UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Presidente Prudente

CAROLINA ALTAVINI DE ABREU

APLICAÇÃO DE TEORIAS ECOLÓGICAS SOBRE CÓRREGOS: UMA INVESTIGAÇÃO LIMNOLÓGICA EM CANAIS FLUVIAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DO LIMOEIRO, MUNICÍPIO DE PRESIDENTE PRUDENTE/SP

Presidente Prudente

2017

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Presidente Prudente

CAROLINA ALTAVINI DE ABREU

APLICAÇÃO DE TEORIAS ECOLÓGICAS SOBRE CÓRREGOS: UMA INVESTIGAÇÃO LIMNOLÓGICA EM CANAIS FLUVIAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DO LIMOEIRO, MUNICÍPIO DE PRESIDENTE PRUDENTE/SP

Trabalho de Graduação apresentado junto ao curso de graduação em Engenharia Ambiental da Faculdade de Ciências e Tecnologia – UNESP – Campus de Presidente Prudente, como um dos requisitos para a obtenção do título de Engenheira Ambiental, sob a orientação da Profª Dra. Renata Ribeiro de Araújo.

Presidente Prudente

2017

FICHA CATALOGRÁFICA

Abreu, Carolina Altavini.
A145a Aplicação de teorias ecológicas sobre córregos : uma investigação limnológica em canais fluviais da Bacia Hidrográfica do córrego do Limoeiro, município de Presidente Prudente / Carolina Altavini de Abreu. - Presidente Prudente : [s.n], 2016
60 f. : il.

Orientador: Renata Ribeiro de Araújo
Trabalho de conclusão (bacharelado – Engenharia Ambiental) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia
Inclui bibliografia

1. Córrego do Limoeiro. 2. Monitoramento Limnológico. 3. Uso e cobertura da Terra. I. Araújo, Renata Ribeiro de. II. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências e Tecnologia. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Presidente Prudente

TERMO DE APROVAÇÃO

Carolina Altavini de Abreu

"Aplicação de Teorias Ecológicas sobre córregos: uma investigação limnológica em canais fluviais da Bacia Hidrográfica do córrego do Limoeiro, município de Presidente Prudente/SP"

Trabalho de graduação aprovado como um dos requisitos parciais para a obtenção do título de Engenheiro Ambiental da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – Faculdade de Ciências e Tecnologia, *campus* de Presidente Prudente – SP, pela seguinte banca examinadora:

Renata Ribeiro

Profa. Dra. Renata Ribeiro de Araújo (Orientadora)

Maria Cristina Rizk

Profa. Dra. Maria Cristina Rizk

Rosane Freire Boina

Profa. Dra. Rosane Freire Boina

Presidente Prudente, 17 de março de 2017.

Faculdade de Ciências e Tecnologia
Coordenação do Curso de Engenharia Ambiental
Rua Roberto Simonsen, 305 CEP 19060-900 Presidente Prudente SP
Tel 18 3229-5423

Agradecimentos

Agradeço à professora Renata pela oportunidade de realizar essa pesquisa, por ter confiado e dado suporte às minhas iniciativas e por todo conhecimento que compartilhou comigo ao longo destes quatro anos.

Agradeço à minha família – mãe, pai, Marlon e Melina – pelo incentivo e apoio, vocês que possibilitaram que eu chegasse aqui hoje. Ao Cláudio por toda ajuda, companhia (nos trabalhos de campo, laboratórios e relatórios) e paciência na pré-correção de todas as versões deste trabalho. E a todos os amigos que me ajudaram nas atividades laboratoriais e me acompanharam nos trabalhos de campo.

À professora Rosane, pelas ideias e ajudas durante a realização deste trabalho. À FAPESP, responsável pelo financiamento desta pesquisa.

E, por fim, agradeço à Deus por ter colocado todas essas pessoas na minha vida.

RESUMO

As principais teorias ecológicas utilizadas nesse trabalho são o Conceito de Continuidade dos Rios e o Conceito de Imparidade com o Descontínuo fluvial, o trabalho busca testa-las e foi desenvolvido em três etapas: investigação do Descontínuo Fluvial no alto da Bacia do córrego do Limoeiro, estudo da influência do uso e cobertura da terra sobre a qualidade da água e análise do Estado Trófico e balneabilidade do Balneário da Amizade, município de Presidente Prudente/SP. Foi realizado o monitoramento de variáveis limnológicas, em campo: oxigênio dissolvido (OD), pH, condutividade elétrica (CE), nitrato (N-NO3), temperatura da água (T) e turbidez (Turb), todas mensuradas através de uma multisonda paramétrica da marca Hanna Modelo HI9829, e a vazão das seções. E, em protocolos laboratoriais: clorofila *a* , material em suspensão total, fósforo dissolvido, fósforo reativo solúvel, fósforo total e *Escherichia coli* presente nas amostras. Para análise do Descontínuo fluvial, os resultados do monitoramento foram tabulados e aplicou-se a análise de componentes principais (ACP) diminuindo a dimensionalidade dos dados, promovendo a análise espacial. Para o estudo da influência do uso e cobertura da terra sobre a qualidade da água foi delimitada a rede de drenagem do alto da bacia hidrográfica do córrego do Limoeiro, por meio da utilização de bases cartográficas e confeccionado um mapa de uso e cobertura da terra da área estudada. Em estudo posterior foi realizada comparação entre a carta de uso e cobertura da terra e a qualidade da água. E foi feita a determinação do Índices de Estado Trófico e de balneabilidade do Balneário da Amizade. Os resultados obtidos confirmaram a ocorrência de um Descontínuo Fluvial no Córrego do Limoeiro pela ação de seu afluente, o Córrego do Veado. Os resultados demonstraram uma deterioração dos córregos pressionados pela malha urbana e pela presença de pastagens. Evidenciaram também o impacto do represamento sobre a qualidade da água do Córrego do Limoeiro. Além disso, revelam uma balneabilidade satisfatória e uma Hipertrofia no balneário.

Palavras-chave: córrego do Limoeiro; monitoramento limnológico; uso e cobertura da terra; balneabilidade; estado trófico;

ABSTRACT

The main ecological theories used in this research are The River Continuum Concept and The River Discontinuum Concept , the work seeks to test them and was developed in three stages: investigation of The River Discontinuum in the top of the Limoeiro Stream Basin; study of the influence of land use and coverage on water quality of the Balnepario da Amizade tributaries, and analysis of the Trophic State and balneabilidade of Balneário da Amizade, municipality of Presidente Prudente / SP. The limnological variables monitored in the fieldwork were: dissolved oxygen (OD), pH, electrical conductivity (EC), nitrate (NO3), water temperature (T) and turbidity (Turb), all measured through a multisound Parametric Hanna Model HI9829, and the flow of the sections. And, in laboratory protocols: chlorophyll a, total suspended material, dissolved phosphorus, soluble reactive phosphorus, total phosphorus and Escherichia coli present in the samples. For analysis of the stream discontinuum, the monitoring results were tabulated and the main component analysis (PCA) was applied, decreasing the data dimensionality, promoting spatial analysis. In order to study the influence of land use and land cover on water quality, the drainage network was delimited from the upper part of the Limoeiro stream basin, and using cartographic bases was made a map of land use and land cover of the studied area. In a later study, a comparison was made between the letter of use and land cover and the quality of the water. And the determination of the Index of Trophic State and balneabilidad of the Balneário da Amizade was made. The obtained results confirmed the occurrence of a Stream Discontinuum in the Limoeiro Stream by the action of its tributary, the Veado Stream. The results showed a deterioration of the streams pressed by the urban network and by the presence of pastures. They also showed the impact caused by the damming on the Limoeiro Stream. In addition, they reveal a satisfactory balneabilidad and a Hypertrophy in the Balneário da Amizade.

Key-words: Limoeiro stream; Limnological monitoring; Land use and land cover; Balneability; eutrophication;

Lista de Figuras

Figura 1. Mapa da Área de Estudo do trabalho de graduação. 21
Figura 2. Seções amostrais: primeira seção (S1), córrego do Veado; segunda seção (S2), córrego do Limoeiro e terceira seção (S3), córrego do Limoeiro. 25
Figura 3. Seções amostrais do monitoramento limnológico. 28
Figura 4. Seções amostrais da análise de Balneabilidade e Estado Trófico. 29
Figura 5. Ordenação espacial em função das seções que foram amostradas (tendência espacial). 34
Figura 6. Trecho de encachoeiramento do córrego do Limoeiro à montante da seção 2. 35
Figura 7. Análise de componentes principais, ordenação das seções quanto aos períodos de amostragem. 36
Figura 8. Precipitações locais durante o período de amostragem. As linhas tracejadas indicam os dias em que as coletas foram realizadas. 37
Figura 9. Delimitação da Bacia Hidrográfica do Balneário da Amizade, Presidente Prudente. 39
Figura 10. Mapa de Uso e cobertura da terra na Bacia Hidrográfica do Balneário da Amizade. 40
Figura 11. Foto da Seção de amostragem 1, com presença de Thypha domingensis. 42
Figura 12. Depósito de resíduos sólidos e solo exposto às margens do Córrego do Limoeiro. 43
Figura 13. Precipitação no município de Presidente Prudente durante o período de amostragem. As linhas tracejadas indicam os dias de realização dos trabalhos de campo (23 de fevereiro 19 de outubro de 2015). 44
Figura 14. Curso do Córrego do Limoeiro à jusante do Balneário da Amizade seco, sem fluxo de água. 47

Lista de Tabelas

Tabela 1. Classificação do Estado Trófico para reservatórios segundo o Índice de Carlson Modificado. 30
Tabela 2. Resultados obtidos em campo e em laboratório. Unidades de medida: mg/L é usado para OD, MST, N, FT, FD e Ort; µS/cm para CE; UNT para Turb; m³/s para Q; 31
Tabela 3. Coeficientes de estrutura derivados da análise de componentes principais aplicada aos dados limnológicos. Tais coeficientes expressam as correlações de Pearson entre as variáveis e os componentes principais (CP1, CP2). Os valores maiores que 0,70 (em módulo) estão em negrito, identificando os coeficientes de estrutura mais correlacionados com os componentes principais 1 e 2..... 33
Tabela 4. Área por classe de mapeamento. 41
Tabela 5. Resultados obtidos no monitoramento limnológico nas seções 2, 3 e 4..... 44
Tabela 6. Dados de monitoramento das seções S2 e S5. 48
Tabela 7. Quantidade de Escherichia coli por 100 mililitro. 49
Tabela 8. Concentração de Fósforo Total e Clorofila a média e por seção amostrada. 50
Tabela 9. Índices de Estado Trófico do Balneário da Amizade 50

Sumário

INTRODUÇÃO 10

CAPÍTULO 1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 12

1.1 Teorias Ecológicas em Sistemas Fluviais 12

1.2 Gestão de Recursos Hídricos no Brasil 13

1.3 Monitoramento Limnológico 15

1.4 Uso e cobertura da terra 18

CAPITULO 2. ÁREA DE ESTUDO 20

2.1.1 – Alto da Bacia Hidrográfica do córrego do Limoeiro – confluência com o córrego do Veado 22

2.1.2 – Alto da Bacia Hidrográfica do córrego do Limoeiro – Balneário da Amizade. 23

CAPITULO 3. MATERIAIS E MÉTODOS 25

3.1 Análise do Descontínuo Fluvial do córrego do Limoeiro 25

3.2 Mapeamento do Uso e cobertura da terra 26

3.3 Investigação da Balneabilidade e Determinação do Estado Trófico 29

CAPÍTULO 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES 31

4.1 Análise do Descontínuo Fluvial do Córrego do Limoeiro 31

4.2 Análise da influência do uso e cobertura da terra sobre a qualidade da água 38

4.3 Estudo do Estado Trófico e balneabilidade no Balneário da Amizade 49

CONSIDERAÇÕES FINAIS 52

BIBLIOGRAFIA 53

INTRODUÇÃO

A água é um bem público, um recurso natural limitado e essencial à vida, ao desenvolvimento econômico e bem-estar social, conforme diz a Políticas Nacional dos Recursos Hídricos, Lei Nº 9.433 de 1997, e a Política Estadual de Recursos Hídricos e Nº 7.663 de 1991, respectivamente. Gomes *et al.* (2005) corroboram afirmando que a água é um dos mais importantes recursos naturais, indispensável à vida e para as atividades humanas, como o abastecimento público, industrial e agropecuário. Em contrapartida, é a atividade antrópica a maior fonte de degradação dos corpos d'águas.

As demandas exageradas e o processo de degradação de sua qualidade, que vem crescendo demasiadamente no Brasil desde 1950, são o que desencadeiam o problema da escassez de água potável no país (REBOUÇAS, 1999). O monitoramento de qualidade das águas se insere neste contexto como ferramenta de gestão indispensável para o manejo adequado dos recursos hídricos (MARTINS, 2012). Assim como o estudo de uso e cobertura da terra e os índices e indicadores da qualidade e condições da água são ferramentas que nasceram com o intuito de possibilitar e/ou facilitar a avaliação da qualidade da água. Estas ferramentas podem ser utilizadas para um tipo de uso específico ou para a avaliação de aspectos ambientais, reunindo diversas variáveis de interesse e representando o comportamento médio delas em apenas um número.

Neste contexto, este trabalho aborda importantes teorias ecológicas, assim como conceitos e práticas fundamentais do monitoramento limnológico, estudo do uso e cobertura da terra e aplicação de índices e indicadores no alto da bacia hidrográfica do córrego Limoeiro. Destaca-se que a rede de drenagem do córrego do Limoeiro apresenta pressão antrópica com a expansão urbana dos municípios de Presidente Prudente e Álvares Machado. Assim, são apresentados os principais problemas e conflitos causados pelo aumento da pressão urbana sobre os canais fluviais e o impacto que essa condição provoca sobre a qualidade da água de uma bacia hidrográfica, notadamente no que se refere às interações longitudinais e laterais do corpo d'água.

O alto bacia hidrográfica do córrego do Limoeiro chamou a atenção como objeto de estudo por concentrar, dentro de um perímetro pequeno, diferentes casos de interferência antrópica. Além disso, o córrego do Limoeiro caracteriza-se como um dos mais importantes da região, pois é o principal afluente do Rio Santo Anastácio, rio responsável por trinta por cento do abastecimento da cidade de Presidente Prudente

Assim, o presente trabalho propôs três objetivos principais: i) avaliar a teoria do Descontínuo Fluvial, preconizada por Poole (2002), no córrego do Limoeiro, na confluência

com o córrego do Veado, no município de Presidente Prudente/SP; ii) Avaliar a dimensão conceitual humana (BOON,1992) como uma variável de controle sobre o sistema lótico através da relação entre o uso e cobertura da terra e a qualidade da água dos afluentes do Balneário da Amizade, no município de Presidente Prudente/SP e; iii) analisar se a água do Balneário da Amizade, em Presidente Prudente/SP, encontra-se dentro dos padrões de qualidade para atividades de recreação de contato direto, bem como seu estado trófico.

O trabalho está organizado em capítulos seguindo a ordem estabelecida pela metodologia proposta. No capítulo 1 encontra-se a fundamentação teórica básica para a discussão de temas essenciais para o desenvolvimento desta pesquisa. Os quais relacionam o monitoramento limnológico de bacias hidrográficas, uso e cobertura da terra, legislações ambientais e outros. No capítulo 2 apresenta-se a área de estudo. No capítulo 3 discute-se sobre os procedimentos metodológicos utilizados para a realização dos trabalhos de campo, construção do mapa temático, as etapas do monitoramento limnológico e os procedimentos para a análise da qualidade da água. No capítulo 4 apresenta-se e se discute todos os resultados obtidos através das metodologias propostas. Neste capítulo discute-se a qualidade da água, os principais problemas ambientais presentes na bacia e as legislações atribuídas à área. O capítulo 5 apresenta as considerações finais do trabalho, os resultados gerais obtidose as sugestões para continuidade do trabalho.

CAPÍTULO 1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo discute-se a revisão bibliográfica realizada, pela qual elencou-se os principais critérios para o estudo do alto bacia hidrográfica do Córrego do Limoeiro. Dentre eles estão as principais teorias ecológicas aplicáveis aos sistemas fluviais, discussões no âmbito da importância do monitoramento limnológico como ferramenta de estudo, as variáveis limnológicas e suas respectivas importâncias para este trabalho, uso e cobertura do solo e suas consequências sobre a qualidade da água e as legislações ambientais, utilizadas como base para todas as análises realizadas ao longo da execução do projeto.

1.1 Teorias Ecológicas em Sistemas Fluviais

O que difere os rios dos demais ecossistemas aquáticos é o fluxo unidirecional (PETTS & AMOROS, 1996). A dimensão longitudinal tem por referencial físico a extensão da nascente à foz e muitos processos ecológicos são explicados a partir dos fenômenos de transporte (de matéria e energia) e da interação entre paisagens que compõem a bacia hidrográfica (continuidade).

Atualmente, existem hipóteses primárias sobre o funcionamento de sistemas lóticos (JOHNSON *et al*., 1995) como o Conceito da Continuidade dos Rios (VANNOTE *et al*., 1980) e o Conceito do Pulso de Inundação (JUNK *et al*., 1989). As interações longitudinais dos canais que representam as interações entre a cabeceira do rio e seus afluentes com o rio principal, se referem ao primeiro conceito, enquanto as interações laterais, que equivalem às interações entre o canal do rio e sua várzea nos sistemas rio-planície de inundação, são enfocadas pelo segundo conceito.

No Conceito da Continuidade dos Rios, Vannotte *et al.* (1980), considera o rio como um gradiente espacial fluvial. Ou seja, segundo os autores o sistema lótico é contínuo e interligado longitudinalmente, da nascente à foz. A estrutura e funcionamento das comunidades ao longo do sistema se adaptam em função do gradiente físico-químico do sistema (SOUZA, 2014) e tem um comportamento previsível de acordo com o local em que se encontram no sistema. Junk (1981) porém, propõe que são as interações laterais que condicionam a estrutura e funcionamento do sistema.

Ward (1989) reúne na Teoria das Quatro Dimensões em Ecossistemas Lóticos o Conceito da Continuidade do Rio à Teoria do Pulso de inundação, uma vez que considera o sistema um descontínuo tetradimensional. As outras duas dimensões consideradas são a dimensão temporal e vertical. A dimensão temporal está associada às variações nos processos conduzidos pelas variações hidrodinâmicas ao longo do tempo, sejam sazonais ou de maiores

espaços de tempo, e as interações verticais são associadas aos fluxos subterrâneos e corredores hiporrêicos (ARAUJO & ROCHA, 2011). Por outro lado, segundo Esteves (1998), alterações espaços-temporais na qualidade da água dos ecossistemas lóticos podem ser causadas por processos predominantemente naturais ou antropogênicos.

Em 1992, Boon (*apud* Fuller, 2009) incorporou nessa proposta a dimensão conceitual humana como uma variável de controle sobre o sistema lótico. Esta dimensão está ligada à interação humana com a bacia hidrográfica, como uso e cobertura da terra, manejo e utilização do recurso hídrico (MARQUES, 2004).

Neste contexto, Poole (2002) propõe o Conceito de Imparidade com o Descontínuo Fluvial, no qual afirma que os rios são sistemas ímpares em contexto ecológico que respondem às características da paisagem local, e afirma que "nenhum rio específico é contínuo" e que, nos sistemas fluviais, o encontro com tributários acaba por criar "lacunas", modificando toda a trajetória do sistema à jusante do encontro. Poole (2002) sugere que o sistema lótico é formado por um mosaico de manchas ou "remendos hierárquicos", onde a estrutura física dos elementos é influenciada pelo contexto estrutural proporcionado, como vegetação, sedimentos, solo e etc.

Desta forma, cada Bacia Hidrográfica possui seu mosaico de manchas denominadas de meta estrutura, e um rio nunca seria um contínuo, pois as manchas se comportam de modo bastante desigual no contexto (BARBOSA & ESPÍNDOLA, 2003).

Considerando esta imparidade, a construção de barragens e até mesmo o tributário fluvial pode provocar uma ruptura no gradiente contínuo natural de um canal principal. Segundo Barbosa & Espíndola (2003), os tributários representam, acima de barragens e outros empreendimentos, o maior fator de interferência no gradiente longitudinal do rio.

Diante disto, nota-se que as teorias ecológicas ajudam a elucidar sobre a dinâmica de ecossistemas revelando tendências e comportamentos espaciais e temporais de variáveis limnológicas. E apor meio da gestão de recursos hídricos e suas respectivas políticas de monitoramento e/ou detecção de impactos antrópicos é possível a manutenção da qualidade da água dos rios.

1.2 Gestão de Recursos Hídricos no Brasil

O Brasil possui a vantagem de dispor de abundantes recursos hídricos, porém muitas vezes acaba o desperdiçando de forma desvantajosa (MORAES E JORDÃO, 2002). Os dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, por exemplo, mostram que em 2013, o país chegou a desperdiçar cerca de 37% da água tratada antes mesmo dela chegar ao

consumidor, devido a problemas de vazamentos e ligações clandestinas. A falta de seriedade na gestão dos recursos hídricos, ao longo do desenvolvimento urbano e agrícola do país, repercute hoje, de forma negativa, na qualidade de vida da sociedade.

Para a resolução destes problemas, o país vem buscando constantemente a implementação de planos, projetos, normas e diretrizes visando definir a melhor forma de utilização das águas e assegurar a disponibilidade de água em quantidade e qualidade adequada para as diferentes atividades humanas. É necessário entender que a expressão "qualidade da água" não se refere a um estado de pureza, e sim às características químicas, físicas e biológicas da água vinculadas a um determinado uso (MERTEN & MINELLA, 2002).

Ao longo da década de 70 e mais acentuadamente na de 80 começou-se a perceber a ameaça em que a sociedade estaria sujeita caso não minimizassem o risco de comprometimento da qualidade da água (MORAES & JORDÃO, 2002). Logo, tornou-se cada vez mais necessário um manejo extremamente ponderado da água, a fim de que ela não se tornasse escassa pela própria degradação antropogênica (VITOUSEK *et al*., 1997, *apud* MAROTTA, *et al.* 2008).

Durante os anos 90 o governo brasileiro, diante dos alertas sobre a possível crise de disponibilidade da água, equacionou medidas para atenuar os problemas já existentes e em janeiro de 1997, sancionou a Lei Federal de nº 9.433 que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos. A política objetiva assegurar a disponibilidade em quantidade e qualidade necessária de água para a geração atual e às futuras. Para isso, determinou cinco instrumentos de gestão de recursos hídricos, dentre eles o enquadramento dos corpos d'água em classes de uso, de modo a garantir que a qualidade do corpo d'água sempre esteja compatível ao uso que for destinado.

Os instrumentos normativos atuam como guias para a realização do monitoramento e avaliação da qualidade da água. Em esfera nacional, por exemplo, foi publicada pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) a Resolução nº 357 em 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, definindo parâmetros de qualidade para as propriedades físicas e químicas a serem atendidas no curso d'água de acordo com o seu uso preponderante.

A partir dos anos 1990 o Brasil começou a implementar novos modos de gestão das águas, com o princípio na descentralização da gestão em nível de bacia hidrográfica, o Estado de São Paulo foi pioneiro neste processo, aprovando em 1991, a sua Lei Estadual de gerenciamento de recursos hídricos (PEREIRA & JOHNSSON, 2005). Por conseguinte,

foram criados comitês de bacias hidrográficas e o estado foi dividido em 22 unidades de gerenciamento de recursos hídricos (ROCHA, 1998). A última unidade a ser criada foi a Unidade Hidrográfica de Gestão dos Recursos Hídricos do Pontal do Paranapanema (UGRHI-22), esta contém 26 municípios integrantes, dentre eles Presidente Prudente.

No ano 2000, foi criada a Resolução CONAMA nº274 274, importante instrumento normativo que define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras e estabelece se a água é própria ou imprópria para atividades de contato primário (como natação e mergulho). Essa classificação é feita por meio de avaliações realizadas em cinco semanas seguidas, onde a água é considerada adequada para banho quando mais de 80% dos resultados estiverem abaixo do limite determinado pela legislação. A Resolução trata do padrão de balneabilidade tanto para balneários de água doce, como para praias, porém o foco do monitoramento de balneabilidade tem sido, nos últimos quinze anos, focado às praias no litoral brasileiro, deixando os balneários de água doce para segundo plano (MARTINS, 2012).

Segundo Buss, *et al*. (2003, p. 466) "o primeiro passo para a resolução dos problemas socioambientais gerados pela má gestão dos recursos hídricos é o desenvolvimento de metodologias de diagnóstico eficientes". A obtenção desses diagnósticos eficientes só é possível quando se dispõe de dados confiáveis a respeito das características do meio através da observação periódica destas, o que se resume no monitoramento da qualidade da água (BRAGA *et al*., 2002).

Segundo Tundisi e Tundisi (2008, p.20) "a limnologia é a ciência das águas interiores estudadas como ecossistemas", é uma ciência interdisciplinar de notável importância, uma vez que não somente propõe a conservação e recuperação dos ecossistemas aquáticos, mas também leva em conta o manejo adequado para o melhor aproveitamento desses.

Logo, quando se busca um diagnóstico eficiente para a má gestão dos recursos hídricos urbanos, o monitoramento necessário dedica-se especificamente aos ecossistemas das águas continentais, tratando-se de um monitoramento limnológico (MAROTTA *et al*., 2007).

1.3 Monitoramento Limnológico

O monitoramento de variáveis limnológicas de um corpo d'água se caracteriza como uma importante ferramenta no conhecimento da dinâmica do ecossistema aquático, nos processos naturais e nas interferências antrópicas positivas ou negativas que o influencia ou o define. Uma vez que o monitoramento se trata de coletas, medições e análises de uma variável ambiental em um determinado espaço temporal (MOREIRA, 1992, *apud* KOIDE & SOUZA, 2001).

Uma avaliação da qualidade da água restringe-se à verificação de sua adequação para determinados usos. Porém em um monitoramento torna-se possível observar a tendência da qualidade da água e a forma com que ela é afetada através de diversos fatores, tanto antrópicos, como naturais (GASTALDINI & MENDONÇA, 2001). Essa capacidade se dá devido à análise realizada frequentemente em determinados espaços temporais e também à observação das alterações das características físicas ocorridas no local durante esses espaços de tempo. A própria utilização de cursos d'água por humanos deveria ser planejada e concebida a partir da confirmação da possibilidade de seu uso através do monitoramento limnológico (MAROTTA, 2008).

De acordo com Tundisi e Tundisi (2008, p 544):

> Outro aspecto importante é o de que, normalmente, quando é necessário preservar o uso múltiplo no lago, represa ou rio e se necessita de restauração e recuperação, a pesquisa científica limnológica pode contribuir efetivamente, por meio do conhecimento dos inúmeros processos, mecanismos e interações, e promover alternativas com vários custos.

O monitoramento torna possível o acompanhamento e análise da qualidade da água de um recurso hídrico através do comportamento e/ou alteração de suas propriedades físicas, químicas e biológicas perante ações antrópicas ou naturais (GASTALDINI & MENDONÇA, 2001).

Segundo Tundisi (2008) a temperatura da água, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica e pH são algumas variáveis básicas para a avaliação da água no monitoramento.

O conhecimento das variações da temperatura da água é de extrema importância, pois suas condições podem interferir em demais variáveis como, por exemplo, a demanda química e bioquímica de oxigênio dissolvido é elevada com o aumento da temperatura (GASTALDINI & MENDONÇA, 2001). Além disso, a elevação da temperatura, unida com o aumento da quantidade de sólidos suspensos, favorece a condutividade elétrica da água (CARVALHO *et al.*, 2000).

O parâmetro da condutividade elétrica é diretamente proporcional à quantidade de íons dissolvidos na água, logo, quanto maior a quantidade de íons, maior a capacidade da água de conduzir corrente elétrica. É uma maneira de identificar nutrientes no ecossistema aquático e até mesmo, de detecção de fontes poluidoras, dado que valores elevados podem indicar poluição (FERREIRA *et al.*, 2012).

Segundo Cerqueira *et al.* (2005) o oxigênio dissolvido é um dos elementos mais importantes para a manutenção da qualidade dos ecossistemas aquáticos. Essencial para a oxidação, decomposição, ciclagem da matéria orgânica e para a sobrevivência dos organismos

aeróbios. Um baixo teor de OD demonstra a poluição da água e a baixa possibilidade de existência, ou até a inexistência de organismos aeróbicos (VON SPERLING, 1996).

O pH proporciona inúmeras informações sobre a qualidade da água, reflete o local pelo qual a d'água percorreu e, dependendo da medida em que se encontra pode demonstrar a presença de despejos industriais (MATHEUS *et al*.,1995), pois, assim como o oxigênio dissolvido, o pH está associado ao processo de decomposição da matéria orgânica nos corpos d'água.

Outro importante parâmetro é a turbidez, que se refere ao efeito causado pela presença de sólidos coloidais no curso d'água, que em grande quantidade limitam a penetração dos raios solares e a realização da fotossíntese e, por consequência, a reposição de oxigênio no curso d'água (KRAMER *et al*., 2009).

O conhecimento da vazão, por sua vez, analisado individualmente permite o conhecimento da disponibilidade hídrica do curso d'água. Além disso, quando relacionado com as demais variáveis, possibilita o entendimento da influência das variações sazonais sobre a concentração de substâncias poluentes no corpo d'água.

Os parâmetros químicos muito utilizados na caracterização de corpos d'água são o nitrato, N-amoniacal, clorofila *a*, fósforo dissolvido, fósforo reativo solúvel e fósforo total (GASTALDINI & MENDONÇA, 2001), pois são indicadores de nível trófico.

Ou seja, permitem identificar o processo de eutrofização do corpo d'água, que se define pelo enriquecimento das águas por nutrientes. Esse processo, quando provocado de forma não natural, é c capaz de ocasionar um desequilíbrio do ecossistema aquático e progressiva degeneração da qualidade da água dos corpos lênticos (FIGUEIREDO *et al*., 2007). A clorofila *a* se encaixa no contexto, pois uma das consequências do aumento de nutrientes no corpo d'água é a proliferação de algas e cianobactérias que podem tornar a água imprópria para atividades de pesca e recreação (MESQUITA, 2009).

E, por fim, em termos de fatores biológicos, os principais indicadores utilizados para determinação da balneabilidade são coliformes totais, coliformes fecais, *Escherichia coli* (*E. coli*) e enterococcus. Porém, dentre os agentes patogênicos, o indicador de contaminação fecal mais preciso é a *E. coli*, uma vez que apenas ela tem como habitat primário o trato intestinal humano e animal (DIAS, 2008), ou seja, ela somente é encontrada em esgotos, águas naturais e solos que tenham recebido contaminação fecal recente (ALVES *et al*, 2008).

Porém, há casos em que o monitoramento do comportamento das variáveis limnológicas em separado não é capaz de explicar a dinâmica dos ecossistemas aquáticos continentais,

sendo necessário estudar em conjunto outras características, como o uso e cobertura da terra e a precipitação pluviométrica.

1.4 Uso e cobertura da terra

O acelerado processo de urbanização brasileiro, que ocorreu a partir da década 60, deu origem a cidades com infraestrutura urbana inadequada em consequência da sua forma de implantação desorganizada, o que afetou e ainda afeta a integridade dos corpos d'água devido a ações como obstruções de rios, desvios do curso natural e obras de drenagem inadequadas (TUCCI, 2002).

Outra importante característica foi a exclusão da população de baixa renda das regiões centrais e o consequente adensamento de suas moradias em áreas de preservação permanente, carentes de serviços de saneamento, o que acabou por prejudicar a integridade humana e as condições ambientais da área (SÁNCHEZ & BELLO, 2001).

Segundo Moraes & Jordão (2002), este fator contribuiu para a geração de poluição concentrada e difusa, além de sérios problemas de drenagem agravados pela inadequada deposição de resíduos sólidos e assoreamento dos corpos d'água. Silva *et al*. (2009) complementa afirmando que a habitação irregular é um dos fatores que mais afetam a vegetação ribeirinha, além de limitar habitats naturais de espécies e causar a extinção delas.

A cobertura vegetal exerce, segundo Silva *et al*. (2004), papel de proteção do solo, uma vez que tanto as copas das árvores, como a vegetação sub-bosque e a serapilheira ajudam a amortecer o impacto das gotas da chuva sobre o solo, evitando o primeiro passo do processo erosivo. Sabe-se também que quanto maior a faixa de vegetação no entorno do curso d'água, melhor será a estabilização dessa área, uma vez que ela contribui para a filtragem e consequente diminuição do escoamento superficial, dificultando o carreamento de sedimentos para dentro do sistema aquático (KRAMER *et al*., 2009).

Segundo Silva *et al*. (2004) o impacto causado pelo uso da terra em área urbana difere significativamente do impacto causado quando o uso do solo é predominantemente rural, sendo que a urbanização ao suprimir a cobertura vegetal acaba por afetar o regime hidrológico em função da concentração de drenagem, eliminação da rugosidade das rampas, redução dos percursos e inibição da infiltração e da evapotranspiração, aumentando caudais de cheia e reduzindo tempos de concentração, sem contrapartida natural. Já os processos de uso rural do solo, resultam em impactos como empobrecimento do solo, condução de material orgânico e de nutrientes para os cursos d'águas através da lixiviação, desequilibrando o conteúdo de

nutrientes tanto do solo quanto do corpo d'água, expondo ambos à contaminação química e biológica (CARVALHO *et al*., 2000).

Os processos antrópicos, tanto econômicos como culturais, exercem influência sobre o modo em que o solo de uma região é manejado e exerce também grande influência sobre sua cobertura. Como exemplo disso, no Brasil, o desmatamento teve um aumento acelerado principalmente a partir dos anos 80, quando passou a existir o incentivo econômico de financiamento para criação de novos espaços agrícolas (TUCCI, 2002), o que provocou desequilíbrios entre os sistemas terrestre e aquático, em virtude do uso inadequado da terra (KRAMER *et al*., 2009).

Penha *et al*. (2010) afirma que as características hidroquímicas da água dos cursos de uma Bacia Hidrográfica são influenciadas pelos escoamentos provenientes das áreas mais altas da mesma por meio da interação entre as águas de contato, como a chuva, e as matrizes ambientais ali existentes, como a cobertura da terra. Além disso, os autores afirmam que esses processos são frequentemente influenciados não só por vias naturais, mas também em função do uso antrópico do solo na Bacia Hidrográfica.

Essa afirmação vai de acordo com a teoria de que "quando um ecossistema lótico está contaminado ou eutrofizado, ele está respondendo à tensão recebida pelos ecossistemas terrestres, refletindo o 'estado de saúde' da Bacia Hidrográfica" (MARGALEF, 1983, *apud* OLIVEIRA *et al*., 2008, p. 771). Ou seja, a qualidade da água reflete as condições de uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica.

O mapeamento do uso da terra é uma ferramenta de extrema importância quando se pretende caracterizar uma paisagem e para a realização do planejamento das ações de preservação, conservação e recuperação dessa paisagem (VALENTE & VETTORAZZI, 2003). E, realizado em união ao monitoramento limnológico da bacia hidrográfica, este mapeamento garante uma análise clara da influência que o uso e cobertura do solo reflete sobre a qualidade da água da bacia hidrográfica.

CAPITULO 2. ÁREA DE ESTUDO

O córrego do Limoeiro localiza-se no município de Presidente Prudente, região do Oeste Paulista, e constitui uma das mais importantes Bacias Hidrográficas da região, uma vez que é o principal afluente do Rio Santo Anastácio, rio responsável por 30% do abastecimento do município e por estar represado formando o Balneário da Amizade, este que, quando se encontrava em boas condições, auxiliava no abastecimento da cidade em épocas de estiagem (Figura 1).

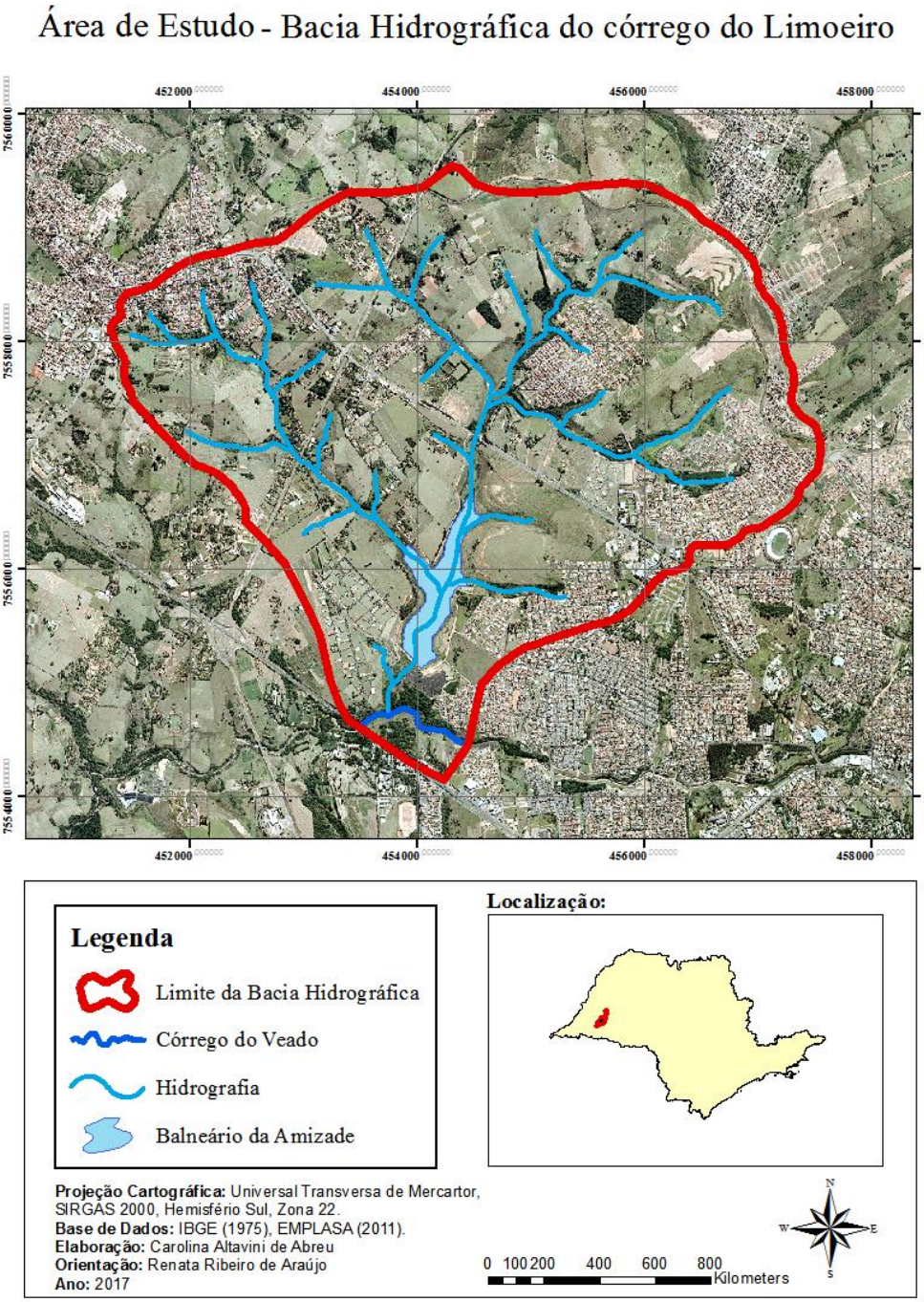

Figura 1. Mapa da Área de Estudo do trabalho de graduação.

Como o estudo foi realizado em três etapas diferentes, apresentamos a área de estudo de cada etapa separadamente.

2.1.1 – Alto da Bacia Hidrográfica do córrego do Limoeiro – confluência com o córrego do Veado

Na primeira etapa do trabalho o córrego do Limoeiro foi estudado à jusante do Balneário da Amizade, antes e depois de sua confluência com o córrego do Veado.

O município de Presidente Prudente teve início a partir de dois núcleos urbanos que se desenvolveram, um rumo a leste e outro a oeste, em torno da Estação de Trem Presidente Prudente da linha férrea Alto Sorocabana que passa ao longo do espigão divisor de águas das bacias do rio do Peixe e Paranapanema (FRANCISCO, 2012) e seu sítio urbano é recortado por pequenos cursos d'água formadores dos córregos Cedro e Limoeiro, afluentes do Rio Santo Anastácio. O munícipio teve uma grande expansão no período entre 1919 e 1967, propiciada pela implantação de loteamentos que superavam a necessidade de moradia, o que se explica pela especulação imobiliária na produção do espaço urbano da cidade (SANTOS, 2007).

Ao analisar as cartas desses loteamentos e suas sínteses, observa-se que o modelo reproduzido desconsiderou os córregos como agentes estruturadores da paisagem e integradores do desenho da cidade, pelo contrário, o traçado deu costas a estes (FERRAREZI & FRANCISCO, 2013).

De acordo com Alves (2004, p 70):

> Apesar de muitas vezes ser afirmada a falta de incorporação dos fundos de vale ao processo de urbanização, é importante deixar claro que historicamente a política municipal do meio ambiente de Presidente Prudente geralmente não valorizou ou considerou os fundos de vale no processo de planejamento. São áreas que simplesmente ficam avulsas, sobram no conjunto do tecido urbano e dos loteamentos.

Foi somente a partir da década de 1970 que se iniciou a reurbanização das áreas de fundos de vale que eram, em sua maioria, a princípio ocupados por moradias de baixa renda, sem estruturas de saneamento básico. Esse adensamento de moradias dessa faixa econômica, em áreas de preservação de fundos de vale, com condições físicas e ambientais precárias e solo impróprio para a ocupação, é uma característica da urbanização brasileira (SÁNCHEZ & BELLO, 2001), um exemplo deste caso é o córrego do Veado, principal afluente do córrego do Limoeiro.

A reurbanização do Córrego do Veado se deu devido à aprovação do Plano Diretor do Município no ano de 1973, no relatório enviado em 1969 era relatada a necessidade de melhoria do sistema viário do município e de superação das barreiras à expansão urbana, para

uma possível progressão, deve-se lembrar de que o córrego do Veado era uma dessas barreiras (FRANCISCO, 2012).

A partir desse momento o córrego do Veado passou a apresentar um intenso processo de transformações. Inicialmente, foi em parte retificado, foram colocadas placas de concreto nas bordas e no fundo do canal, porém com o passar dos anos essas placas foram substituídas por tubulações e parte do córrego passou a ter uma canalização aterrada enquanto outra parte continuou aberta (PEDRO & NUNES, 2012).

Para resolver problemas mais tarde ocasionados devido à falta de planejamento nas obras realizadas no córrego, como estouros de tubulações e alagamentos, foram realizados grandes investimentos pelo programa Comunidade Urbana de Recuperação Acelerada (CURA), sendo que a construção do Parque do Povo sobre a canalização aterrada do córrego do Veado foi um grande destaque.

Segundo Alves e Leal (2003) a lógica existente para a apropriação dos fundos de vale segue o seguinte padrão: em primeiro momento as áreas não são incorporadas ao processo de urbanização, encontrando-se em estado de abandono; em seguida, as áreas recebem algumas interferências como, por exemplo, a canalização e; posteriormente, as Áreas de Preservação Permanente são usadas indevidamente para a construção de espaços recreativos ou de loteamentos, logo após tornam-se receptores de resíduos, como lixo e esgoto e; por fim, sofrem processos de revitalização e são incorporadas à urbanização como área de função recreativa.

É possível considerar o córrego do Veado como um exemplo dessa lógica, pois a ocupação das proximidades do córrego foi iniciada pela implantação de moradias de baixo poder aquisitivo. Porém, com o passar do tempo e com a intervenção política, foram realizadas ações para a valorização e revitalização da área, fazendo com que essa se tornasse o Parque do Povo, uma das maiores áreas recreativas da cidade (ALVES, 2004).

Como exceção à regra, o córrego do Limoeiro não foi levado para o mesmo caminho. Pelo contrário, teve sua APP cercada por alambrados com a intenção de evitar a entrada de pessoas, animais, e a deposição de resíduos, para que houvesse uma possível preservação do corpo d'água (SANTOS & BARBOSA, 2013).

2.1.2 – Alto da Bacia Hidrográfica do córrego do Limoeiro – Balneário da Amizade.

Na segunda etapa do trabalho, a área de estudo foi composta pelos afluentes do Balneário da Amizade, enquanto na terceira etapa o objeto de estudo é o próprio balneário.

O Balneário da Amizade foi formado em 1978 através do represamento do córrego do Limoeiro e três de seus afluentes no limite entre as cidades de Presidente Prudente e Álvares Machado. Até o ano de 2010, o balneário encontrava-se em cenário poluído, degradado e sem respeito às áreas de preservação permanente, devido à falta de planejamento adequado para a regularização da urbanização sobre a Bacia Hidrográfica (condição dada para a sua construção), juntamente com a expansão urbana e especulação imobiliária (SOARES & LEAL, 2011)

Além desses fatores que prejudicam o Balneário da Amizade, há o impacto ocasionado devido à construção desse reservatório. Segundo Rolla *et al*. (1992) a construção de reservatório provoca desequilíbrios na estrutura das comunidades sendo eliminadas algumas das espécies naturais de um ecossistema lótico e favorecendo a proliferação de organismos naturais de ecossistemas lênticos, devido a mudança de um conjunto de fatores inter-relacionados, como, por exemplo, as condições físico-químicas da água.

Em 2015, produto de um projeto de negociação entre a prefeitura de Presidente Prudente e a Companhia Prudentina de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), foi inaugurado um Balneário da Amizade revitalizado. O projeto contou com a recuperação da infraestrutura do local e foi incorporado à urbanização como área de função recreativa e, para isso, foi feito o tratamento da água para que a esta ficasse em condições de uso por banhistas, porém este processo ocorreu apenas no lado pertencente ao município de Presidente Prudente, não se integrando ao lado pertencente à cidade de Álvares Machado. E, de acordo com dados do município, a valorização da área aumentou 200% e novos lotes e condomínios foram criados para direcionar a essa área do município novas estruturas de habitações. Para a sua reinauguração, foi anunciado que a água do Balneário era própria para o uso de contato primário, segundo a análise da CETESB. Porém, não é possível encontrar relatórios atualizados sobre as condições dessas águas.

CAPITULO 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para alcançar os objetivos propostos, foi realizada revisão bibliográfica sobre a área de estudo e sobre os assuntos relacionados ao tema, como Gestão de Recursos Hídricos, monitoramento limnológico, teorias ecológicas de ambientes aquáticos, uso e cobertura da terra, indicadores de qualidade e legislação ambiental.

Neste capítulo apresenta-se a área de estudo e a metodologia utilizada durante os trabalhos de campo e procedimentos laboratoriais.

3.1 Análise do Descontínuo Fluvial do córrego do Limoeiro

Para a análise do Descontínuo Fluvial foram realizados no total quatro trabalhos de campo nos anos de 2013 m 2014, na superfície de três seções amostrais, sendo duas no córrego do Limoeiro (canal principal) e uma no córrego do Veado (tributário), ambos no município de Presidente Prudente/SP.

A primeira seção (S1) localizou-se no córrego do Veado, nas coordenadas 22° 6'42.33"S e 51°26'46.31"O, a segunda (S2) no córrego do Limoeiro, à montante da confluência com o córrego do Veado, nas coordenadas 22° 6'35.77"S e 51°26'53.77"O e a terceira seção (S3) também no córrego do Limoeiro, a jusante da confluência com o córrego do Veado, nas coordenadas 22°6'47.70"S e 51°27'4.19"O. A figura 2 apresenta as seções amostrais onde foi realizado o monitoramento limnológico.

Figura 2. Seções amostrais: primeira seção (S1), córrego do Veado; segunda seção (S2), córrego do Limoeiro e terceira seção (S3), córrego do Limoeiro.

As variáveis limnológicas amostradas em campo foram o oxigênio dissolvido (OD), pH, condutividade elétrica (CE), nitrato (N-NO3), temperatura da água (T) e turbidez (Turb). A medição destas variáveis foi realizada através de uma multisonda paramétrica da marca Hanna Modelo HI9829.

A determinação da vazão foi realizada em duas etapas, segundo Palhares *et al* (2007).

Para o desenvolvimento dos protocolos laboratoriais, amostras de água foram coletadas nas superficiais das seções amostrais e preservadas em caixas de isopor, armazenadas em frascos de polietileno (5L).

No laboratório amostras de águas foram filtradas em membranas Whatman GF/C, previamente calcinadas, as águas filtradas e não filtradas, assim como os filtros foram armazenados em freezer a -20ºC para posterior das concentrações fósforo total, dissolvido e reativo solúvel (Mackereth *et al.*, 1978) e as concentrações de material em suspensão total de acordo com Wetzel & Likens (1991).

Os resultados do monitoramento foram tabulados e a análise de componentes principais (ACP) (GAUCH, 1994) foi aplicada com o objetivo de reduzir a dimensionalidade dos dados e avaliar padrões na ordenação espacial e temporal. Os valores dos parâmetros limnológicos, exceto os do pH, foram logtransformados (base dez), para linearizar as relações e reduzir o efeito de valores elevados. Para avaliar os eixos a serem retidos para interpretação foi utilizado o modelo de "broken-stick" (JACKSON, 1993). E para uma melhor avaliação da influência da dimensão temporal no sistema lótico, coletou-se os dados pluviométricos e eles foram correlacionados com a ordenação temporal dos resultados.

3.2 Mapeamento do Uso e cobertura da terra

Inicialmente foi realizado o levantamento e sistematização de dados e informações sobre a delimitação e a rede de drenagem da Bacia Hidrográfica em estudo, foram coletados e atualizados as bases cartográficas, dados específicos e informações existentes nos órgãos públicos (IGC e IBGE). Além da realização de trabalhos de campo para verificação das características da rede de drenagem.

Para a elaboração do mapa de uso e cobertura da terra do alto da Bacia Hidrográfica do do Córrego Limoeiro, no Balneário da Amizade foram interpretadas imagens do satélite Landsat, imagens de radar SRTM e imagem BING (banco de dados do ArcGIS).

As bases cartográficas digitais utilizadas para a elaboração do mapa foram disponibilizadas pelo grupo de pesquisa em Gestão Ambiental e Dinâmica Socioespacial (GADIS), e foram complementadas quando necessário através de dados e informações disponíveis em órgãos públicos, tais como IBGE, Topodata, Instituto Geográfico e Cartográfico (IGC). Para a elaboração do documento foi organizado um Sistema de Informações Geográficas (SIG), através da utilização do software ArcGIS 10.2.

Para a elaboração do mapa de uso e cobertura da terra foi utilizado o Manual Técnico de Uso da terra (IBGE, 2013). Este que estabelece uma definição de cores e de níveis de classificação para mapas com escalas de 1:250.000, porém o documento recomenda que para mapas com escalas maiores, como o elaborado nesta pesquisa (1:33.000), deve-se adequar o conteúdo armazenado no banco de dados, obtendo-se uma classificação específica para o caso. Seguindo estas sugestões elaborou-se o mapa de uso e cobertura da terra da Bacia Hidrográfica do Balneário da Amizade.

Para a análise da qualidade da água, foram realizados dois monitoramentos limnológicos, o primeiro no mês de fevereiro e segundo no mês de outubro de 2015, na superfície de quatro seções amostrais: S4 (22°5'53.35"S e 51°26'51.11"O), S5 (22° 5'37.65"S e 51°26'29.83"O), S6 (22° 5'46.61"S e 51°26'24.55"O), e S7 (22° 6'5.77"S e 51°26'28.53"O) todas localizadas em afluentes do Balneário da Amizade. Além dessas 4 seções, realizou-se o monitoramento na seção S3, localizada à jusante do Balneário da Amizade (22° 6'35.77"S e 51°26'53.77"O) a fim de verificar novamente a existência de um descontínuo no curso do córrego, porém desta vez como consequência do represamento do canal. Desta maneira, a Figura 3 apresenta a localização das seções amostrais, nas quais foi realizado o monitoramento limnológico.

Figura 3. Seções amostrais do monitoramento limnológico.

Para o monitoramento foram amostradas apenas variáveis limnológicas de campo: o oxigênio dissolvido (OD), pH, condutividade elétrica (CE), temperatura da água (T) e turbidez. A medição destas variáveis foi realizada por meio de uma multisonda paramétrica da marca Hanna Modelo HI9829. E foi determinada a vazão de acordo com a metodologia de Palhares *et al* (2007).

Além disso, foram utilizados dados pluviométricos cedidos pela estação pluviométrica da FCT/UNESP.

Os resultados dos monitoramentos das variáveis limnológicas foram tabulados e analisados utilizando o programa Microsoft Excel. Os resultados e informações foram sistematizados e discutidos gerando textos, gráficos e tabelas. Para a avaliação da qualidade da água os resultados do monitoramento limnológico foram comparados com a Resolução CONAMA nº357 de 2005 de acordo com o enquadramento proposto para os cursos d'água no Decreto Nº 10.755 de 22 de novembro de 1977.

3.3 Investigação da Balneabilidade e Determinação do Estado Trófico

Para determinação da balneabilidade e do índice de estado trófico do balneário, foram coletadas amostras na superfície de três seções (S8, S9 e S10), localizadas no Balneário da Amizade, respectivamente, nas coordenadas 22° 6'19.06"S e 51°26'48.98"O, 22° 5'44.11"S e 51°26'30.13"O, e 22° 6'16.56"S e 51°26'37.66"O.

A Figura 4 apresenta as seções amostrais onde foi realizado o monitoramento limnológico.

Figura 4. Seções amostrais da análise de Balneabilidade e Estado Trófico.

Durante a realização do monitoramento foram coletadas para o estudo da Balneabilidade amostras da água de cada seção amostral no Balneário da Amizade durante cinco semanas seguidas no mês de junho de 2016 com uma garrafa do tipo "Van Dorn" e preservadas em caixas de isopor, armazenadas em frascos de polietileno (5L), para posterior determinação da quantidade de *Escherichia coli* presentes na água. E, para a determinação do Índice de Estado Trófico foram coletadas amostras da água de cada seção amostral também do Balneário da Amizade utilizando a mesma metodologia da coleta para a determinação da balneabilidade, porém com o intuito de posterior determinação de clorofila a e do fósforo total.

Para a determinação do Índice de Estado Trófico foram determinadas as concentrações de clorofila a de acordo com Golterman *et al*. (1978) e o fósforo total segundo MACKERETH *et al*., 1978.

Conforme a metodologia estabelecida pela CETESB, foi determinado o IET médio e foi utilizada a Tabela de Classificação do Estado Trófico para reservatórios segundo o Índice de Carlson Modificado (Tabela 1), para obtenção do Estado Trófico de cada seção e a do reservatório como um todo.

Tabela 1. Classificação do Estado Trófico para reservatórios segundo o Índice de Carlson Modificado.

Classificação do Estado Trófico – Reservatórios	
Estado Trófico	**Ponderação**
Ultraoligotrófico	IET ≤ 47
Oligotrófico	47 < IET ≤ 52
Mesotrófico	52 < IET ≤ 59
Eutrófico	59 < IET ≤ 63
Supereutrófico	63 < IET ≤ 67
Hipereutrófico	IET > 67

Os resultados dos monitoramentos das variáveis limnológicas foram tabulados e analisados utilizando o programa Microsoft Excel. Os resultados e informações foram sistematizados e discutidos gerando textos, gráficos e tabelas. Para a avaliação da qualidade da água os resultados do monitoramento limnológico foram comparados com a Resolução CONAMA nº274 de 2000.

CAPÍTULO 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Análise do Descontínuo Fluvial do Córrego do Limoeiro

Os resultados obtidos em campo e laboratório mostraram grande variação dos parâmetros limnológicos. A condutividade elétrica apresentou grande diferença entre as seções S2 e S1, com valores de 130,6 $\mu S.cm^{-1}$ e 1205 $\mu S.cm^{-1}$ respectivamente. O oxigênio dissolvido também apresentou grande diferença, 2,2 $mg.L^{-1}$ (S1 e S3) e 8,9 $mg.L^{-1}$ (S2), assim como os valores obtidos de nitrato também apresentaram uma acentuada variação entre 6,4 $mg.L^{-1}$ (S2) e 82 $mg.L^{-1}$ (S1). Os resultados mais detalhados encontram-se na tabela 2.

Tabela 2. Resultados obtidos em campo e em laboratório. Unidades de medida: mg/L é usado para OD, MST, N, FT, FD e Ort; µS/cm para CE; UNT para Turb; m³/s para Q;

Coleta	Seções	pH	OD	CE	T	Turb	Q	MST	N	FT	FD	Ort
1	1	7,73	**4,7**	**1054**	34	13,85	0,248	22,87	**45,7**	**0,44**	0,14	0,17
2	1	6,45	5,1	**578,9**	25,7	13,85	0,117	23,87	**73,1**	**0,60**	0,15	0,19
3	1	7,34	**2,2**	**1205**	27,9	26,8	0,397	20,5	**82**	**0,41**	0,13	0,20
4	1	6,8	**4**	**489,8**	19,8	17,3	0,156	15,5	**33,7**	**0,74**	0,21	0,26
1	2	6,7	7,6	146,9	32	26,6	0,137	12,5	**17,3**	0,01	0,06	0,04
2	2	6,52	6,9	149	27,9	31	0,03	31	**13,7**	0,02	0,01	0,02
3	2	7,25	8,9	150,6	24,8	53,4	0,031	20,375	6,4	0,01	0,007	0,007
4	2	6,99	6,9	130,6	21,1	22,15	0,148	7,8	**20,5**	0,006	0,006	0,004
1	3	7,18	**4,8**	**534,2**	30	11,8	0,226	11,25	**50,6**	**0,70**	0,20	0,22
2	3	6,58	**2,2**	**607,8**	28,2	18,15	0,141	20,25	**73,6**	**0,48**	0,15	0,19
3	3	7,28	**4,6**	**437,2**	21,2	15,6	0,386	11,125	**45,3**	**0,16**	0,06	0,06
4	3	7,13	**2,6**	**543,5**	21,9	33,3	0,181	21,3	**54**	**0,91**	0,27	0,28

Os resultados da pesquisa bibliográfica permitiram verificar que, segundo o Decreto Nº 10.755 de 22 de novembro de 1977, o córrego do Limoeiro está enquadrado com classe 2 até a sua confluência com o córrego do Veado e, a partir deste ponto é classificado como classe 4. Segundo a Resolução CONAMA nº357, os cursos d'água enquadrados na classe 2 podem ser destinados ao abastecimento humano, após tratamento convencional, assim como à recreação de contato primário e atividades como irrigação, aquicultura e pesca, e à proteção das comunidades aquáticas e os corpos d'água enquadrados na classe 4 podem ser destinados apenas à navegação e à harmonia paisagística.

De acordo com estes enquadramentos e os valores de referência das variáveis físicas, químicas e biológicas estabelecidos pela Resolução CONAMA nº357, observou-se que alguns resultados obtidos em campo e em laboratório ultrapassam os valores permitidos pela resolução.

Na análise da qualidade da água do córrego do Limoeiro à montante de sua confluência com o córrego do Veado (S2), observou se um quadro de não conformidade com o seu enquadramento, demonstrando que este não está adequado para seus usos preponderantes. O fósforo total ultrapassou o valor permitido no mês de dezembro, chegando a 0,06 $mg.L^{-1}$, enquanto que o padrão estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 é 0,05 $mg.L^{-1}$. O nitrato ultrapassou o valor padrão nos meses de dezembro, janeiro e junho, com valores de 17,3 $mg.L^{-1}$, 13,7 $mg.L^{-1}$ e 20,5 $mg.L^{-1}$, respectivamente, sendo o valor padrão de 10 $mg.L^{-1}$.

Na análise de componentes principais pôde-se resumir a dimensionalidade das variáveis ambientais escolhidas para o estudo. Utilizando o modelo de "broken-stick", os componentes principais 1 e 2 foram significativos e, portanto, retidos para a interpretação dos dados limnológicos. Estes dois componentes explicaram 68,51% (CP1 = 52,37% e CP2 = 16,14%) da variabilidade total dos dados.

A ACP evidenciou tendência espacial e temporal do sistema e pôde-se observar que a variável positivamente correlacionada com o componente principal 1 foi o oxigênio dissolvido e que as negativamente correlacionadas foram a condutividade elétrica, o nitrato, o fósforo total, o fósforo dissolvido e o ortofosfato. Já a vazão correlacionou-se positivamente com o componente principal 2, enquanto o material em suspensão correlacionou-se negativamente com este (Tabela 3).

Tabela 3. Coeficientes de estrutura derivados da análise de componentes principais aplicada aos dados limnológicos. Tais coeficientes expressam as correlações de Pearson entre as variáveis e os componentes principais (CP1, CP2). Os valores maiores que 0,70 (em módulo) estão em negrito, identificando os coeficientes de estrutura mais correlacionados com os componentes principais 1 e 2.

Variáveis	CP1	CP2
pH	-0,225806	0,628055
O.D. ($mg.L^{-1}$)	**0,864950**	0,085733
C.E. ($\mu S.cm^{-1}$)	**-0,938024**	0,067423
Temperatura (ºC)	-0,044254	-0,094345
Turbidez (UNT)	0,578848	-0,313910
Q ($m^3.s^{-1}$)	-0,613909	**0,702559**
Materiais Sólidos Totais ($mg.L^{-1}$)	-0,144935	**-0,752752**
Nitrato ($mg.L^{-1}$)	**-0,925780**	0,074521
Fósf. Total ($mg.L^{-1}$)	**-0,935650**	-0,259042
Fósf. Dissolvido ($mg.L^{-1}$)	**-0,891564**	-0,250944
Ortofosfato ($mg.L^{-1}$)	**-0,905291**	-0,257963

Analisando as variáveis correlacionadas com o componente principal 1, observou-se que elas expressam um gradiente de trofia. As seções S1 e S3 apresentaram-se correlacionadas a altas concentrações de variáveis como o nitrato e fósforo (em todas as suas formas dissolvidas ou não), altos valores de condutividade elétrica e baixa concentração oxigênio dissolvido, o que demonstra uma capacidade para o estado de eutrofização desses canais. Enquanto a seção S2 apresentou-se relacionada com altos valores de oxigênio dissolvido, independente da variação da vazão e da presença de materiais sólidos totais. Foi elaborado então um gráfico de correlação para análise da tendência espacial apresentada na Figura 5.

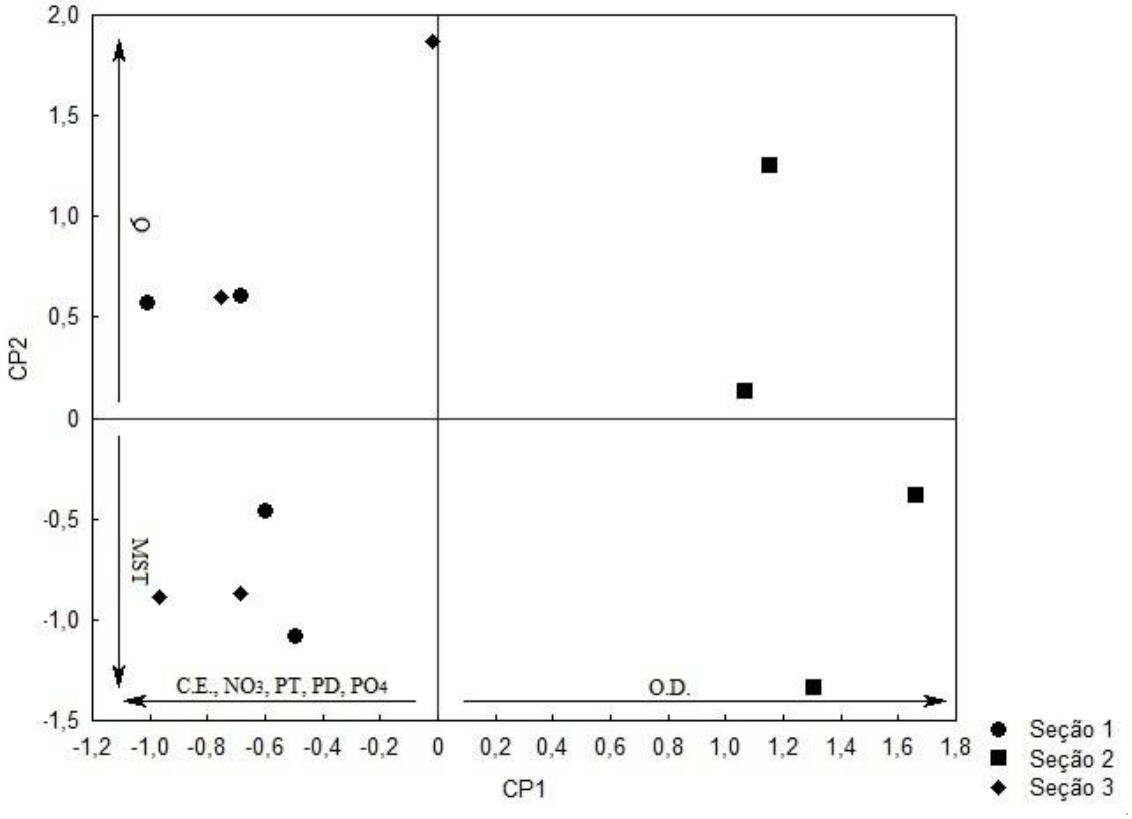

Figura 5. Ordenação espacial em função das seções que foram amostradas (tendência espacial).

Os altos valores de nitrato e das frações de fósforo encontrados na S1 não estão em conformidade com a legislação ambiental e podem ser explicados pelo fato de que o córrego atravessa a malha urbana do município de Presidente Prudente recebendo diferentes despejos líquidos, tendo uma consequência negativa e provavelmente sinérgica. Esgoto sanitário é a maior fonte de contribuição de fósforo, está presente nas fezes humanas, detergentes e outros subprodutos das atividades humanas (VON SPERLIN, 1996). Da mesma forma, a presença de nitrato em corpos d'água representa indícios de lançamentos de esgotos sanitários (CAMPOS & ROHLFS, 2010). Além disso, o valor elevado de condutividade elétrica, 1.205 µS.cm-1, encontrado no curso d'água, também representa indícios de poluição.

Em verificação de campo pôde-se observar ao longo do canal fluvial, à montante da S1, o lançamento de esgoto doméstico clandestino e efluente industrial clandestino. Vale ressaltar a possibilidade dos efeitos de sinergia também em consequência dos efluentes industriais tratados que são lançados no córrego, a saber: efluente líquido de um frigorífico e efluente líquido proveniente de dois curtumes.

O córrego do Limoeiro (S2), à montante de sua confluência com o córrego do Veado, apresentou-se com maiores valores de oxigênio dissolvido (Figura 5), relacionado

provavelmente ao trecho de encachoeiramento do canal fluvial à montante da seção de amostragem (Figura 6), e menores valores de nutrientes provenientes de esgotos. Aparentemente, apesar de apresentar concentrações de algumas variáveis acima do permitido por legislação normativa nas amostragens realizadas, no quadro geral, a seção apresenta uma boa qualidade de sua água, o que se deve, provavelmente, à constante tentativa de preservação do corpo d'água.

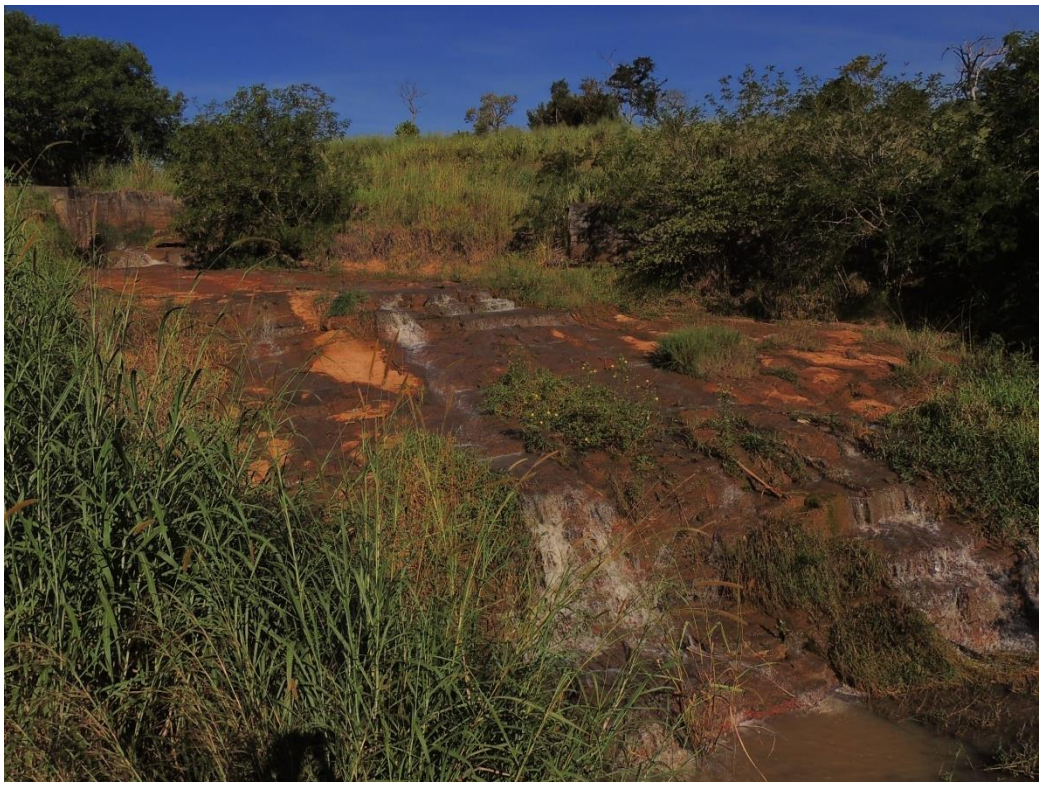

Figura 6. Trecho de encachoeiramento do córrego do Limoeiro à montante da seção 2.

Um sistema modifica seu funcionamento em resposta às pressões externas, como se tentasse minimizar as consequências desta tensão. Existe então um efeito de estabilização químico que se dá pela mistura dos afluentes cujas águas podem ser diferentes (Bessa *et al 1999*, *apud* Margalef, 1983). Deste modo a S3, no córrego do Limoeiro, apresenta comportamento de trofia similar à S1, ou seja, maiores concentrações de nutrientes, mais especificamente altos valores de condutividade elétrica, nitrato, fósforo total, dissolvido e ortofosfato.

O que demonstra uma interrupção no gradiente do contínuo do córrego Limoeiro, ou seja, mudanças significativas nos valores das variáveis limnológicas do córrego após a sua

confluência com o córrego do Veado. O que evidencia que o córrego do Veado é um fator de interferência no gradiente longitudinal do corpo d'água.

Considerando o componente principal 2 observou-se que as seções apresentaram a mesma variação, sendo em dois momentos relacionadas com a vazão e em outros dois relacionadas com o material em suspensão total, variáveis que tiveram um comportamento inversamente proporcional.

Diante disto, entende-se que o Conceito de Continuidade do Rio não explica a dinâmica fluvial do córrego do Limoeiro devido à presença de uma quebra no gradiente longitudinal dela. O que vai de encontro com o Conceito de Imparidade com o Descontínuo Fluvial onde, dentro de uma mesma Bacia Hidrográfica, os córregos do Limoeiro e do Veado são sistemas ímpares, influenciados pelo contexto ecológico que percorrem e a junção do afluente acaba por causar uma mancha na estrutura longitudinal do córrego do Veado.

Tendência Temporal

Os resultados da ACP também permitiram verificar tendência temporal das variáveis, ver Figura 7.

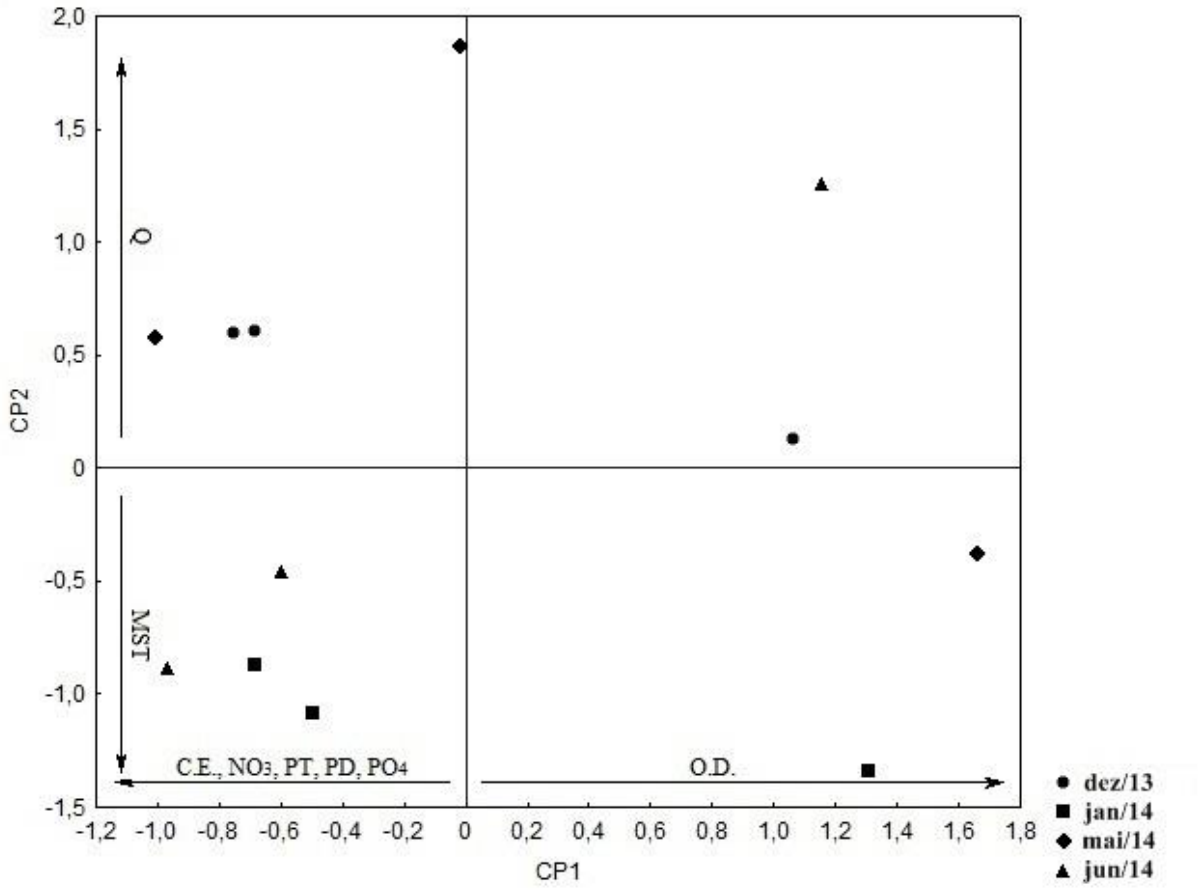

Figura 7. Análise de componentes principais, ordenação das seções quanto aos períodos de amostragem.

Observando a Figura 7, pôde-se perceber uma tendência temporal no comportamento da vazão e da concentração de materiais sólidos em suspensão, variáveis do Componente Principal 2. Onde meses próximos apresentaram comportamentos diferentes, como no caso de dezembro e janeiro, um correlacionou-se a altos valores de vazão e outro a altas concentrações de materiais sólidos dissolvidos.

Considerando que ambos possuíram comportamento pluviométrico semelhantes, como mostrado na Figura 8, entende-se que as diferenças podem ser provenientes da intensidade da precipitação, uma vez que chuvas mais intensas provocam maiores impactos no solo e maior lixiviação de sólidos e resultam em uma alta vazão por um pequeno período. Enquanto que chuvas menos intensas provocam um impacto menor no solo e por consequência uma lixiviação reduzida de sólidos e vazão alta por uma maior quantidade de tempo.

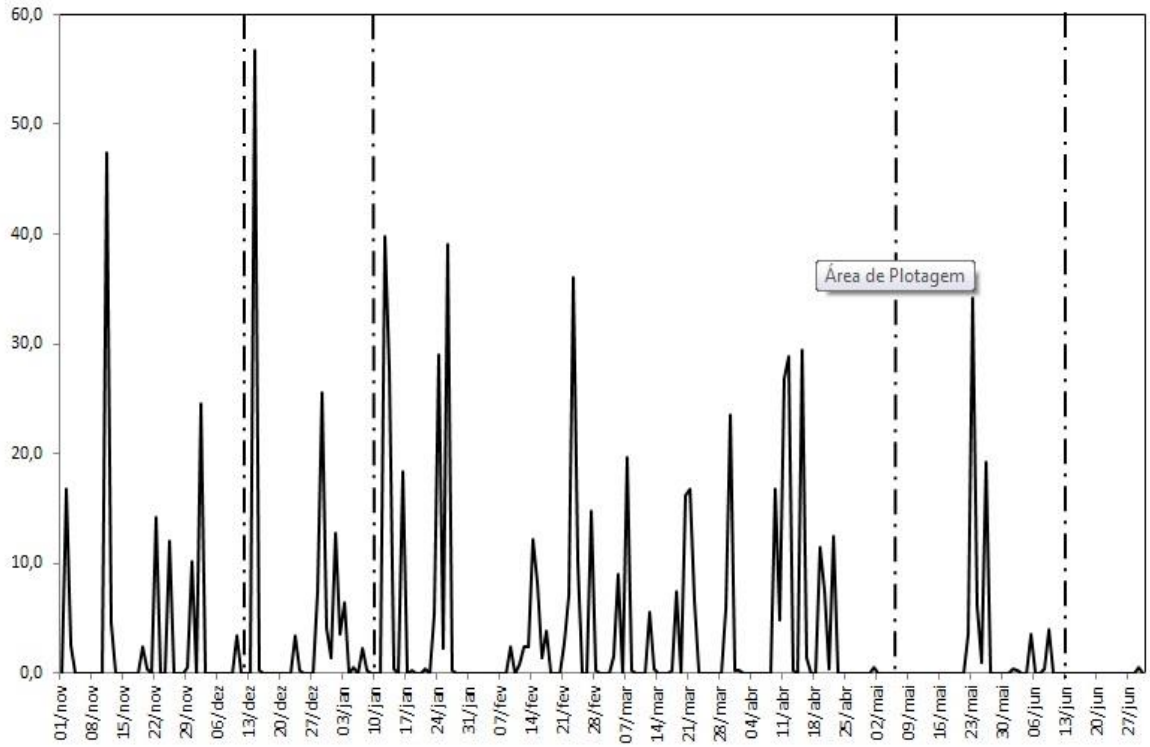

Figura 8. Precipitações locais durante o período de amostragem. As linhas tracejadas indicam os dias em que as coletas foram realizadas.

4.2 Análise da influência do uso e cobertura da terra sobre a qualidade da água

Após verificar que um afluente pode provocar manchas e a ruptura no contínuo do canal principal, e verificar uma grande diferença na qualidade da água de um córrego que percorre o ambiente urbano daquele que não percorre, aprofundou-se o estudo a fim de investigar a influência do uso e cobertura da terra sobre a qualidade da água dos canais fluviais.

A delimitação da Bacia Hidrográfica do Balneário da Amizade foi realizada e está apresentada na Figura 9, e possui cerca de 35,015 km² em área.

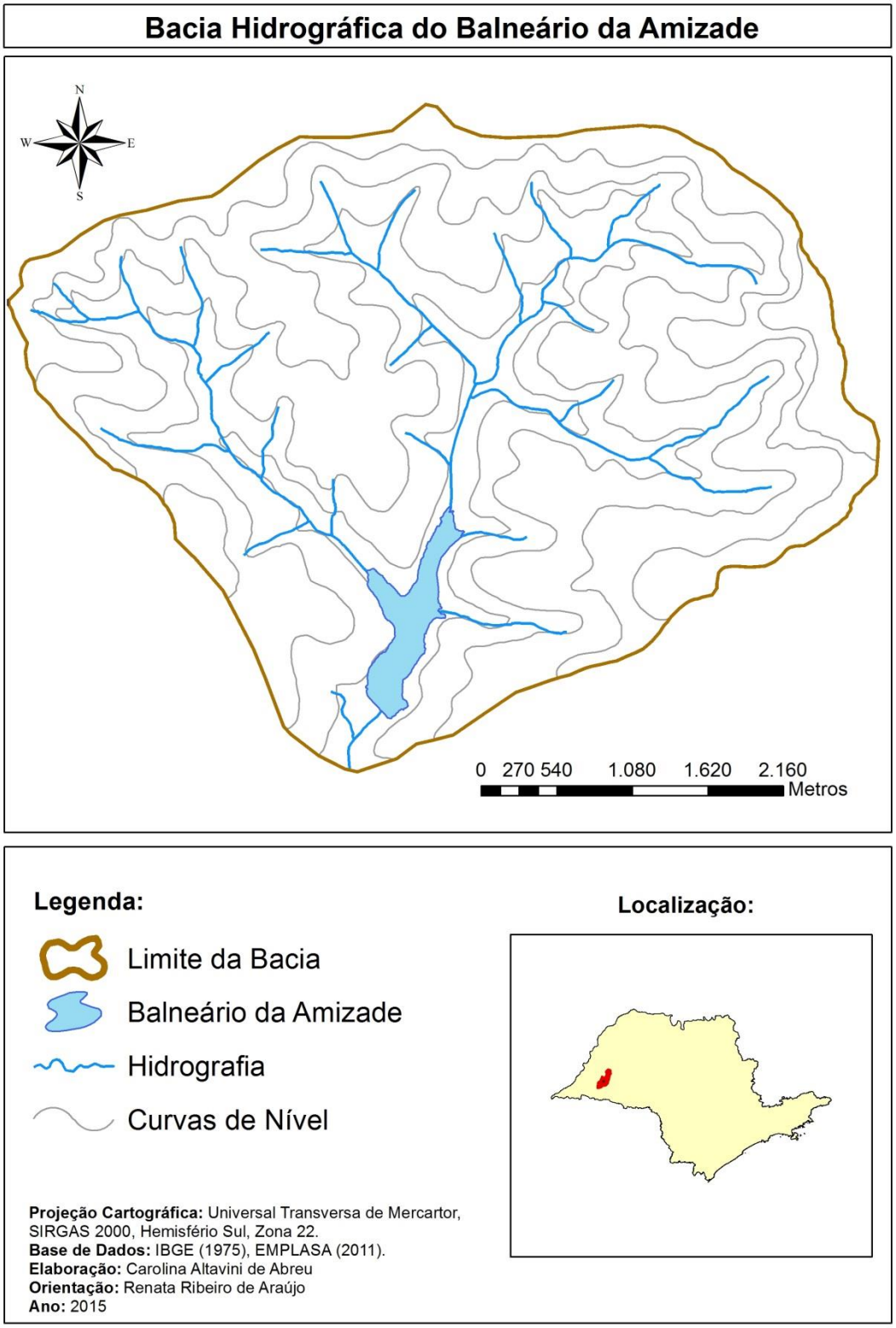

Figura 9. Delimitação da Bacia Hidrográfica do Balneário da Amizade, Presidente Prudente.

Após a delimitação da bacia hidrográfica e, utilizando a metodologia descrita, foi elaborado o Mapa de Uso e cobertura da terra da Bacia Hidrográfica do Balneário da Amizade (ver Figura 10).

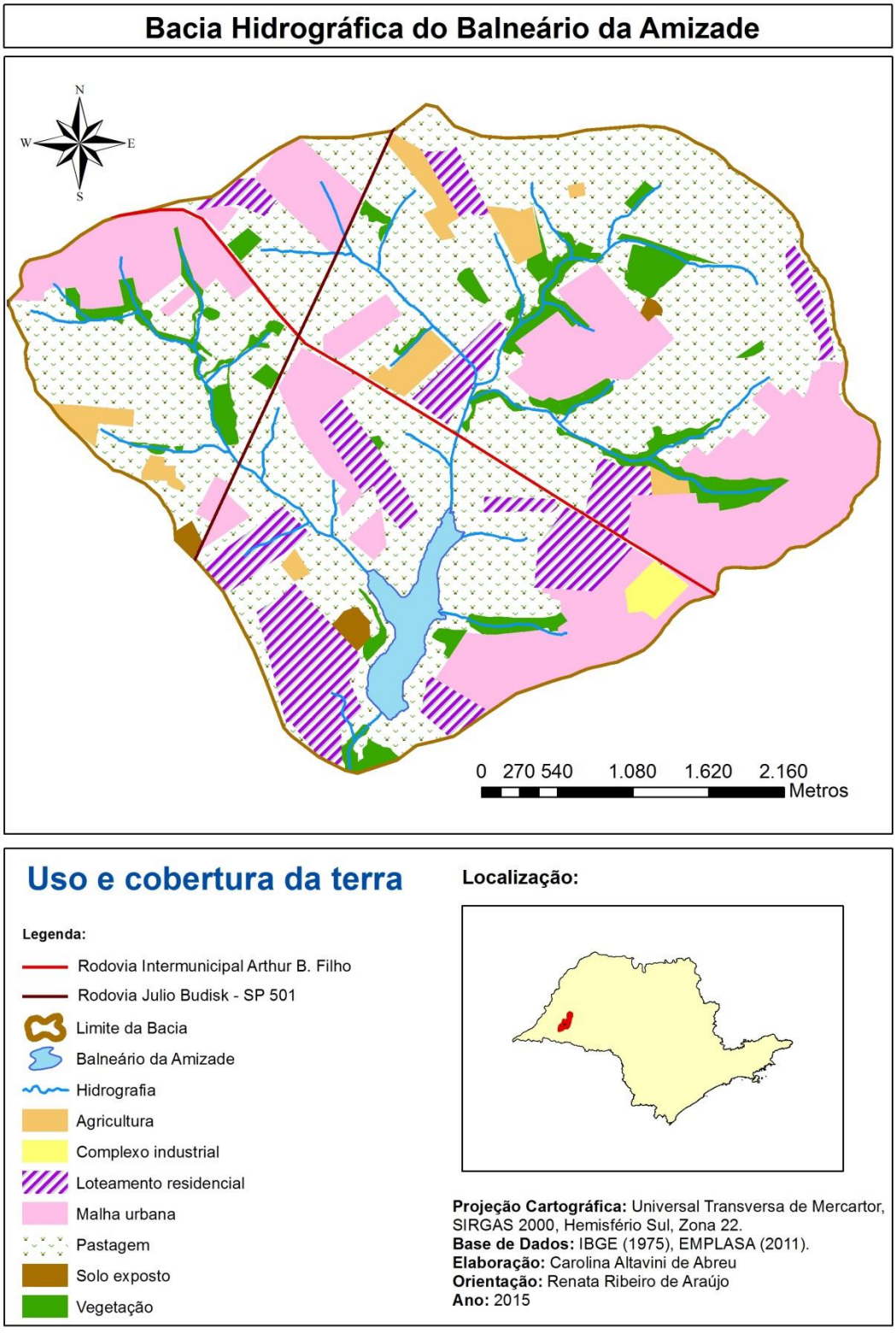

Figura 10. Mapa de Uso e cobertura da terra na Bacia Hidrográfica do Balneário da Amizade.

A partir da elaboração do mapa de Uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do Balneário da Amizade, puderam-se calcular as áreas referentes a cada classe mapeada, os valores obtidos estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Área por classe de mapeamento.

Classe	**Área (km²)**	**Porcentagem (%)**
Agricultura	0,539	1,54
Complexo Industrial	0,109	0,31
Loteamento Residencial	2,082	5,95
Malha urbana	4,887	13,96
Pastagem	26,042	74,37
Solo Exposto	0,1	0,29
Vegetação	1,253	3,58
Total	35,015	100,00

Com base na análise do mapa e nos dados apresentados na Tabela 4, observou-se no uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica uma predominância da pastagem (74,37%), constituída por grandes áreas de gramíneas e, em sua maioria, sem a presença de gado ou outros cultivos agrícolas. Nota-se também uma grande pressão exercida pela malha urbana que, somando-se ao complexo industriais e loteamentos, representa 20,22% do uso e cobertura da área estudada.

Essa expansão da malha urbana e de loteamentos residenciais sobre a área da bacia hidrográfica do Balneário da Amizade se dá pela grande valorização da área devido à revitalização do Balneário da Amizade, porém acaba podendo provocar, através da impermeabilização do solo, o aumento do escoamento superficial das águas.

Durante os trabalhos de campo, encontrou-se na Seção S4 um estado inicial de terrestrialização, ou seja, a seção estava assoreada e suas características iam além da formação de pântano, a área já estava sendo recoberta por vegetação (LELI *et al.,* 2013). A região estava alagada e coberta por *Thypha domingensis,* popularmente conhecidas como taboas, impedindo o acesso para a realização do monitoramento limnológico (Figura 11).

Figura 11. Foto da Seção de amostragem 1, com presença de *Thypha domingensis*.

Segundo Davis & Ogden a *Thypha domingensis* é uma espécie que tem o crescimento e surgimento intensificado pela adição de nutrientes em corpos d'água com mais de 0,58m de profundidade e o índice de fósforo total é aquele que possui maior influência sobre a variação da concentração desta espécie. Desta forma, pode-se dizer que a *Thypha domingensis* é um indicador de eutrofização na seção S4.

Krusche *et al.* (2005) notaram em sua pesquisa na Bacia Hidrografica do Rio JI-Paraná em Rondônia, onde predominam florestas e pastos no uso e cobertura da terra, "que o pasto é um dos fatores determinantes na composição química das águas superficiais dos rios estudados", uma vez que as maiores concentrações de nutrientes foram encontradas nas áreas de predominância do pasto. E, com base no mapa de uso e cobertura da terra elaborado nesta pesquisa (Figura 10), nota-se que a seção S4 e seus afluentes encontram-se numa área de predominância do pasto, indicando, assim como no Rio JI-Paraná, uma associação entre o pasto e o processo de eutrofização do curso d'água.

Em sua pesquisa Penha *et al*. (2010) constatou que os solos de pastagem liberam cerca de 1,2 a 4 vezes mais nutrientes para a água do que os solos de florestas e atribui isso à disponibilização de nutrientes excretados pelo gado. Já Silva (2012) constata um resultado

semelhante em sua pesquisa, porém atribui ao fato da pastagem aumentar a quantidade de materiais lixiviados causados pelo desmatamento.

Também em campo foi encontrado em área de preservação permanente do corpo d'água um depósito de resíduos sólidos e solo exposto, às margens da seção S5, localizada a montante do balneário, no principal afluente do Balneário da Amizade, como pode ser visualizado na Figura 12.

Figura 12. Depósito de resíduos sólidos e solo exposto às margens do Córrego do Limoeiro.

Segundo Siqueira & Moraes (2008) a incorreta disposição final do resíduo sólido urbano além de provocar a poluição do solo, colabora com a poluição da água através de fenômenos naturais como a lixiviação, percolação, arrastamento e solução. A autora bióloga Segura Muñoz (2002) encontrou em sua pesquisa altos teores de metais pesados provenientes da decomposição dos resíduos sólidos nos solos, vegetais e nas águas próximas ao Aterro Sanitário e Incinerador de Resíduos Sólidos de Ribeirão Preto. Desta maneira, é provável que as diversas matrizes ambientais (água, solo, vegetação e etc) desta área estejam sendo constantemente impactadas pela deposição de resíduo sólido no local.

Os resultados do monitoramento das variáveis limnológicas nas Seções S5, S6 e S7 encontram-se na Tabela 5.

Tabela 5. Resultados obtidos no monitoramento limnológico nas seções 2, 3 e 4.

Variáveis	S5		S6		S7	
	Fevereiro	Outubro	Fevereiro	Outubro	Fevereiro	Outubro
OD (mg/L)	**2,3**	6,6	10,6	12,3	**3,4**	5,4
T (°C)	30,4	21,5	27,5	20,7	28,9	20,7
pH	6,95	7,38	7,2	7,55	6,7	7,27
CE (µS/cm)	**268,9**	**225,3**	95,88	92,2	**188,5**	**249,3**
Turb (NTU)	34,4	27,3	89,4	17,35	19,0	18,8
V (m/s)	0	0	0,024	0,125	0,023	0,069
A (m²)	0,9	1,59	0,225	0,058	1,27	0,75
Q (m³/s)	0	0	0,0053	0,0073	0,029	0,052

Para uma melhor análise dos resultados, foram obtidos os dados pluviométricos de Presidente Prudente durante o período em que foram realizadas as amostragens em 2015 e elaborado um gráfico, conforme a Figura 13.

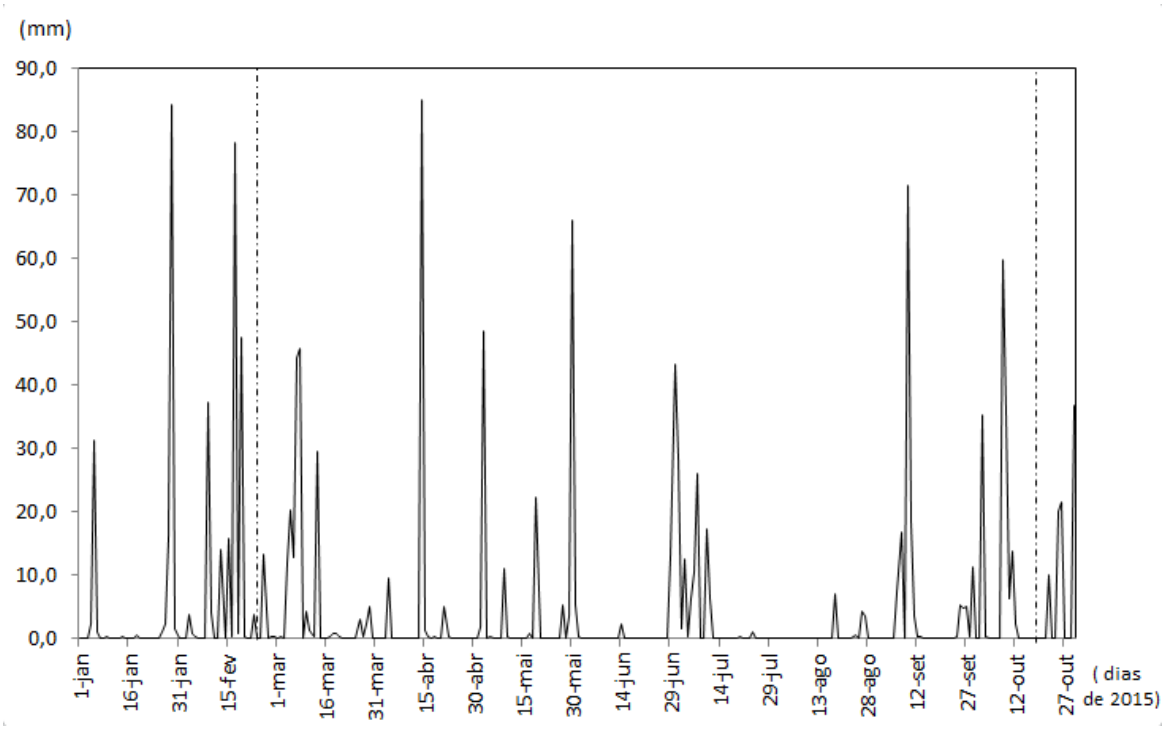

Figura 13. Precipitação no município de Presidente Prudente durante o período de amostragem. As linhas tracejadas indicam os dias de realização dos trabalhos de campo (23 de fevereiro 19 de outubro de 2015).

Fonte: Estação Meteorológica da FCT/UNESP, Presidente Prudente, 2015.

A análise da Figura 13 permitiu notar que o primeiro trabalho de campo foi realizado durante um período de chuva, enquanto o segundo trabalho de campo durante um período de

estiagem após um período chuvoso. Porém, ambos foram realizados em períodos de ocorrência de precipitação.

Para a seção S3 (córrego do Limoeiro à montante do balneário) na amostragem do mês de outubro observou-se um maior teor de oxigênio dissolvido e, um dos fatores que contribuem pode ter sido a diminuição da temperatura. Uma vez que temperaturas elevadas aceleram os processos metabólicos e respiratórios dos seres vivos, aumentando a demanda do oxigênio dissolvido, fazendo com que diminua o teor deste gás dissolvido no corpo d'água (PIZZELA, 2006).

Segundo a Resolução CONAMA Nº357 que "Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências", um curso d'água enquadrado como classe 2 o valor de oxigênio dissolvido não pode ser menor que 5mg/L ou 4mg/L, em qualquer amostra. O córrego do Limoeiro foi enquadrado como classe 2 no Decreto Nº 10.755 de 22 de novembro de 1977 que "Dispõe sobre o enquadramento dos corpos de água receptores na classificação prevista no Decreto n. 8.468 (1), de 8 de setembro de 1976, e dá providências correlatas". Desta maneira, de acordo com os resultados o córrego do Limoeiro apresentou-se em não conformidade com a sua classe no mês de fevereiro e em conformidade no mês de outubro. Para S6 os valores encontraram-se em conformidade nos meses monitorados.

Os resultados de menores valores de oxigênio dissolvido em fevereiro para S5 pode estar relacionado a maior precipitação neste mês, havendo como consequência maior escoamento superficial e maior incremento de sólidos em suspensão na água. O incremento pode ter influenciado no aumento dos processos de decomposição no canal fluvial e menor produção primária, ocorrendo a diminuição dos valores de oxigênio dissolvido.

Brites *et al*. (2005) percebeu em seu estudo um aumento da carga de sólidos em suspensão em épocas de maior precipitação, relacionando este fato ao favorecimento de desmoronamentos nas margens do corpo d'água em épocas de chuva. Em contraponto Souza (2012) notou um aumento na carga de poluentes correlacionados à precipitação, enquanto o aumento da carga de sólidos apresentou correlação com o período de seca na bacia Alto da Colina. Em todas as seções observou-se a redução da turbidez realizado no mês de outubro, caracterizando uma redução na quantidade de sólidos suspensos nos cursos d'água durante o período de estiagem.

Nas seções S5 e S6, no mês de outubro, observou-se também uma redução da condutividade elétrica, o que pode estar relacionado a uma redução dos sólidos dissolvidos na

água durante o período de menor precipitação. Resultados de Brites *et al.* (2005), indicaram num aumento da quantidade de sólidos totais na água durante períodos de maior precipitação.

Em seu estudo Carvalho *et al.* (2000) associou o aumento da quantidade de sólidos dissolvidos com a precipitação ao fato da ausência de cobertura vegetal que, segundo o autor, favorece o aporte de materiais do solo para o ambiente aquático; Franco & Hernandez (2009) também associam em seu estudo os aumentos na concentração de sólidos suspensos pela ausência de matas ciliares, assim como pelas pastagens degradadas próximas ao curso d'água, favorecendo o transporte e a deposição de materiais sólidos por escoamento superficial. Possivelmente os mesmos fatores contribuem para o aumento dos sólidos suspensos na água e, consequentemente, aumenta a turbidez do corpo d'água em períodos de chuva.

A seção S7, entretanto, apresentou resultados inversos, valores maiores de condutividade elétrica para o mês de outubro, mês de menor precipitação. Provavelmente, além das funções naturais de força atuantes no sistema as ações antrópicas para esta seção podem explicar os resultados.

Segundo a CETESB (2009), níveis de condutividade elétrica superiores a 100µS/cm indicam ambientes impactados, logo, observa-se que as seções S5 e S7 encontram-se impactadas o que pode estar relacionado à presença de fontes de lançamento de poluição no curso d'água proveniente do meio em que se encontram (uso e cobertura da terra).

Observando o Mapa de Uso e cobertura da terra, elaborado nesta pesquisa, observa-se que estas seções apresentam grande pressão da malha urbana. Esta classe representa a segunda maior classe no uso e cobertura da terra da Bacia Hidrográfica estudada. Este fato pode responder aos resultados não esperados para a condutividade elétrica, relacionados as interferências urbanas pontuais e ou difusas. Prado (2004) observou em sua pesquisa sobre a degradação do reservatório de Barra Bonita que, a área urbana, assim como o solo exposto, representava o maior nível de contribuição para a degradação de seu reservatório, devido ao transporte de poluentes através do escoamento superficial bem como pelo lançamento de efluentes domésticos e industriais nos corpos d'água afluentes. Desta maneira, acredita-se na possibilidade de os cursos d'água representados pelas seções S5 e S7 podem estar sendo impactados pela malha urbana de maneira semelhante aos afluentes do Reservatório de Barra Bonita pela malha urbana.

Os altos níveis de condutividade elétrica encontrados nos córregos podem ser um indicador de um processo de eutrofização, decorrente da dissolução de nutrientes provenientes da malha urbana, assim como através de uso de fertilizantes na Bacia Hidrográfica – nota-se

uma área de agricultura em um dos afluentes da seção – e até mesmo através da lixiviação dos resíduos sólidos depositados próximo à margem do curso d'água da seção S4.

O processo de eutrofização de um corpo d'água pode ocasionar diversos impactos na qualidade da água, como níveis elevados de clorofila *a*, supercrescimento de macroalgas, hipóxia e anóxia (JUNIOR *et al.,* 2010), por isso nota-se uma importância na continuidade deste estudo a fim de analisar a possibilidade de eutrofização da Bacia Hidrográfica.

Na seção S6 nota-se uma diminuição substancial da turbidez do primeiro campo para o segundo, com base no que foi observado em campo acredita-se que isso ocorreu devido ao escoamento de resíduos de um condomínio residencial em construção próximo ao córrego durante o primeiro trabalho de campo.

O córrego do Limoeiro, após seu represamento no Balneário da Amizade, retorna ao seu curso natural por meio de dutos, porém, durante a realização dos trabalhos de campo, observou-se que este não estava retornando ao seu curso, uma vez que o nível da água do balneário encontrava-se abaixo do nível do duto de condução. Ou seja, a seção S3 encontrava-se seca apesar das amostragens terem sido realizadas em períodos de precipitação.

Apresenta-se na Figura 14 o leito do canal natural do córrego do Limoeiro seco à jusante do Balneário da Amizade.

Figura 14. Curso do Córrego do Limoeiro à jusante do Balneário da Amizade seco, sem fluxo de água.

Desta maneira, entende-se que o maior impacto observado com a realização dessa análise foi a descontinuidade do fluxo do córrego do Limoeiro devido ao baixo nível da água no Balneário da Amizade durante o tratamento da água do reservatório, como ilustrado na Figura 14.

Todos os resultados obtidos demonstram a importância da consideração da dimensão conceitual humana de BOON (1992, *apud.* Fuller, 2009) na análise da qualidade da água, uma vez que todos os afluentes estudados se encontravam impactados pelos diferentes usos e coberturas da terra da área e demais atividades humanas. Além disso notou-se uma imparidade dos sistemas estudados pois, apesar de se encontrarem em uma mesma bacia hidrográfica, apresentavam características físico-químicas particulares correspondentes ao meio em que percorriam.

Quando Poole (2002) discorre sobre a ocorrência de um Descontínuo Fluvial em um sistema lótico através formação de manchas ou lacunas com a entrada de um afluente ou pela presença de uma barragem no canal, trata-se apenas das modificações ocorridas nas características físicas, químicas e biológicas da água ao longo do fluxo. No entanto, quando se fala da interrupção do fluxo de um corpo d'água, trata-se de um impacto muito maior.

Essa interrupção abrupta pode resultar na mortandade de espécies jovens CARVALHO, 2002), assim como provocar mudanças na temperatura e características químicas da água (TREVISAN & RIBEIRO, 2016). Neste caso, além desses fatores, a interrupção do fluxo impossibilita a diluição dos poluentes do córrego do Veado e acaba por causar um maior impacto ao desaguar no rio principal.

Com o intuito de ter uma noção do impacto que as características físico-químicas do córrego do Limoeiro apresenta ao ser represado para formação do Balneário da amizade, utilizou-se a média dos dados do monitoramento realizado o ano anterior na seção S3 com os dados da seção S6, Tabela 6.

Tabela 6. Dados de monitoramento das seções S2 e S5.

Seções	**OD (mg/L)**	**T (°C)**	**pH**	**CE ($\mu S.cm^{-1}$)**	**Turb (NTU)**	**Q (m^3/s)**
S6	4,45	25,95	7,16	247,1	30,85	0,00
S3	7,57	26,45	6,86	144,3	33,28	0,08

Com base nos dados observados, nota-se que, em média, a qualidade da água do córrego do Limoeiro à jusante do Balneário da Amizade comporta-se melhor do que à montante do

Balneário, isso deve ocorrer pela sedimentação e deposição do material sólido presente na água. É importante frisar que a comparação foi feita com dados de datas e períodos diferentes, não garantindo um resultado conclusivo.

4.3 Estudo do Estado Trófico e balneabilidade no Balneário da Amizade

Com base nos resultados obtidos no estudo do uso e cobertura da terra sobre a qualidade da água do Balneário da Amizade, encontrou-se evidencias da possibilidade deste se encontrar em processo de eutrofização devido à influência antrópica. Além disso, no mesmo período, o balneário foi liberado para atividades de contato primário pelo prefeito, sob autorização da CETESB, com a garantia de que a água se encontrava em estado adequado para a atividade. Essas duas situações despertaram a vontade de testar ambas constatações através do uso de índices e indicadores. Então através da metodologia descrita, aplicou-se o índice de balneabilidade e de estado trófico sobre a água do Balneário.

Os valores obtidos na contagem de *Escherichia coli* presentes nas amostras semanais foram multiplicados por cem, para ajustarem-se a unidade de medida presente na legislação, tabulados (Tabela 7) e, então, comparados com a Resolução CONAMA 274/00 a fim de classificar a água do Balneário da Amizade como própria ou imprópria para atividades de recreação de contato primário.

Tabela 7. Quantidade de *Escherichia coli* por 100 mililitro.

	10/06/2016	**18/06/2016**	**24/06/2016**	**01/06/2016**	**08/06/2016**
S1 (100 mL $^{-1}$)	300	500	700	100	100
S2 (100 mL $^{-1}$)	1300	600	600	900	500
S3 (100 mL $^{-1}$)	1000	100	700	100	200

De acordo com a Resolução CONAMA 274/00 a água do Balneário da Amizade se encontra no padrão Satisfatório, última classificação dentre as categorias própria para uso de recreação de contato primário, uma vez que 80% ou mais do conjunto de amostra analisado possui no máximo 800 *Escherichia coli* presentes em 100 mililitros.

Para o cálculo do Índice de Estado Trófico (IET), foi determinada em laboratório a concentração média de fósforo total e clorofila *a* nas amostras coletadas em campo. Os resultados obtidos encontram-se na Tabela 8.

Tabela 8. Concentração de Fósforo Total e Clorofila *a* média e por seção amostrada.

	S8	**S9**	**S10**	**Média**
Clorofila *a* (µg.L^{-1})	13350	4272	530	6050
Fósforo Total(µg.L^{-1})	54,1	59,2	64,3	59.2

A partir dos resultados obtidos em laboratório, calculou-se os Índice de Estado Trófico de Clorofila *a* e de Fósforo Total e, em seguida, calculou-se o IET para cada seção e o médio, a partir da média do IET das seções, como descrito na metodologia deste trabalho. Os resultados obtidos foram tabulados (Tabela 9).

Tabela 9. Índices de Estado Trófico do Balneário da Amizade

	IET (PT)	**IET (CL)**	**IET**
S8	55,1	100,5	77,8
S9	59,3	99,6	79,4
S10	59,8	89,4	74,6
Médio	58,1	96,5	77,3

Por fim os resultados foram interpretados e classificou-se como Hipereutrófica a água do Balneário da Amizade em todos os pontos, de acordo com a Tabela de Classificação do Estado Trófico para reservatórios segundo o Índice de Carlson Modificado.

Corpos d'água hipereutróficos são aqueles afetados significantemente pela presença elevada de nutrientes e matéria orgânica, a presença de grandes quantidades de coliformes termotolerantes (como a *E. coli*), somado a outras variáveis, pode ser uma das justificativas para o enriquecimento de nutrientes (GOVEIA *et al.*, 2014)). Analisando os resultados dos IETs, pôde-se perceber que a presença de clorofila *a* foi determinante para a obtenção do resultado final, uma vez que se baseando apenas no IET (PT) o reservatório seria classificado como Eutrófico e não Hipereutrófico.

Diante disso, percebe-se um resultado contraditório, onde o Balneário, apesar de possuir uma balneabilidade satisfatória para uso de contato primário, se apresenta com alto nível de trofia. Uma quantidade aceitável de bactérias em ambiente Hipereutrófico indica que a eutrofização não é causada pela presença de esgotos domésticos, uma vez que os corpos d'água contaminados por esgotos domésticos expõem banhistas à presença de bactérias, vírus

e protozoários. Este fator deixa indícios, juntamente com a análise do uso e cobertura da área, que a hipereutrofização pode ter sido causada pelo escoamento superficial.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da análise espacial dos dados obtidos no monitoramento limnológico, pode-se comprovar que ambos os ambientes estão impactados pela ação antrópica e que o córrego do Limoeiro apresenta alterações nas variáveis (química, física e biológica) de sua água após a sua confluência com seu tributário, o córrego do Veado. Esta condição evidencia o Conceito de Imparidade com o Descontínuo Fluvial, constatando que um tributário pode provocar uma ruptura no gradiente contínuo natural do canal, demonstrando que o Conceito de Continuidade dos Rios não se aplica à dinâmica longitudinal do córrego do Limoeiro, devido às alterações antrópicas em seu curso.

Observou-se também que os corpos d'água que formam o Balneário da Amizade estão em estado de degradação e possivelmente em processo de eutrofização, pôde-se analisar também a influência exercida pela malha urbana e pela pastagem sobre a qualidade dos cursos d'água, comprovando uma relação entre a qualidade da água e o de uso e cobertura da terra. Além disso, pôde-se perceber a importância da consideração da dimensão conceitual humana, introduzida nas teorias ecológicas por Boon em 1992, uma vez que o comportamento dos sistemas lóticos é totalmente dependente e controlado pela ação antrópica.

O Índice Balneabilidade mostrou uma qualidade satisfatória da água do Balneário da Amizade para atividades de contato primário, contraditoriamente, o Índice de Estado Trófico, demonstra uma preocupante hipereutrofização de sua água, possivelmente causada pela lixiviação de nutrientes presentes no pasto e malha urbana.

O maior impacto encontrado no alto da Bacia Hidrográfica do córrego do Limoeiro foi a interrupção do fluxo do córrego principal durante o tratamento e revitalização do Balneário da Amizade.

O trabalho realizado foi muito importante para a formação da aluna como Engenheira Ambiental, pois acrescentou muito conhecimento tanto prático, como teórico e ainda foi de grande importância para exposição dos grandes impactos sofridos por uma das principais bacias hidrográficas da cidade de Presidente Prudente.

Recomenda-se que o estudo seja continuado e aprofundado através do acompanhamento sazonal da balneabilidade do Balneário da Amizade; da utilização do modelo matemático CE-QUAL-W2 para a determinação da vazão necessária para que o córrego do Limoeiro possa suportar a confluência do córrego do Veado e manter-se de acordo com seu enquadramento. Assim como investigar a contribuição do represamento nessa situação; e, por fim, através da investigação das principais causas da eutrofização do Balneário da Amizade.

BIBLIOGRAFIA

ALVES, A. O. **Planejamento ambiental urbano na microbacia do córrego da Colônia Mineira – Presidente Prudente/SP.** Dissertação de mestrado em Geografia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2004.

ALVES, A. O. & LEAL, A. C. **Análise ambiental do processo de canalização do córrego da colônia mineira – Presidente Prudente/SP: Ocupação e degradação ambiental dos fundos de vales.** Revista Formação (Online), 2003.

ALVES, E. C.; da SILVA, C. F.; COSSICH, E. S.; TAVARES, C. R. G.; de SOUZA FILHO, E. E. & CARNIEL, A. **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, v. 30, n.1, p. 39-48, 2008.

ARAUJO, R.R. & ROCHA, P. C. **Sistemas rio-planície de inundação: geomorfologia e conectividade hidrodinâmica.** Revista Tópos, 2011.

BARBOSA, D. S. & ESPINDOLA, E. L. G. . **Algumas teorias ecológicas aplicadas a sistemas lóticos.** In: Brigante,J.; Espindola, E. L. G.. (Org.). Limnologia fluvial: um estudo no rio Mogi-Guaçu.. São Carlos - SP: Rima Editora, 2003, p. 11-18.

BRAGA, B.; PORTO, M. & TUCCI, C. E. M.. **Monitoramento de quantidade e qualidade das águas.** In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B. & TUNDISI, J. G. (Org.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação.** 2º ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2002.

BRASIL. Lei Federal de nº 9.433, 08 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.**

BRITES, A. P. Z.; GASTALDINI, M. C. C. & SARTORI, A. **Utilização de amostradores instantâneos de água para avaliação da carga poluente na drenagem pluvial urbana.** 1° Simpósio de Recursos Hídricos do Sul, I simpósio de águas da AUGM.

BUSS, D. F.; BAPTISTA, D. F. & NESSIMIAN, J. L.. **Bases conceituais para a aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade da água de rios.** Ca. Saúde Pública, Rio de Janeiro, mar-abr, 2003.

CAMPOS, T. S. & ROHLFS, D. B.. **Avaliação dos valores de nitrato em águas subterrâneas e sua correlação com atividades antrópicas no município de águas lindas de Goiás.** Pontifícia Universidade Católica de Goiás, 2010.

CARVALHO, A. R. **Conhecimento ecológico no 'varjão' no alto do rio Paraná: alterações antropogênicas expressas na linguagem dos pescadores.** Acta Scientiarium, Maringá, v. 24, n. 2, p. 581-589, 2002.

CARVALHO, A. R.; SCHLITTLER, F. H. M. & TORNISIELO, V. L.. **Relações da atividade agropecuária com parâmetros físico-químicos da água.** Química Nova, 23(5) (2000).

CERQUEIRA, E. C.; D'ÁVILA, J. S. & SANTOS, J. M.. **Diagnóstico hidrológico e proposta para monitoramento dos recursos hídricos superficiais da bacia hidrográfica do Rio Paraguai – SSA/BA/BRASIL.** Anais do X Encontro de Geógrafos da América Latina, 2005. 23

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÂO PAULO (2009). **Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo: Significado Ambiental e Sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem.**

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTA- CONAMA. **Resolução Nº 274, de 29 de novembro de 2000:** Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras**.**

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTA- CONAMA. **Resolução Nº 357, de 17 de março de 2005:** Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

DAEE. **Decreto Estadual Nº 10.755 de 22 de novembro de 1977**: Dispõe sobre o enquadramento dos corpos de água receptores na classificação prevista no Decreto n. 8.468 (1), de 8 de setembro de 1976, e dá providências correlatas

DA SILVA, A. M. G., 2012. **Relações entre paisagens ambientais (Mata Atlântica e pastagens) e a biogeoquímica de C, N e P em águas superficiais na Bacia do Rio Imbé, RJ.**

DAVIS, Steven M. & OGDEN, John C. **Everglades: the ecosystem and its restoration.** St. Lucie Press, ISNB: 0-9634030-2-8

DIAS, M. F. **Qualidade microbiológica de águas minerais em garrafas individuais comercializadas em Araraquara-SP.** Araraquara, 2008.

ESTEVES, F.A. **Considerations on the Ecology of Wetlands, With Emphasis on Brazilian Floodplain Ecosystems.** In: Scarano, F.R. & A.C. Franco (eds.). Ecophysiological Strategies of Xerophitic and Amphibious Plants in the Neotropics. Séries Oecologia Brasiliensis, vol IV. PPGE-UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil, 1998.

FERRAREZZI, A. M. & FRANCISCO, A. M., 2013. **Morfologia urbana das áreas de fundo de vale do córrego do Veado em Presidente Prudente, SP.** Encontro de Ensino, Pesquisa e Extensão, Presidente Prudente.

FERREIRA, A. B.; FILHO, W. P. & ROSA, R., 2012. **Análise comparativa de variáveis limnológicas em três sub-bacias hidrográficas na região central do Rio Grande do Sul – Brasil.** Caminhos de Geografia, Uberlândia, v. 13, n. 41, p. 15-28.

FIGUEIRÊDO, M. C. B.; TEIXEIRA, A. S.; ARAÚJO, L. F. P.; ROSA, M. F.; PAULINO, W. D.; MOTA, S.; ARAÚJO, J. C. **Avaliação da vulnerabilidade ambiental de reservatórios à eutrofização.** Engenharia Sanitária Ambiental, Vol. 12, nº 4, 399-409, 2007.

FRANCISCO, A. M. **Os desafios do Planejamento Urbano em Áreas de Fundos de Vale Consolidadas: o Caso da Microbacia do Córrego do Veado em Presidente Prudente, SP.** 2012.

FRANCO, R. A. M. & HERNANDEZ, F. B. T. **Qualidade da água para irrigação na microbacia do Coqueiro, Estado de São Paulo.** R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v.13, n.6, p.772–780, 2009.

FULLER, B. B. **Teorias Ecológicas aplicadas ao estudo da qualidade da água em sub-bacias hidrográficas.** Anais do IX Congresso de Ecologia do Brasil, São Lourenço-MG, 2009.

GASTALDINI, M. do. C. C & MENDONÇA, A. S. F. **Conceitos para a avaliação da qualidade da água.** Porto Alegre: ABRH, 2001.

GAUCH, H.G. **Multivariate analysis in community ecology.** Cambridge: Cambridge University Press. 298p, 1994.

GOMES, P. M.; MELO, C.; VALE, V. S. **Avaliação dos impactos ambientais em nascentes na cidade de Uberlândia-MG: análise microscópica.** Sociedade & Natureza, Uberlândia, 17 (32): 103-120, 2005.

GOLTERMAN, H. L.; CLYMO, R. S. & OHNSTAD, M. A. M. **Methods for physical and chemical analysis of freshwaters.** IBP Handbook no 8, 2ª ed. Oxford, Blackwell Scient. Publ. 315 pp. 1978.

GOVEIA, D.; REBELO, A.; LORO, A. P.; SASSO, G. D.; DA ROCHA, T. N. F.; DOMPIERI, T. P.; CARLOS, M. **Uso de índices de qualidade para avaliação da água em ambiente lêntico.** Brazilian Journal of Biosystems Engineering, v. 8(2):104-111, 2014.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manuais Técnicos em Geociências: **Manual Técnico de Uso da Terra**. 3º edição, 2013.

JACKSON, D. **Stopping rules in principal component analysis: a comparison of euristical and statistical approaches.** Ecology, 74, 2204-2214, 1993.

JOHNSON, L.J., RICHARDSON, W.B. & NAIMO, T.J. **Past, Present, and Future Concepts in Large River Ecology**. BioSciece, 45. N.3.,1995.

JUNIOR, L. C. C.; BRANDINI. N., KNOOPERS, B. A. Estado trófico e tendência do cenário futuro da eutrofização do sistema lagunar Mundaú-Manguaba (AL): **Aplicação de modelagem ASSETS**. GeoAmb 2010.

JUNK, W.J.; BAYLEY, P.B. & SPARKS, R.E.**The Flood Pulse Concept in River-Floodplain Systems. In: D.P. Dodge (Ed) Proceedings of the International Large River Symposium**. Can. Spec. Public. Fish. Aquat. Sci., 1989.

KRAMER, G.; REIS, J. & FILHO, W. P.. **Uso da terra do entorno do reservatório Passo Real – RS e análise de dados limnológicos para compreender os compartimentos do ecossistema aquático.** Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, 2009.

KRUSCHE *et al.*. **Efeito das mudanças do uso da terra na biogeoquímica dos corpos d'água da Bacia do Rio JI-Paraná, Rondônia.** Acta Amazônica Vol. 35(2) 2005:197-205.

LAMPARELLI, M. C.. **Graus de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo: Avaliação dos métodos de monitoramento.** 2004.

LELI, I.; STEVAUX, J. C.; ASSINE, M. L. **Canal fechado (ressaco) em grandes sistemas de rios anabranching: exemplo do alto curso do rio Paraná.** Sexto Simpósio Regional sobre Hidráulica de Rios, 2013.

MACKERETH, F.Y.H., HERON, J.G.; TALLING, J. **Water analysis: some revised methods for limnologists.** Fresh. biological associat. publ. 36. 120 p., 1978.

MARGALEF, R. **Limnologia.** In:. OLIVEIRA, Luciano C. de; GOMES, Benedito M.; BAUMGARTNER, Gilmar and SEBASTIEN, Nyamien Y.. **Variação espacial e temporal dos fatores limnológicos em riachos da microbacia do rio São Francisco Verdadeiro**. Eng. Agríc. [online]. 2008, vol.28, n.4, pp. 770-781. ISSN 1809-4430

MARGALEF, R. **Limnologia.** In: BESSA, M. R. R.; NOGUEIRA, I. S. & ARAÚJO, A. O. **Avaliação da qualidade da água bruta em alguns mananciais do estado de goiás, no período de 1998-99.** XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental.

MAROTTA, H.; SANTOS, R. O.; ENRICH-PRAST, A. **Monitoramento limnológico: um instrumento para a conservação dos recursos hídricos no planejamento e na gestão urbano-ambientais.** Ambiente & Sociedade, Campinas, v. XI, n. 1, p. 67-79., 2008.

MARQUES, P. H. C. **Integração entre Ecologia de Bacias Hidrográficas e Educação Ambiental para a conservação dos rios da Serra do Mar no Estado do Paraná.** São Carlos: UFSCar, 2005.

MARTINS, L. K. L. A. **Contribuições para monitoramento de balneabilidade em águas doces no Brasil.** Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da UFMG, 2012.

MATHEUS, C.E.; MORAES, A. J. de; TUNDISI, T.M.; TUNDISI, J.G. **Manual de análises limnológicas.** São Carlos: Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada, USP, 1995. 62 p.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P.. **Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura.** Agroecol. e Desenvol. Rur. Sustent. Porto Alegre, v.3, n.4, out/dez 2002. 25

MESQUITA, T. P. N.. **Eutrofização e capacidade de carga de fósforo de seis reservatórios da bacia do Rio Seridó, Região Semi-Árido do Estado do RN.** Natal (RN), 2009.

MORAES, D. S. L. & JORDÃO, B. Q. **Degradação dos recursos hídricos e seus efeitos dobre a saúde humana.** Rev. Saúde Pública, 36(3):370-4., 2002.

MOREIRA, I. V.. **Vocabulário Básico do Meio Ambiente, 1992**. In Koide, S.; Souza, M. A. A.. **Hidrologia aplicada à gestão de bacias hidrográficas.** Porto Alegre: ABRH, 2001.

PALHARES, J. C. P.; RAMOS, C.; KLEIN, J. B.; LIMA, J. M. M.; MULLER, S.; CESTONARO, T. **Medição da Vazão em Rios pelo Método do Flutuador**. Comunicado Técnico, 455. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2007. 4 p. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/443939>. Acesso em: 01 fev. 2015.

PEDRO, L. C. & NUNES, J. O. R., 2012. **A relação entre processos morfodinamicos e os desastres naturais: Uma leitura das áreas vulneráveis a inundações e alagamentos em Presidente Prudente – SP.** Caderno Prudentino de Geografia, Presidente Prudente, n.34, v.2, p. 81-86.

PENHA, L. N., LEMOS, H & PEDROSA, P., 2010. **Potenciais de liberação de macronutrientes por solos de Mata Atlântica e pastagem em uma Bacia Hidrográfica – Bacia do Imbé (RJ).**

PEREIRA, D. S. P. & JOHNSSON, R. M. F. **Descentralização da gestão dos recursos hídricos em bacias nacionais no Brasil.** REGA – Vol. 2, no. 1, p. 53-72, jan./jun. 2005.

PETTS, G. E.; AMOROS, C. **Fluvial Hydrosystems. London: Chapmam & Hall**, 1996, 322p.

PIZZELA, D. G. **Análise da sustentabilidade ambiental do sistema de classificação das águas doces superficiais**, 2006.

POOLE, G. C., 2002. **Fluvial landscape ecology: addressing uniqueness within the river discontinuum. Freshwater Biology,** 47: 641–660p.

PRADO, B. R., 2004. **Geotecnologias aplicadas à análise espaço temporal do uso e cobertura da terra e qualidade da água do Reservatório de Barra Bonita, SP, como suporte à gestão de recursos hídricos.**

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B. & TUNDISI, J. G**.. Águas doces no Brasil: Capital Ecológico, uso e conservação.** São Paulo : Escrituras, 1999.

ROCHA, G. A. **A construção do sistema paulista de gestão dos recursos hídricos.** Simpósio Internacional sobre gestão de recursos hídricos. Gramado, RS, de 5 a 8 de Outubro de 1998

ROLLA, M.E., DABÉS, M.B.G.S., FRANÇA, R.C.; FERREIRA, E.M.V.M. **Inventário limnológico do rio Grande na área de influência da futura usina hidrelétrica (UHE) de Igarapava.** Acta Limnol. Bras., 4:139-162, 1992.

SÁNCHEZ, P. S. & BELLO, E. A. D.. **Ocupação periférica de baixa renda em áreas de mananciais.** In: FELICIDADE, N.; MARTINS, R. C. & LEME, A. A.. **Uso e gestão dos recursos hídricos no Brasil**. São Carols, RiMa, 2001.

SANTOS, J. M. C. **A produção do espaço urbano e a segregação socioespacial em áreas de mananciais. Um estudo do Jardim Cobral em Presidente Prudente – SP.** 2007.

SANTOS, F. R. & BARBOSA, H. P. **Um estudo comparativo de dois córregos urbanos em Presidente Prudente (SP): Colônia Mineira e Limoeiro.** Geografia em Atos, n.13, vol. 2, p.69-89, 2013.

SÃO PAULO. Lei nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991. **Estabelece normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos.**

SEGURA MUÑOZ, S. I. Impacto Ambiental na área do Aterro Sanitário e Incinerador de Resíduos Sólidos de Ribeirão Preto, SP: **avaliação dos níveis de metais pesados.** 131p, 2002.

SILVA, A. J. P.; SILVEIRA, D. P. B.; VALE, I. N. F.; ALVES, M. B. & SOUZA, R. C. **Ocupação humana como principal fator de degradação ambiental da região leste do Rio Anil.** IV Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte e Nordeste de Educação Tecnológica, Belém – Pará, 2009.

SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E. & CAMARGO, P. B. **Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas.** 2004.

SIQUEIRA MM, MORAES MS. Saúde coletiva, resíduos sólidos urbanos e os catadores de lixo. CiÊcnia & Saúde Coletiva, 2008.

SOARES, F. B & LEAL, A. C. **Planejamento ambiental da bacia do balneário da amizade nos municípios de álvares machado e presidente prudente – São Paulo.** Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 07, n. 02, 2011.

SOUZA, A. F. **Avaliação da Continuidade do rio São Mateus (São Mateus – ES) com base na comunidade fitoplanctônica e variáveis limnológicas.** Dissertação de mestrado, Universidade Federal do espírito Santo, 2014.

SOUZA, M. M. **Carga de poluição difusa em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos.** 2012.

TREVISAN, A. H. & RIBEIRO, I. L. S. **Hidrelétrica de Belo Monte: Da promessa a realidade – região Xingu – Pará – Amazônia – Brasil**. Revista Caribeña de Ciencias Sociales (2016).

TUCCI, C. E. M.. **Água no meio urbano.** In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B. & TUNDISI, J. G. (org.). **Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação.** 2º ed. – São Paulo: Escrituras Editora, 2002.

TUNDISI, J. G. & TUNDISI, T. M.. **Limnologia.** São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

VALENTE, R. O. A & VETTORAZZI, C. A. **Mapeamento de uso e cobertura do solo da Bacia do Rio Corumbataí, SP**. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, Circular Técnica, n. 196, 2003.

VANNOTE, R.L., MINSHALL, G.W., CUMMINS, K.W., SEDELL, J.R.& CUSHING, C.E., 1980. **The river continuum concept.** Can. J. Fish. Aquat. Sci., vol.37. p. 130-137. 26

VITOUSEK, P. M. *et al*. **Human Domination of Earth's Ecosystems**, 1997. In Marotta, H; Santos, R. O; Enrich-Prast, A. **Monitoramento Limnológico: um instrumento para a conservação dos recursos hídricos no planejamento e na gestão urbano-ambientais.** Ambient. soc. vol.11 no.1 Campinas Jan./June 2008.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. DESA-UFMG.1996

WETZEL, R.G.; LIKENS, G.E. **Limnological Analysis**. 2 ed. New York: Spring Verlag, 1991.

ANEXO 1

Descrição dos procedimentos metodológicos:

- **Determinação da vazão segundo Palhares *et al* (2007):** Na primeira, fez-se uma batimetria da seção do rio, possibilitando o cálculo da área da seção transversal, utilizando a equação 1. Na segunda etapa determinou-se a velocidade do rio em vários pontos da seção. Para o cálculo da velocidade do rio, mediu-se com uma trena uma distância de 1 metro, posicionou-se um material flutuante no ponto zero de distância e com um cronômetro contou-se o tempo que o material flutuante levou para percorrer a distância de 1 metro, através da equação 2. A vazão foi calculada através da equação 3.

$$A = L\ (m) \times P(m) \qquad \text{(Equação 1)}$$

$$Vm = D\ (m) \div t(s) \qquad \text{(Equação 2)}$$

$$Q = A \times Vm \qquad \text{(Equação 3)}$$

Em que:

Q: vazão média do rio

A: área transversal do rio na seção amostral

Vm: velocidade média na seção amostral

- **Determinação do fósforo total, fósforo dissolvido e fósforo reativo-solúvel segundo Mackereth et al. (1978):**

As frações de fósforo total e de fósforo dissolvido foram quantificadas após a digestão, na presença de um catalisador, em autoclave e posterior reação com adição de reagente misto (molibdato de amônia, tartarato de antimônio e potássio e ácido ascórbico) e leitura em espectrofotômetro a 882 nm. O fósforo reativo solúvel ou orto-fosfato também foi obtido após reação com molibdato de amônia, tartarato de antimônio e potássio e ácido ascórbico e posterior leitura em espectrofotômetro a 882 nm.

- **Obtenção da balneabilidade:**

A determinação da balneabilidade foi feita através da contagem de *Escherichia coli* presentes na amostra inoculada na Placa 3M Petrifilm. As placas ficaram armazenadas em

refrigeradores na temperatura 8ºC ou menos anteriormente à determinação. Foi pipetado 1mL da amostra de cada ponto no centro do filme que foi incubado em estufa umidificada a 37ºC por 48h +/- 2h, segundo o método do Comitê Nórtico de Análises de Alimentos (NMKL) (146.1993). As Placas 3M Petrifilm contêm nutrientes do meio Vermelho Violeta Bile (VRB), um agente geleificante solúvel em água fria, um indicador de atividade glicuronidásica e um indicador que facilita a enumeração da colônia. Cerca de 97% das *E. coli* produz um precipitado azul associado à colônia e, cerca de 95% das *E. coli* produz um gás devido à fermentação da lactose, essas são indicadas pelas colônias azuis a vermelho-azuladas, associadas ao gás retido na Placa Petrifilm.

- **Determinação do índice de estado trófico:**

Amostras de águas foram filtradas em membranas Whatman GF/C, e os filtros armazenados em freezer a -20ºC para posterior determinação das concentrações de clorofila a de acordo com Golterman et al. (1978). As frações de fósforo total foram quantificadas após a digestão, na presença de um catalisador, em autoclave e posterior reação com adição de reagente misto (molibdato de amônia, tartarato de antimônio e potássio e ácido ascórbico) e leitura em espectrofotômetro a 882 nm (MACKERETH et al., 1978).

Conforme a metodologia estabelecida pela CETESB o Índice do Estado Trófico é composto pelo Índice do Estado Trófico para o fósforo – IET(PT) e o Índice do Estado Trófico para a clorofila a – IET(CL), modificados por Lamparelli (2004), segundo as equações 4 e 5:

$$IET(CL) = 10\times(6 - ((0{,}92 - 0{,}34\times(\ln CL)) \div ln2)) \quad \text{(Equação 4)}$$

$$IET(PT) = 10\times(6 - (1{,}77 - 0{,}42\times(\ln PT) \div \ln 2)) \quad \text{(Equação 5)}$$

onde:

PT: concentração de fósforo total medida à superfície da água, em µg.L-1;

CL: concentração de clorofila a medida à superfície da água, em µg.L-1;

ln: logaritmo natural.

O resultado apresentado para o o IET é a média aritmética simples dos índices relativos ao fósforo total e a clorofila a, segundo a equação 6:

$$IET = \frac{[IET\ (PT) + IET\ (CL)]}{2}$$