve diferença significativa entre os valores ($p > 0,05$). Para essa variável, a resolução CONAMA nº 357/2005 para águas de classe II preconiza que as concentrações sejam inferiores a 0,18 mg/L.

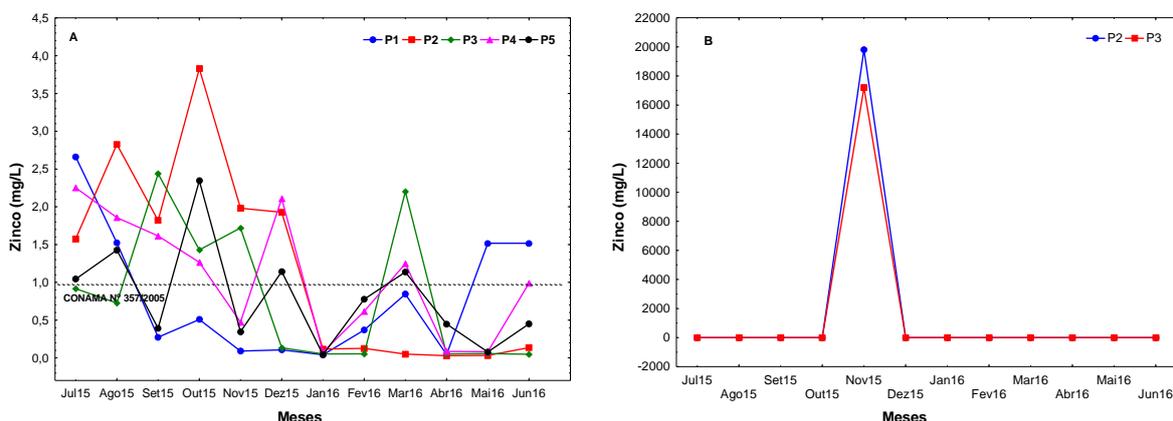


Figura 25. Variação espacial e temporal dos valores médios de Zinco em 5 pontos distintos (A), e nos pontos 2 e 3 (B), obtidos no período de julho de 2015 a junho de 2016, no rio Toledo.

De acordo com o gráfico (Figura 25A), os valores elevados de zinco encontrados nos pontos 1 (2,66 mg/L), pontos 2 (3,8299 mg/L), e ponto 3 (2,4377), localizados na região rural, excederam os valores estipulados pela legislação, e podem estar relacionados à atividades antrópicas. Esses locais podem ter sido contaminados por fertilizantes de origem agrícola, do qual são ricos em zinco onde foram revolvidos do sedimento onde estavam adsorvidos ou absorvidos e com a ocorrência precipitações foram acarreados para o leito do rio, corroborando com estudos realizados por Silva (2012). Os pontos 2 e 3 apresentaram os valores mais elevados durante o monitoramento (Figura 25B).

As elevadas concentrações verificadas nesse estudo podem ter sido ocasionadas por lançamento de efluentes ou escoamento superficial de áreas

agrícolas e urbanas presentes em praticamente todos os locais de amostragem. Segundo a CETESB (2015), o zinco pode ser encontrado em produtos como suplementos vitamínicos, protetores solares, desodorantes, xampus, entre outros, geralmente descartados nos resíduos domiciliares.

Este elemento só se torna prejudicial à saúde quando ingerido em concentrações muito elevadas, podendo acumular-se em outros tecidos do organismo humano (CETESB, 2015).

5.4. ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQA)

O uso do IQA tem por finalidade a averiguação do cumprimento da legislação ambiental, e avaliação das mudanças na qualidade dos recursos hídricos superficiais. Podendo atuar como ferramenta para o estudo dos fenômenos ambientais e vir a ser utilizado como instrumento na gestão dos recursos hídricos (AMARO, 2009).

Os resultados do IQA, nos pontos monitorados durante o período de julho de 2015 á junho de 2016, estão apresentados na (Figura 26).

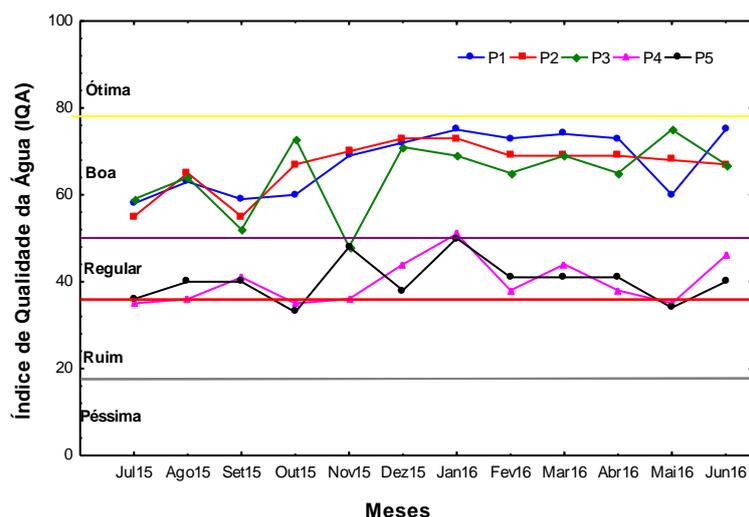


Figura 26. Variação espacial e temporal dos valores médios do Índice de Qualidade de Água (IQA), obtidos no período de julho de 2015 á junho de 2016, no rio Toledo.

De acordo com os resultados obtidos, os valores médios para o IQA durante o monitoramento no rio Toledo foi classificada Boa nos pontos 1 (67,75), ponto 2 (67,00) e o ponto 3 (64,75), e classificação Ruim e Regular para os pontos 4 (39,92) e ponto 5 (40,16) de acordo com a classificação proposta pela CETESB (2015).

Os pontos 1, 2 e 3 que estão localizados na região rural, não apresentaram fatores consideráveis de alteração da qualidade da água na bacia, principalmente no que se refere à poluição microbiológica durante todo o período de monitoramento.

O ponto 4 no mês de julho de 2015 apresentou classificação Ruim (38,85), no mês de outubro de 2015 (38,97) e no mês de maio de 2016 (39,94). O ponto 5 no mês de outubro de 2015 obteve classificação Ruim (38,05), e no mês de maio de 2016 (39,03). , possivelmente devido a forte influência de atividades antrópicas, principalmente pela presença do centro urbano de Toledo/PR.

Os parâmetros coliformes fecais, fosfato total e a demanda bioquímica de oxigênio influenciaram negativamente para os resultados encontrados para os pontos 4 e 5 na bacia do rio Toledo, apresentaram concentrações que encontram se fora dos limites preconizados pela resolução CONAMA nº 357/2005.

Estudos realizados por Silva & Jardim (2006), enfatizam que o IQA, pode sofrer um efeito denominado eclipse, em que pode resultar do processo de acrescentar diversas variáveis em um único número, podendo produzir atenuação do impacto negativo de uma ou mais variáveis, diante do comportamento estável das demais, incluindo os elementos traço que não constam nos cálculos do IQA.

Enfatizando os pontos 1, 2 e 3 que na classificação do IQA apresentaram uma água Boa, porém, apresentaram valores críticos para metais pesados em todo o monitoramento. A ocorrência em altas concentrações desses metais é bastante preocupante, pois se trata de elementos contaminantes, que estão na classe dos mais tóxicos, juntamente com mercúrio e cromo (BRAGA, 2002).

6. CONCLUSÃO

O IQA evidenciou a diminuição da qualidade da água com o aumento da distância em relação à nascente do rio. Demonstrando ter relação direta com o uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica, o que pode ser observado nas estações amostrais situadas nas proximidades do rio com o centro urbano de Toledo/PR.

Com relação ao enquadramento dos resultados com os padrões da Resolução CONAMA Nº 357/2005, para águas de classe II, foi possível observar que todos os locais de coleta apresentaram valores acima dos limites, para diferentes variáveis.

Conclui-se que, a qualidade da água do rio Toledo está comprometida em relação a alguns parâmetros, dentre eles metais pesados, além da contaminação por coliformes fecais. Torna-se de imprescindível importância a atenção dos órgãos ambientais em relação à fiscalização e cumprimento da legislação e o monitoramento contínuo, em função da degradação desse manancial, o qual é de fundamental importância para a população da cidade de Toledo/PR.

7. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R. C. A. Questão hídrica e a construção de um planejamento urbano sustentável e partícipe: o caso da cidade de São Paulo, SP. In: R. C. Martins; N. F. L. S. Valencio. (Org.). **Uso e gestão dos recursos hídricos no Brasil: desafios teóricos e político-institucionais**. São Paulo: RIMA, p. 52-65, . 2003.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Indicadores de qualidade - índice de qualidade das águas (IQA). Portal da Qualidade das Águas. Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>>. Acesso em: 18 jan. 2017.

Agência Nacional das Águas- ANA. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras de água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**. Brasília, 2012. 225 p.

Agência Nacional das Águas - ANA. **Cuidando das águas: soluções para melhorar a qualidade dos recursos hídricos**. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Brasília, 2011. 154 p. il.

Agência Nacional das Águas ANA -. **Portal da qualidade das águas**. 2009. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/rede/rede_avaliacao.aspx>. Acesso em: 20 set. 2016.

AMARO, C. A. Proposta de um índice para avaliação de Conformidade da Qualidade dos Corpos Hídricos ao Enquadramento. 2009. 224 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

American Public Health Association - APHA . **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Washington. 21th edition, 2005.

ASCHNER, M. Manganese: Brain Transport and Emerging Research Needs. *Environmental Health Perspectives*. v. 108, 2000.

BAIRD, C. **Química Ambiental**. Tradução Maria Angeles Lobo Recio; Luiz Carlos Marques Carrera. 4. ed. Porto Alegre, 2011. 622 p.

BAKER, A. (2003). Land use and water quality. *Hidrology Process*, v. 17, p. 2.499-2.501.

BARRON, O. V.; BARR, A. D.; DONN, M. J. Effect of urbanisation on the water balance of a catchment with shallow groundwater. **Journal of Hydrology**. v.485, p.162–176, 2013.

BRAGA, E. S. Bioquímica marinha e efeitos da poluição nos processos bioquímicos. 2 Ed., Fundespa, 108 p. 2002.

BELÓ, A.;PÉRCIO QUINÁIA, S.; LOWE PLETSCH, A. Caracterização de sedimento superficial do Rio Jordão na Região Centro-Sul do Estado do Paraná, Brasil. **Ambiente e Água – An Interdisciplinary Journal of Applied Science**. Taubaté v.5 n.1 p. 134-144, 2010.

BLUME, K.K.; MACEDO, J.C.; MENEGUZZI, A.; SILVA, L. B.; QUEVEDO, D.M.; RODRIGUES, M.A.S. Water quality assessment of the Sinos River, Southern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**. vol. 70, n. 4 (suppl.), p. 1185-1193, 2010.

BOLFE E. L. **Desenvolvimento de uma metodologia para a estimativa de biomassa e de carbono em sistemas agroflorestais por meio de imagens orbitais**. 2010. 232f. Departamento de Análise Ambiental e Dinâmica Territorial. Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2010.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 357/2005, de 17 de março de 2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências**. 2005.

CAMPANHA, M.B.; MELO, C. A.; MOREIRA, A. B.; FERRARESE, R. F. M. S.; TADINI A. M.; GARBIN, E. V.; BISINOTI, M. C. PEREIRA-FILHO, E. Variabilidade espacial e temporal de parâmetros físico-químicos nos rios Turvo, Preto e Grande no estado de São Paulo, Brasil. **Química Nova**, v. 33, n. 9, p1831-1836, 2010.

CDC – Centers for Disease Control and Prevention. LEAD. 2012. Disponível em: < <https://www.cdc.gov/niosh/topics/lead/>> . Acesso em: 28 jan. 2017.

CESCONETO, E. A. **Água: o difícil percurso de preservação e acesso na bacia paranaense do rio São Francisco Verdadeiro**. Tese (Doutorado em Serviço Social). Pontifícia Universidade Católica – PUC. São Paulo, 2012.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem. Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo. **Série relatórios (Apêndice A)**. São Paulo, 2009.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo 2013. **Série Relatórios (Apêndice C)**, 434p. il., São Paulo, 2014.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. IQA – Índice de Qualidade das Águas. São Paulo: CETESB, 2015. Disponível em:.pdf. Aceso em: 27 jan. 2017.

Companhia de Saneamento Paranaense- SANEPAR,, Cartilha de orientações, 2015. Disponível em: <<http://www.sanepar.com.br/sanepar>>. Acesso em: 15 dez 2016.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO – SABESP. Qualidade da água. Disponível em: <http://www.sabesp.com.br/Calandraweb/CalandraRedirect/?Proj=sabesp&Pub=T&Temp=0>. Acesso em: 15 mar. 2010.

Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução n. 357, 17 de março de 2005**. Disponível em: <www.mma.gov.br/conama>. Acesso em: 15 nov.2015.

COZER, S. R.; FRIGO, E. P.; JUNIOR, A. M.; BASTOS, R. K.; THÁIS, C.; CABRAL, A. C. Diagnóstico ambiental da bacia Arroio Ouro Verde. **Revista Cultivando o Saber**, v. 6, n. 1,p. 103–113, 2014.

CRUZ, M. A. S. **Avaliação da geoquímica dos sedimentos superficiais das nascentes do Rio Subaé-BA**. 2012. Dissertação (Mestrado em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2012.

CUNHA, A. H da.; TARTLER, N de.; SANTOS, R. B.; FORTUNA, J. L. Análise microbiológica da água do rio Itanhém em Teixeira de Freitas- BA. *Revista Biociências, Unitaú*. v. 16, n. 2, p. 86-93, 2010.

DAMASCENO, L. M. O.; JÚNIOR, A. S. A.; DIAS, N. S.; FRANCO, J. L. D.; SILVA, Ê. F. F. Qualidade da água do rio Poti para consumo humano, na região de Teresina, PI. **Revista Verde**, Mossoró-RN, v.3, n.3, p.116-130, 2008.

ESTEVES, F. A. 1998. Fundamentos de Limnologia. Rio de Janeiro, Interciência, 602p.

FERREIRA, M.C. **Proposta para o uso e manejo sustentável da bacia hidrográfica do ribeirão Guaratinguetá, SP**. Bauru, SP: UNESP, 2011, 124p. Dissertação de Mestrado.

FIA, R.; TADEU, H. C.; MENEZES, J. P. C.; FIA, F. R. L.; OLIVEIRA, L. F. C. (2015). Qualidade da água de um ecossistema lótico urbano. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 20, n. 1.

FUKUZAWA, C. M. **Influência da litologia nas águas e sedimentos do rio Piranga – formador do rio Doce**.2008. 88 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Mestrado em Engenharia Ambiental, Instituto de Ciências Exatas e Biológicas da Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto,. 2008.

GERBER, G. B.; LÉONARD, A.; HANTSON, Ph. Carcinogenicity, mutagenicity and teratogenicity of manganese compounds. *Critical Reviews in Oncology/Hematology*. v. 42, p.25–34, 2002.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística- IBGE. Censo **Demográfico 2010**. Disponível em: <<http://cod.ibge.gov.br/233J4>>. Acesso em: 16 jun. 2016.

LIBÂNIO, M. Fundamentos de qualidade e tratamento de água. Campinas, SP: Editora Átomo, 2008.

MOTA, S. **Gestão Ambiental de Recursos Hídricos**. 3 ed. Rio de Janeiro: ABES, 2008.

MOULIS, J-M.; THÉVENOD, F. New perspectives in cadmium toxicity: an introduction. *Biometals*, v 23, p 763–768, 2010.

MultiSpec© 9.2011. Program Concept and Introduction Notes by David Landgrebe and Larry Biehl MultiSpec Programming by Larry Biehl School of Electrical and Computer Engineering Purdue University. Disponível em: <<https://engineering.purdue.edu/~biehl/MultiSpec/documentation.html>>. Acesso em: 15 dez. 2016.

NEWEGLOWSKI, A. M. A. **Indicadores de qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Toledo**. 2006. 218 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Toledo, 2006.

NOBRE, N.A.O.; ROQUE, C.G.; BAMPI, A.C. Efeitos antrópicos e suas implicações na bacia hidrográfica do rio Carapá, Colíder – Mato Grosso/Brasil. **Revista Geográfica Acadêmica- RGA**. v.7, n.1, p. 70 – 80, xii.2013.

OKOYE , A. L.; EJKEME, P. M.; ONUKWALI, O. D. Lead removal from wastewater using fluted pumpkin seed shell activated carbon: Adsorption modeling and kinetics. *International Journal of Environmental Science and Technology*, v.7, n.4, p.793800, 2010.

PARANÁ - SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Qualidade das águas interiores do Estado do Paraná, 1987-1995**. Curitiba, 250 p., 1997.

Pereira LCC, Monteiro MC, Guimarães DO, Matos JB, Costa RM. Seasonal effects of wastewater to the water quality of Caeté River estuary, Brazilian, Amazon. *An. Acad. Bras. Ciênc*. p. 467-478, 2010.

POLETO, C.; VASQUEZ, B.A.F.; WINCK, B.R.; OKAWA, C. M. P.; SEREIA, D.A.O.; MERCANTE, E.; PERIOTTO, F.; FAURO, J. C. S.; REIS, J. A. T.; ANDRADE, L. N.; VILAS BOAS, M. A.; COSTANZI, R. N.; FILHO, R. C.; WRUBLACK, S. C.; MORETTO, Y. **Bacias hidrográficas e recursos hídricos**. Organização Cristiano Poleto. 1 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 272 p.:il, 2014.

Portal ANA. Agência Nacional de Águas. Disponível em: <www.ana.gov.br>. Acesso em: 16 jul. 2015.

Portal CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Disponível em: <www.cetesb.sp.gov.br>. Acesso em: 20 set. 2015.

Portal CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: <www.mma.gov.br/conama>. Acesso em: 10 out. 2015.

Portal SIMEPAR. Tecnologia e informações ambientais. Disponível em: <www.simepar.br>. Acesso em 28 jan. 2017.

PRADO, R. B.; NOVO, E. M. L. M. Aplicação de geotecnologias na modelagem do potencial poluidor das bacias de contribuição para o reservatório de Barra Bonita – SP Relacionado à Qualidade da Água. In: **XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Goiânia: INPE, p. 3253-3260, 2005.

QUEIROZ, M. M. F.; IOST, C.; GOMES, S. D.; VILAS BOAS, M. A. Influência do uso do solo na qualidade da água de uma microbacia hidrográfica rural. *Revista Verde de Agroecologia e desenvolvimento sustentável*. Vol.5, n. 4, p. 200 – 210, 2010.

QGIS. Development Team. 2009. QGIS. Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation. Disponível em <<http://qgis.osgeo.org>>. Acesso em: 15 dez. 2016.

RAMIREZ, A.; ROSAS, K. G.; LUGO, A. E.; RAMOS-GONZÁLEZ, O. M. R. (2014). Spatio-temporal variation in stream water chemistry in a tropical urban watershed. *Ecology and Society*, v. 19, p. 1-11.

Rebelo, Silene; Bavaresco, Carlos. *Saúde Ambiental: Livro didático*. Palhoça, SC: Unisul Virtual, 2008. Unidades 3 e 4.

RONCONI, T. A.; FRIGO, E. P.; BASTOS, R. K.; AZEVEDO, K. D.; GATINE, S.; ZANON, E. Caracterização do sedimento de fundo, avaliação da qualidade da água e medição da vazão do Arroio Ouro Verde, Foz do Iguaçu – PR. **Revista Cultivando o Saber**, v. 6, n. 1, p. 128–139, 2013.

SANTOS, L. T. S. O.; JESUS, T. B.; NOLASCO, M. C. Influência do uso e ocupação do solo na qualidade das águas superficiais do Rio Subaé, Bahia. **Geographia Opportuno Tempore**, Londrina, v.1, n. 1, p. 68-79, 2014.

SEMA - Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. *Bacias Hidrográficas do Paraná. Série Histórica*. 2. ed. 2013.

SILVA, P. P. **Concentração de metais pesados nos sedimentos das nascentes do Rio Subaé, Feira de Santana – BA, Brasil**. 2012. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2012.

SILVA, L. M.; SOUZA, L. D.; MORAIS, L. A.; DANTAS, T. C. M.; SILVA, A. G.; CASTRO, S. S. L. Influência natural e antrópica nos níveis de poluição por fósforo na bacia hidrográfica do rio Apodi/Mossoró. In: **Anais do congresso da SBQ-2009**, Fortaleza, 2007.

SING, S.; MISHRA, A. Deforestation-induced costs on the drinking water supplies of the Mumbai metropolitan, India. **Global Environmental Change**, v.27, p.73–83, 2014.

SIQUEIRA, G.W.; APRILE, F.; MIGUÉIS, A.M. Diagnóstico da qualidade da água do rio Parauapebas (Pará – Brasil). *Acta Amazonica*. v. 42, n. 3, p. 413 – 422, 2012.

SOUZA, A. L. T.; FONSECA, D. G.; LIBÓRIO, R. A.; TANAKA, Ma. O. Influence of riparian vegetation and forest structure on the water quality of rural low-order streams in SE Brazil. **Forest Ecology and Management**, v.298, p. 12–18, 2013.

TUCCI, C. E. M. Mudanças climáticas e impactos sobre recursos hídricos no Brasil. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, n. 34, p. 137-156, 2007.

TUNDISI, J. G.; REBOLÇAS, A.C.; BRAGA, B. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 2. ed. São Paulo: Editora Escrituras, 704p, 2008.

VIEIRA, D. M. **Análise dos impactos ambientais resultados do uso e ocupação do solo e a avaliação da conformidades legal e da gestão nas áreas de preservação do rio Poti em Teresina, PI (Brasil)**. 2008,194p. Dissertação (Mestrado) -Programa regional de pós-graduação e desenvolvimento e meio ambiente. UFPI,Teresina, 2008.

Von Sperling, M. **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.

YANG, Y.; HE, Z.; WANG, Y.; FAN, J.; LIANG, Z.; STOFFELLA, P. J. Dissolved organic matter in relation to nutrients (N and P) and heavy metals in surface runoff water as affected by temporal variation and land uses – A case study from Indian River Area, south Florida, USA. **Agricultural Water Management**, v.118, p. 38– 49, 2013.

ZUMACH, R. **Enquadramento de curso de água Rio Itajaí- Açú e seus principais afluentes em Blumenau**. 2003,124 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Florianópolis, 2003.