

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

THIAGO RODRIGUES BADOTTI
WILLIAN FELIPE DO PRADO

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO URUTAGO, FRANCISCO
BELTRÃO - PR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

FRANCISCO BELTRÃO
2016

THIAGO RODRIGUES BADOTTI

WILLIAN FELIPE DO PRADO

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO URUTAGO, FRANCISCO
BELTRÃO - PR**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso Superior de Engenharia Ambiental da Coordenação de Engenharia Ambiental — da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Ambiental.

Orientadora: Prof.^a. MSc. Priscila Soraia da Conceição

Coorientadora: Prof.^a. MSc. Naimara Vieira do Prado

FRANCISCO BELTRÃO

2016

TERMO DE APROVAÇÃO
Trabalho de Conclusão de Curso – TCC2

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO URUTAGO,
FRANCISCO BELTRÃO - PR

por

Thiago Rodrigues Badotti; Willian Felipe do Prado

Trabalho de Conclusão de Curso 2 apresentado às 14 horas e 30 min., do dia 14 de Junho de 2016, como requisito para aprovação da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Francisco Beltrão. Os candidatos foram arguidos pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Banca examinadora:

Marcelo Bortoli

Coordenador do Curso de Engenharia
Ambiental

Priscila Soraia da Conceição

Professor Orientador

Fernando César Manosso

Membro da Banca

Naimara Vieira do Prado

Professor Coorientador

Denise Andréia Szymczak

Professor do TCC2

“A folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso”

AGRADECIMENTOS – THIAGO RODRIGUES BADOTTI

Primeiramente a minha família, pelo apoio incondicional em todas as etapas da minha vida. Com vocês ao meu lado, nenhum sonho é grande demais, nenhum obstáculo é intransponível.

A minha namorada, por todo suporte, carinho e atenção. Aos meus amigos, pelo companheirismo nos momentos de alegria, tristeza ou simplesmente na vivência no dia a dia.

A orientadora Priscila Soraia da Conceição, por ser parte dessa equipe, acreditar e dedicar seu tempo a esse projeto, pelos puxões de orelha e pelo exemplo como profissional.

A co-orientadora Naimara Vieira do Prado, por todo o auxílio prestado, pela dedicação e esforço sem limites para que esse trabalho fosse o melhor possível.

Ao professor Fernando Manosso, pelo tempo e dedicação ao estudo, bem como a todos os professores e técnicos administrativos desta universidade, que contribuíram para minha formação.

A esta universidade, por me acolher como acadêmico, fornecendo a estrutura para esse estudo e também para minha formação acadêmica.

A todos que de alguma forma contribuíram nessa jornada, obrigado.

AGRADECIMENTOS – WILLIAN FELIPE DO PRADO

Acima de tudo a minha família, que sempre me deu suporte e apoio para que eu pudesse estar concluindo essa etapa da minha vida.

Aos meus amigos que me acompanharam em toda essa trajetória motivando e apoiando em todos os momentos, os quais acabaram tornando-se irmãos.

A minha namorada por me motivar e me apoiar sempre, mostrando-me que o caminho nem sempre é fácil, mas no fim, sempre vale a pena.

A minha orientadora Priscila Soraia da Conceição, pelo imenso apoio ao meu desenvolvimento durante toda a graduação e por servir de espelho em todas as questões éticas, profissionais e humanas.

A minha co-orientadora Naimara Vieira do Prado, pelo engajamento tanto no trabalho como nas disciplinas, me ensinando a conviver em paz com a estatística.

Ao professor Fernando César Manosso, pelo tempo e conhecimento dedicado ao trabalho, mostrando-nos sempre um ponto diferenciado.

A esta universidade, por todas as oportunidades que me foram propostas, sou imensamente grato.

E a todos os demais que colaboraram de alguma forma tanto nesse trabalho, quanto no meu desenvolvimento pessoal e em todos os aspectos de minha vida, um eterno obrigado.

RESUMO

BADOTTI, T. R.; PRADO, W. F. Avaliação da qualidade da água do rio Urutago, Francisco Beltrão - PR. 2016. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Francisco Beltrão, 2016.

Qualidade da água não é uma condição absoluta, varia de acordo com o uso pretendido, sendo assim, este trabalho tem por objetivo avaliar a qualidade da água do rio Urutago, em Francisco Beltrão (PR). Para tal avaliação foram analisados os parâmetros temperatura, condutividade elétrica, potencial hidrogeniônico (pH), oxigênio dissolvido, sólidos totais, demanda química de oxigênio (DQO), fósforo, nitrogênio total, nitrato e número mais provável (NMP) de coliformes totais e termotolerantes, além dos ensaios ecotoxicológicos com o organismo indicador *Artemia sp.*. Foram realizadas três coletas durante um período de cinco meses em três pontos de amostragem, baseados no critério uso e ocupação do solo preservado, agrícola e ambiente urbano. Foram comparados estatisticamente os resultados entre os pontos e também o comportamento ao longo do período em estudo, evidenciando que a maioria dos parâmetros analisados demonstrou grau de influência tanto da sazonalidade quando do uso do solo na qualidade da água. Já os ensaios toxicológicos não permitiram fazer essa associação.

Palavras-chave: Qualidade hídrica. Uso do solo. Toxicologia.

ABSTRACT

BADOTTI, T. R.; PRADO, W. F. Evaluation of water quality from river Urutago, Francisco Beltrão - PR. 2016. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Francisco Beltrão, 2016.

Water quality is not an absolute condition, it varies according to the intended use, therefore, this study aims to evaluate the water quality of the river Urutago in Francisco Beltrao (PR). For such an assessment the parameters analyzed were temperature, electrical conductivity, hydrogen potential, dissolved oxygen, total solids, chemical oxygen demand, phosphorus, total nitrogen, nitrate and most probable number of total and fecal coliforms in addition to the ecotoxicological tests with the indicator organism *Artemia* sp.. It were collected three times during a period of five months in three sampling points, based on the criteria of use and occupation of land preserved, agricultural and urban environment. Were compared statistically the results between the points and also the behavior during the period under study, showing that most of the parameters analyzed showed degree from influence of seasonal and also with land use on water quality. Already toxicological tests have not allowed to make this association.

Keywords: water quality. Use of the soil. Toxicology.

SUMÁRIO

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 4 |
| 2 | OBJETIVOS | 5 |
| 2.1 | OBJETIVO GERAL..... | 5 |
| 2.2 | OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 5 |
| 3 | REVISÃO DE LITERATURA..... | 6 |
| 3.1 | USO E OCUPAÇÃO DO SOLO | 6 |
| 3.2 | QUALIDADE DA ÁGUA | 7 |
| 3.2.1 | Parâmetros físico-químicos e biológicos | 7 |
| 3.2.2 | Ensaio ecotoxicológicos | 10 |
| 4 | MATERIAIS E MÉTODOS | 12 |
| 4.1 | CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO..... | 12 |
| 4.2 | PONTOS DE AMOSTRAGEM..... | 12 |
| 4.3 | COLETA DAS AMOSTRA..... | 13 |
| 4.4 | ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS, BIOLÓGICAS E ENSAIOS TOXICOLÓGICOS | 14 |
| 4.4.1 | Análises Físico-químicas e biológicas | 14 |
| 4.4.2 | Ensaio Toxicológicos | 17 |
| 4.5 | ANÁLISES ESTATÍSTICAS | 18 |
| 5 | RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 19 |
| 5.1 | ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS, BIOLÓGICAS E ENSAIOS TOXICOLÓGICOS | 19 |
| 5.1.1 | pH..... | 21 |
| 5.1.2 | Temperatura | 22 |
| 5.1.3 | Condutividade Elétrica..... | 23 |
| 5.1.4 | Oxigênio Dissolvido | 25 |
| 5.1.5 | Sólidos Totais, Sedimentáveis e Dissolvidos..... | 26 |
| 5.1.6 | Demanda Química de Oxigênio (DQO)..... | 30 |

| | |
|--|----|
| 5.1.7 Fósforo Total..... | 31 |
| 5.1.8 Nitrogênio Total..... | 33 |
| 5.1.9 Nitrato | 34 |
| 5.1.10 Coliformes Totais e Termotolerantes | 35 |
| 5.1.11 Artêmias..... | 35 |
| 6 CONCLUSÃO | 39 |
| 7 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO | 40 |
| 8 APÊNDICE..... | 44 |
| 8.1 Apêndice 1 – Médias dos resultados das análises físico-químicas e biológicas | 44 |

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso utilizado pela humanidade para diversos fins, abastecimento doméstico e industrial, preservação de fauna e flora, navegação, irrigação, pesca, recreação, diluição e transporte de despejos, geração de energia elétrica, harmonia paisagística, entre outros e, para cada uso existe uma qualidade desejável. Pode-se então afirmar que qualidade da água não é uma condição fixa, varia de acordo com o uso pretendido.

É importante ressaltar que água pura não é encontrada no meio ambiente, consistindo em um conceito hipotético, resultado da alta capacidade de diluição deste fluido, que transporta consigo gases, sólidos e líquidos resultantes da contribuição do ambiente que percorre.

De forma geral, a qualidade da água pode ser avaliada através de parâmetros físicos, químicos e biológicos que traduzem a sua condição, no entanto esses parâmetros apresentam sobreposições das características e não consideram a sinergia entre eles. Uma alternativa utilizada para complementar a análise são os ensaios ecotoxicológicos. Além disso, deve-se considerar a possibilidade de variação desses parâmetros com o tempo em um mesmo corpo hídrico.

Existem, contudo, modificações nos ecossistemas ocasionadas por atividades antrópicas como a agricultura, pecuária e atividade industrial capazes de alterar as características da água, de forma a comprometer seus usos, tornando necessário avaliar a qualidade em determinada bacia e relacionar possíveis alterações ao longo de sua extensão com o tipo de uso do solo predominante na área.

Diante dessa problemática, este trabalho tem como objetivo avaliar a influência do uso do solo na qualidade da água ao longo da bacia do rio Urutago, situada no município de Francisco Beltrão, localizada no sudoeste do Paraná, através da associação de parâmetros físicos, químicos, biológicos e ensaios ecotoxicológicos.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a qualidade da água do Rio Urutago, localizado no município de Francisco Beltrão, no estado do Paraná.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar os parâmetros físico-químicos e biológicos, temperatura, condutividade elétrica, potencial hidrogeniônico (pH), oxigênio dissolvido, sólidos totais, demanda química de oxigênio (DQO), fósforo, nitrogênio total, nitrato e número mais provável (NMP) de coliformes totais e termotolerantes;
- Realizar ensaios toxicológicos com o organismo indicador *Artemia sp.*;
- Avaliar o comportamento dos parâmetros ao longo do período em análise;
- Verificar a existência de relação entre o uso do solo e os parâmetros avaliados.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Na natureza, indivíduos e espécies não sobrevivem de maneira isolada, todos são parte de uma comunidade, definida como grupos de populações de diferentes espécies, que ocorrem juntas no mesmo espaço e tempo, estando conectados entre si por suas relações ecológicas. Ainda mais abrangente que a definição de comunidade, é o conceito de ecossistema, que inclui todos os organismos vivos e o ambiente, que são inseparavelmente, ligados e interagem constantemente (PERONI; HERNÁNDEZ, 2011).

De modo geral, os ecossistemas possuem uma tendência de resistir às alterações e manter o seu equilíbrio, tendência denominada homeostasia. Porém, o homem tende a romper esse controle natural ou então, tenta substituir mecanismos naturais por artificiais (ODUM, 2004), uma vez que mais do que qualquer outra espécie, desenvolveu elevada capacidade para apropriação e transformação do meio em que vive, fazendo uso de todos os recursos naturais disponíveis (MMA, 2007).

Esse fato se torna ainda mais impactante, quando se avaliam as taxas de crescimento populacional humana. Entre os anos de 1930 a 2000, a população mundial cresceu 300%, concomitantemente, a energia total utilizada aumentou 1000%. Enquanto nos séculos passados essas transformações eram restritas as modificações locais ou regionais, a partir do século XX, essas atividades começaram a acarretar em consequências globais (PRESS et al., 2006).

A distribuição não uniforme da população, concentrando-se principalmente nos grandes centros urbanos, torna possível a comparação desses locais a parasitas que se apropriam e poluem os recursos naturais. Quanto maior a cidade, maiores suas exigências sobre os espaços rurais circundantes e maior o perigo de degradação do ambiente natural (ODUM, 2004).

E, dentre os recursos naturais impactados negativamente pelas atividades antrópicas, destaque deve ser dado aos recursos hídricos; uma vez que a qualidade da água de determinada bacia hidrográfica está diretamente relacionada ao tipo de uso e ocupação do solo (SANTOS et al., 2014).

A agricultura, por exemplo, é uma das maiores fontes de poluição de rios, devido à utilização de maneira indevida do solo, ultrapassando, muitas vezes, a capacidade de suporte da produção, com consequentes carreamentos de grandes quantidades de solo, insumos agrícolas e matéria orgânica para o curso de água (GONÇALVES et al., 2005). Resultado

desse processo é o assoreamento dos rios, que modifica e deteriora a qualidade da água, além de provocar a redução da disponibilidade hídrica (ANDRADE et al., 2007).

Da mesma forma, a urbanização causa impactos negativos diretos e significativos na qualidade da água de uma bacia hidrográfica. Problemas corriqueiros nas cidades brasileiras, como a falta de tratamento de esgoto, o aumento das áreas impermeáveis, ocupação do leito de inundação ribeirinha e a deposição de resíduos sólidos urbanos de maneira incorreta, acarretam em riscos para a saúde da população devido à contaminação das fontes de água e da facilitação da propagação de doenças por meio da água, como dengue, leptospirose, diarreia, hepatite e cólera (TUCCI, 2008).

3.2 QUALIDADE DA ÁGUA

A qualidade da água não está relacionada à pureza, visto que água pura é um conceito hipotético. Resultado de sua altíssima capacidade de dissolução, tal fluido sempre apresenta diversas substâncias dissolvidas (MEDEIROS, 2005). Além disso, também não é uma condição fixa, pois varia de acordo com a finalidade (CONAMA, 2005).

3.2.1 Parâmetros físico-químicos e biológicos

A qualidade da água é quantificada então, por meio de características físicas, químicas e biológicas, traduzidas na forma de parâmetros (VON SPERLING, 2005).

A respeito das características da água, as físicas não apresentam grande importância do ponto de vista sanitário, mas são determinantes para o tratamento, já as químicas apresentam maior importância nesse contexto, assim como as biológicas, que visam identificar e quantificar espécies presentes na água, além de contaminações fecais (DI BERNARDO E DANTAS, 2005).

Dentre as características físicas, está a temperatura, que consiste na medição da intensidade de calor (VON SPERLING, 2005), sendo importante em um corpo hídrico, não só por estar intimamente ligada à velocidade das reações químicas, à solubilidade das substâncias e ao metabolismo dos seres que habitam os corpos hídricos, além disso, variações de temperatura em um mesmo corpo hídrico podem indicar despejos industriais ou águas de refrigeração proveniente de máquinas e caldeiras, visto que possui um alto calor específico, sendo assim, variações bruscas indicam influências externas (LIBÂNIO, 2008).

Um parâmetro físico consiste nos sólidos totais, constituídos pelos sólidos dissolvidos, coloidais e suspensos, classificados de acordo com o tamanho das partículas.

Sendo os sólidos dissolvidos os de diâmetro inferior a $10^{-3}\mu\text{m}$, os coloidais de $10^{-3}\mu\text{m}$ a $10^0\mu\text{m}$, e os suspensos os de diâmetro superiores a $10^0\mu\text{m}$ (VON SPERLING, 2005).

Outro parâmetro físico utilizado na análise da qualidade hídrica é a condutividade elétrica, por ser indicador de lançamento de efluentes, visto que é correlacionada com concentração de sólidos dissolvidos, cuja análise é de fácil realização (LIBÂNIO, 2008).

Além dos parâmetros físicos, muitos parâmetros químicos são analisados no monitoramento da qualidade da água. Um deles é o potencial hidrogeniônico (pH), que pode ser entendido como a concentração de íons hidrogênio H^+ (em escala antilogarítmica), que confere condições de acidez, neutralidade ou alcalinidade. Causado por sólidos ou gases dissolvidos, pode ser oriundo da dissolução de rochas, absorção de gases atmosféricos, oxidação da matéria orgânica, fotossíntese, despejos de efluentes domésticos ou industriais (VON SPERLING, 2005).

Outro parâmetro químico de grande importância na qualidade da água é o oxigênio dissolvido, que consiste na dissolução do oxigênio atmosférico na água, ou produto da fotossíntese. É de vital importância para os seres aquáticos aeróbios e é o principal parâmetro de caracterização de efeitos da poluição resultante de efluentes orgânicos (VON SPERLING, 2005). Dentre os parâmetros químicos, ainda encontra-se a DBO, que consiste em medida indireta da matéria orgânica, resultado da quantidade de oxigênio necessário para degradar a matéria orgânica presente passível de degradação biológica (LIBÂNIO, 2008). De acordo com Metcalfy e Eddy (2003), a DBO consiste na medida do oxigênio dissolvido utilizado pelos microorganismos no processo bioquímico de oxidação da matéria orgânica.

Outro parâmetro químico que está relacionado à matéria orgânica é a DQO. A mesma refere-se a medida da quantidade de oxigênio que pode ser oxidado quimicamente, apresentando valor maior que o da DBO, visto que o oxidante utilizado na determinação é mais forte. Sendo as duas expressas em $\text{mg de O}_2 \text{ L}^{-1}$ (DOMÈNECH E PERAL, 2006).

Valores elevados de DBO e DQO podem sugerir o lançamento de efluentes domésticos, industriais ou águas lixiviadas com excretas animais (LIBÂNIO, 2008; VON SPERLING, 2005), que constituem medidas indiretas do potencial de consumo do oxigênio dissolvido utilizadas na caracterização do grau de poluição de um corpo hídrico (VON SPERLING, 2005).

Certos nutrientes também são utilizados para avaliar a qualidade hídrica, tal como o nitrogênio, que pode ser encontrado de diversas maneiras no meio, como nitrogênio molecular, atmosférico, orgânico, amônia, nitrito e nitrato. Pode ocorrer naturalmente, como constituinte de proteínas, demais compostos biológicos e composição celular de

microorganismos; quanto à origem antrópica, pode ser resultante de despejos domésticos industriais, excretas animais e fertilizantes que influenciam em fatores relevantes à qualidade da água e manutenção da vida aquática, como a eutrofização e toxicidade aos peixes (VON SPERLING, 2005).

Além do nitrogênio, outro nutriente comumente utilizado como parâmetro de qualidade da água é o fósforo, que é naturalmente proveniente da dissolução de compostos do solo, decomposição da matéria orgânica e composição celular dos microorganismos. Quanto às fontes antrópicas, possuem origem comum ao nitrogênio, podendo também causar a eutrofização dos corpos hídricos (VON SPERLING, 2005).

Em relação a parâmetros biológicos, a análise de presença ou ausência de microrganismos indicadores de contaminação fecal constitui-se como excelente critério na avaliação da qualidade da água, pois permite verificar a contaminação de corpos hídricos por dejetos humanos.

Para que um microrganismo seja considerado ideal na indicação de contaminação, deve se enquadrar nos seguintes critérios, ser um constituinte natural da flora intestinal de indivíduos sãos, estar presente exclusivamente nas fezes de animais homeotérmicos, estar presente quando os microrganismos patogênicos estiverem, presença em grande número de modo a facilitar o isolamento e identificação, tempo de sobrevivência igual ou superior ao das bactérias patogênicas, fácil de ser isolado e quantificado, não deve ser patogênico (ENVIRONMENT AGENCY, 2002).

Para esse propósito, utiliza-se, principalmente, bactérias do grupo coliforme, em especial a *Escherichia coli*, por ser um organismo que se enquadra na maior parte desses critérios, podendo sua presença indicar a contaminação do corpo hídrico (VASCONCELLOS et al., 2006).

Apesar da relevância já destacada dos parâmetros físicos, químicos e biológicos, tais características, quando analisadas isoladamente, não demonstram a sinergia resultante dos diferentes lançamentos em um mesmo corpo hídrico. Nesse contexto, uma alternativa seriam os ensaios ecotoxicológicos, onde é possível abranger uma grande variedade de substâncias biologicamente disponíveis, permitindo avaliar contaminações ambientais oriundas de variadas fontes poluidoras, como: efluentes industriais, domésticos e agrícolas, medicamentos, sedimentos e produtos químicos em geral, bem como avaliar a resultante de seus efeitos nos sistemas biológicos (MAGALHÃES e FERRÃO, 2008).

3.2.2 Ensaios ecotoxicológicos

O termo Ecotoxicologia foi utilizado pela primeira vez pelo toxicologista francês René Truhaut, em junho de 1969, durante uma reunião do Committee of the International Council of Scientific Unions (ICSU), na cidade de Estocolmo. Segundo René, Ecotoxicologia é a ciência que estuda os efeitos de substâncias naturais ou sintéticas em organismos vivos, animais ou vegetais (TRUHAUT, 1977).

Em 1977, Ramade publicou o primeiro livro da área, intitulado “*Écotoxicologie*”, definindo-a como a ciência que estuda a contaminação de ambientes por poluentes naturais ou sintéticos, derivados de atividades humanas, os mecanismos de ação e seus efeitos sobre os seres vivos.

Dessa forma, a Ecotoxicologia nasceu como uma ferramenta para o monitoramento ambiental, utilizando como base a resposta de organismos individuais a determinados estressores químicos (MAGALHÃES e FERRÃO, 2008).

Na década de 80, agências ambientais dos EUA e Europa iniciaram o desenvolvimento de protocolos padronizados de testes de toxicidade com organismos aquáticos.

Em 1984, a USEPA, órgão ambiental americano, estabeleceu o uso de organismos para monitoramento da água. Na Europa, também em 1984, a Organização para Cooperação Econômica e Desenvolvimento (OECD) lançou uma série de protocolos de testes com organismos aquáticos, como algas, microcrustáceos e peixes.

No Brasil, a primeira iniciativa ocorreu em 1975, através de um convite realizado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) à Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo (CETESB), para participar de um programa internacional, realizado pelo Comitê Técnico de Qualidade das Águas da International Organization for Standardization (ISO), com o objetivo de padronizar os testes com peixes para análise de toxicidade aguda (BERTOLETTI e ZAGATTO, 2008).

Desde então, diversos métodos foram desenvolvidos e adaptados e vem sendo amplamente utilizados de maneira a complementar as análises físico-químicas e biológicas.

Um organismo reconhecido internacionalmente como bioindicador é a *Artemia sp.*, um microcrustáceo zooplânctônico, que vive nas águas salgadas de praticamente todos os ambientes marinhos da Terra, pertencente a classe Crustácea, ordem Anostraca e família Artemiidae (GRINEVICIUS, 2006).

Esse microcrustáceo é um organismo amplamente indicado para testes toxicológicos graças a sua elevada sensibilidade, o que permite fornecer uma resposta biológica em um

período de tempo relativamente curto. Os ensaios utilizando *Artemia sp.* possui procedimentos simples e de baixo custo, graças a suas características de fácil manutenção e eclosão e boa reprodutividade (VILLARROEL et al., 2003). O ensaio consiste na exposição desse organismo a variadas concentrações da amostra a ser estudada, onde apenas um parâmetro é avaliado, vida ou morte (SILVA, 2008).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Esta pesquisa foi realizada na bacia hidrográfica do Rio Urutago, localizada no município de Francisco Beltrão, Paraná. O clima da cidade é do tipo temperado úmido, com invernos amenos. As chuvas são bem distribuídas ao longo do ano, ocorrendo com maior incidência na primavera e outono e menor incidência durante o inverno (IAPAR, 2010).

O rio Urutago nasce na área rural de Francisco Beltrão, no decorrer de sua extensão de, aproximadamente, 5,45 km, percorre áreas de uso de solo agrícola e também de uso e ocupação de solo urbano e deságua no rio Marrecas, dentro do perímetro urbano da cidade (Figura 01).

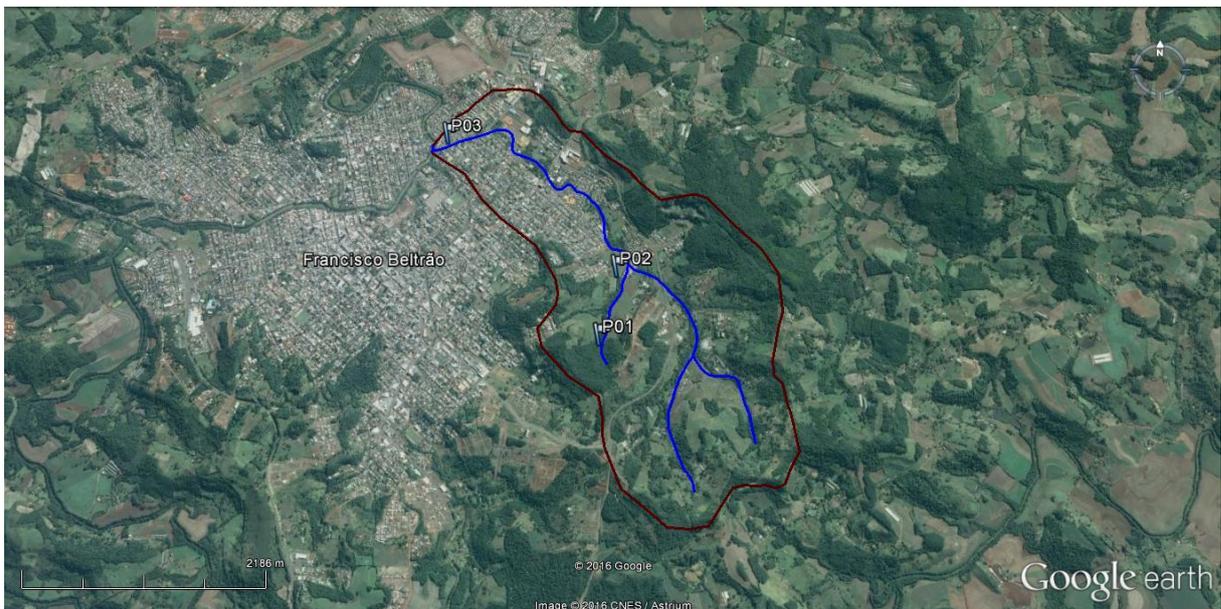


Figura 01 – Bacia do Rio Urutago e pontos de amostragem

Fonte: Google Earth (2015).

4.2 PONTOS DE AMOSTRAGEM

Ao longo do trecho analisado (Figura 02), existem diferentes usos do solo, o ponto um (P1), o ponto de controle, situa-se dentro de uma Zona de Proteção de Áreas Verdes, apresentando supostamente as características de qualidade da água mais próximas das naturais, o ponto dois (P2) é classificado como Zona de Uso Misto 2, que é tratada como a representante do uso do

Tecnológica Federal do Paraná, Campus Francisco Beltrão e armazenados a temperatura de 4°C.

4.4 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS, BIOLÓGICAS E ENSAIOS TOXICOLÓGICOS

Para avaliar a qualidade da água, foram realizadas análises de pH, temperatura, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, sólidos totais, DQO, fósforo, nitrogênio total, nitrato, número mais provável de coliformes totais e termotolerantes e ensaios de toxicidade.

As análises foram realizadas no Laboratório de Águas e Resíduos Líquidos, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Francisco Beltrão, exceto para as análises de nitrato e número mais provável de coliformes totais e termotolerantes, que foram realizadas pelo laboratório LGQ, situado no município de Francisco Beltrão – PR.

4.4.1 Análises Físico-químicas e biológicas

Para determinação do pH, foi utilizado o método potenciométrico, conforme metodologia descrita pela NBR 14339 (ABNT, 1999), utilizando pHmetro marca MS Tecnopon, modelo mPA – 210p.

Inicialmente, o equipamento foi calibrado de acordo com as especificações do fabricante. Após a calibração, foi realizada a medição do pH através da introdução do eletrodo na amostra. A temperatura foi aferida através do uso do mesmo equipamento, por meio da introdução do eletrodo na amostra.

A condutividade elétrica foi determinada pelo método ponteciométrico, conforme metodologia descrita pela NBR 14340 (ABNT, 1999), com o condutivímetro marca MS Tecnopon, modelo mCA 150p. O equipamento foi calibrado conforme especificações do fabricante e, em seguida, a aferição foi realizada por meio da inserção do eletrodo na amostra.

As análises de oxigênio dissolvido, sólidos totais, DQO, fósforo e nitrogênio total foram realizadas de acordo com o Standard Methods (APHA, 1998) e Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012) para as análises de nitrato e coliformes totais e termotolerantes, que foram terceirizadas.

A determinação do oxigênio dissolvido foi realizada com auxílio de um aparelho oxímetro, marca Hanna, modelo H1 98186. Primeiramente, realizou-se a calibração do equipamento, conforme recomendações do fabricante, em seguida, determinou-se o oxigênio dissolvido das amostras pela inserção do eletrodo na amostra.

Os sólidos totais foram determinados através da transferência de 10 mL de amostra para uma cápsula de porcelana previamente seca e pesada. A cápsula e a amostra foram levadas à estufa, a temperatura de 110°C, por 12 horas. Decorrido esse tempo, às cápsulas foram retiradas da estufa e postas no dessecador para resfriamento, em sequência pesou-se as cápsulas para determinação do resíduo da evaporação (Equação 1).

$$\text{Sólidos totais } \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}}\right) = \frac{[(P2 - P1) * 1000]}{V} \quad (1)$$

Onde:

P1 = peso das cápsulas vazias (g),

P2 = peso das cápsulas + resíduo (g),

V = volume de amostra (L).

Para determinação dos sólidos sedimentáveis, filtrou-se 100 mL de amostra por meio de filtração lenta em papel filtro previamente seco em estufa. Após a filtração, o papel filtro, juntamente com um vidro de relógio, foi transferido para estufa para secagem, a 110°C, por uma hora (Equação 2).

$$\text{Sólidos sedimentáveis } \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}}\right) = \frac{[(P4 - P3) * 1000]}{V} \quad (2)$$

Onde:

P3 = peso do vidro relógio + papel (g),

P4 = peso do vidro relógio + papel com resíduos (g),

V = volume de amostra (L).

Os sólidos dissolvidos foram determinados pela diferença entre os sólidos totais e os sólidos sedimentáveis (Equação 3).

$$\text{Sólidos dissolvidos } \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}}\right) = ST - SS \quad (3)$$

Onde:

ST = sólidos totais,

SS = sólidos dissolvidos.

A demanda química de oxigênio foi determinada através da oxidação em meio ácido. Para isso, inicialmente, foi preparada uma curva padrão de concentração conhecida, que foram adicionados em tubos de ensaio uma porção de solução digestora, solução de ácido sulfúrico, água destilada e solução de biftalato de potássio (Tabela 01).

Tabela 01 – Volumes das soluções: curva padrão DQO

| Padrões (mg O₂/L) | Volume (mL) solução de biftalato | Volume (mL) água destilada | Volume (mL) solução digestora | Volume (mL) solução ácido sulfúrico |
|---|---|---------------------------------------|--|--|
| 500 | 2,5 | 0 | 1,5 | 3,5 |
| 400 | 2 | 0,5 | 1,5 | 3,5 |
| 300 | 1,5 | 1 | 1,5 | 3,5 |
| 100 | 0,5 | 2 | 1,5 | 3,5 |
| 40 | 0,2 | 2,3 | 1,5 | 3,5 |
| 0 | 0 | 2,5 | 1,5 | 3,5 |

Em seguida, os tubos foram vedados e levados para o bloco digestor, a uma temperatura de 150°C, por duas horas. Após a digestão dos padrões, foi realizada a leitura da absorbância em espectrofotômetro com comprimento de onda igual a 600 nm.

Para análise das amostras, foram adicionados em tubos de ensaio 2,5 mL de amostra, 1,5 mL de solução digestora e 3,5 mL da solução de ácido sulfúrico, repetiu-se o mesmo procedimento realizado com os padrões.

Com os valores de absorbância dos padrões de concentração conhecida, foi possível confeccionar uma curva padrão e, a partir deste gráfico, onde foram determinados os valores de DQO das amostras.

Para determinação do fósforo total das amostras, utilizou-se o método titulométrico. Em 100 mL de amostra foram adicionados cinco mL da solução de ácido sulfúrico em álcool, 10 gotas da solução de molibdato de amônio e 10 gotas da solução de cloreto estano.

Para comparação, o mesmo procedimento realizou-se em uma amostra de água destilada. Em seguida, com a adição das soluções, manifestou-se uma coloração azul. Sua intensidade está diretamente relacionada à quantidade de fósforo na amostra, como a água destilada encontra-se isenta de fósforo a mesma não apresentou essa coloração.

Dessa forma, a água destilada foi titulada com uma solução de fosfato biácido de potássio, de concentração conhecida, até que a mesma adquira a coloração da amostra. Por fim, sabendo-se o volume utilizado na titulação, foi determinado o fósforo total da amostra (Equação 5).

$$\text{Fósforo} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) = 0,1 * \text{Volume}_{\text{titulação}} \quad (5)$$

O procedimento para determinação do nitrogênio total das amostras foi dividido em três etapas: digestão, destilação e titulação. Inicialmente, em um tubo Kjeldahl, foram adicionadas 1,5 g de mistura catalítica, mistura de sulfato de potássio e sulfato de cobre pentahidratado na proporção de 10:1 respectivamente, 10 mL de amostra, cinco mL de peróxido de hidrogênio e 10 mL de solução padrão de ácido sulfúrico 0,05 mol/L.

Realizado esse procedimento, os tubos foram colocados no bloco digestor, a uma temperatura de 100°C, e a temperatura foi elevada a cada 30 minutos em 50°C até a temperatura de 350°C, transcorridos 30 minutos nessa temperatura a mesma foi elevada para 370°C, onde foi mantida por um período de 60 minutos.

Após a digestão, foi realizada a destilação, esse processo ocorre pelo arraste de vapor. Foram utilizados nesse processo 40 mL de hidróxido de sódio, 30 mL de ácido bórico, 50 mL de água destilada, a amostra digerida e três gotas do indicador de proteína misto. Por fim, a última etapa do processo correspondeu à titulação.

O volume resultante da destilação (amostra) foi titulado com uma solução padrão de ácido clorídrico 0,1 mol/L até viragem do indicador, o volume gasto de ácido clorídrico foi utilizado para os cálculos e determinação do nitrogênio total das amostras (Equação 6).

$$NT(\%) = \frac{V * Fc * 0,1 * 0,014 * 100}{P} \quad (6)$$

Onde:

Nt = Teor de nitrogênio total na amostra (%),

V = Volume da solução de ácido clorídrico gasto na titulação (mL),

Fc = fator de correção para o ácido clorídrico 0,01 mol/L,

P = peso da amostra (g).

4.4.2 Ensaios Toxicológicos

O teste de toxicidade aguda com *Artemia sp.* foi conduzido pelo método proposto por Guerra (2001). Inicialmente, cistos de *Artemia sp.* foram incubados em solução de sal marinho sintético (30g/L), aerados, sem luminosidade e temperatura de 25 °C, para induzir sua eclosão.

Após a eclosão, 7 a 10 náuplios foram transferidos para tubos de ensaio contendo dois mL das amostras tratamento, diluídas em solução salina nas seguintes concentrações: 100%, 50%, 25%, 12,5%, 6,2% e 3,1%.

O grupo controle negativo possuiu apenas dois mL de solução salina. Foram realizadas triplicatas de cada grupo amostral e, após 24 horas, de incubação nos tubos, a 25°C e ao abrigo da luz, foi realizada a contagem do número de náuplios mortos, consideradas como tal aqueles que permaneceram imóveis durante 20 segundos de observação.

4.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os resultados das análises físico-químicas e biológicas foram comparados de duas formas, entre os pontos de amostragem e entre as coletas realizadas, através da análise de variância (ANOVA) seguidos do teste de Tukey, ambos com 5% de significância.

No ponto um só foi possível efetuar a primeira coleta pois o ponto secou, dessa forma as análises foram organizadas em esquema fatorial 2x2 (dois pontos e duas coleta), e o ponto um na primeira coleta, foi incluída como tratamento adicional, para comparação dos dados com esse ponto foi utilizado o Teste de Dunnet, ao nível de 5% de significância.

Para os ensaios de toxicidades foi calculada através da proporção de mortos, para cada ponto de coleta, a concentração letal média (CL50), que consiste na concentração da amostra capaz de causar mortalidade a 50% dos organismos em um período de 24 horas.

Todas as análises estatísticas foram realizadas com o software R, versão 3.0.2 (R Core Team, 2013).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS, BIOLÓGICAS E ENSAIOS TOXICOLÓGICOS

Os resultados das análises de pH, temperatura, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, sólidos totais, sólidos sedimentáveis, sólidos dissolvidos, DQO, fósforo, nitrogênio total, nitrato e número mais provável de coliformes totais e termotolerantes, além dos ensaios de ecotoxicidade apresentados tratam-se das coletas dos três pontos nos dias 07 de dezembro de 2015 e para os pontos 2 e 3 nos dias 09 de março e 19 de abril de 2016. Isso se explica, visto que o ponto de coleta 1 secou, possivelmente em virtude de uma contenção localizada em um loteamento à montante do ponto de coleta (Figura 3 e 4), inviabilizando as demais coletas como pode ser observado abaixo.



Figura 03 – Ponto 1 de coleta e limites do loteamento.

Fonte: Google Earth (adaptado)(2016).



Figura 4 – Ponto de coleta 1 seco.

A construção de loteamentos pode alterar as características das bacias, não apenas quanto ao tipo de uso do solo, mas também através do soterramento de nascentes, conforme evidenciado por De Souza, Oaigen e Lemos (2007) estudam a preservação de nascentes citam uma nascente da microbacia do Igarapé Caranã, na cidade de Boa Vista, capital do estado de Roraima, que foi soterrada por um loteamento. O autor ainda ressalta a possibilidade de mais soterramentos em virtude do crescimento urbano na região do loteamento. Outro trabalho que estuda a conservação das mesmas nascentes são Carvalho e De Araujo (2007), que fazem referência aos demais problemas resultantes da urbanização próximos ao Igarapé Caranã, os mesmos citam que em algumas épocas do ano alguns canais secam devido ao rebaixamento do lençol freático causado pela urbanização. Tais constatações sugerem a hipótese de que tenha acontecido algum tipo de contenção da nascente, que está situada dentro dos limites do loteamento.

Para atender os pressupostos de normalidade e homocedasticidade necessários para realização das análises estatísticas duas transformações foram realizadas, uma para a temperatura e outra os sólidos sedimentáveis. Os demais parâmetros já apresentavam os pressupostos necessários.

5.1.1 pH

Na análise de pH foi possível verificar, através do teste de Tukey (Tabela 02) em relação aos coletas, com nível de significância de 5%, não houve diferença significativa entre as médias entre as duas primeiras coletas no ponto três. Nos demais resultados evidenciou-se variação significativa entre as médias ao longo do tempo (Figura 5).

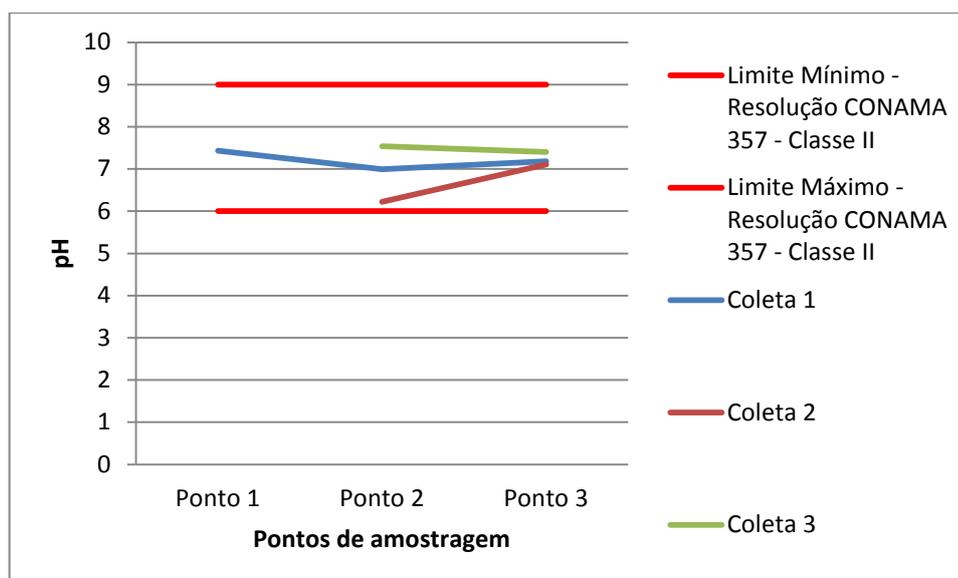


Figura 5 – Variação do pH ao longo do período em análise e comparação com a legislação.

Os resultados demonstraram que, através do teste de Tukey em relação aos pontos, ao nível de significância de 5%, mostrou médias estatisticamente diferentes em todas as coletas (Tabela 02). Além disso, os únicos resultados que apresentaram médias estatisticamente iguais quando comparadas ao controle por meio do teste de Dunnet, ao nível de significância de 5%, foram os obtidos na terceira coleta.

Tabela 02 - Médias dos resultados da análise de pH.

| | P2 | P3 |
|-----------|---------|---------|
| C1 | 6,99bB* | 7,18bA* |
| C2 | 6,62cB* | 7,11bA* |
| C3 | 7,54aA | 7,40aB |

Letras minúsculas iguais nas colunas linhas indicam médias estatisticamente iguais pelo teste de Tukey em relação às coletas, ao nível de 5% de significância.

Letras maiúsculas iguais nas linhas indicam médias estatisticamente iguais pelo teste de Tukey em relação aos pontos, ao nível de 5% de significância.

* Média estaticamente diferente em comparação ao controle pelo teste de Dunnet, ao nível de 5% de significância.

A Resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005) considera que os corpos hídricos que não estão previamente classificados, como o Rio Urutago, enquadram-se em Classe II. Sendo assim, todos os resultados de pH observados estão dentro do intervalo de classificação da Resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005) a classe, quando se trata de corpos hídricos de água doce.

5.1.2 Temperatura

Analisando a variação da temperatura nos pontos de coleta ao longo do tempo, através do teste de Tukey em relação as coletas (Tabela 03), ao nível de significância de 5%, observa-se que o parâmetro apresentou médias estatisticamente diferentes em todas as coletas, sugerindo que existe variabilidade significativa em relação ao tempo (Figura 6), ou seja, apresenta variabilidade sazonal.

É possível verificar ainda que os únicos dados com médias estatisticamente iguais às do controle, através do teste de Dunnett, ao nível de significância de 5%, foram os obtidos na primeira coleta. Isso explica-se, visto que as temperaturas nesta coleta foram aferidas no mesmo momento que a temperatura do controle, contando com a mesma temperatura atmosférica.

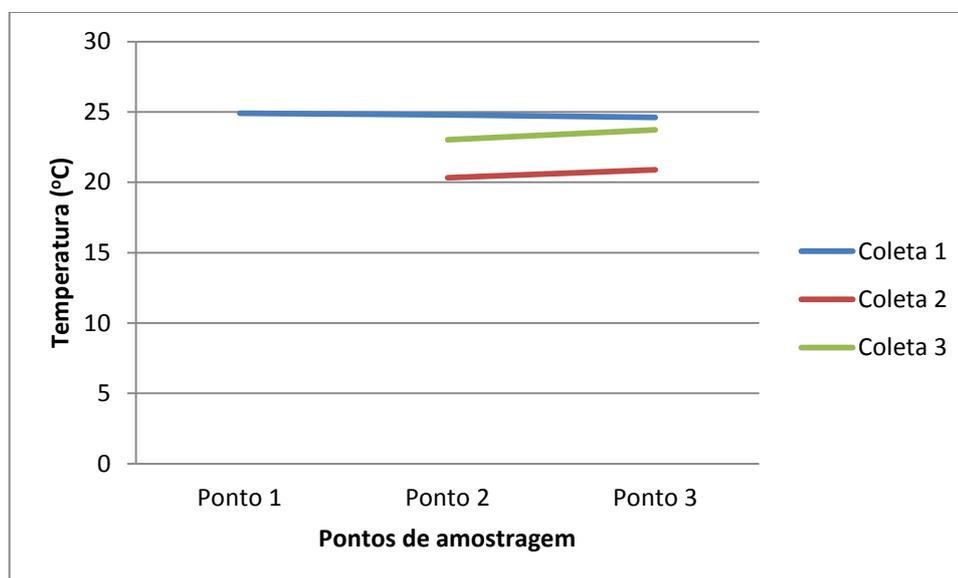


Figura 6 – Variação da temperatura ao longo do período em análise.

Quanto ao teste de Tukey (Tabela 03) em relação aos pontos, ao nível de significância de 5%, as médias obtidas foram estatisticamente diferentes entre eles em todas as coletas, o que sugere que o tipo de uso do solo interfere nesse parâmetro.

Tabela 03 - Médias dos resultados da análise de temperatura (°C).

| | P2 | P3 |
|-----------|----------|----------|
| C1 | 24,80aA | 24,60aB |
| C2 | 20,33cB* | 20,90cA* |
| C3 | 23,03bB* | 23,73bA* |

Letras minúsculas iguais nas colunas linhas indicam médias estatisticamente iguais pelo teste de Tukey em relação às coletas, ao nível de 5% de significância.

Letras maiúsculas iguais nas linhas indicam médias estatisticamente iguais pelo teste de Tukey em relação aos pontos, ao nível de 5% de significância.

* Média estatisticamente diferente em comparação ao controle pelo teste de Dunnet, ao nível de 5% de significância.

A Resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005) não utiliza a temperatura para classificação dos corpos hídricos, no entanto, o parâmetro é amplamente utilizado para avaliar a qualidade da água. Considerando-se todos os resultados obtidos, a temperatura variou de 20,33°C à 24,9 °C , demonstrando variabilidade sazonal, o que também é evidenciado nos trabalhos de Borges, Galbiatti e Ferraudo (2003) que utilizou a temperatura para monitorar a qualidade hídrica e Alves et al. (2008) quando realizaram uma avaliação de qualidade hídrica.

A diferença de temperatura entre os pontos de amostragem pode sugerir que existam lançamentos de efluentes (LIBÂNIO, 2008). No entanto, mesmo que as médias tenham se mostrado estatisticamente diferentes, não é possível, a partir dos resultados provenientes da análise de temperatura, sugerir a interferência deste parâmetro na qualidade da água, visto que foi aferida em laboratório em momento posterior à coleta, negligenciando seu valor real no corpo hídrico.

5.1.3 Condutividade Elétrica

Analisando a condutividade elétrica nos pontos amostrados, através do teste de Tukey em relação ao tempo (Tabela 04), ao nível de significância de 5%, é possível verificar diferenciação estatística das médias entre todas as coletas, evidenciando uma variabilidade sazonal (Figura 7). Almeida e Schwarzbald (2003) avaliaram a influência da sazonalidade na qualidade da água e também puderam observar variabilidade significativa em relação ao tempo.

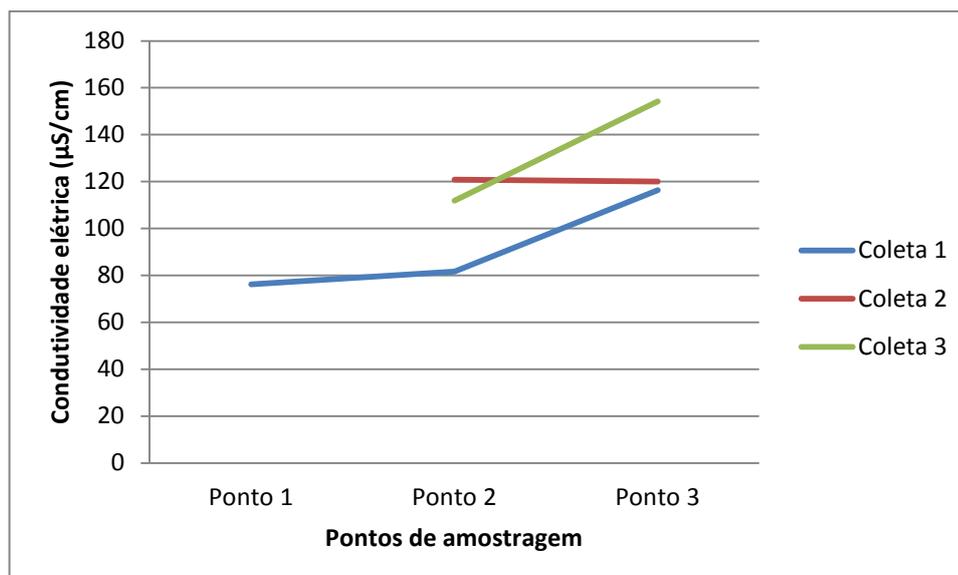


Figura 7 – Variação da condutividade elétrica ao longo do período em análise.

Através do teste de Tukey, em relação aos pontos (Tabela 04), ao nível de significância de 5%, é possível verificar médias estatisticamente iguais apenas na segunda coleta. Sendo que na primeira e na última o ponto três apresentou valores muito superiores aos do ponto dois, o que pode sugerir a existência de interferência na característica associada ao tipo de uso do solo.

Tabela 04 - Médias dos resultados da análise de condutividade elétrica (µS/cm).

| | P2 | P3 |
|-----------|-----------|-----------|
| C1 | 81,67cB* | 116,43cA* |
| C2 | 120,87aA* | 120,00bA* |
| C3 | 111,80bB* | 154,27aA* |

Letras minúsculas iguais nas colunas linhas indicam médias estatisticamente iguais pelo teste de Tukey em relação às coletas, ao nível de 5% de significância.

Letras maiúsculas iguais nas linhas indicam médias estatisticamente iguais pelo teste de Tukey em relação aos pontos, ao nível de 5% de significância.

* Média estatisticamente diferente em comparação ao controle pelo teste de Dunnett, ao nível de 5% de significância.

O teste de Dunnett (Tabela 04), ao nível de significância de 5%, evidenciou que todas as médias obtidas foram estatisticamente diferentes do controle, sendo a média do controle a menor dentre todos os resultados obtidos, o que pode sugerir que o uso do solo interfira na condutividade elétrica. No entanto, De Toledo e Nicolella (2002) avaliaram a qualidade da água em pontos com diferentes tipos de uso do solo e obtiveram resultados de condutividade elétrica variando entre 27µS/cm e 68,9µS/cm, muito inferiores às médias observadas no presente trabalho e inferiores até mesmo que a média do controle, que é de 76,19µS/cm.

A Resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005) não utiliza a condutividade elétrica para classificar os corpos hídricos. No entanto, esse parâmetro é parte até mesmo do Índice de Qualidade da Água (IQA) para avaliação de qualidade da água bruta utilizado pela ANA (2016). Pode-se observar que o controle apresenta a menor média de todas, seguido pelo ponto dois e o ponto três, o que pode indicar que a antropização interfere nesse parâmetro, sugerindo a existência de lançamento de algum efluente nesse corpo hídrico.

5.1.4 Oxigênio Dissolvido

Analisando a diferenciação das médias de oxigênio dissolvido em relação ao tempo, o teste de Tukey (Tabela 05), ao nível de significância de 5%, evidenciou que os resultados da primeira coleta apresentaram médias estatisticamente diferentes das demais, que se mostraram estatisticamente iguais (Figura 08). O que indica que existe uma possível variação em função do tempo para a primeira coleta em relação as demais.

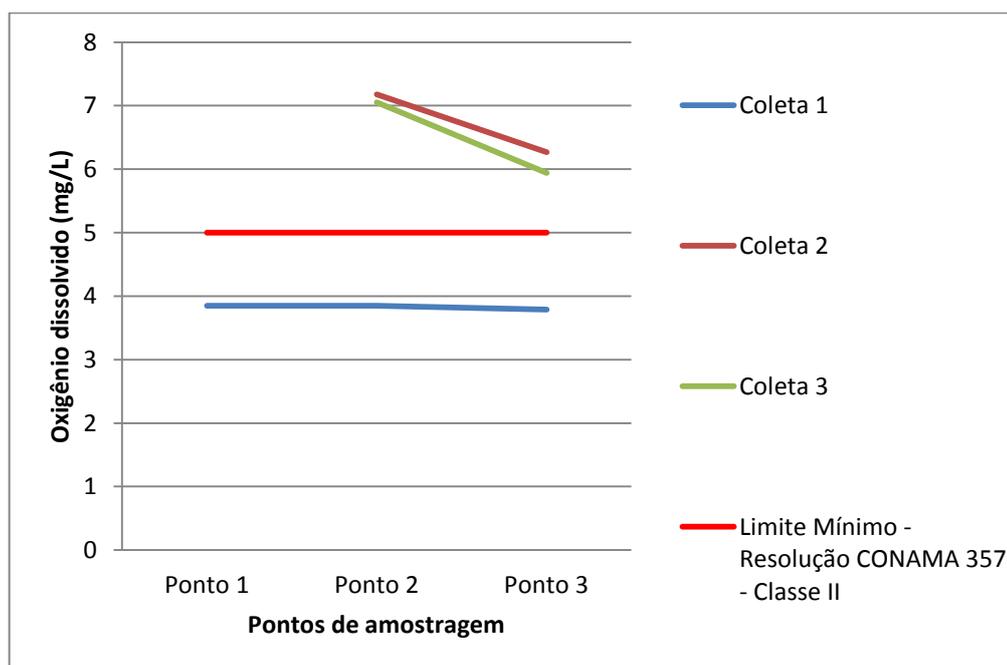


Figura 08 – Variação do oxigênio dissolvido ao longo do período em análise e comparação com legislação.

Já o teste de Tukey entre os pontos (Tabela 05), ao nível de 5% de significância, demonstrou médias estatisticamente diferentes em todos os resultados, excetuando os obtidos na primeira coleta, que também são os únicos cujas médias apresentaram-se estatisticamente iguais à do controle, de acordo com o teste de Dunnet, ao nível de significância de 5% (Tabela 05), sugerindo que existe variabilidade entre os pontos, em virtude do uso do solo, para as

duas últimas coletas. O teste de Dunnett ainda reforça a hipótese de que existe uma interferência da sazonalidade para a característica em questão por apresentar médias estatisticamente iguais ao controle somente para os resultados obtidos na mesma coleta que a do controle.

Tabela 05 - Médias dos resultados da análise de oxigênio dissolvido (mg/L).

| OD | P2 | P3 |
|-----------|-----------|-----------|
| C1 | 3,85bA | 3,79bA |
| C2 | 7,19aA* | 6,27aB* |
| C3 | 7,06aA* | 5,94aB* |

Letras minúsculas iguais nas colunas linhas indicam médias estatisticamente iguais pelo teste de Tukey em relação às coletas, ao nível de 5% de significância.

Letras maiúsculas iguais nas linhas indicam médias estatisticamente iguais pelo teste de Tukey em relação aos pontos, ao nível de 5% de significância.

* Média estatisticamente diferente em comparação ao controle pelo teste de Dunnett, ao nível de 5% de significância.

A Resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005) utiliza o oxigênio dissolvido no enquadramento dos corpos hídricos de água doce através das concentrações mínimas de 5mg/L para a Classe 2. Pode-se perceber que somente os dois resultados obtidos na primeira coleta apresentam médias inferiores ao enquadramento na Classe 2 da Resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005).

5.1.5 Sólidos Totais, Sedimentáveis e Dissolvidos

Para o parâmetro sólidos totais, os dois pontos avaliados apresentaram variação significativa ao longo do tempo (Figura 09), com comportamentos semelhantes.

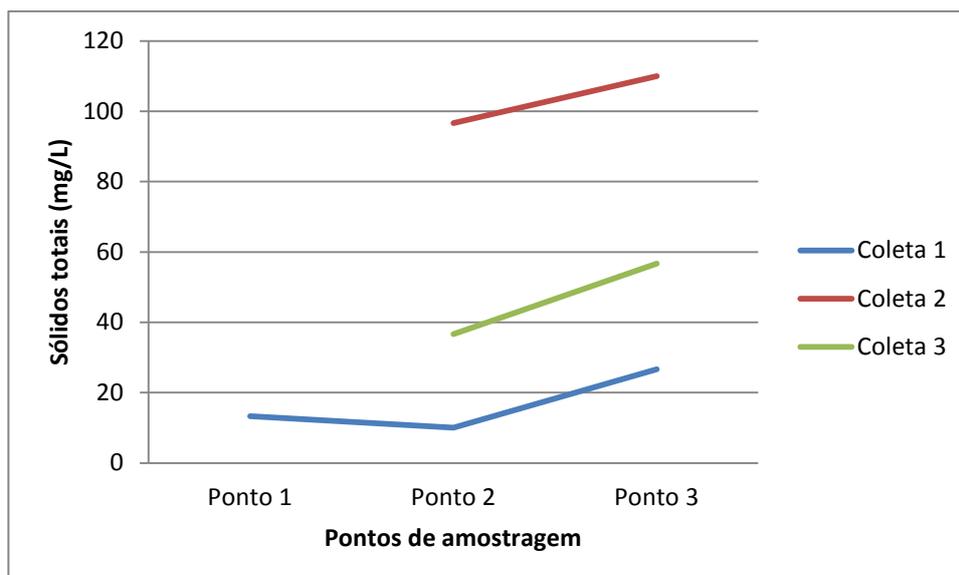


Figura 09 – Variação dos sólidos totais ao longo do período em análise.

As médias apresentaram-se estaticamente iguais entre os pontos de amostragem e estaticamente diferentes entre as coletas (Tabela 06). Indicando que, de modo geral, os pontos dois e três podem ser considerados iguais.

Tabela 06 - Médias dos resultados da análise de sólidos totais (mg/L).

| | P2 | P3 |
|-----------|-----------|-----------|
| C1 | 10,00c | 26,67c |
| C2 | 96,67a* | 110,00a* |
| C3 | 36,37b | 56,67b* |

Letras minúsculas iguais nas colunas linhas indicam médias estatisticamente iguais pelo teste de Tukey em relação às coletas, ao nível de 5% de significância.

* Média estaticamente diferente em comparação ao controle pelo teste de Dunnet, ao nível de 5% de significância.

Na análise de sólidos sedimentáveis, somente o ponto dois apresentou variação significativa ao longo do período avaliado (Figura 10).

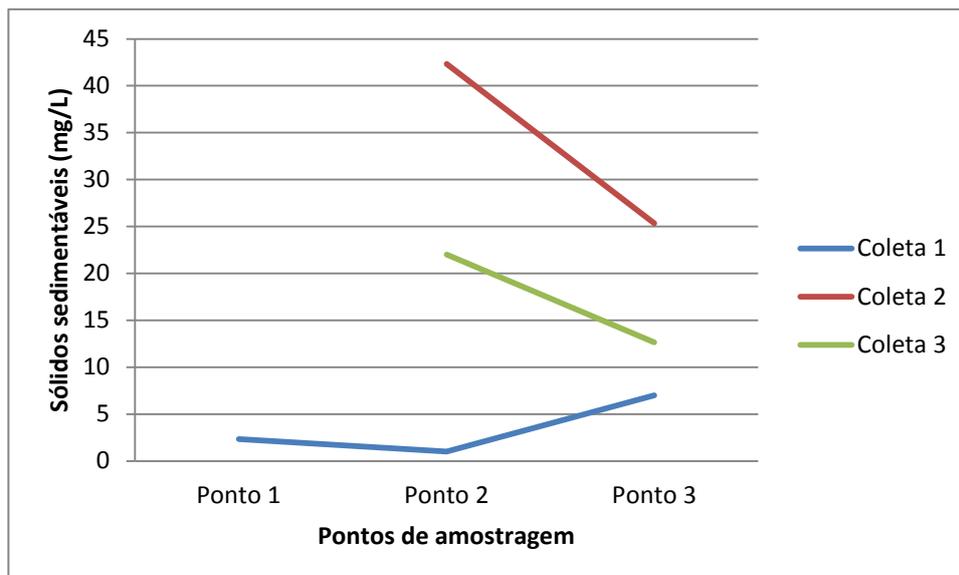


Figura 10 –Variação dos sólidos sedimentáveis ao longo do período em análise.

Verificaram-se médias estaticamente iguais entre os pontos e as coletas, com exceção do ponto dois na coleta um (Tabela 07). Em comparação ao controle, que apresentou média de 2,33 mg/L, somente o ponto dois na coleta dois apresentou média estaticamente diferente.

Tabela 07 - Médias dos resultados da análise sólidos sedimentáveis (mg/L).

| | P2 | P3 |
|-----------|-----------|-----------|
| C1 | 1,00bB | 7,00aA |
| C2 | 42,33aA* | 25,33aA |
| C3 | 22,00aA | 12,67aA |

Letras minúsculas iguais nas colunas linhas indicam médias estatisticamente iguais pelo teste de Tukey em relação às coletas, ao nível de 5% de significância.

Letras maiúsculas iguais nas linhas indicam médias estatisticamente iguais pelo teste de Tukey em relação aos pontos, ao nível de 5% de significância.

* Média estaticamente diferente em comparação ao controle pelo teste de Dunnet, ao nível de 5% de significância.

Sobre os sólidos dissolvidos, esses apresentaram comportamento semelhante aos sólidos totais, com variação significativa dos dois pontos ao longo do período de análise (Figura 11). Todos os resultados se encontram dentro do limite determinado pela legislação de 500 mg/L.

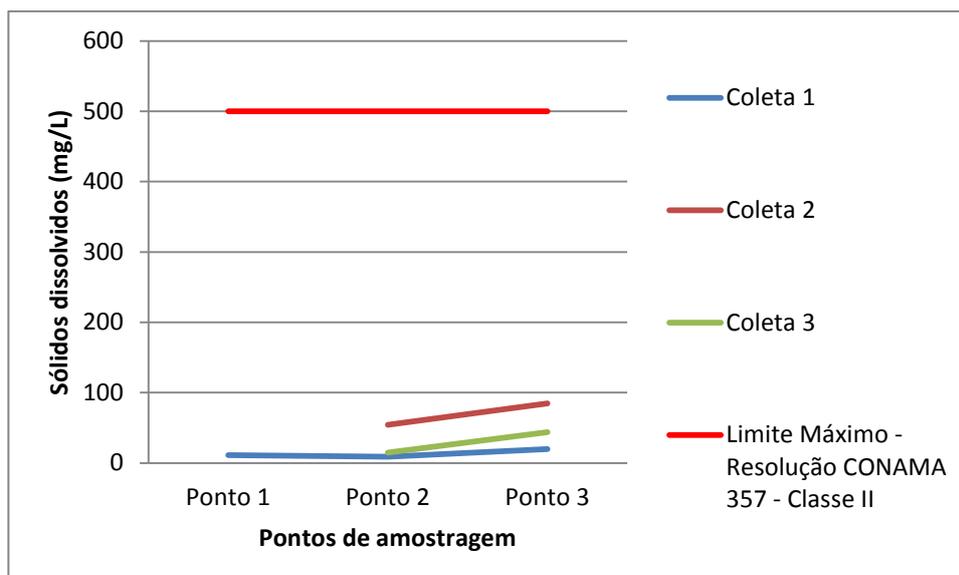


Figura 11 – Variação dos sólidos dissolvidos ao longo do período em análise e comparação com a legislação.

As médias apresentaram-se estaticamente diferentes em todos os casos. Em comparação ao controle, que apresentou média de 11 mg/L, o ponto dois e o ponto três na coleta dois, bem como o ponto três na coleta três apresentaram médias estaticamente diferentes (Tabela 08).

Tabela 08 - Médias dos resultados da análise de sólidos dissolvidos (mg/L).

| | P2 | P3 |
|----|----------|-----------|
| C1 | 9,00cB | 19,67cA |
| C2 | 54,33aB* | 84,67aA* |
| C3 | 14,67bB | 44,00bA * |

Letras minúsculas iguais nas colunas linhas indicam médias estatisticamente iguais pelo teste de Tukey em relação às coletas, ao nível de 5% de significância.

Letras maiúsculas iguais nas linhas indicam médias estatisticamente iguais pelo teste de Tukey em relação aos pontos, ao nível de 5% de significância.

* Média estaticamente diferente em comparação ao controle pelo teste de Dunnet, ao nível de 5% de significância.

Em toda as análises de sólidos a média dos valores nos pontos dois e três se mostrou elevada em comparação ao controle, demonstrando que a concentração aumentou em áreas de agricultura e áreas urbanas.

O mesmo fato foi evidenciado no estudo de Vanzela et al. (2009), que avaliaram a influência do uso e ocupação do solo no Córrego Três Barras, em Marinópolis, São Paulo, bem como pelo estudo de Toledo e Niconella (2002), que avaliaram o índice de qualidade de água em micro bacia do rio Ribeirão Jardim em Guaíra, São Paulo, sob uso agrícola e urbano.

Fatores como o declive, desmatamento e o sistema de manejo do solo contribuem para o aumento da carga de sólidos no corpo hídrico (GONÇALVES et al., 2005). Quando em elevada quantidade, os sólidos se depositam no leito do rio, podendo causar o assoreamento, aumentando o risco de enchentes. Além disso, ao se depositarem no leito, dificultam a sobrevivência de organismos que vivem nos sedimentos e que servem de alimento para outros organismos, bem como danificam os locais de desova de peixes (ANA, 2016).

5.1.6 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

De acordo com o teste de Tukey em relação ao tempo (Tabela 09), ao nível de significância de 5%, todos os dados demonstraram médias estatisticamente diferentes, com exceção dos obtidos nas duas últimas coletas para o ponto três. O que sugere que existe uma variabilidade significativa em função da sazonalidade (Figura 12).

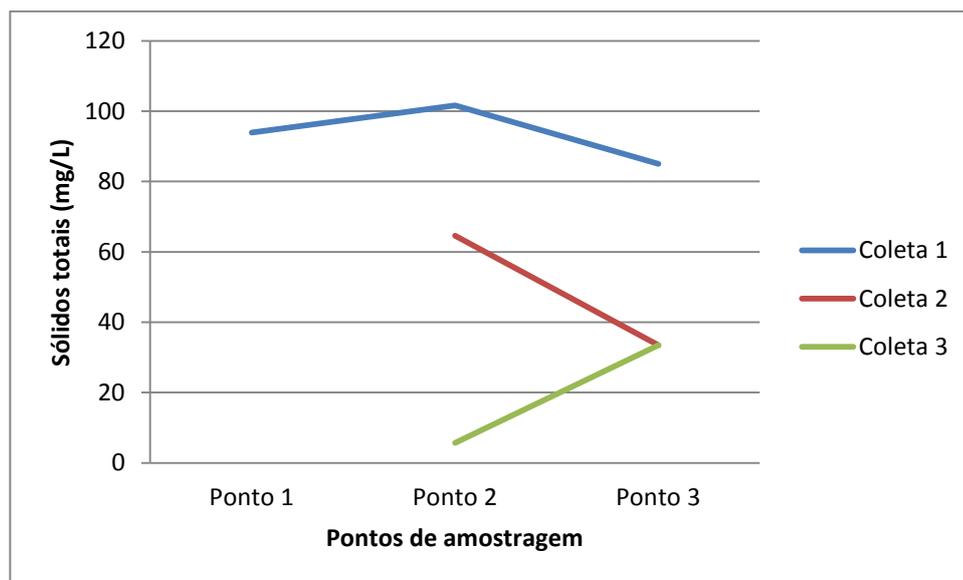


Figura 12 – Variação da DQO ao longo do período em análise.

A partir do teste de Tukey entre os pontos (Tabela 09), ao nível de significância de 5%, os únicos resultados que demonstraram médias estatisticamente iguais entre os pontos foram os obtidos na primeira coleta, sugerindo que existiu variabilidade significativa em função do uso do solo apenas nessa coleta.

O único resultado que apresentou média estatisticamente igual à do controle foi o proveniente do ponto dois na terceira coleta, de acordo com o teste de Dunnett, ao nível de significância de 5% (Tabela 09), reforçando a hipótese que o uso do solo influencia nessa característica.

Tabela 09 - Médias dos resultados da análise de demanda química de oxigênio (mg/L).

| | P2 | P3 |
|-----------|-----------|-----------|
| C1 | 101,66aA | 85,00aA |
| C2 | 64,55bA | 33,44bB |
| C3 | 5,67cB* | 33,44bA |

Letras minúsculas iguais nas colunas linhas indicam médias estatisticamente iguais pelo teste de Tukey em relação às coletas, ao nível de 5% de significância.

Letras maiúsculas iguais nas linhas indicam médias estatisticamente iguais pelo teste de Tukey em relação aos pontos, ao nível de 5% de significância.

* Média estatisticamente diferente em comparação ao controle pelo teste de Dunnett, ao nível de 5% de significância.

A Resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005) não utiliza a demanda química de oxigênio para classificação dos corpos hídricos de água doce. No entanto, é um parâmetro amplamente utilizado por outros autores como Borges, Galbiatti e Ferraudo (2003) fizeram para o monitoramento da qualidade hídrica e Jerônimo e Souza (2012) na determinação da qualidade da água. Ambos os autores encontraram intervalos de DQO próximos aos do presente trabalho, Borges, Galbiatti e Ferraudo (2003) ainda obtiveram resultados de DQO no Córrego Jaboticabal que apresentam valores máximos no mês de maio que diminuem gradualmente até o mês de setembro, reforçando a hipótese de que a sazonalidade interfere nessa característica.

5.1.7 Fósforo Total

Para o parâmetro fósforo total, o teste de Tukey em relação ao tempo (Tabela 10), ao nível de significância de 5%, mostrou que o ponto dois apresentou médias estatisticamente diferentes entre a segunda coleta e as demais, e iguais entre a primeira e última coleta. Já para o ponto três, as médias entre as duas últimas coletas se mostraram estatisticamente diferentes da primeira (Figura 13), o que sugere que existe variabilidade sazonal para esta característica.

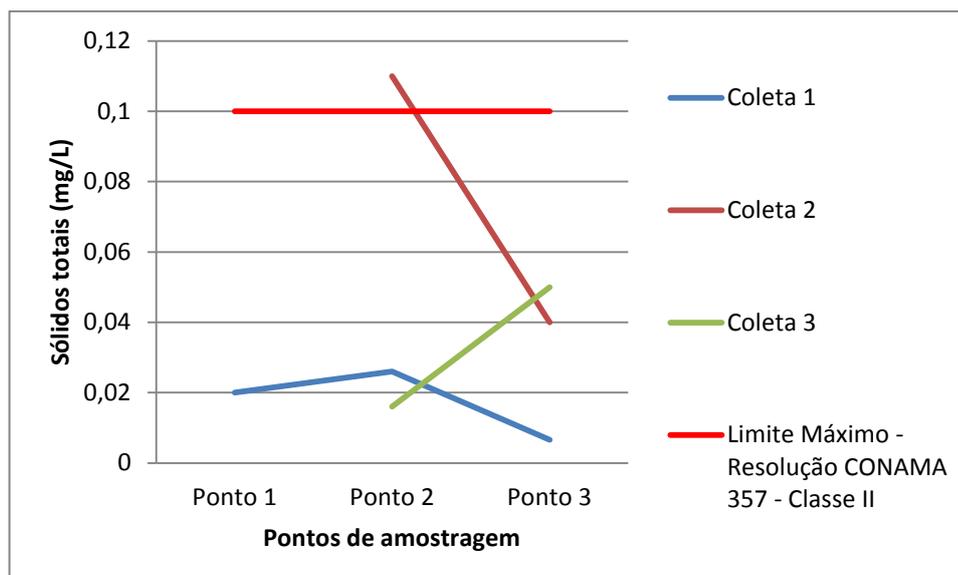


Figura 13 – Variação do fósforo total ao longo do período em análise e comparação com a legislação.

Pelo teste de Tukey em relação aos pontos (Tabela 10), ao nível de 5% de significância, todos os resultados apresentaram médias iguais, excetuando os resultados da segunda coleta, o que não indicaria que o uso do solo interfere nessa característica, no entanto, a única coleta que apresentou média estatisticamente diferente à do controle foi a segunda, somente no ponto 02, de acordo com o teste de Dunnet, ao nível de significância de 5% (Tabela 10). Sendo assim, pode-se dizer que as análises estatísticas indicaram influência do uso do solo nessa característica somente da área protegida para as demais, e não entre a área urbana e rural.

Tabela 11 - Médias dos resultados da análise de fósforo total (mg/L).

| | P2 | P3 |
|-----------|-----------|-----------|
| C1 | 0,03bA | 0,01bA |
| C2 | 0,11aA* | 0,04aB |
| C3 | 0,02bA | 0,05aA |

Letras minúsculas iguais nas colunas linhas indicam médias estatisticamente iguais pelo teste de Tukey em relação às coletas, ao nível de 5% de significância.

Letras maiúsculas iguais nas linhas indicam médias estatisticamente iguais pelo teste de Tukey em relação aos pontos, ao nível de 5% de significância.

* Média estaticamente diferente em comparação ao controle pelo teste de Dunnet, ao nível de 5% de significância.

Quanto à utilização do fósforo total na classificação das águas doces, a Resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005) faz distinção entre as características dos corpos hídricos

lênticos, intermediários e lóticos. Como o corpo hídrico em questão trata-se de um ambiente lótico, com exceção do resultado obtido no ponto dois na segunda coleta, todas as médias obtidas estariam dentro do limite referente à Classe 2 para o parâmetro em questão.

5.1.8 Nitrogênio Total

Sobre as análises de nitrogênio total, para os dois pontos analisados, o parâmetro não apresentou variação significativa ao longo do período de avaliação (Figura 14).

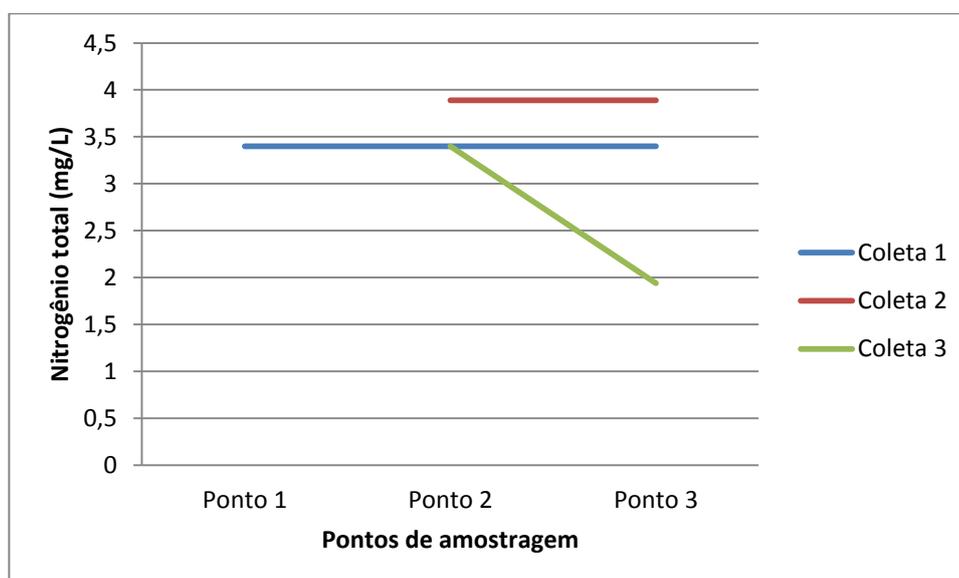


Figura 14 – Variação do nitrogênio total ao longo do período em análise.

Verificou-se que as médias são estaticamente iguais independentemente da coleta ou ponto de amostragem (Tabela 11).

Tabela 11 - Médias dos resultados da análise de nitrogênio total (mg/L).

| | P2 | P3 |
|-----------|-----------|-----------|
| C1 | 3,41 | 3,41 |
| C2 | 3,89 | 3,89 |
| C3 | 3,41 | 1,95 |

Os resultados podem ser considerados altos em comparação ao estudo de Mansor et al. (2006), que avaliaram por um período seis anos a influência da atividade rural sobre a qualidade da água do Rio Jaguari, obtendo média de 1,75 mg/L e valores mínimos e máximos de 0,35 e 4,5 mg/L, respectivamente.

Por ser um nutriente essencial para o metabolismo microbiológico, seu lançamento, aliado à presença de outros nutrientes, pode causar um crescimento excessivo de algas e, conseqüentemente, a eutrofização (DONADIO et al., 2005). Diante disto, os limites determinados pela legislação estabelecem que quando o nitrogênio for fator limitante para eutrofização o valor máximo deve ser de 2,18 mg/L. Nesse caso, os valores obtidos nas análises, com exceção do ponto três na coleta três, ultrapassaram esse valor.

Dentre as principais fontes de nitrogênio em recursos hídricos, pode-se destacar o lançamento de esgotos sanitários, o lançamento de efluentes industriais e o escoamento de água em solos que receberam fertilizantes (ANA, 2016). Como o rio avaliado se localiza em uma bacia com diferentes usos antrópicos, todos os fatores citados podem ter influenciado nos resultados dessa análise.

5.1.9 Nitrato

Para o nitrato, os dois pontos avaliados apresentaram comportamento semelhantes (Figura 15), com variação significativa ao longo do período avaliado.

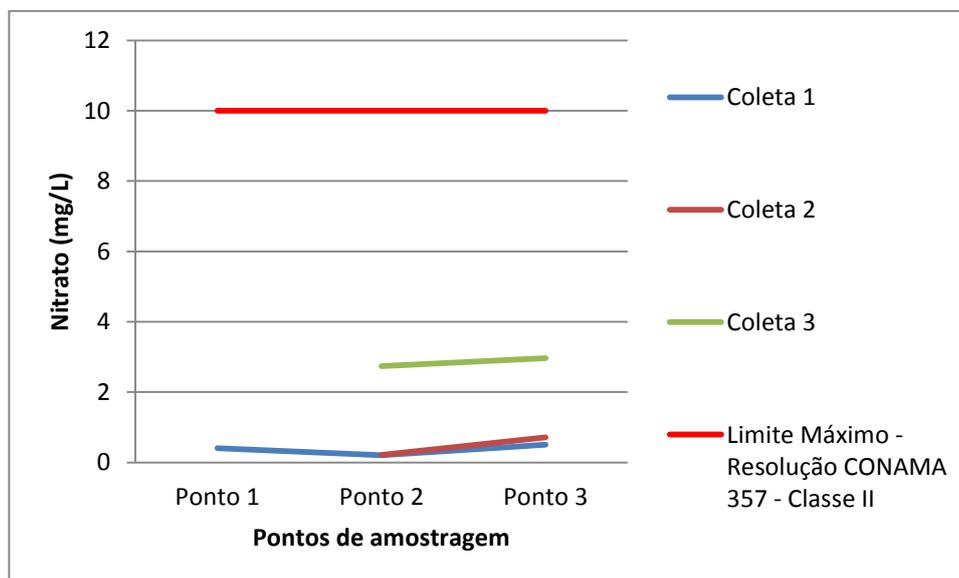


Figura 15 – Variação do nitrato ao longo do período em análise e comparação com a legislação.

Verificaram-se médias estaticamente iguais entre os pontos, indicando que os pontos podem ser considerados iguais. Já em relação às coletas, a coleta três apresentou média estaticamente diferente das demais (Tabela 12), demonstrando um aumento nesse parâmetro no decorrer do tempo.

Tabela 12 - Médias dos resultados da análise de nitrato (mg/L).

| | P2 | P3 |
|-----------|-----------|-----------|
| C1 | 0,20b | 0,50b |
| C2 | 0,21b | 0,71b |
| C3 | 2,74a | 2,96a |

Letras minúsculas iguais nas colunas linhas indicam médias estatisticamente iguais pelo teste de Tukey em relação às coletas, ao nível de 5% de significância.

Todos os valores estão dentro do permitido pela legislação que estabelece o limite de 10 mg/L para todas as classes (BRASIL, 2005). Apesar dos valores estarem do dentro do estabelecido pela legislação, é importante destacar que concentrações acima de 0,2 mg N/L podem favorecer a proliferação de plantas aquáticas, que influenciam na quantidade de oxigênio dissolvido, na temperatura e na passagem de luz, afetando de maneira negativa a vida aquática (GONÇALVES, 2003).

Os resultados são semelhantes aos encontrados por Souza et al. (2014), que avaliaram a qualidade da água em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos e que concluiu que quanto maior a influência antrópica, maior os valores do parâmetro avaliado.

O nitrato é uma das formas de ocorrência do nitrogênio, sendo tóxico aos seres humanos, pode causar, quando em elevadas concentrações, metahemoglobinemia infantil, doença letal para crianças (ANA, 2016).

5.1.10 Coliformes Totais e Termotolerantes

Para esse parâmetro, todas as coletas em todos os pontos de amostragem indicaram ausência de coliformes totais e termotolerantes de acordo com o que estabelece a Portaria 2914 de potabilidade da água do Ministério da Saúde.

5.1.11 Artêmias

Os resultados para o teste de toxicidade aguda com as artêmias demonstraram que no ponto um visualmente não houve uma relação significativa entre o aumento da concentração da amostra da água do rio e a mortalidade (Figura 16). Indicando, nesse caso, que essa amostra não afeta a mortalidade do micro crustáceo.

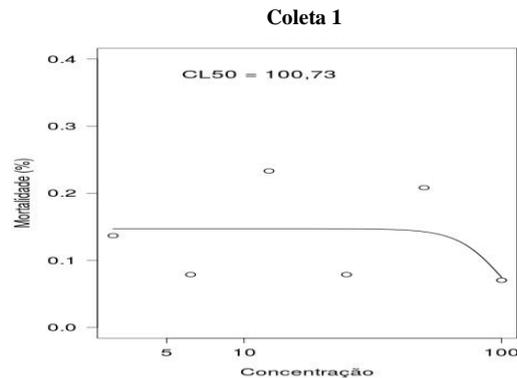


Figura 16 – Ponto 1: Curva de concentração x Mortalidade (%)

Em relação ao ponto dois, na primeira coleta o CL50, que indica a concentração necessária de amostra para que ocorra a mortalidade de 50% dos organismos, demonstrou que uma concentração baixa, de apenas 2,92% dessa amostra (Figura 17), é suficiente para afetar significativamente esses organismos.

Na segunda coleta o resultado do CL50 indicou que, nesse caso, a amostra não afetou significativamente a mortalidade (Figura 17). Já na terceira coleta, o índice demonstrou que uma concentração de 60,59% de amostra é suficiente para afetar significativamente as artêmias (Figura 17).

Dessa forma, em duas das três análises do ponto dois, as amostras mostraram-se tóxicas aos organismos. Indicando que, em comparação ao ponto um, esse ponto de amostragem oferece características mais distantes das necessárias para a sobrevivência do organismo.

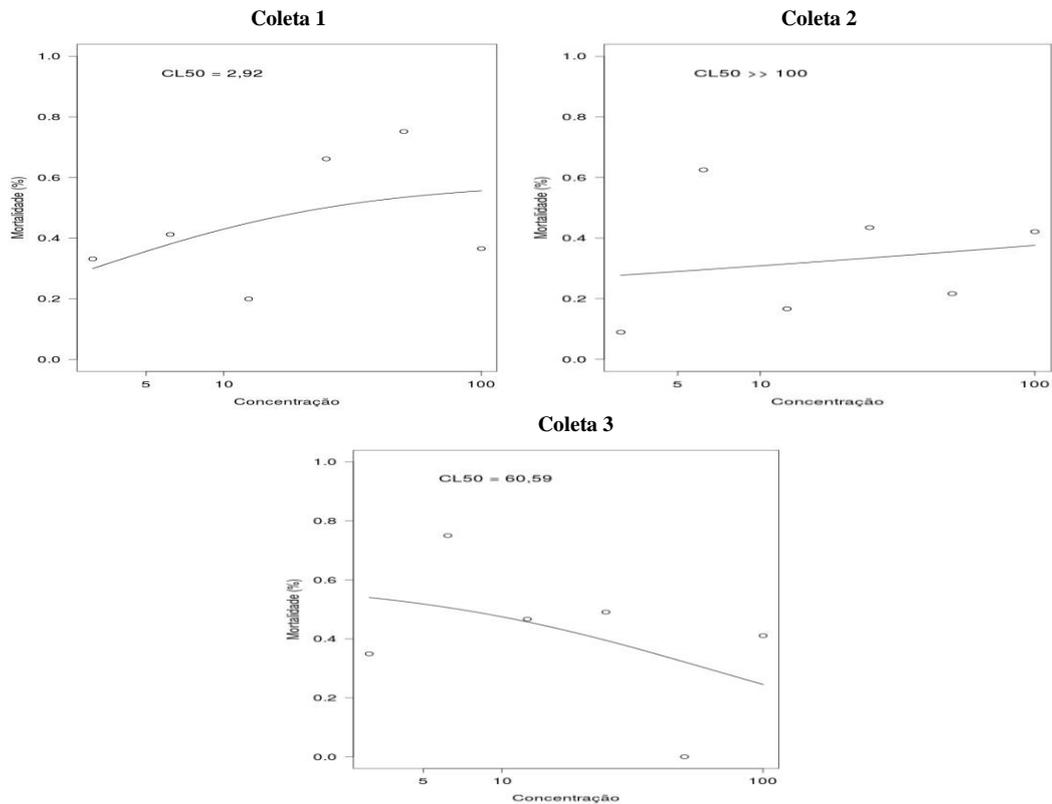


Figura 17 – Ponto 2: Curvas de concentração x Mortalidade (%).

Já o ponto três na primeira coleta demonstrou visualmente uma relação diretamente proporcional entre concentração e mortalidade (Figura 18). O índice CL50 indica que uma concentração de 7,91%, pode afetar significativamente as artêmias.

Na segunda coleta o índice apresentou novamente que uma baixa concentração dessa amostra, 3,58% pode causar a mortalidade de metade dos organismos (Figura 18). Por fim, na terceira coleta, o índice não demonstrou relação entre o aumento da concentração e aumento da mortalidade (Figura 18).

Sendo assim, das três análises realizadas, duas apresentaram-se tóxicas aos organismos, indicando ainda que uma pequena concentração da amostra é suficiente para afetar significativamente os mesmos. Por consequência, o ponto três é o que apresentou as piores características de acordo com essa análise.

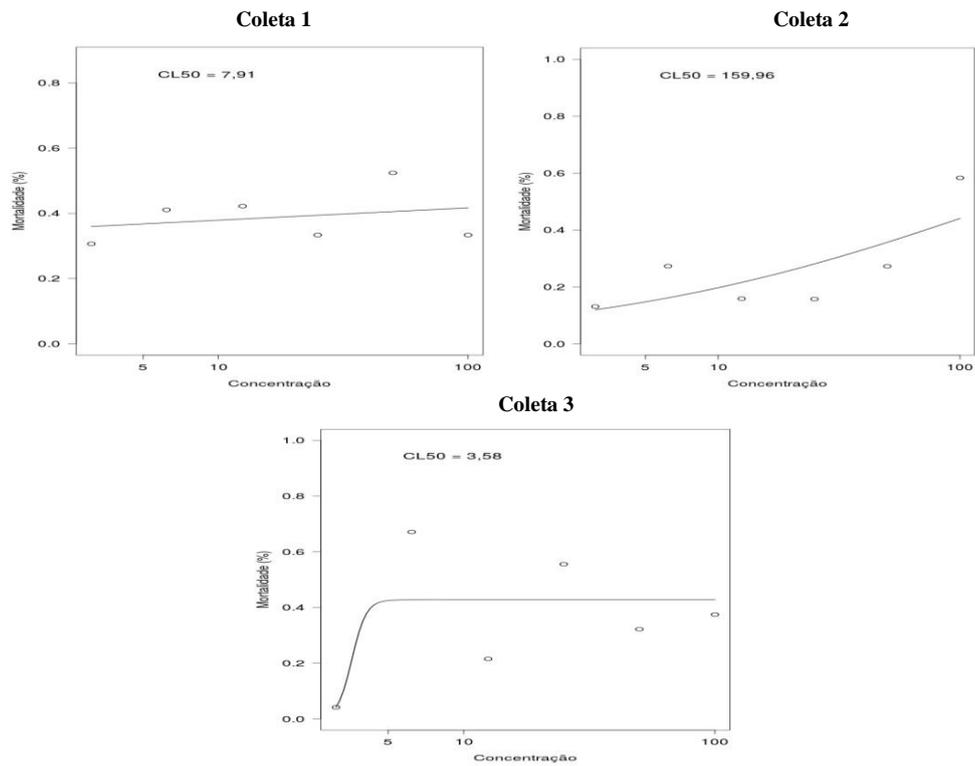


Figura 18 – Ponto 3: Curva de concentração x Mortalidade (%)

6 CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos para as análises físico-químicas, pode-se observar que os parâmetros pH, oxigênio dissolvido, sólidos dissolvidos, fósforo, nitrato e número mais provável de coliformes totais e termotolerantes apresentaram valores dentro dos limites legais vigentes no país, para os demais não houve comparação. Contudo, as análises apresentaram variabilidade significativa entre as coletas para as características pH, temperatura, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, sólidos totais, sólidos dissolvidos, DQO, fósforo total e nitrato da qualidade da água, ou seja, em relação ao tempo. Sendo assim, pode-se concluir que a sazonalidade interferiu nos parâmetros da qualidade da água.

Também foi evidenciada uma diferenciação entre as médias dos pontos de coleta para os parâmetros pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, sólidos dissolvidos, DQO, que apresentaram características melhores, do ponto de vista da qualidade, mais próximas do início do corpo hídrico, ou seja, do ponto um (controle) e, tais características vão sendo gradualmente degradadas a medida que aumentou o grau de antropização, o que sugere que o uso do solo também é um fator interferente da qualidade dos corpos hídricos.

Quanto aos ensaios toxicológicos com as artêmias, em alguns momentos as amostras se mostraram tóxicas para os organismos, em determinadas concentrações, porém em outros momentos não apresentaram essa característica, não sendo possível sugerir maior toxicidade em algum ponto ou coleta.

7 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

ABNT, Associação Brasileira de normas técnicas. **NBR 14339 Água - Determinação de pH - Método eletrométrico**. Rio de Janeiro, 1999.

ABNT, Associação Brasileira de normas técnicas. **NBR 14340 Água - Determinação da condutividade e da resistividade elétrica**. Rio de Janeiro, 1999.

ABNT, Associação Brasileira de normas técnicas. **NBR 9898, Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores**. Rio de Janeiro, 1987.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Cuidando das águas: soluções para melhorar a qualidade dos recursos hídricos**. Brasília, 2011.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Indicadores e índice de qualidade da água**. Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>> Acesso em 29 ago. 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Panorama da qualidade das águas superficiais do Brasil**. Brasília, 2012.

ALMEIDA, M. B. A.; SCHWARZBOLD, A.; Avaliação sazonal da qualidade das águas do arroio da Cria Montenegro, RS com aplicação de um índice de qualidade de água (IQA). **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v. 8, n. 1, p. 81-97, jan/mar 2003.

ALVES, Eliane C.; SILVA, César F. da; COSSICH, Eneida S.; TAVARES, Célia R. G.; FILHO, Edvard E. de S.; CARNIEL, Ademir. Avaliação da qualidade da água da bacia do rio Pirapó – Maringá, Estado do Paraná, por meio de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. **Acta Scientiarum Technology**. Maringá, v. 30, n. 1, p. 39-48, 2008.

ANDRADE, Eunice M. de; ARAÚJO, Lúcia de F. P.; ROSA, Morsyleide F.; DISNEY, Walt; ALVES, Aurilea B. **Seleção dos indicadores da qualidade das águas superficiais pelo emprego da análise multivariada**. Engenharia Agrícola, v.27, n.3, p.683-690, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-69162007000400011&script=sci_arttext>. Acesso em: 19 de out. de 2015.

APHA/AWWA/WEF. **Standard Methods for the examination of water and wastewater**. 20. ed. Washington DC: APHA, 1998.

BERTOLETTI, Eduardo; ZAGATTO, Pedro A. **Ecotoxicologia Aquática: Princípios e Aplicações**. 2. ed. São Paulo: Rima, 2008.

BORGES, Mauricio J.; GALBIATTI, João A.; FERRAUDO, Antonio S.; Monitoramento da qualidade hídrica e eficiência de interceptores de esgoto em cursos d'água urbanos da bacia hidrográfica do Córrego Jaboticabal. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v. 8, n. 2, p. 161-171, abr/jun 2003.

CARVALHO, João Q. G.; DE ARAÚJO, Rosilene N. algumas considerações sobre os impactos na nascente do Igarapé Caranã, Boa Vista-RR. **Acta Geográfica**. v. 1, n. 1, p. 95-103, 2007.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução n° 357, de 17 de março de 2005. **Diário Oficial da União**. Brasília. DF, n° 53 de 18 mar. 2005, págs. 58-63.

DE SOUZA, Rosa M. S.; OAIGEN, Edson R.; LEMOS, Carlos E. F. Estudo sobre a preservação das nascentes da Bacia Hidrográfica do Igarapé Caranã: uma questão de conscientização ambiental no Estado de Roraima. **Acta Scientiae**, v. 9, n. 2, p. 108-121, 2012.

DONADIO, Nicole M. M.; GALBIATTI, João A.; DE PAULA, Rinaldo C. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do córrego rico, São Paulo, Brasil. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 1, p. 115-125, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/eagri/v25n1/24877.pdf>>. Acesso em: 01 de maio de 2016.

DI BERNARDO, Luiz; DANTAS, Angela Di Bernardo. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. 2. ed. São Carlos: Editora RiMa, 2005.

DOMÈNECH, Xavier; PERAL, José. **Química Ambiental de Sistemas Terrestres**. Barcelona: Editorial Reverté, S. A., 2006

ENVIRONMENT AGENCY – UK. **The Microbiology of Drinking Water – Part 1 – Water Quality and Public Health: Methods for the Examination of Waters and Associated Materials**. Nottingham, 2002, 50p.

Equipe Estatcamp (2014). Software Action. Estatcamp- Consultoria em estatística e qualidade, São Carlos - SP, Brasil. Disponível em: <http://www.portalaction.com.br/>

FISKESJO, Geirid. The Allium test. In: wastewater monitoring. **Environ Toxicol Water Qual**, v. 8, n. 3, p. 291-298, ago. 1993.

GONÇALVES, Celso Silva. Qualidade de águas superficiais na microbacia hidrográfica do Arroio Lino–Nova Boêmia–Agudo-RS. 2003. 104 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

GONÇALVES, Celso S.; RHEINHEIMER, Danilo dos S.; PELLEGRINI, João B. R.; KIST, Sinval L. Qualidade da água numa microbacia hidrográfica de cabeceira situada em região produtora de fumo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 3, p. 391-399, jul./set., 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662005000300015>. Acesso em: 25 de set. de 2015.

GRINEVICIUS, Valdelúcia M. A. de S. **Avaliação da remediação de efluentes de uma indústria têxtil utilizando bioindicadores e biomarcadores**. 2006. 178 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

IAPAR. **Cartas Climáticas do Paraná**. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=863>>. Acesso em 10 de maio de 2016.

LIBÂNIO, Marcelo. **Fundamentos da qualidade e tratamento de água**. 2. ed. Campinas: Editora Átomo, 2008.

MAGALHAES, Danielly D. P.; FERRAO-FILHO, Aloysio. A ecotoxicologia como ferramenta no biomonitoramento de ecossistemas aquáticos. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 3, p. 8-27, 2008. Disponível em: <<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2882847>>. Acesso em: 08 set. 2015.

MANSOR, Maria T.C.; TEIXEIRA FILHO, José; ROSTON, Denis M. Avaliação preliminar das cargas difusas de origem rural, em uma sub-bacia do Rio Jaguari, SP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 3, p. 715-723, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v10n3/v10n3a26.pdf>>. Acesso em: 04 de abril de 2016.

MEDEIROS, Sóclofes Borba de. **Química Ambiental**. 3. Ed. Recife, 2005.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Vulnerabilidade Ambiental: Desastres naturais ou fenômenos induzidos?**. Brasília, 2007, 192p.

ODUM, Eugene P. **Fundamentos da ecologia**. 6. ed. São Paulo: Fundação Calouste Gulbenkian, 2004.

OECD (Organization for Economic Cooperation and Development). **OECD Guidelines for Testing Chemicals - Fish, Prolonged Toxicity Test: 14-day Study**. Guideline 204, 1984, 9p.

OECD (Organization for Economic Cooperation and Development). **OECD Guidelines for Testing Chemicals - Fish, Acute Toxicity Test**. Guideline 204, 1984, 9p.

OECD (Organization for Economic Cooperation and Development). **OECD Guidelines for Testing Chemicals - Daphnia sp., Acute Immobilization Test**. Guideline 204, 1984, 12p.

OECD (Organization for Economic Cooperation and Development). **OECD Guidelines for Testing Chemicals - Freshwater Alga and Cyanobacteria, Growth Inhibition Test**. Guideline 204, 1984, 25p.

OLIVEIRA, Mariângela D. de; REZENDE, Oscar L. T. de; OLIVEIRA, Sílvia M. A. C.; LIBÂNIO, Marcelo. Nova abordagem do Índice de Qualidade de Água Bruta utilizando a Lógica Fuzzy. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. Rio de Janeiro, v. 19, n. 4, p. 361-372, out/dez 2014.

PERONI, Nivaldo; HERNÁNDEZ, Malva I. M. **Ecologia de populações e comunidades**. 1. ed. Florianópolis: Editora Ufsc, 2011.

PRESS, Frank; SIEVER, Raymond; GROTZINGER, John; JORDAN, Tom H. **Para entender a Terra**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

RAMADE, François. **Écotoxicologie**. Paris: Masson, 1977.

SANTOS, Leila T. S. de O.; JESUS, Taise B. de; NOLASCO, Marjorie C. Influência do uso e ocupação do solo na qualidade das águas superficiais do rio Subaé, Bahia. **Geographia Opportuno Tempore**, v. 1, n. 1, p. 68-79, 2014. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/Geographia/article/view/18286>>. Acesso em: 22 de out. de 2015.

SILVA, Patricia S.. **Avaliação da toxicidade e genotoxicidade das águas do rio Criciúma (SC) utilizando como organismos biondicadores *Artemia sp.*, *Daphnia magna* e *Allium cepa* L.** 2008. 89 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2008.

SOUZA, Maria E. T. A. de; LIBÂNIO, Marcelo. Proposta de índice de Qualidade para Água Bruta afluyente a estações convencionais de tratamento. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. Rio de Janeiro, v. 14, n. 4, p 471-478. out/dez 2009.

SOUZA, Marielle M. de; GASTALDINI, Maria do C. C. Avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 19, n. 3, p. 263-274, 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v19n3/1413-4152-esa-19-03-00263.pdf>>. Acesso em: 19 de abril de 2016.

TOLEDO, Luís G. de; NICOLELLA, Gilberto. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. **Scientia Agricola**, v.59, n.1, p.181-186, jan./mar. 2002.

TRUHAUT, René. Ecotoxicology: objectives, principles and perspectives. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, New York, v. 1, n. 2, p. 151-173, set. 1977.

TUCCI, Carlos E. M. Águas Urbanas. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 97-112, jun., 2008. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v22n63/v22n63a07>>. Acesso em: 26 de set. de 2015.

USEPA - Environmental Protection Agency. **Technical Support Document for Water Quality-Based Toxic Control**, EPA. Washington D.C., 1984, 135p.

VANZELA, Luiz S.; HERNANDEZ, Fernando BT; FRANCO, Renato AM. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 1, p. 55-64, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v14n1/v14n01a08.pdf>>. Acesso em: 15 de mar. de 2016.

VASCONCELLOS, Fernanda C. da S.; IGANCI, João R. V.; RIBEIRO, Gladis A. Qualidade microbiológica da água do rio São Lourenço, São Lourenço do Sul, Rio Grande do Sul. **Revista Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 73, n. 2, p. 177-181, abri./jun., 2006. Disponível em: <http://www.biologico.sp.gov.br/docs/arq/V73_2/vasconcellos.PDF>. Acesso em: 10 de set. de 2015.

VILLARROEL, M. J.; SANCHO, E.; FERRANDO M.D.; ANDREU E. Acute, chronic and sublethal effects of the herbicide propanil on *Daphnia magna*. **Chemosphere**, v. 53, n. 8, p. 857-864, dez. 2003.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

