

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

CÂMPUS LONDRINA

BACHARELADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

GABRIELLA DE MORAES VALENTIM

**AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQA) DE PONTOS
SELECIONADOS DO RIBEIRÃO TAQUARA E CAMBÉ EM LONDRINA - PR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

LONDRINA

2017

GABRIELLA DE MORAES VALENTIM

**AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQA) DE PONTOS
SELECIONADOS DO RIBEIRÃO TAQUARA E CAMBÉ EM LONDRINA - PR**

Trabalho apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso Superior de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheira Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Maurício Moreira dos Santos

Coorientador: Prof. Dr. Edson Fontes de Oliveira

LONDRINA

2017



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Londrina
Coordenação de Engenharia Ambiental



TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Monografia

**AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA DE PONTOS SELECIONADOS
DO RIBEIRÃO TAQUARA E CAMBÉ EM LONDRINA - PR**

por

Gabriella de Moraes Valentim

Monografia apresentada no dia 30 de novembro de 2017 ao Curso Superior de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho _____ (aprovado, aprovado com restrições ou reprovado).

Prof. Dr. Marcelo Eduardo Freres Stipp
(UTFPR)

Prof. MSc. Adriana Zemiani
(UTFPR)

Profa. Dra. Maurício Moreira dos Santos
(UTFPR)
Orientador

Profa. Dra. Edilaine Regina Pereira
Responsável pelo TCC do Curso de Eng. Ambiental

*Dedico este trabalho aos meus
pais pela paciência e por me
incentivarem e apoiarem até o fim!
E aos meus irmãos que ainda não
de conquistar essa vitória!*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, que foi que me proporcionou todos esses anos de estudo, e me capacitou para conquistar esse título. Obrigado por tanto amor, tanto cuidado e por nunca, nunca esquecer de mim! A Ti seja dada toda honra e toda glória, e todo o meu amor!

Agradeço aos meus pais por sonharem esse sonho comigo e até antes de mim, me permitindo chegar até aqui através de apoio, incentivo, afagos, proteção, paciência, repreensão e muito amor. Vocês são meus maiores exemplos, eu os amo!

Agradeço aos meus irmãos por dividirem comigo as experiências da graduação, e por estarem sempre presentes na minha vida. Que estejamos sempre assim, juntos!

Sou grata as minhas avós Joana e Célia pelas várias orações, palavras de benção e boas viagens. Ao meu avô João, lembrado sempre e guardado eternamente na minha memória por ser tudo que foi, e ao avô Miguel pelas alegrias proporcionadas durante minha vida até este momento.

Agradeço a tia Valdeni e Tio Roberval pelo encorajamento e torcida para chegar até este dia. E a toda minha família (tios, tias, primos e agregados (as)) que foram essenciais para essa vitória!

Agradeço ao Victor, pois durante a dura tarefa de executar este trabalho foi o mais paciente, me deu palavras de força e ânimo, enxugou minhas lágrimas e acompanhou cada detalhe sofrido, acreditando mais que eu mesma que eu conseguiria! Além de tudo pelas horas e horas de laboratório que dividiu comigo!

Agradeço às minhas amigas Bárbara e Letícia por dividirem os dramas no dia-a-dia, suportando os dias mais difíceis e por comemorarmos juntas cada uma de nossas vitórias! As levarei para sempre na minha memória e no coração!

Agradeço também a todos os colegas da 9º turma de Engenharia Ambiental da UTFPR LD, que foram aos trancos e barrancos fundamentais do início ao fim desta etapa da minha vida.

Agradecimento especial ao meu orientador, Maurício dos Santos pela confiança depositada, pelo apoio e paciência, por ter me acompanhado nas coletas, pelas conversas descontraídas e por cuidar do meu trabalho através de todas as correções e

ajuda! Também ao meu co-orientador Edson Fontes, por acreditar em mim, por todo companheirismo e amizade, incentivo, ideias, conversas, palavras de ânimo e por me ajudar tanto neste trabalho!

Aos professores Orlando, Isabela, Kátia, servidora Laura, e a técnica de laboratório Elisabeth, pela liberação de laboratórios e muita ajuda na execução das metodologias, mas em especial à professora Isabela pelas palavras de ânimo, compreensão e encorajamento.

Agradeço também em especial ao Thiago que foi paciente e solícito, me ajudando na confecção dos mapas, cuidando dos mínimos detalhes e por muito incentivo!

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Londrina, por me acolher e oferecer um curso superior de ótima qualidade, me dando a chance de ter um futuro melhor e poder contribuir para melhorar o país em que vivemos. Sentirei saudades!

Finalmente a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para este momento e sem os quais não seria possível a finalização deste trabalho e que por alguma distração acabaram não sendo mencionados.

Serei para sempre muito grata!

RESUMO

VALENTIM, Gabriella de Moraes. **Avaliação do Índice de Qualidade da Água de pontos selecionados do Ribeirão Taquara e Cambé em Londrina – PR.** 2016. 57 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Coordenação de Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2017.

O grande salto tecnológico que teve início no século XVII com a Revolução Industrial e que trouxe a mecanização dos sistemas de produção, gerou impactos negativos ao meio ambiente. A degradação hídrica é um tipo de perturbação antrópica que merece destaque. Os corpos d'água devem ser monitorados, por que podem ser afetados pelas atividades poluidoras. Para isso, surgem técnicas de mapeamento e avaliação da poluição de mananciais. Essa pesquisa buscou analisar a qualidade da água em três pontos das bacias hidrográficas dos ribeirões Cambé e Taquara, localizados no município de Londrina, interior do Paraná. Foi realizada a avaliação do uso e ocupação do solo nas sub bacias de contribuição para os pontos, considerando-os como exutórios, e correlacionou-se com o Índice de Qualidade da Água obtido para cada local. Construiu-se mapas de uso e ocupação do solo, e foram analisados os parâmetros temperatura da água, pH, condutividade elétrica, turbidez e porcentagem de oxigênio dissolvido, coliforme termo tolerantes, nitrogênio amoniacal, nitrogênio total *Kjeldahl* (NTK), fósforo total, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), e Sólidos Totais. Além disso também foi comparado com a CONAMA 357/2005 os valores máximos permitidos para cada parâmetro. Pode-se observar que o trecho do ribeirão Cambé apresentou a maior porcentagem de sua área coberta pela mancha urbanizada que do ribeirão Taquara, que por sua vez está sob maior influência da agricultura, pastagens e solo expostos por pousio ou cultura recém-plantada. A qualidade da água, segundo o IQA proposto pela Cetesb (2013), resultou em razoável em todos os pontos amostrados, em ambos os ribeirões. Porém, optou-se por analisar cada variável individualmente. Não foi encontrado um padrão de variação dos parâmetros analisados relacionado com o nível de urbanização de cada um dos ribeirões, como outros estudos conseguiram estabelecer. Foi possível concluir que é preciso aumentar o número de amostragens e a periodicidade de coletas a fim de melhorar a acurácia de resultados, a padronização de resultados e a identificação de falhas de coletas e análises, além disso, melhora-se a percepção das variações ao longo do tempo. Ainda, a inclusão de outros parâmetros como série nitrogenada, substâncias tóxicas e metais, óleos e graxas, poderiam assinalar resultados mais significativos para a qualidade da água.

Palavras-chave: IQA. Uso e ocupação do solo. Qualidade da Água. Bacia Hidrográfica.

ABSTRACT

VALENTIM, Gabriella de Moraes. **Evaluation of the Water Quality Index of selected points of Ribeirão Taquara and Cambé in Londrina - PR.** 2016. 57 f. Course Completion Work (Bachelor of Environmental Engineering) - Coordination of Environmental Engineering, Federal Technological University of Paraná. Londrina, 2017.

The great technological leap which started in the seventeenth century with the Industrial Revolution that brought the mechanization of production systems generating negative impacts on the environment. Water degradation is a type of man-induced disturbance that deserves attention. Water bodies should be monitored since they can be affected by polluting activities. Techniques of mapping and evaluation of pollution of water sources are emerging to this end. This research aimed to analyze the water quality in three points of the watersheds of the Cambé and Taquara riverbanks located in the municipality of Londrina in the interior of Paraná. The evaluation of the use and occupation of the soil in the sub-basins of contribution to the points was correlated with the Water Quality Index obtained for each point. Soil use and occupation maps were constructed based on parameters analyzed as water temperature, pH, electrical conductivity, turbidity and percentage of dissolved oxygen, thermotolerant coliforms (TtC), ammoniacal nitrogen, Total Kjeldahl Nitrogen (TKN), total phosphorus, Biochemical Oxygen Demand (BOD) and Total Solids. It can be observed that the stretch of the Cambé river presented the highest percentage of its covered area by the urbanized spot that of the Taquara stream which in turn is under greater influence of agriculture, pastures and soil exposed by fallow or newly planted culture. According to the IQA proposed by Cetesb (2013), the water quality resulted in classifying as reasonable all the points sampled in both streams. However, it was chosen to analyze each variable individually. It was not found a pattern of variation of the analyzed parameters related to the level of urbanization of each one of the streams as other studies have been able to establish. Then, it was possible to conclude that it is necessary to increase the number of samples and periodicity of collections in order to improve the accuracy of results, the standardization of results and the identification of failures of collections and analyzes. In addition, it might improve the perception of the variations over time. Finally, the inclusion of other parameters such as nitrogenous series, toxic substances and metals, oils and greases could offer more significant results for water quality.

Key words: IQA. Use and occupation of soil. Water quality. Hydrographic basin.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Desenho esquemático com a inter-relação entre uso e ocupação do solo e focos alteradores da qualidade da água.	16
Figura 2 – Fluxograma apresentando impurezas contidas na água.....	18
Figura 3 - Frações da série de sólidos.	20
Figura 4 – Mapa com a localização das áreas selecionadas para o estudo	24
Figura 5 - Interface gráfica do software Qualigraf 1.1, 2017	26
Figura 6 – Exemplificação do valor final dos cálculos obtidos pelo software Qualigraf 1.1, 2017.	27
Figura 7 - Curvas médias de variação dos parâmetros de qualidade das águas para o cálculo do IQA.	29
Figura 8 - Fotografias dos pontos 1, 2, 3 do trecho amostrado do Ribeirão Cambé	32
Figura 9 - Fotografias dos pontos 1, 2 e 3 do trecho amostrado do Ribeirão Taquara ..	32
Figura 10 – Aparato de coleta e apuração dos parâmetros limnológicos in loco.....	33
Figura 11 – Mapa de uso do solo da cabeceira do Ribeirão Cambé.....	10
Figura 12 - Mapa de uso de solo da cabeceira do Ribeirão Taquara (Subbacia Juçara)	11

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Pesos correspondentes aos parâmetros envolvidos no IQA.....	28
Tabela 2 - Classificação do IQA.....	28
Tabela 3 - Coordenadas geográficas dos pontos de amostragem.....	30
Tabela 4 – Especificação dos valores de amostra utilizados na quantificação de DBO pelo método respirométrico, segundo as faixas estimadas de DBO.....	38
Tabela 5 - Porcentuais de distribuição do uso e cobertura do solo das bacias hidrográficas classificadas.....	39
Tabela 6 - Resumo dos nove parâmetros analisados para o cálculo do IQA.....	11
Tabela 7 -Índice de Qualidade da água dos seis pontos amostrados para às áreas selecionadas.....	11
Tabela 8 - Média e desvio padrão dos resultados obtidos para os parâmetros limnológicos de cada ponto amostrado nos ribeirões.....	14
Tabela 9 – Resultados obtidos em laboratório para os pontos amostrados nos ribeirões.....	14

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS.....	12
2.1 OBJETIVO GERAL.....	12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
3.1 REGIÃO METROPOLITANA DE LONDRINA	13
3.2 ANÁLISE ESPACIAL DA PAISAGEM.....	14
3.3 ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA	15
3.4 PARÂMETROS DE QUALIDADE DAS ÁGUAS.....	18
3.4.1 <i>Oxigênio Dissolvido</i>	19
3.4.2 <i>Turbidez</i>	19
3.4.3 <i>Sólidos</i>	20
3.4.5 <i>Potencial Hidrogeniônico (pH)</i>	21
3.4.6 <i>Nitrogênio</i>	21
3.4.8 <i>Fósforo</i>	22
3.4.9 <i>Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)</i>	23
4 METODOLOGIA	24
4.1 ÁREA DE ESTUDO	24
4.3 ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA	26
4.3.1 <i>Coleta de parâmetros limnológicos</i>	33
4.3.2 <i>Parâmetros aferidos em laboratório</i>	34
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
6.1 CLASIFICAÇÃO DAS IMAGENS.....	39
6.2 ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA	10
6.3 PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS	13
7 CONCLUSÃO	18
REFERÊNCIAS.....	19

1 INTRODUÇÃO

O grande salto tecnológico que teve início no século XVII com a Revolução Industrial e que trouxe a mecanização dos sistemas de produção, gerou impactos negativos ao meio ambiente. O rápido desenvolvimento tecnológico elevou as taxas de crescimento populacional intensificando os processos de urbanização e industrialização. As atividades humanas sobre o meio ambiente aumentaram significativamente e grandes impactos devidos à expansão agrícola, de grandes centros urbanos e de atividades industriais agravaram a situação ambiental do planeta, diminuindo a capacidade de auto recuperação, afetando, conseqüentemente a qualidade de vida humana.

Na busca por capital e poder, alterações da paisagem ocorrem rapidamente e são violentas, diante desse cenário ciência e sociedade devem estar aliadas em um propósito de buscar medidas mitigadoras, de contenção, de planejamento e implementar soluções que permitam que o desenvolvimento inevitável e essencial seja mais sustentável, propiciando menor impacto ambiental. É, portanto, papel de institutos de pesquisa e universidades estudarem sobre os fenômenos de interferência social e ambiental que têm ocorrido e investigar medidas paliativas, que solucionem as perturbações negativas existentes no ambiente.

A degradação hídrica é um tipo de perturbação antrópica que merece destaque, pois confronta diretamente com a Política Nacional de Recursos Hídricos, lei federal nº 9.433, sancionada em 1997, que assegura disponibilidade de água em padrões adequados de qualidade para as atuais e futuras gerações, prevê a utilização racional, e defende o uso inadequado de recursos naturais.

Um rio contaminado pode aumentar a incidência de doenças, a alteração do ecossistema e paisagem local, causar mortalidade de fauna e flora, e aumentar significativamente os custos de um município com a estação de captação e tratamento de água para o abastecimento da localidade. Neste sentido, os corpos d'água devem ser monitorados, e podem ser aplicadas para isso podem ser aplicadas técnicas de mapeamento e avaliação da poluição de mananciais.

Objetivou-se realizar uma investigação em três pontos dos ribeirões Cambé e Taquara, localizados no município de Londrina, interior do estado do Paraná.

Cabe destacar que os estudos hidrológicos e de recursos hídricos de pequenas e médias bacias hidrográficas são limitados pela ausência de dados e informações, pois os estudos concentram-se geralmente em grandes bacias hidrográficas (SOARES, 2010). Dessa forma, a não disponibilidade temporal e espacial de informações reais sobre a estrutura das bacias hidrográficas que compõe a região metropolitana de Londrina – PR torna-se uma justificativa para a realização de estudos sobre possíveis contaminações físicas, químicas e biológicas dessas bacias de médio porte.

Neste trabalho, presume-se que as degradações ambientais causadas pelo processo de urbanização no entorno dos ribeirões pioram a qualidade da água, sendo esperado que em área rural, onde a urbanização é inexistente ou pouco significativa, a qualidade da água seja melhor, mesmo quando se apresenta com atividades potencialmente poluidoras dos recursos hídricos, como criação de animais e aplicação de nutrientes e pesticidas no solo.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliação do uso e ocupação do solo de trechos das bacias hidrográficas dos ribeirões Cambé e Taquara na região de Londrina-PR, e correlação com o Índice de Qualidade da Água (IQA).

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Construir mapas de uso e ocupação do solo para as áreas selecionadas através do geoprocessamento de imagens de satélite;
- Analisar os parâmetros físicos, químicos, e biológicos da água dos trechos estudados;
- Aplicar do Índice de Qualidade da água (IQA);
- Correlacionar o uso e ocupação das bacias com o IQA obtido para os pontos amostrados;
- Relacionar o valor obtido para cada parâmetro aferido com os valores máximos permitidos estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 REGIÃO METROPOLITANA DE LONDRINA

Londrina é a quarta cidade mais populosa da região Sul do Brasil, localizada na Região Norte do Estado do Paraná com, aproximadamente, 510 mil habitantes. (IBGE, 2010). É considerada um importante polo de desenvolvimento regional e nacional nos setores comercial, de serviços e agroindustrial, sendo também conhecida pela qualidade na educação pública.

De acordo com Barros 2011, Londrina está localizada geologicamente sobre a Formação Serra Geral, e hidro geologicamente sob o aquífero Serra Geral Norte, sendo que a porção sudeste se encontra em zonas de recarga do Sistema Aquífero Guarani.

O município possui uma área total de 1.652,569 km², segundo a Resolução nº PR-02, de 21 de junho de 2016. Pela classificação de Koppen-Geiger 1928, o clima é Cfa, ou seja, subtropical úmido com verões quentes e ocorrência de precipitações em todos os meses do ano. O bioma que predomina na região é a Mata Atlântica, com presença da Floresta Estacional Sem decidual em quase todo território. O solo do território londrinense é predominantemente classificado como Latossolo Vermelho Eutroférico de origem basáltico (BARROS, 2011).

Em virtude da declividade do relevo, o sistema hidrográfico londrinense está inclinado no sentido de Oeste para Leste, em direção ao Rio Tibagi, que tem sentido Sul-Norte, desaguando no Rio Parapanema. Os principais rios do município são Rio Taquara, Apucarana e Tibagi. Os principais ribeirões são: Apertados, Cafezal, Apucarantina, Jacutinga, Cambézinho, Bom Retiro e Quati (MINEROPAR, 2001).

A formação vegetal natural de Londrina foi prejudicada pela intensa expansão, e rápido desenvolvimento econômico do município, restando poucas áreas da vegetação natural. Hoje ainda é possível encontrar duas grandes regiões de preservação, a mata dos Godoy (Reserva Florestal Estadual), e a Reserva Indígena do Apucarantina, que preservam a variedade de espécies e gêneros de vegetação que havia na região.

3.2 ANÁLISE ESPACIAL DA PAISAGEM

Segundo Silva (2006), a compreensão científica a respeito do funcionamento sistêmico da rede de drenagem de uma bacia hidrográfica, através de estudos geográficos, é uma das formas mais eficazes de gerenciar o uso da água e do solo e conseqüentemente constatar o uso incorreto.

Quando se observa a dinâmica espacial das unidades da paisagem, pode-se determinar se a ocupação tem sido sustentável ou não. Não há sustentabilidade do sistema se as mudanças no uso do solo sobre a vida humana e sobre a economia retornarem negativamente. Neste caso devem ser implementadas medidas de alteração do padrão de uso e ocupação com a intenção de recuperar e tornar o sistema sustentável.

Podem ser aplicadas muitas metodologias para a investigação, verificação e planejamento do uso e ocupação do solo. Em análises mais antigas eram feitas superposições de mapas temáticos das áreas de estudo, o que era uma técnica limitada e que podia apresentar erros no resultado final. Outra técnica que já foi muito empregada é o uso de fotografias aéreas, que caíram em desuso pois sua aquisição pode ser cara, e não acompanhava as rápidas mudanças de ocupação atuais. Apesar das limitações, as técnicas serviram para que hoje, com o advento da tecnologia fosse possível criar baseado nesses mapas temáticos e fotografias aéreas, técnicas computacionais de análise de terreno (SILVA, 2006).

O conjunto de técnicas e tecnologias de coleta, manipulação e tratamento de dados que são transformadas em informações georeferenciadas e permitem ao usuário analisar grandes espaços geográficos na escala de tempo que desejar, é chamado de geoprocessamento (FRANÇA, 2011). Essa ferramenta computacional tornou-se importante para aquisição de dados, análises e representação das informações obtidas na paisagem. O geoprocessamento facilita a análise ambiental, considerando correlações espaciais, de causa e efeito e de aspectos temporais, tornando os estudos muito mais intensos, e relevantes. Nos meios profissionais e acadêmicos os SIG's tem sido a ferramenta mais empregada, pois permitem ao usuário mapear o cenário atual, e oferecer ferramentas para simular situações ideais ou potenciais, modelar, fazer previsões e planejamentos, auxiliar na tomada de decisão e resolver problemas

ambientais, desde diagnósticos, planejamentos, dimensionamentos, conservação, cálculo de áreas, análise e avaliação de aspectos erosivos, aptidão agrícola das terras, formas de uso e ocupação, agricultura de precisão e outras (SILVA, 2006). Entre as técnicas do geoprocessamento existem o Sensoriamento Remoto Orbital e os Sistemas de Informações Geográficas (SIG's).

Os SIG's são sistemas de tratamento computacional de dados geográficos e oferecem informações alfanuméricas, espaciais e temporais, oferecendo ao usuário uma visão sistêmica de seu ambiente de trabalho. Para que haja inter-relação geográfica, a geometria e os atributos dos dados em um SIG devem estar localizados na superfície terrestre e representados em uma projeção cartográfica. Além disso é uma ferramenta para produção de mapas, análise espacial de fenômenos e é um banco de dados geográficos com funções de armazenamento e recuperação de informação espacial. (CÂMARA, 2001).

De acordo com Carneiro (2015), o Sensoriamento Remoto é a utilização de sensores para aquisição de informações sobre objetos ou fenômenos sem que haja contato direto entre eles. O princípio do sensoriamento é que a energia refletida, ou emitida pela superfície terrestre é captada por sensores e assim é possível diferenciar as composições terrestres, já que cada objeto emite diferentes comprimentos de onda do espectro eletromagnético (CARNEIRO, 2015). Os sensores remotos estão a bordo de satélites ou aeronaves e convertem as ondas eletromagnéticas emitidas pelos materiais na superfície da terra em imagens, gráficos ou dados numéricos (NOVO, 2008).

Para a elaboração de mapas temáticos é necessário um pós-processamento da imagem obtida do satélite a fim de extrair as informações desejadas e para isso diferentes formas de classificação digital de imagens visam atribuir significados aos pixels em função de suas propriedades numéricas simplificando a imagem e resultando no mapa pretendido.

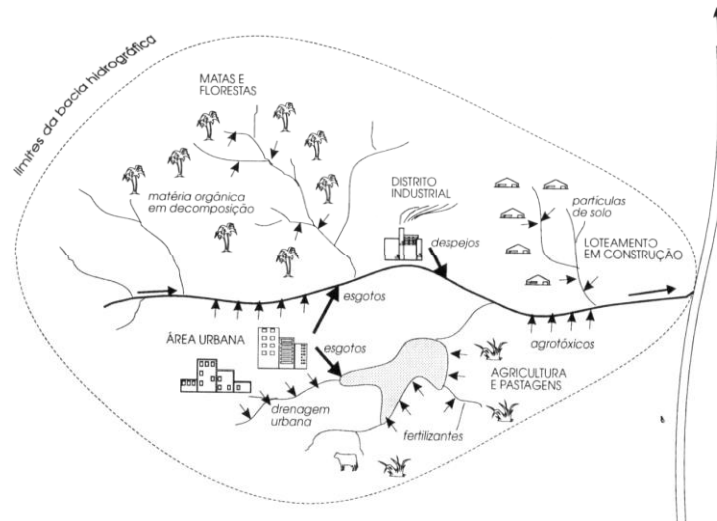
3.3 ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA

A Política Nacional do Meio Ambiente, através da Lei 6.938/81 define poluição como sendo a degradação da qualidade ambiental decorrente de atividades que direta

ou indiretamente prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população, além do mais, criem condições adversas às atividades sociais e econômicas, influenciem desfavoravelmente a biota, às condições estéticas e sanitárias do ambiente ou lancem matérias ou energias em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.

Para Sperling (2005) a poluição está associada com a alteração de suas características físicas, químicas ou biológicas e complementa que é a alteração direta ou indireta do corpo d'água por causas naturais ou provocadas pelo homem que prejudica os legítimos usos realizados ou esperados (Figura 1). As condições naturais são afetadas pelo escoamento superficial e pela infiltração no solo e o impacto decorrente desses fenômenos depende do contato da água com partículas, substâncias ou impurezas no solo, ou seja, ainda que uma bacia esteja totalmente preservada, eventos naturais adversos ocorrem incorporando sólidos em suspensão e dissolvidos. A ação humana pode alterar as condições da bacia de forma dispersa, ou concentrada, através do despejo de efluentes domésticos ou industriais ou pela aplicação de defensivos agrícolas, que aumentam a carga química, biológica e física de compostos na água afetando sua qualidade original. Assim percebe-se que o tipo de ocupação humana incorre diretamente na qualidade de um corpo d'água. (SPERLING, 2005).

Figura 1 – Desenho esquemático com a inter-relação entre uso e ocupação do solo e focos alteradores da qualidade da água.



Fonte: Sperling, 2005.

Além da qualidade existente há a qualidade que é desejável para a água, que é função de seu uso previsto. Os estudos sobre a qualidade tornam-se essenciais para caracterizar as consequências de uma determinada atividade poluidora, e estabelecer os padrões de qualidade para determinado uso.

Os índices e indicadores ambientais surgiram como resultado da preocupação social com os aspectos ambientais do desenvolvimento, processo que requer um número elevado de informações em graus de complexidade cada vez maiores. Além disso os indicadores tornaram-se fundamentais no processo decisório das políticas públicas e no acompanhamento de seus efeitos (CETESB, 2013).

O IQA é utilizado para fornecer uma visão geral da qualidade da água, pois integra os resultados de diversas variáveis através de um único indicador, transmitindo uma informação compreensível e refletindo a qualidade de acordo com os usos pretendidos. De acordo com a Cetesb (2013) as vantagens do índice é o status maior, do que as variáveis isoladas e a médias de diversas variáveis com unidades de medidas distintas em um único número, em contrapartida há perda de informações individualizadas e das interações entre elas, não substituindo a avaliação detalhada das variáveis em uma bacia hidrográfica.

As variáveis envolvidas no cálculo do índice refletem principalmente a contaminação dos corpos hídricos por lançamento de efluentes, sendo que a Cetesb (2013) salienta que o índice foi desenvolvido para avaliar a qualidade da água para fins de abastecimento público. Além disso, mesmo considerando esse fim específico, não se inclui variáveis como metais pesados, compostos orgânicos com potencial mutagênico, substâncias alteradoras das propriedades organolépticas da água, número de células de cianobactérias e o potencial de formação de trihalometanos das águas de um manancial.

A criação do IQA baseou-se numa pesquisa de opinião junto a especialistas em qualidade de águas, que indicaram as variáveis a serem avaliadas, o peso relativo e a condição com que se apresenta cada parâmetro, segundo uma escala de valores. Das 35 variáveis indicadoras de qualidade de água inicialmente propostos, somente nove foram selecionados (ANA, 2012).

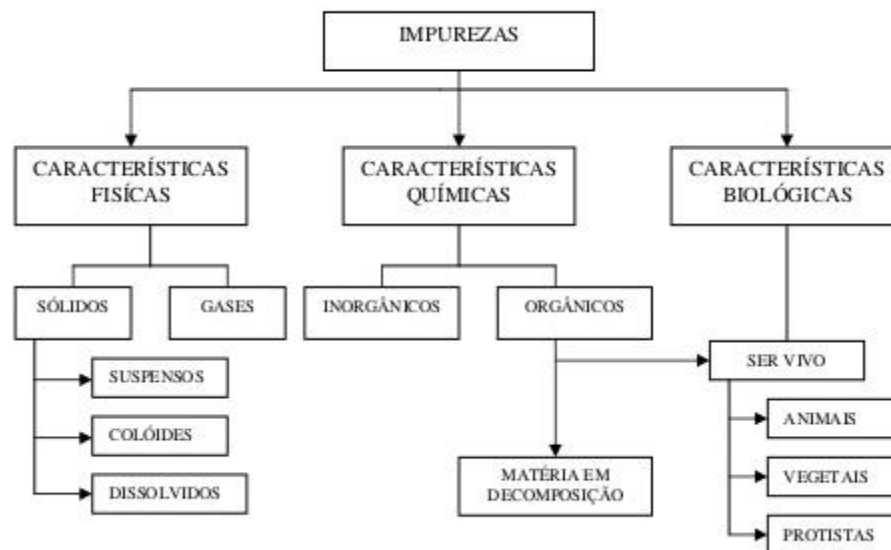
Foram então definidas curvas médias de variação da qualidade das águas de acordo com o estado ou a condição de cada parâmetro.

Para cálculo do IQA é estabelecida uma pontuação na qualidade (q) que varia de 0 a 100 para cada uma das nove variáveis que entram na composição do índice. A qualidade (q) é elevada à ponderação (w) correspondente à importância da variável. O IQA é obtido multiplicando-se cada componente (qw).

3.4 PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA

A alteração da água de um corpo hídrico e da bacia hidrográfica pode ser dar em termos de suas características físicas, químicas e biológicas, como consequência das capacidades de dissolução de várias substâncias e de transporte pelo escoamento superficial e subterrâneo (LIBÂNIO, 2005), e que podem ser traduzidas em parâmetros de qualidade da água. Para avaliar a qualidade podem ser considerados alguns aspectos como os teores de sólidos suspensos, coloidais e dissolvidos, gases, compostos orgânicos e inorgânicos e presença de minerais, vegetais, bactérias, vírus e protozoários (Figura 2).

Figura 2 – Fluxograma apresentando impurezas contidas na água.



Fonte: Bames e colaboradores, 1981 apud in Von Sperling, 2005.

Os parâmetros da água são regidos por algumas leis brasileiras dentre as quais pode-se citar a Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde e a Resolução CONAMA 357/2005 do Ministério do Meio Ambiente e entre outras legislações estaduais.

São necessários programas de monitoramento da qualidade de um corpo hídrico, a fim de assegurar os usos previstos, atuais e futuros.

Assim diversos parâmetros podem representar as principais características físicas, químicas e biológicas da água.

3.4.1 Oxigênio Dissolvido

De acordo com o apêndice E, publicado no Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo de 2016, o oxigênio presente na atmosfera dissolve-se nas águas naturais devido à diferença de pressão parcial. A taxa de reintrodução de oxigênio dissolvido depende das características hidráulicas e é proporcional à velocidade.

Outra forma de introduzir oxigênio dissolvido é através da fotossíntese das algas, sendo que não é muito significativa nos trechos de rios a jusante de fortes lançamentos de esgotos. A turbidez e a cor elevadas dificultam a penetração dos raios solares e apenas poucas espécies resistem. A contribuição fotossintética de oxigênio só é expressiva após grande parte da atividade bacteriana na decomposição de matéria orgânica ter ocorrido.

Sob este aspecto, águas poluídas são aquelas que apresentam baixa concentração de oxigênio dissolvido (devido ao seu consumo na oxidação de compostos orgânicos), enquanto que as águas limpas apresentam concentrações de oxigênio dissolvido elevadas, chegando até a um pouco abaixo da concentração de saturação. Os níveis de oxigênio balizam a capacidade do corpo d'água manter a vida aquática e em receber e oxidar efluentes (CETESB, 2016).

3.4.2 Turbidez

A turbidez é o grau de atenuação de intensidade que a luz sofre ao atravessar a água, que ocorre por absorção e espalhamento e é devida à presença de sólidos em

suspensão orgânicos (algas, bactérias, gorduras) ou inorgânicos (areia, silte, argila). A elevação da turbidez pode ocorrer por processos naturais tais como perturbação do leito do rio levantando sedimentos, erosão das margens durante estações chuvosas, ou por influência antrópica por meio de despejos de efluentes, mineração. A interferência humana na turbidez pode estar relacionada com presença de compostos tóxicos, e patógenos. A turbidez da água diminui a penetração de luz prejudicando a fotossíntese, diminuindo a disponibilidade alimento no meio aquático, e conseqüentemente afetando ictionfauna e as comunidades biológicas aquáticas (CETESB, 2016).

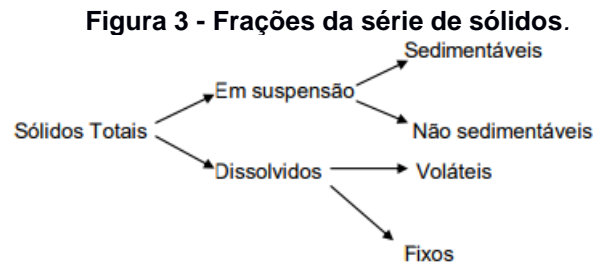
Em termos da Resolução Conama 357 (BRASIL, 2005) as concentrações de turbidez para águas doces de classe 1 têm o valor máximo de 40 NTU, e para classe 2 e 3 o valor máximo estabelecido é de 100 NTU.

3.4.3 Sólidos

Os sólidos correspondem a toda matéria que permanece como resíduo, após a evaporação, secagem ou calcinação da amostra a uma determinada temperatura, e um tempo estabelecido. Os sólidos podem ser divididos de acordo com a Figura 3.

As operações de secagem, calcinação e filtração são as que determinam as frações dos sólidos, e são empregados métodos gravimétricos para quantificá-los (balança analítica ou de precisão). Os sólidos na água podem ocorrer de forma natural ou por influência humana, e podem causar danos à ictinofauna e a biota aquática, quando sedimentam no leito dos rios podem destruir organismos que fornecem alimento, e prejudicar a desova de peixes (CETESB, 2016).

Na Resolução Conama 357 (BRASIL, 2005) as concentrações de sólidos dissolvidos para águas doces têm o valor máximo de 500 mg/L.



Fonte: Almeida, 2013.

3.4.4 Temperatura

Pode ser definida como uma medida da intensidade de calor por radiação, condução ou convecção. As variações de temperatura fazem parte do regime climático normal dos rios e variam durante o dia e com a profundidade da coluna de água. A temperatura superficial é influenciada por estações do ano, latitude, altitude, profundidade, taxa de fluxo, e período do dia, e pode sofrer ação antropogênica. Altas temperaturas aumentam as taxas de reação químicas, físicas e biológicas, diminuem a solubilidade dos gases, aumentam a pressão. Os organismos aquáticos são prejudicados com temperaturas fora dos limites de tolerância, que provocam interferência no crescimento e reprodução, por isso é essencial que seja mantido o equilíbrio natural dos sistemas (CETESB, 2016).

3.4.5 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH traduz a concentração de íons H^+ inferindo em acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. O pH varia de 0 a 14, e existem restrições das faixas de pH para as classes de águas, fixando-se na maior parte como ideal entre 6 e 9,5, de acordo com a Portaria 518/04 do Ministério da Saúde (CETESB, 2016).

A origem natural deve-se a dissolução de rochas, absorção de gases, oxidação da matéria e à fotossíntese, enquanto pode também estar associado a despejos químicos, industriais e domésticos (SPERLING, 2005). Valores extremos de pH podem causar irritações na pele e nos olhos, e afetar a vida aquática.

3.4.6 Nitrogênio

As formas do nitrogênio encontradas na água, são as mais diversas. Ele pode estar presente na forma molecular (N_2), como amônia (livre NH_3 e ionizada NH_4^+), nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-). Pode-se associar as etapas de degradação da poluição orgânica por meio da relação entre as formas de nitrogênio, ou seja, a presença de nitrito e nitrato indica que a fonte de poluição está distante pois essas são as formas mais oxidadas do elemento, se o local apresentar a forma reduzida como o nitrogênio amoniacal ou

orgânico significa que ainda não houve tempo para ocorrer o processo de oxidação e por isso a fonte poluidora pode estar próxima. O nitrogênio é um nutriente base para o crescimento dos organismos, para a fotossíntese, e pode causar por isso a eutrofização dos ambientes em que está presente em grande quantidade (NURENE, 2008).

Pela legislação federal em vigor, o nitrogênio amoniacal é padrão de classificação das águas naturais e padrão de emissão de esgotos. A amônia é um tóxico bastante restritivo à vida dos peixes, sendo que muitas espécies não suportam concentrações acima de 5 mg/L. Por estes motivos, a concentração de nitrogênio amoniacal é um importante parâmetro de classificação das águas naturais e é normalmente utilizado na constituição de índices de qualidade das águas (CETESB, 2016).

3.4.7. Coliforme termo tolerantes

É a única variável microbiológica que compõe o índice de qualidade da água, sendo representados principalmente pela *Escherichia coli* e, também por algumas bactérias dos gêneros *Klebsiella*, *Enterobacter* e *Citrobacter*. Dentre esses microrganismos, somente a *E. coli* está relacionada com as fezes de animais de sangue quente, estando sempre presente, em densidades elevadas nas fezes de humanos, mamíferos e pássaros, sendo raramente encontrada na água ou solo que não tenham recebido contaminação fecal. (CETESB, 2016).

Os coliformes termos tolerantes multiplicam-se ativamente a 44,5°C e tem a habilidade de fermentar carboidratos. Na legislação brasileira, os coliformes fecais são utilizados como padrão para qualidade microbiológica de águas superficiais destinada a abastecimento, recreação, irrigação e piscicultura. (ALMEIDA, 2013).

3.4.8 Fósforo

O fósforo na água apresenta-se basicamente nas formas de ortofosfato, polifosfato e fosfato orgânico. Os ortofosfatos são diretamente disponíveis para o metabolismo biológico, sem a necessidade de conversão a formas mais simples. A principal fonte de fósforo é a matéria orgânica fecal, os detergentes em pó, e as indústrias de fertilizantes,

pesticidas, químicas em geral conservas alimentícias, abatedouros, frigoríficos e laticínios, apresentam fósforo em quantidades excessivas, além disso a agricultura é grande fonte desse elemento que é carregado por processos de lixiviação até o corpo hídrico (CETESB, 2016).

Assim como o nitrogênio, o fósforo constitui-se em um dos principais nutrientes para os processos biológicos, ou seja, é um dos chamados macro-nutrientes, por ser exigido também em grandes quantidades pelas células (SPERLING, 2005).

3.4.9 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

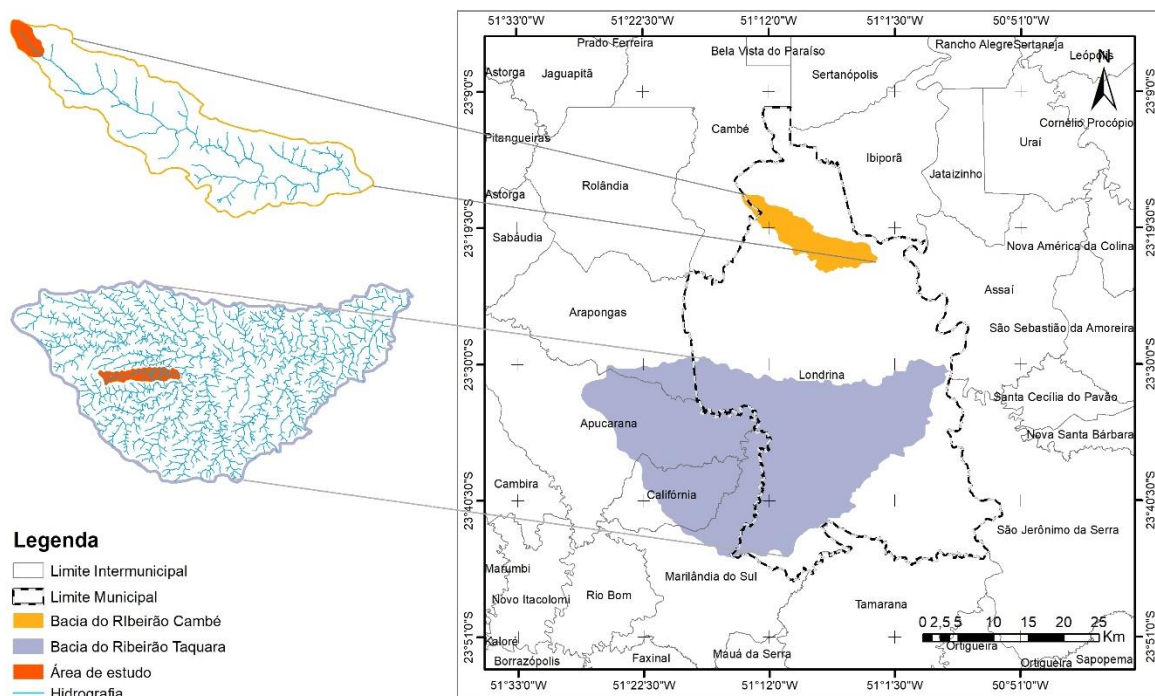
O último parâmetro que compõe o IQA é a DBO, Demanda Bioquímica de Oxigênio, que é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável. Normalmente considera-se para a DBO a quantidade de oxigênio consumido durante cinco dias, numa temperatura de incubação de 20°C, chamada de DBO_{5,20}. A DBO se torna elevada num corpo d'água quando acontecem despejos de origem, predominantemente, orgânica. A existência de um alto teor de matéria orgânica pode resultar no completo esgotamento do oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática (CETESB, 2016).

4 METODOLOGIA

4.1 ÁREA DE ESTUDO

Foram selecionados trechos de duas bacias hidrográficas que cortam porções territoriais do município de Londrina – PR para avaliar a interferência na qualidade da água em relação aos diferenciados aspectos de uso e ocupação do solo. Neste estudo compara-se a qualidade da água da bacia do Ribeirão Cambé, onde foram tomados três pontos sequenciais de análise inseridos em área predominantemente urbanizada, e do Ribeirão Taquara em que outros três pontos sequenciais localizados em área rural foram analisados (Figura 4).

Figura 4 – Mapa com a localização das áreas selecionadas para o estudo



Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum Horizontal: SIRGAS 2000 - Fuso 22 S
Bases Cartográficas: SIGLON (2017).
Elaboração: Thiago H. Silva / Gabriella M. Valentim

Fonte: Elaborado pela Autora e por Thiago Henrique Silva

4.2 PROCESSAMENTO DAS IMAGENS DE SENSORIAMENTO REMOTO

Para o processamento e classificação das imagens e a construção dos mapas temáticos que inferem o nível de urbanização dos trechos escolhidos, foi utilizado o software *ArcGis 10.5*.

As imagens de satélite foram adquiridas gratuitamente no *Google Earth Pro* com data de 12/07/2017 para o Ribeirão Cambé com resolução de dois metros, e no site do INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, do Satélite *CBERS 4* com data de 03/05/2017 para o Ribeirão Taquara, com uso da banda pancromática de resolução cinco metros, Sensor PAM5M, e uma banda multicolorida do Sensor PAN10M. Para a imagem do *CBERS 4*, foi utilizada a ferramenta *create pan-sharpened raster data*, para unir a banda pancromática e a multicolorida a fim de se obter uma imagem final colorida com resolução de cinco metros.

As cartas de uso e ocupação do solo foram elaboradas utilizando o Sistema de Coordenadas Geográficas, *datum* horizontal *SIRGAS 2000*, fuso 22S.

A primeira etapa foi adquirir no sistema de informação geográfica de Londrina (SIGLON), algumas bases cartográficas, para auxiliar no processamento dos dados. Foram adquiridas delimitações dos municípios, bacias hidrográficas, e sub-bacias da região urbana de Londrina. As imagens SRTM (modelos de inclinação do terreno) para as regiões de estudo foram adquiridas no projeto Topo Data (Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil).

A segunda etapa foi delimitar as duas sub-bacias. Foram plotadas as coordenadas geográficas dos pontos, obtidas no momento da coleta, e a partir das imagens SRTM foram gerados relevos sombreados, que permitiram desenhar e recortar as sub-bacias de interesse, considerou-se cada ponto como exutório.

A terceira etapa foi a classificação da imagem de satélite dentro dos limites estabelecidos, permitindo identificar diferentes tipos de uso e ocupação do solo dentro do perímetro delimitado.

A classificação escolhida foi do tipo supervisionada, em que foi atribuído ao programa 6 classes, dentre as quais objetivou-se classificar vegetação densa, solo exposto, agricultura, área urbana, gramíneas e pavimentação. As ferramentas de

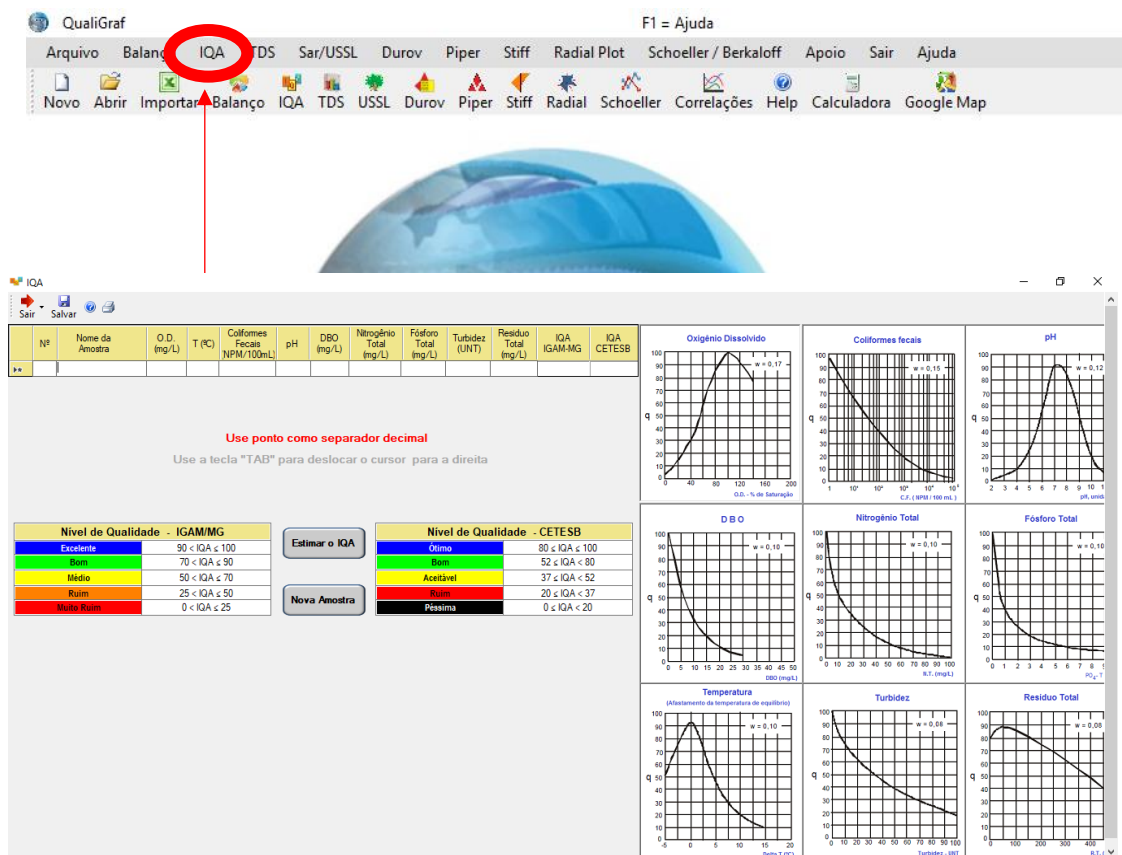
processamento oferecidas pelo *ArcGis 10.5* foram utilizadas nesta etapa até se atingir uma classificação de imagem satisfatória.

A quarta etapa do processamento foi a confecção dos mapas das duas regiões, inserindo coordenadas e legendas.

4.3 ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA

O Índice de Qualidade da Água (IQA) foi calculado utilizando-se o software QualiGraf, versão 1.1, 2017 desenvolvido pela FUNCEME - Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. O software é de distribuição livre (gratuito) e foi adquirido no site da FUNCEME. A interface é simples e os dados necessários para os cálculos são inseridos pelo usuário nos campos indicados pelo programa (Figura 5).

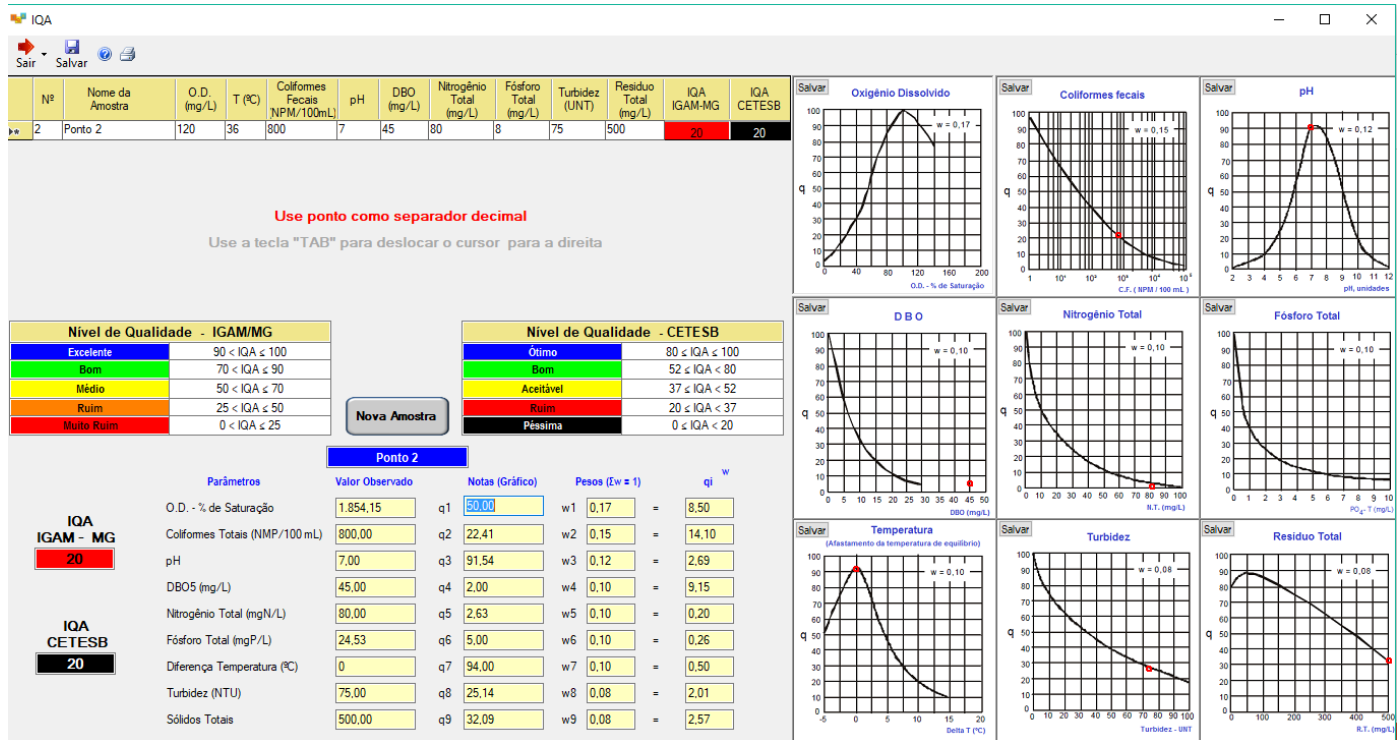
Figura 5 - Interface gráfica do software Qualigraf 1.1, 2017



Fonte: Qualigraf, 2017.

Após inserir os dados nos campos, o botão Estimar o IQA deve ser acionado e assim o valor do final dos cálculos será exibido na tela, como o exemplificado na Figura 6. O valor de cada parâmetro também é exibido no gráfico das curvas médias de variação.

Figura 6 – Exemplificação do valor final dos cálculos obtidos pelo software Qualigraf 1.1, 2017.



Fonte: Qualigraf, 2017.

Os cálculos são baseados na metodologia adaptada pela CETESB, 2013. Para o cálculo o software utiliza o produto ponderado dos nove parâmetros da qualidade de água, segundo a seguinte fórmula:

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

Onde:

IQA: Índice de Qualidade da Água, um número entre 0 e 100;

qi: qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido a partir da respectiva “curva média de variação de qualidade”, em função de sua concentração ou medida (resultado das análises);

w_i : peso correspondente ao i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade, sendo que:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

em que:

n : número de variáveis que entram no cálculo do IQA.

Tabela 1 - Pesos correspondentes aos parâmetros envolvidos no IQA

Parâmetros de qualidade da água	Peso (w)
Oxigênio dissolvido (% OD)	0,17
Coliformes termotolerantes (NMP/100ml)	0,15
Potencial hidrogeniônico - pH	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio - $DBO_{5,20}$ (mg/L)	0,10
Temperatura da água (°C)	0,10
Nitrogênio total (mg/L)	0,10
Fósforo total (mg/L)	0,10
Turbidez (NTU)	0,08
Sólidos totais (mg/L)	0,08

Fonte: ANA, 2012

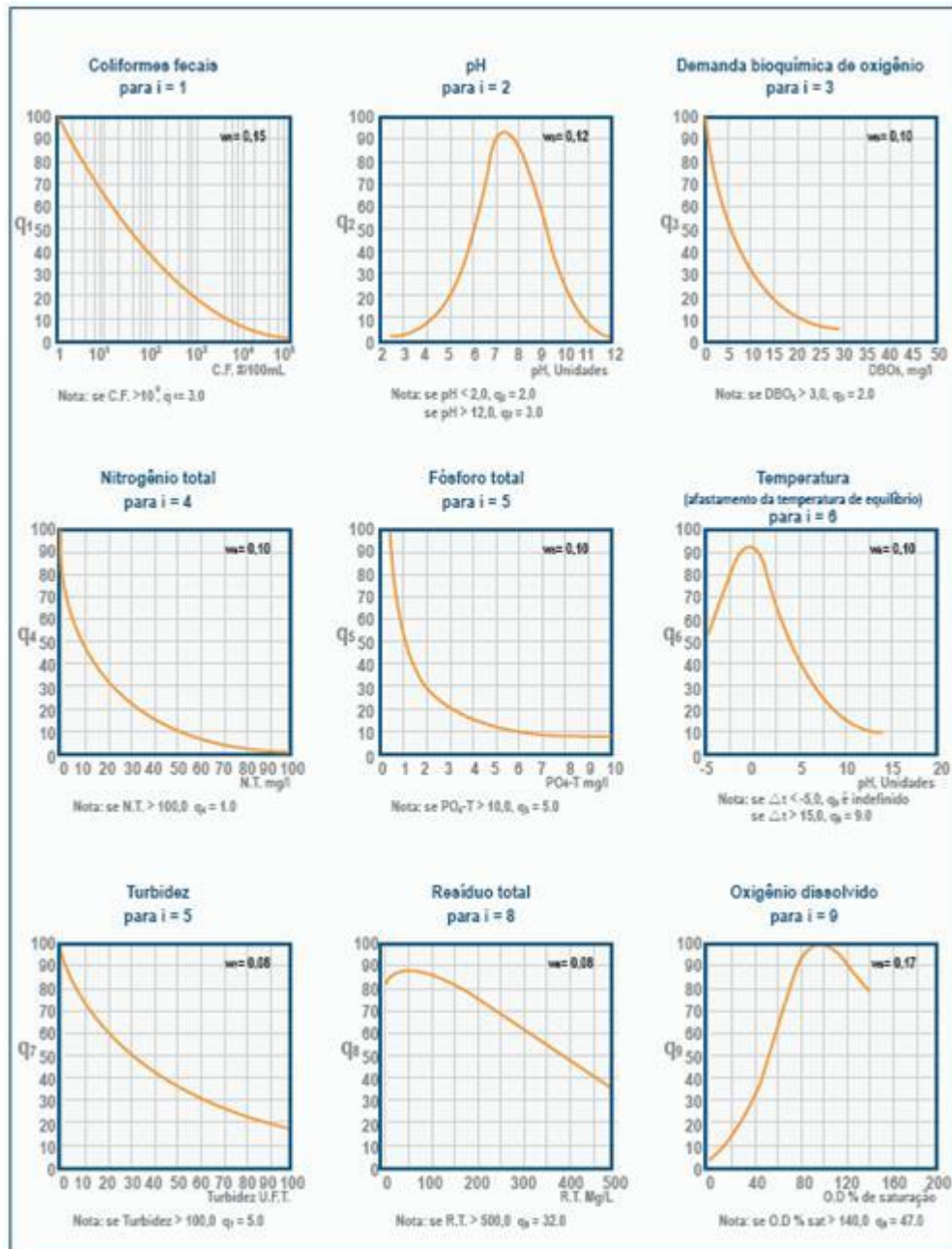
A partir do cálculo do índice, determinou-se a qualidade das águas dos seis pontos, que é indicada pelo IQA, variando em uma escala de 0 a 100 de acordo com a Tabela 2 para o estado do Paraná.

Tabela 2 - Classificação do IQA.

Ponderação	Categoria
91-100	ÓTIMA
71-90	BOA
51-70	RAZOÁVEL
26-50	RUIM
0-25	PÉSSIMA

Fonte: Adaptado de ANA, 2012.

Figura 7 - Curvas médias de variação dos parâmetros de qualidade das águas para o cálculo do IQA.



Fonte: ANA, 2012.

4.3 COLETA DE DADOS

As coletas de dados foram realizadas no mês de agosto de 2017 em dois dias. Este período do ano é caracterizado por um regime climático seco, ou seja, com baixos índices pluviométricos (LONDRINA, 2009). Foram previamente escolhidos três pontos de amostragem em cada bacia em estudo, em função da sua distribuição geográfica e acessibilidade ao local, totalizando seis pontos amostrados. A localização geográfica de cada ponto amostrado está indicada na Tabela 3.

Tabela 3 - Coordenadas geográficas dos pontos de amostragem

Pontos de amostragem	Latitude	Longitude
Cambé		
PC 1 - Ponto 1	-23°17'14,5"	-51°13'58,3"
PC 2 - Ponto 2	-23°17'42,5"	-51°13'37,5"
PC 3 - Ponto 3	-23°17'58,5"	-51°13'17,3"
Taquara		
PT 1 - Ponto 1	-23°36'32,7"	-51°18'24,3"
PT 2 - Ponto 2	-23°36'47,7"	-51°16'23,1"
PT 3 - Ponto 3	-23°36'30,1"	-51°14'52,3"

Fonte: Autora

O ponto PC1 é uma nascente, com cerca de cinquenta metros de raio de vegetação no seu entorno. A vegetação parece estar sendo suprimida pelo avanço das propriedades particulares que estão próximas, tanto que para acessá-lo é preciso adentrar nessas propriedades. É possível observar alguns resíduos sólidos no local, como embalagens, plástico, e latas de alumínio. Bastante próximo do ponto de amostragem existe uma pastagem para animais. O ponto localiza-se próximo ao cruzamento das rodovias PR 445 e BR 369.

O ponto PC2 têm pouca vegetação no seu entorno, está localizado em uma propriedade particular, e é acessível aos moradores. Logo acima do ponto existe uma rua pavimentada, e por isso uma tubulação conduz a água que cai neste caminho do ribeirão. É possível observar alguns resíduos sólidos no local.

O ponto PC3 tem algumas árvores ainda presentes, mas grande parte do seu entorno está reservado a pastagens e gramíneas. É um local de circulação de animais e pessoas, e há uma ponte para atravessar de um lado a outro do curso do ribeirão.

O ponto PT1 tem às suas margens uma vegetação densa, mas que está limitada por pastagens que sustentam a pecuária, e também por áreas agricultáveis. Bastante próximo a este ponto há um trecho que permite o tráfego de pessoas e animais. Não se observa neste local indícios de deposição de resíduos sólidos.

O ponto PT2 está protegido pela mata ciliar. No entorno observa-se grandes áreas agricultáveis, e muitos sulcos de erosão. Está localizado próximo a duas propriedades rurais, e provavelmente por isso foi encontrado resíduo de pneu e presença de tubulações.

O ponto PT3 apresenta vegetação ciliar, e logo ao lado passa uma estrada de terra que dá acesso à algumas comunidades e casas. Não se observa presença de resíduos sólidos, e o local não é muito acessível a animais e pessoas, devido a inclinação do terreno até chegar no curso d'água.

As fotografias dos pontos de coleta estão apresentadas na Figura 8 para o Ribeirão Cambé, e na Figura 9 para o ribeirão Taquara. A localização geográfica também pode ser observada no mapa da Figura 4.

A coleta de água para a determinação dos limnológicos, do fósforo e dos sólidos totais dos seis pontos amostrados, foi realizada no mesmo dia não havendo, portanto, variação climática desta amostragem. As condições do tempo no dia da coleta estavam em 0% de nebulosidade, ausência de precipitações, incidência de vento moderada, e ausência de neblina. As coletas começaram pelos pontos 1, 2 e 3, nesta ordem, nos trechos selecionados para o Ribeirão Cambé, seguidas dos pontos 1, 2 e 3, nesta ordem, nos trechos selecionados para o Ribeirão Taquara. As coletas de amostras para a avaliação microbiológica, demanda de oxigênio, e nitrogênio foi realizada em outro dia, a fim de que não se ultrapassasse o tempo máximo de 24 horas após a coleta, para a realização das análises sem desvios nos resultados.

Figura 8 - Fotografias dos pontos 1, 2, 3 do trecho amostrado do Ribeirão Cambé



Fonte: Autora

A ordem foi pontos 1, 2 e 3, nesta sequência, do Ribeirão Cambé, seguidas dos pontos 1, 2 e 3, nesta sequência, do Ribeirão Taquara.

Figura 9 - Fotografias dos pontos 1, 2 e 3 do trecho amostrado do Ribeirão Taquara



Fonte: Autora

4.3.1 Coleta de parâmetros limnológicos

Através de equipamentos portáteis, foram aferidos *in loco* os parâmetros, temperatura da água, pH, condutividade elétrica, turbidez e porcentagem de oxigênio dissolvido (Figura 10). Usando três frascos de plástico de aproximadamente 500 ml, as amostras de água foram retiradas do rio sempre no sentido a montante do ponto, em triplicata distantes aproximadamente 5 metros de uma coleta para outra, a fim de evitar perturbação no leito, o que poderia interferir e aumentar principalmente a leitura de turbidez da amostra. Além dos parâmetros que foram medidos no local, foram armazenados e lavados para análise de fósforo em laboratório dezoito frascos coletados.

Figura 10 – Aparato de coleta e apuração dos parâmetros limnológicos *in loco*



Fonte: Autora

4.3.2 Parâmetros obtidos em laboratório

Para completar as análises necessárias para o cálculo do IQA, foram coletadas e armazenadas amostras de água dos seis pontos, em potes devidamente autoclavados para posterior análise microbiológica e química em laboratório, perfazendo o total de 6 frascos de água coletados e armazenados durante 24 horas.

Nos laboratórios de Microbiologia e de Saneamento da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina, foi feito o teste de coliforme termo tolerantes, determinação do Nitrogênio Amoniacal, Nitrogênio Total *Kjeldahl* (NTK), Fósforo Total, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), e Sólidos Totais. As metodologias foram baseadas no Manual de Procedimentos e Técnicas Laboratoriais voltado para análises de água e esgoto industrial, da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, exceto a DBO que foi baseada no manual de operação *Velp Scientifica BOD Sensor System*, que foi o aparelho utilizado nesta metodologia, e o teste de coliformes tem como referência o *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (APHA/AWWA, 20º ed. 1998).

Embora tenha sido empregado o método de determinação de Nitrogênio Total *Kjeldahl* (NTK), os resultados alcançados não foram satisfatórios, sendo utilizado então no cálculo do índice de qualidade da água os valores obtidos para o nitrogênio amoniacal, que foram possíveis de determinar.

4.3.2.1 Fósforo

Para determinação do fósforo, 10 ml de amostra foram colocadas em tubos de ensaio com tampa, e foi adicionado em cada tubo 1 ml de persulfato de potássio dissolvido em água destilada. Os tubos foram tampados e levados para autoclave a 120°C por trinta minutos. Após esfriar, foi preparado um reagente combinado com 6 ml de ácido sulfúrico, 0,6 ml de tartarato de potássio e antimônio, 1,8 ml de molibdato de amônio, e 3,6 ml de ácido ascórbico, e foi adicionado 1,5 ml dessa solução em cada tubo auto clavado. Em um dos tubos foi feito o branco, em que o volume de amostra foi substituído por água destilada, esse tubo foi usado para zerar o espectrofotômetro. Todos

os tubos passaram pelo espectrofotômetro, em comprimento de onda de 882 nm, e procedeu-se a leitura da absorvância, que após a verificação com a curva de calibração do aparelho resultou nos valores de fósforo presentes em cada amostra analisada de acordo com a Equação 1 da reta da curva padrão.

$$P - PO_4^{-3} \left(\frac{mg}{L} \right) = 2,5484 \times Abs - 0,0811 \quad (1)$$

4.3.2.1 Nitrogênio Amoniacal

Para a determinação do Nitrogênio Amoniacal foi necessário destilar a amostra de água, e em seguida o destilado foi titulado. Para isso foi adicionado 100 ml de amostra em cada tubo de destilação, e 1 ml de tampão de borato. Para cada tubo com amostra foi identificado um erlenmeyer correspondente, nos quais adicionou-se 50 ml de ácido bórico, que é um indicador para o nitrogênio presente.

No destilador foi acoplado o tubo de amostra e seu erlenmeyer correspondente, e procedeu-se a destilação até se obter um volume de 250 ml. Logo após a destilação titulou-se o destilado com ácido sulfúrico (H₂SO₄) 0,02N. Foi anotado o volume usado para o ponto de viragem de cada amostra de água.

O equipamento foi zerado no início das análises seguindo o mesmo procedimento, entretanto, no lugar da amostra, foi adicionada água destilada para passar pelo processo de destilação. A concentração do Nitrogênio Amoniacal foi encontrada pela Equação 2.

$$N - NH_3 \left(\frac{mg}{L} \right) = \frac{(Volume\ de\ H_2SO_4) \times 280}{Volume\ da\ amostra\ (L)} \quad (2)$$

4.3.2.2 Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK)

Para a análise do NTK, é necessário que a amostra de água seja digerida, ficando cristalizada antes de passar pelo destilador de nitrogênio. Para formar essa solução cristalizada foi adicionado 7,6 ml de sulfato de cobre e sulfato de potássio, que funcionam como catalisadores, 6,7 ml de ácido sulfúrico, pérolas de vidro, e 50 ml da amostra de água a ser analisada. O tubo foi levado para digestão a 380°C. Depois de frio, formou a solução cristalizada no fundo do tubo da coluna de destilação.

Após este procedimento, foi adicionado ao tubo 50 ml de água destilada, e para cada tubo com amostra digerida foi identificado um *erlenmeyer* correspondente, nos quais adicionou-se 50 ml de ácido bórico, que é um indicador. O tubo digerido passou então pelo destilador de nitrogênio até obter um volume aproximado de 250 ml. Ao equipamento foi adicionado 50 ml de solução de tiosulfato e hidróxido de sódio. Logo após a destilação titulou-se o destilado com ácido sulfúrico (H₂SO₄) 0,02N, foi anotado o volume usado para o ponto de viragem de cada amostra de água.

O equipamento foi zerado no início das análises seguindo o mesmo procedimento, entretanto, no lugar da amostra, foi adicionada água destilada para passar pelo processo de digestão. A concentração de NTK é determinada pela Equação 3.

$$NTK = \frac{(Volume\ de\ H_2SO_4 - Branco) \times 280 \times 1,2}{Volume\ da\ amostra\ (L)} \quad (3)$$

4.3.2.4 Sólidos totais

Tomaram-se cápsulas de porcelana com capacidade para 200 ml que foram previamente calcinadas, sendo para isso levadas para a mufla a 550°C durante uma hora, após este intervalo de tempo as cápsulas passaram para o dessecador onde esfriaram, e então foram pesadas, e os pesos 0 (P0) de cada cápsula foram anotados. Com o auxílio de luva e pinça de *Mohr* alíquotas de 100 mL de amostra de cada um dos pontos de amostragem foram inseridas nas cápsulas previamente identificadas, e conduzidas à

estufa por 24 horas a 105°C, período este em que se atinge peso constante. Após a estufa novamente com o auxílio de luva e pinça de *Mohr* para que não houvesse interferência no peso da cápsula, elas foram pesadas, e os pesos 1 (P1) de cada cápsula foi registrado. Os sólidos totais presentes nas amostras foram obtidos com o uso da Equação 4.

$$ST \left(\frac{mg}{L} \right) = \frac{P1 - P0 \times 1000}{Volume\ da\ amostra\ (L)} \quad (4)$$

4.3.2.5 Coliforme termo tolerantes

Para a determinação dos coliformes primeiro foi preparado o meio de cultivo MFC que foi vertido em placas de Petri. As amostras de água foram diluídas (10 ml de água bruta por 90 ml de água esterilizada) e filtradas em membranas de nitrocelulose (0,45 um de porosidade nominal, 47 mm de diâmetro), utilizando-se bomba de vácuo. Em seguida à filtração as membranas foram depositadas com o auxílio de pinça estéril na superfície dos meios de cultura Agar MFC no mesmo sentido em que estão dispostas na bomba de filtração, então foram levadas à incubação a 45°C por 24 horas. Após este período de crescimento foram contadas em cada placa as UFC (Unidades Formadoras de Colônias). A quantidade de UFC obtida foi multiplicada pelo valor da diluição da amostra (10 vezes) para se obter a quantidade de UFC por 100 ml de coliforme termo tolerantes Todos os materiais utilizados foram devidamente esterilizados antes dos procedimentos mencionados.

4.3.2.6 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

Para determinar a DBO presente nas amostras coletadas, foi utilizado o método respirométrico, que se baseia numa amostra em uma garrafa âmbar sob quantidade suficiente de microrganismos e nutrientes a temperatura controlada de 20±1°C e que por meio de agitação faz com que o O₂ presente na câmara de ar se dissolva no líquido. Os microrganismos respiram este oxigênio dissolvido na amostra durante o processo de

degradação da matéria orgânica, exalando CO_2 , que é absorvido pelos grânulos de NaOH contido em um reservatório de borracha, produzindo uma diferença de pressão na garrafa, que é medida pelo sensor *BOD*, o aparelho então realiza esta leitura digital e converte dos valores para mg/l de O_2 . O equipamento utilizado nesta metodologia foi o *VELP Scientifica BOD Sensor System*. As amostras de água foram mantidas refrigeradas, e o início da incubação se deu no prazo máximo permitido, 24 horas após a coleta.

De acordo com as instruções do manual do aparelho, determinou-se o volume da amostra e solução nutriente a ser transferido para a garrafa de *BOD*, de acordo com a faixa de O_2/l esperada (Tabela 4).

Tabela 4 – Especificação dos valores de amostra utilizados na quantificação de DBO pelo método respirométrico, segundo as faixas estimadas de DBO.

<i>Scale</i>	<i>Volume of sample</i>
A: 0 + 1000 $\text{mg O}_2/\text{l}$	100 ml
B: 0 + 600 $\text{mg O}_2/\text{l}$	150 ml
C: 0 + 250 $\text{mg O}_2/\text{l}$	250 ml
D: 0 + 90 $\text{mg O}_2/\text{l}$	400 ml

Fonte: *Operational Manual VELP Scientifica BOD Sensor System*, p 15.

Foi estimado a escala C (0 + 250 $\text{mg O}_2/\text{l}$) para as amostras dos ribeirões Cambé e Taquara, logo o volume de amostra adicionado nos frascos âmbar foi de 250 ml para cada ponto. Nos reservatórios de borracha que se encaixam na boca de cada frasco âmbar, foram adicionados grânulos de NaOH . Os frascos foram fechados com o sensor *BOD*, e as teclas A-B foram pressionadas para iniciar a medição. Todos os frascos foram incubados por cinco dias a uma temperatura controlada de 20°C . As concentrações finais de DBO_5 foram obtidas após cinco dias no leitor dos sensores de *BOD*, dadas em mg/l .

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 CLASSIFICAÇÃO DAS IMAGENS

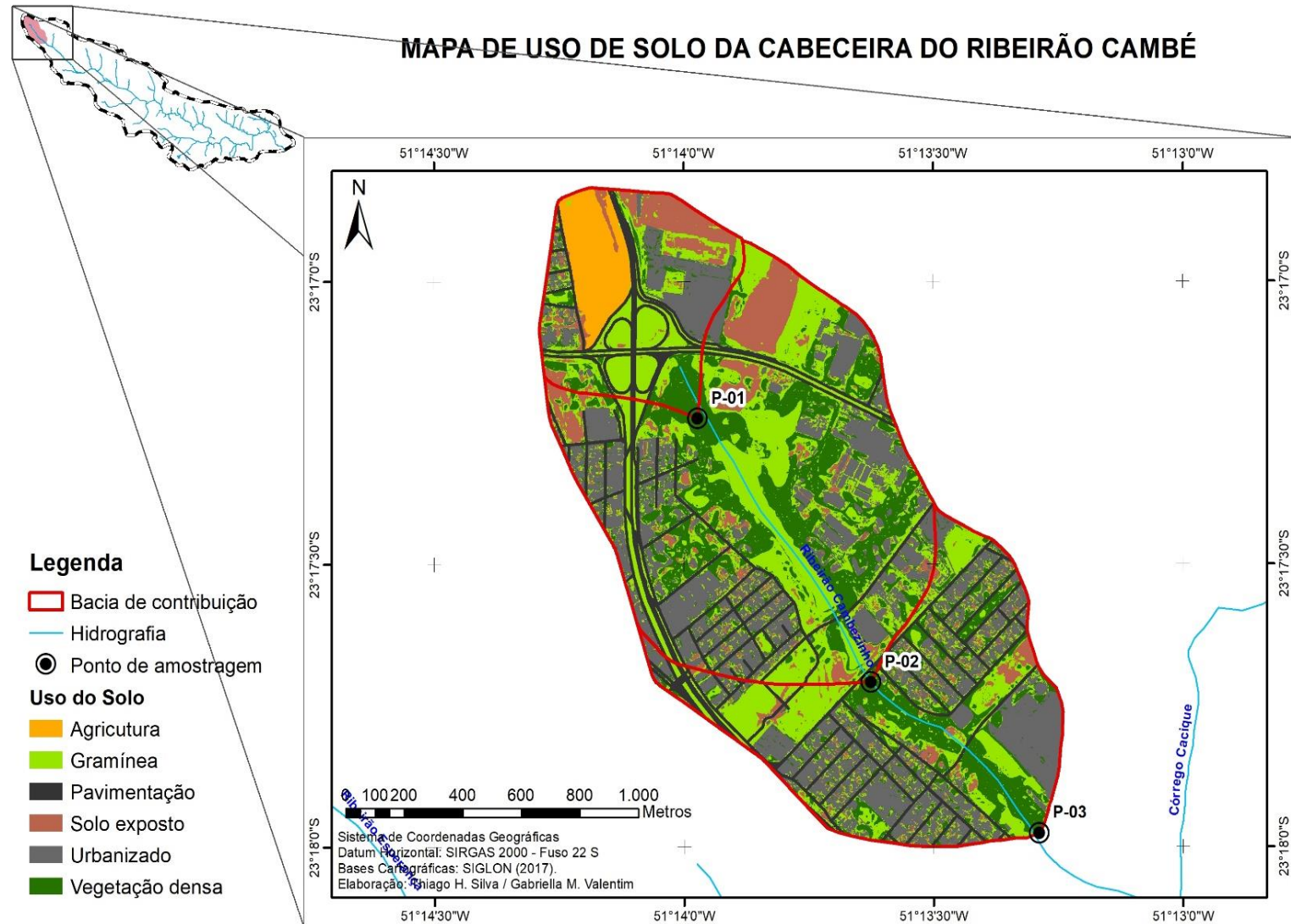
Os mapas de uso e ocupação do solo dos pontos estudados do ribeirão Taquara e Cambé estão apresentados nas Figuras 11 e 12, respectivamente. Nos mapas temáticos as áreas cobertas por gramíneas estão representadas na cor verde claro, a cobertura mais densa está assinalada de verde escuro, áreas com pavimento e com solo impermeabilizado pelas construções estão em cinza e destacam os locais urbanizados, a coloração alaranjada corresponde as áreas agricultáveis, as porções de solo exposto foram coloridas de marrom. O curso hidrográfico se diferenciou pelo azul claro, e os pontos de coleta foram demarcados com um círculo preto. Cada círculo preto foi considerado um exutório, e as áreas de contribuição para esses pontos foram delimitadas pela cor vermelha. Nos mapas construídos é possível verificar onde os pontos de amostragem se localizam na bacia hidrográfica, e percebe-se que estão na cabeceira dos ribeirões. Os percentuais de cobertura para cada classe de uso e ocupação está descrito na Tabela 5.

Tabela 5 - Porcentuais de distribuição do uso e cobertura do solo das bacias hidrográficas classificadas.

Classes	Ribeirão Cambé (m²)	% de cobertura em m²	Ribeirão Taquara (m²)	% de cobertura em m²
Agricultura	76397,25	3,22	5597637,25	33,26
Vegetação densa	473575,07	20,01	3737387,19	22,20
Solo exposto	225912,56	9,54	3514270,42	20,88
Gramíneas	632768,73	26,73	3767326,16	22,39
Urbanizado	677616,07	28,63	211440,97	1,26
Pavimentação	280369,05	11,84	0	0
Área total da bacia	2366638,73	100	16828061,99	100

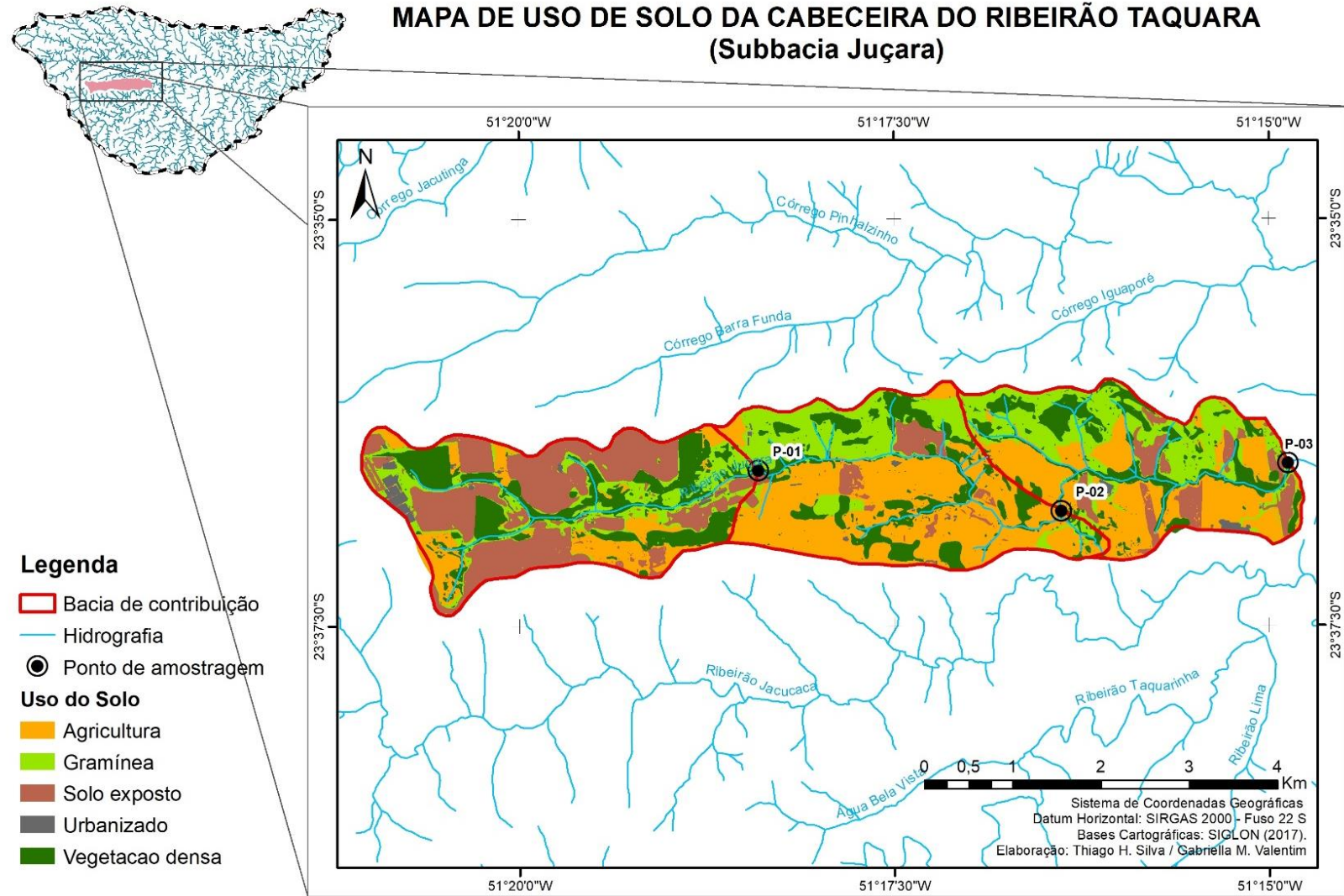
Fonte: Elaborado pela autora

Figura 11 – Mapa de uso do solo da cabeceira do Ribeirão Cambé



Fonte: Elaborado pela autora e por Thiago Henrique Silva

Figura 12 - Mapa de uso de solo da cabeceira do Ribeirão Taquara (Subbacia Juçara)



Fonte: Elaborado pela autora e por Thiago Henrique Silva

Para o Ribeirão Cambé (Figura 11) a área percentual das classes agricultura, vegetação densa, solo exposto, gramíneas, urbanização, e pavimentação foram 3,22%, 20,01%, 9,54%, 26,73%, 28,63%, e 11, 84%, respectivamente. Destaca-se a predominância das áreas urbanizadas na ocupação do solo local, somando 40,47% do total da área sob análise. O segundo tipo de cobertura mais presente são as áreas de gramíneas, com 26,73%, que contornam grande parte do curso do ribeirão depois do ponto de coleta 01, e também contornam as áreas pavimentadas principalmente a rodovia, revelando os canteiros de grama e gramíneas sempre presente nessas obras, e em algumas áreas de pastagem que ainda não foram ocupadas pela construção civil. Principalmente no ponto 01, que é a nascente do curso d'água, destaca-se a vegetação densa ainda presente no seu entorno, os pontos 02 e 03 seguem com menor área de vegetação densa preservada em sua circunvizinhança, sendo já bastante suprimidas devido ao avanço da mancha urbana.

No mapa desenvolvido para o ribeirão Taquara (Figura 12) os percentuais de cobertura para as classes analisadas, em relação a área total sob estudo, foram respectivamente para a agricultura, vegetação densa, solo exposto, gramíneas, urbanização, e pavimentação, 33,26%, 22,20%, 20,88%, 22,39%, 1,26%, e 0%. A maior cobertura destina-se a agricultura, sendo essa a atividade de maior impacto para o local. A porcentagem de solo exposto encontrada deve-se ao pousio ou a culturas recém-plantadas, contribuindo para definir a área como rural. O restante da área estudada do ribeirão Taquara divide-se entre vegetação densa e gramíneas, sendo que a pecuária está presente em algumas áreas de gramíneas. A vegetação densa é esparsa não tem uma continuidade de recobrimento na margem do rio, e já foi bastante suprimida pelas áreas agricultáveis neste caso. Os aglomerados de vegetação densa mais notáveis na imagem são de florestas de exploração.

6.2 ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA

O resumo dos nove parâmetros analisados nos seis pontos de coleta, necessários para o cálculo do IQA, estão dispostos na Tabela 6. Os resultados das análises do IQA refletem as condições dos rios no momento exato em que foram feitas

as coletas, assim os parâmetros podem variar ao longo do dia, e com as condições climáticas diferenciando os resultados.

Tabela 6 - Resumo dos nove parâmetros analisados para o cálculo do IQA

Ponto de Amostragem	OD (mg/L)	T (°C)	Coliforme termo tolerantes (UFC/100ml)	pH	DBO (mg/L)	Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	Fósforo Total (mg/L)	Turbidez (NTU)	Sólidos Totais (mg/L)
Cambé P1	21,9	18,2	835	6,6	14	1,15	0,01	3,94	40
Cambé P2	25,93	16,4	555	7,1	5	1,6	0,03	7,5	20
Cambé P3	24,9	17,5	2.880,00	7,5	7	1,47	0,03	24,37	60
Taquara P1	19,2	16,8	285	7,4	10	1,48	0,01	13,47	70
Taquara P2	40,5	16,2	423,33	7,3	1	1,12	0,06	28,33	50
Taquara P3	16,5	16,9	816,67	7,3	9	1,86	0,04	8,52	50

Fonte: Autora

Os resultados obtidos para o IQA no software Qualigraf, estão dispostos na Tabela 7.

Tabela 7 -Índice de Qualidade da água dos seis pontos amostrados para às áreas selecionadas.

Ponto de Amostragem	IQA CETESB	Nível de Qualidade
Cambé P1	64	RAZOÁVEL
Cambé P2	63	RAZOÁVEL
Cambé P3	59	RAZOÁVEL
Taquara P1	67	RAZOÁVEL
Taquara P2	65	RAZOÁVEL
Taquara P3	64	RAZOÁVEL

Fonte: Autora

Observou-se que os índices calculados para todos os pontos amostrados ficaram entre o intervalo de 59 a 670, classificado pela CETESB como uma água de qualidade razoável. Os valores do trecho analisado do Ribeirão Cambé variaram de 59 a 64, e o IQA para o trecho analisado do Ribeirão Taquara ficou entre 64 e 67. A melhor pontuação foi a do ponto 1 do Ribeirão Taquara.

Em relação ao maior grau de urbanização observado no entorno do Ribeirão Cambé, esperava-se um índice ruim da qualidade da água para este Ribeirão, já que ele sofre maiores interferências antrópicas do que o Taquara, como despejos de efluentes, acúmulo de lixo, contato com esgoto doméstico, e baixa densidade de vegetação em suas margens, aumentando assim os índices de coliformes, sólidos, turbidez DBO, e diminuindo o oxigênio dissolvido nas águas, no entanto, após os cálculos percebeu-se que essas variáveis não alteraram a qualidade final da água determinada pelo índice da CETESB.

Cunha et al (2013) destaca que análises isoladas das variáveis que compõe o IQA, não são suficientes para determinar a qualidade da água, pois as oscilações das variáveis se compensam umas às outras, mantendo o valor do índice relativamente estável, em um mesmo patamar. Essa estabilidade do índice acaba mascarando flutuações importantes das variáveis no ambiente.

Lopes et al (2008) também chama a atenção para o fato de que os parâmetros do IQA afetam apenas as propriedades organolépticas, o equilíbrio ecológico, e os riscos sanitários imediatos. O autor explica que mesmo que a qualidade da água seja enquadrada na faixa ótima do índice, podem haver concentrações de substâncias tóxicas à biota como hidrocarbonetos e metais pesados, e até mesmo contaminantes como os defensivos agrícolas, e que devem ser considerados, já que em altas concentrações podem causar danos à saúde e bem-estar dos seres vivos.

Por isso, vale a pena avaliar e monitorar as variáveis isoladamente, além de incluir outros parâmetros para classificar a qualidade de um corpo hídrico, ademais existem valores comparativos na legislação ambiental vigente que possibilitam uma avaliação mais minuciosa de cada variável envolvida.

6.3 PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS

Observando alguns parâmetros isolados, percebe-se que variaram no entorno dos pontos analisados de acordo com algumas características. Corpos hídricos sob influência de áreas urbanas apresentam diferenças nos valores de condutividade elétrica, alcalinidade, oxigênio dissolvido, nutrientes, carga orgânica e de outras variáveis, se comparado com um ambiente mais preservado, como pode-se verificar num estudo feito por Souza (2015). Isso ocorre de acordo com os autores, devido a despejos clandestinos de esgotos, e despejos irregulares de resíduos sólidos de todo o tipo, além disso, margens desprotegidas por vegetação facilitam a entrada de poluentes.

Em paisagens rurais o estudo cita que sedimentos, compostos fosfatados e nitrogenados de fertilizantes e defensivos agrícolas, coliformes de fezes animais, restos de colheita, e outras fontes de matéria orgânica também podem impactar o corpo hídrico inserido em área rural. Entretanto as atividades agrícolas, apesar de impactantes, exercem menor alteração no ambiente, em relação àquela promovida pelas áreas urbanas (TERNUS et al, 2011).

Alguns estudos levam a acreditar que a bacia do ribeirão Cambé tende a ter um menor grau de qualidade da água, por estar inserida em área urbana, e sofrer intensos processos de modificação devido à expansão da cidade, do comércio, crescimento da população, e ocupação do solo, e também a acentuada diminuição de áreas de preservação permanente. Os processos de ocupação urbana, e remoção de áreas de preservação permanente são menos intensos na área rural do ribeirão Taquara, presumindo-se que a qualidade da água deste trecho apresenta maior nível de qualidade. No entanto também é verdade que a expansão agrícola e da pecuária, além das erosões e contaminantes advindos dos defensivos, podem acarretar mudanças e diminuir o nível de qualidade esperado.

Os parâmetros limnológicos obtidos para o ribeirão Taquara e Cambé, estão apresentados na Tabela 8, com as médias calculadas e seus respectivos desvios-padrões.

Tabela 8 - Média e desvio padrão dos resultados obtidos para os parâmetros limnológicos de cada ponto amostrado nos ribeirões

	Temperatura (°C)	Turbidez (NTU)	pH	Oxigênio dissolvido (%)	Condutividade Elétrica (µS/cm)
Cambé					
Ponto 1	18,17 ± 0,11	3,94 ± 2,47	6,57 ± 0,03	21,90 ± 9,53	80,0 ± 5,29
Ponto 2	16,37 ± 0,41	7,50 ± 1,33	7,08 ± 1,08E-15	25,93 ± 1,52	69,67 ± 2,08
Ponto 3	17,50 ± 0,26	24,37 ± 2,47	7,46 ± 1,18	24,90 ± 0,85	86,00 ± 1,73
Taquara					
Ponto 1	16,80 ± 0,72	13,47 ± 0,11	7,36 ± 0,03	19,20 ± 0,17	160,67 ± 2,08
Ponto 2	16,20 ± 0,70	28,33 ± 1,45	7,32 ± 0,07	40,50 ± 21,85	154,33 ± 82,61
Ponto 3	16,90 ± 0,50	8,52 ± 0,87	7,28 ± 0,08	16,50 ± 0,26	199,67 ± 2,08

Fonte: Autora

A Demanda Bioquímica de Oxigênio, as quantidades de Sólidos Totais, Fósforo, Coliformes termo tolerantes, e de Nitrogênio Amoniacal, que foram aferidos em laboratório estão dispostos na Tabela 9.

Tabela 9 – Resultados obtidos em laboratório para os pontos amostrados nos ribeirões

	DBO (mg/L)	Sólidos Totais (mg/L)	Fósforo (mg/L)	Coliforme termo tolerantes (UFC/100ml)	Nitrogênio Amoniacal (mg/L)
Cambé					
Ponto 1	14,00	40,00	-0,03 ¹ ± 0,03	835,00 ± 91,92	1,15 ± 0,33
Ponto 2	5,00	20,00	0,03 ± 0,05	555,00 ± 49,49	1,60 ± 0,40
Ponto 3	7,00	60,00	0,03 ± 0,06	2880,00 ± 0,00	1,47 ± 0,56
Taquara					
Ponto 1	10,00	70,00	-0,01 ¹ ± 0,05	285,00 ± 190,00	1,48 ± 0,50
Ponto 2	1,00	50,00	0,06 ± 0,15	423,33 ± 315,33	1,12 ± 0,08
Ponto 3	9,00	50,00	0,04 ± 0,09	816,67 ± 176,72	1,86 ± 0,58

Fonte: Autora

¹. Os valores negativos indicam que não foi detectado fósforo para essa amostra.

Em relação ao parâmetro temperatura, percebe-se que ambos os ambientes lóticos apresentam valores próximos. Mesmo o trecho do Ribeirão Cambé em que há a presença de muitos resíduos sólidos, e traços de efluentes clandestinos não foi verificada grande variação da temperatura. De acordo com Lopes (2007), águas que não estão sujeitas a fontes de poluição térmica, variam pouco de temperatura, e seguem o período climático predominante. Em agosto, período em que as coletas de amostras de água

foram tomadas, a temperatura média do mês foi de 20°C segundo o INMET (2017), na manhã da amostragem a temperatura ficou entre 17°C e 20°C.

A condutividade elétrica das amostras do ribeirão Cambé variou de 70 a 86 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e do Taquara de 160 a 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Diferente do encontrado por Marcussi (2016), que para as subbacias com maior impermeabilização do solo as médias de condutividade foram maiores. A condutividade elétrica está associada à quantidade de sais e íons dissolvidos na coluna d'água (Jardim, 2011), assim quanto mais sais e íons maior a capacidade de conduzir corrente, por isso esse parâmetro pode ser um indicativo da contaminação por descargas de efluentes, e quaisquer outros resíduos acumulados ou carregados para a corpo hídrico.

Assim valores maiores de condutividade seriam esperados para o ribeirão Cambé que é um ambiente mais impermeabilizado, com moradias, indústrias, e estradas ao redor, e, portanto, com maior susceptibilidade ao escoamento superficial. Em geral, níveis superiores a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ indicam ambientes impactados (CETESB, 2016), desta maneira infere-se que os níveis maiores íons presentes no Taquara podem estar associados às erosões presentes no local, e a alta porcentagem de solo exposto ao redor e que tornam mais fáceis os carregamentos de materiais para o leito do rio, e ainda à alguma descarga pontual de efluente, dejetos animais, ou fossas. Poderiam ser necessários mais pontos de amostragem para comparar os níveis de condutividade entre os dois ribeirões, a fim de correlacionar uma significativa mudança de comportamento das variáveis.

Em termos da Resolução Conama 357 (BRASIL, 2005) as concentrações de sólidos dissolvidos e turbidez estão abaixo dos valores máximos permitidos. Para águas doces de classe 1 o valor máximo permitido para sólidos é de 500 mg/L e de 40 NTU para a turbidez. Analisando os dados de turbidez nota-se que os valores são maiores para o Taquara, assim sendo também em termos de sólidos dissolvidos. Esperava-se encontrar valores maiores desses parâmetros para a subbacia urbana, no entanto o aumento de sólidos e da turbidez da água pode estar relacionado também com o aumento de erosão nas bacias hidrográficas (LOPES, 2007). Nas proximidades dos pontos amostrados foram observados vários trechos com erosão além de laminar, também sob a forma de sulcos, no dia da coleta. Os menores valores de turbidez e sólidos totais no

corpo hídrico sob influência urbana, podem ter sido influenciados pela sedimentação de parte do material em suspensão mais rapidamente por conta da menor profundidade do ribeirão, que já está sob processo de assoreamento. Não houve influência da chuva nos resultados obtidos, já que no período antecedente às coletas não choveu.

A concentração de Oxigênio Dissolvido em um ambiente lótico é muito importante, os fatores que podem reduzir a concentração de OD dizem respeito à presença de matéria orgânica e nutrientes, principalmente nitrogênio amoniacal, uma vez que os organismos aeróbios presentes degradam esses compostos, consumindo oxigênio presente no meio (SCHNEIDER, 2011). Atrelado a este parâmetro sabe-se que quanto maior a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), menor será a disponibilidade OD no meio, já que a DBO indica o consumo de oxigênio necessário para oxidar a matéria orgânica biodegradável. Quanto menor for a disponibilidade de OD pior será para a fauna e a flora presentes. Desse modo, um ambiente equilibrado tem baixos valores de consumo de oxigênio (DBO) e altos teores de OD. Examinando a Tabela 6 verifica-se que os valores de OD para o ribeirão Cambé são maiores que para o Taquara exceto no ponto 2, e que os valores de DBO não seguem um padrão, sendo sempre maiores nos pontos 1 de cada ribeirão. Provavelmente não haja neste trecho do ribeirão Cambé nenhuma alteração na quantidade de material orgânico nem de nutrientes que estão chegando até o corpo hídrico, e que fariam diminuir os índices de OD. No ponto 2 do ribeirão Taquara o valor alto de OD pode estar relacionado com a colheita de grãos que estava ocorrendo nas proximidades no dia da coleta, e também com o sulco de erosão observado no mesmo local. Jardim (2004) cita que ambientes aquáticos não poluídos têm valores de DBO de até 2 mg/L, enquanto os sujeitos às descargas de efluentes apresentam valores entre 10 mg.L⁻¹ e 600 mg.L⁻¹, ainda os valores de DBO são reduzidos em áreas de menor influência antrópica, aumentando em áreas onde há predominância de atividades industriais ou que estejam próximas a centros urbanos. Devido aos valores de DBO não apresentarem um padrão infere-se que a metodologia utilizada não foi satisfatória.

As variações de pH foram pequenas para os dois ribeirões ficando entre 6,6 e 7,5, e obedecendo o padrão estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/05 para os

corpos hídricos. Além disso segundo Maier (1987) as águas dos rios brasileiros apresentam pH com tendência neutra a ácida, conforme o verificado.

Os nutrientes nitrogênio e fósforo são necessários no ambiente aquático, pois servem de alimento para organismos e para manter o equilíbrio químico do meio, no entanto em grande quantidade também podem ser os maiores responsáveis pela eutrofização de um sistema lótico. A concentração máxima estabelecida pela Resolução CONAMA nº 357/05 para o fósforo total é de 0,1 mg/L, e para o nitrogênio amoniacal varia de 3,7 mg/L a 13,3 mg/L em pH neutro. Assim, pode-se afirmar que as concentrações de fósforo para os pontos amostrados não parecem exceder o limite máximo permitido de 0,1 mg/L para nenhum dos trechos. Os valores de nitrogênio amoniacal também estão bem abaixo das faixas de classificação determinadas pela legislação. Testes de nitrogênio total, nitrato e nitrito poderiam ser aplicados para acurar os resultados e permitir identificar possíveis fontes de poluição mais distantes ou mais próximas.

Os resultados apresentados na Tabela 9 para coliforme termo tolerantes, indicam que para o ribeirão Cambé as quantidades encontradas foram maiores, chegando no ponto de amostragem 3 a 2.880 unidades formadoras de colônias por 100 ml, e a 816 unidades formadoras de colônias por 100 ml também no ponto 3 do ribeirão Taquara. Esses valores podem indicar poluição por esgotamentos domésticos, ou por fezes de animais. Segundo a Resolução CONAMA nº 357/05, para águas doces classe 1, classe 2 e classe 3 os limites são de no máximo 200, 1000, e 2500 coliforme termo tolerantes por 100 ml em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. Dessa forma analisando apenas uma coleta infere-se que os coliformes estão acima dos limites permitidos para águas de classe 1 em todos os pontos de amostragem para os dois ribeirões, e para o enquadramento nas classes 2 e 3, o ponto 3 do Cambé está acima dos valores máximos permitidos, no entanto como a legislação específica, faz-se necessário realizar pelo menos 6 amostragens durante o período de um ano, com frequência bimestral para que os resultados possam ser expressivos e apropriados pra a comparação com a legislação vigente.

7 CONCLUSÃO

Este estudo foi proposto com o objetivo de avaliar a qualidade da água de trechos de dois rios por meio de investigação *in loco*, em laboratório, e análise de imagens de satélite. Através do geoprocessamento foi determinado o uso e ocupação do solo para cada sub bacia de contribuição dos pontos amostrais escolhidos.

A partir da classificação das imagens, o trecho do ribeirão Cambé apresentou a maior porcentagem de sua área coberta pela mancha urbanizada que do ribeirão Taquara, que por sua vez está sob maior influência da agricultura, pastagens e solo expostos por pousio ou cultura recém-plantada, resultado esse esperado, uma vez que se tratava de áreas pré-selecionadas de acordo com as premissas desenvolvidas para esse estudo.

Não foi encontrado um padrão de variação dos parâmetros analisados relacionado com o nível de urbanização de cada um dos ribeirões, como outros estudos conseguiram estabelecer, embora a pontuação atribuída pelo cálculo do IQA tenha sido semelhante

Aumentar o número de amostragens e a periodicidade de coletas propiciariam melhor acurácia de resultados, melhor padronização de resultados, e identificação de falhas de coletas e análises, além disso, melhoraria a percepção das variações ao longo do tempo, com a influência do clima, e relacionadas as atividades do entorno dos trechos.

Ainda, a inclusão de outros parâmetros como série nitrogenada, substâncias tóxicas e metais, óleos e graxas, como descritos na CONAMA 357/05, poderiam assinalar resultados mais significativos para a qualidade da água. Outra forma de aprimorar os resultados para a qualidade da água desses trechos seria aplicar metodologias mais minuciosas conferindo aos dados maior precisão.

Assim sendo, este trabalho pode contribuir e incentivar outros acadêmicos a continuarem o estudo sobre a qualidade das águas dos ribeirões município de Londrina, e com isso tornar a investigação teórica em aplicação prática, dando ao município ferramentas de gestão, e subsídio para implementação de políticas públicas ou privadas de preservação e recuperação de recursos hídricos e áreas degradadas.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Jaqueline Colvara de. **Avaliação do Índice de Qualidade da Água na lagoa dos Patos**. 2013. 51f. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 20^a ed. 1998.

BARROS, M. V. F. B.; BARROS, O. N.; POLIDORO, M.; PEREIRA, A.C F. **Atlas Digital da Região Metropolitana de Londrina**. ISBN: 9788598054100. Publicação on line. Grupo IMAP&P – Imagens, Paisagens e Personagens. Universidade Estadual de Londrina, 2011.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais. **Gestão dos recursos Naturais: subsídios à elaboração da Agenda 21 brasileira**. Brasília, 2000.

BRASIL, **Resolução CONAMA nº 357**, de 17 de março de 2005. Classificação de águas doces, salobras e salinas do Território Nacional. Publicado no DOU.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011.

CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu. Introdução. In: CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu; MONTEIRO, Antonio Miguel Vieira (Org.). **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001, p. 2-1.

CARNEIRO, D. C. **Uso de sensoriamento remoto como ferramenta para estimar características dendométricas de um povoamento de *Pinus taeda* L 2015**. Trabalho de Conclusão de Curso. (Bacharelado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Curitibanos, 2015.

CETESB, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. **Índice de Qualidade das Águas**. São Paulo: CETESB, 2013.

CETESB, Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. **Relatório de Qualidade das águas Interiores do Estado de São Paulo, 2016. Apêndice E.** Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas de Amostragem. São Paulo: CETESB, 2016.

CETESB. Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. **Apêndice E Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas e de Amostragem.** São Paulo: CETESB, 2016.

CETESB. Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. **Relatório de qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo – 2014.** São Paulo: CETESB, 2014.

CUNHA, RAQUEL W. et al. **Qualidade de água de uma lagoa rasa em meio rural no sul do Brasil.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.17, n.7, p.770-779, 2013 Campina Grande. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v17n7/a12v17n7.pdf>> Acesso em: 02 de Agosto de 2017

EATON, Andrew et al. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.** AWWA, 2005.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Brasília: SPI, 2001.

EMBRAPA. **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química da água.** Colombo, PR. Agosto, 2011.

MÖBUS, G., 2017 - **QUALIGRAF** – Software para auxiliar na análise e interpretação gráfica de dados hidroquímicos. Disponível para download gratuito em <http://www.funceme.br/DEHID/qualigraf/index.htm>

GUIMARÃES, D, P., LANDAU, E, C. SOUSA, D, L. **Mosaico de imagens Landsat 8 dos estados brasileiros.** Embrapa Milho e Sorgo ISSN 1518- 4277; 186. Sete Lagoas, 2015.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades. **Censo Demográfico.** 2010. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=411370&idtema=1&search=parana|londrina|censo-demografico-2010>>. Acesso em 15 de março de 2017.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia. Estações e Dados.** INMET, Brasília, 2017. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acesso em 05 de setembro de 2017.

JARDIM, B, F, M. **Variação dos parâmetros físicos e químicos das águas superficiais da bacia do rio das Velhas-MG e sua associação com as florações de cianobactérias.** Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente, e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, 2011.

KARMANN, I. Águas subterrâneas. In: TEIXEIRA, W.; MOTTA, T, M.C.; FAIRCHILD, T, R.; TAIOLI, F. (Ed). **Decifrando a Terra.** São Paulo: Oficina de textos, 2000, p. 113-138.

LANDSAT 8. **Landsat Science.** Disponível em <<https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-data-continuity-mission/>>. Acesso em 20 de julho de 2017.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água.** Campinas: Átomo, 2005.

LONDRINA, Prefeitura Municipal. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Londrina. Diagnóstico 2008/2009.** Prefeitura do Município de Londrina. Elaboração: DRZ Geotecnologia e Consultoria.

LOPES, F. B.; Teixeira, A. S.; Andrade, E. M.; Aquino, D. N.; Araújo, L. F. P. **Mapa da qualidade das águas do rio Acaraú, pelo emprego do IQA e geoprocessamento.** Revista Ciência Agrônômica, v.39, p.392-402,2008.

LOPES, F. W. A. **Avaliação da qualidade das águas e condições de balneabilidade na bacia do ribeirão Carrancas – MG.** Tese (Mestrado em Engenharia Florestal, área de concentração em Manejo Ambiental). Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, Minas Gerais, 2007.

MAIER, M. H. **Ecologia da bacia do rio Jacaré-Pepira. Qualidade do rio principal.** Ciência e Cultura. v. 39, n. 2, p 164-185, 1987.

MARCUCCI; Cristian Roberto. **Estrutura das assembleias de peixes de trechos de riachos submetidos a diferentes graus de urbanização na região de Londrina-PR.**

2016. 48 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2016.

MINERAIS DO PARANÁ/ÉRIOS DO PARANÁ S.A. S.A (MINEROPAR) **Atlas geológico do estado Paraná. Mapa geológico do Estado do Paraná.** Curitiba, 2011.

NOVO, Evelyn M. L. de Moraes. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações.** 3ª ed. São Paulo: Blucher, 2008.

NURENE – Núcleo Regional Nordeste. **Esgotamento sanitário: processos de tratamento e reuso de esgotos: guia do profissional em treinamento: nível 2 / Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org).** – Salvador: ReCESA, 2008.

SCHNEIDER, R. M., FREIRE, R., COSSICH, E. S., et al. **Estudo da influência do uso e ocupação de solo na qualidade da água de dois córregos da Bacia Hidrográfica do rio Pirapó.** Acta Scientiarum. Technology. Maringá, v.33, n3, p. 295-303, 2011.

SOUZA, A, D, G., SOUZA, A, H. **A influência da área urbana sobre a qualidade da água na bacia hidrográfica do Ribeirão dos Poços – Poços de Caldas, MG.** HOLOS Environment, v. 15, n. 2, p. 139, 2015.

TEIXEIRA, W.; Fairchild, T.R.; Toledo, M.C.; Taioli, F. ed. **Decifrando a Terra** (capítulo 7). São Paulo-SP. p.189-190, 2010.

TERNUS, R.Z.; SOUZA-FRANCO, G.M.; ANSELMINI, M.E.K.; MOCELLIN, D.J.C.; DAL MAGRO, J. **Influence of urbanization on water quality in the basin of the upper Uruguay River in western Santa Catarina, Brazil.** Acta Limnologica Brasiliensia. Vol. 23, n. 2, p. 189-199. 2011.

USGS. **Science for a Changing World.** Disponível em: [https:// earthexplorer.usgs.gov/](https://earthexplorer.usgs.gov/). Acesso em: 26 de julho de 2017.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos.** Vol 1. Belo Horizonte: DESA-UFMG, 2005.

YABE, M, J, S., OLIVEIRA, E. **Metais pesados em águas superficiais como estratégia de caracterização de bacias hidrográficas.** Química nova. V 21. Nº 5, 1998 – Categoria: Artigo Completo.