

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE CAMPINAS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS, AMBIENTAIS E DE
TECNOLOGIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU*
MESTRADO EM SISTEMAS DE INFRAESTRUTURA
URBANA

RAISSA CAROLINE GOMES

**INTERFERÊNCIAS DO USO E OCUPAÇÃO DO
SOLO NA QUALIDADE DAS ÁGUAS DO RIBEIRÃO
DAS PEDRAS – CAMPINAS/SP**

Campinas/SP
2017

RAISSA CAROLINE GOMES

INTERFERÊNCIAS DO USO E OCUPAÇÃO DO
SOLO NA QUALIDADE DAS ÁGUAS DO RIBEIRÃO
DAS PEDRAS – CAMPINAS/SP

Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação em Sistemas de Infraestrutura Urbana da Pontifícia Universidade Católica de Campinas como requisito parcial para a obtenção do título de Mestra em Sistemas de Infraestrutura Urbana.
Orientadora: Prof.^a Dr.^a Regina Márcia Longo.

Ficha Catalográfica
Elaborada pelo Sistema de Bibliotecas e
Informação - SBI - PUC-Campinas

t628.1
G633i

Gomes, Raissa Caroline.

Interferências do uso e ocupação do solo na qualidade das águas do Ribeirão das Pedras – Campinas / SP / Raissa Caroline Gomes. – Campinas: PUC-Campinas, 2017.
109p.

Orientador: Regina Márcia Longo

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Centro de Ciências Exatas, Ambientais e de Tecnologias, Pós-Graduação em Sistemas de Infraestrutura Urbana.
Inclui bibliografia.

1. Água qualidade. 2. Microbacia hidrográfica - Campinas / SP. 3. Água controle de qualidade. 4. Impacto ambiental. 5. Hidrografia. 6. Bacias hidrográficas. I. Longo, Regina Márcia. II. Pontifícia Universidade Católica de Campinas. Centro de Ciências Exatas, Ambientais e de Tecnologias. Pós-Graduação em Sistemas de Infraestrutura Urbana. III. Título.

18.ed. CDD – t628.1

Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Centro de Ciências Exatas, Ambientais e de Tecnologias
Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu*

Autora: GOMES, Raissa Caroline.

Título: Interferências do uso e ocupação do solo na qualidade das águas do Ribeirão das Pedras – Campinas/SP.

Dissertação de Mestrado em Sistemas de Infraestrutura Urbana

BANCA EXAMINADORA

Presidente e Orientadora Prof.^a Dr.^a Regina Márcia Longo

1^a Examinadora Prof.^a Dr.^a Sueli do Carmo Bettine

2^o Examinador Prof.^o Dr.^o Gerson Araújo de Medeiros

Campinas, 01 de Fevereiro de 2017.

RAISSA CAROLINE GOMES

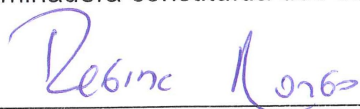
**INTERFERÊNCIAS DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA
QUALIDADE DAS ÁGUAS DO RIBEIRÃO DAS
PEDRAS - CAMPINAS/SP**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Sistemas de Infraestrutura Urbana do Centro de Ciências Exatas, Ambientais e de Tecnologias da Pontifícia Universidade Católica de Campinas como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Sistemas de Infraestrutura Urbana.

Área de Concentração: Sistemas de Infraestrutura Urbana.

Orientador (a): Prof. (a). Dr. (a). Regina Márcia Longo.

Dissertação defendida e aprovada em 01 de fevereiro de 2017 pela Comissão Examinadora constituída dos seguintes professores:



Profa. Dra. Regina Márcia Longo
Orientadora da Dissertação e Presidente da Comissão Examinadora
Pontifícia Universidade Católica de Campinas



Profa. Dra. Sueli do Carmo Bettine
Pontifícia Universidade Católica de Campinas



Prof. Dr. Gerson de Araújo Medeiros
Universidade Estadual Paulista – UNESP Sorocaba

Ao meu avô, Osvaldo da Silva Poggetti (*in memoriam*) e ao meu
sogro, Clodoaldo de Oliveira Padilha (*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

Agradeço...

A Deus pelo dom da vida, pela oportunidade de alcançar mais um objetivo e por sua presença em todos os meus dias, colocando as pessoas certas nas horas certas diante de mim.

À Prof.^a, Dr.^a, orientadora e amiga Regina M. Longo, por ter me convidado a fazer este mestrado, por ter visto em meus olhos que era isso que eu queria, quando nem eu mesma sabia; por ter se tornado essa grande amiga; por ter sido essa orientadora tão dedicada e acolhedora e por não ter me deixado desistir.

À Pontifícia Universidade Católica de Campinas pela bolsa concedida, pela disponibilização de sua infraestrutura e de seus colaboradores, os quais estiveram presentes nas mais difíceis e árduas tarefas (em especial à Lígia, Giovana, Tomasini, Jaqueline, Henrique e todos os responsáveis pela limpeza do laboratório de saneamento).

À minha querida mãe, Mara, que sempre me deu apoio e força para a conclusão de mais esta etapa, e que junto do meu padrasto, Ronaldo, vivenciamos as adrenalinas de uma coleta.

Ao meu pai pelo apoio sempre prestado e pelo incentivo à sempre evoluir e buscar o que se almeja.

Ao meu esposo, por todo incondicional apoio, pela fortaleza que se fez quando eu estive prestes à desabar, por todo amor, amizade, companheirismo desde as coletas até a finalização deste trabalho.

Ao Fernando pela ajuda com a elaboração dos mapas deste trabalho, pelas discussões e publicações juntos e por ter se tornado este querido amigo, assim como todos os colegas de turma.

Ao Prof.^o Dr.^o Alexandre de Assis Mota (*in memoriam*), por todo empenho dedicado à este programa de pós graduação e à Prof.^a Dr.^a Lia Toledo Moreira Mota, coordenadora deste programa, por todo amor e dedicação desprendidos à continuidade de tão belo trabalho.

Aos professores deste programa de pós-graduação por todo conselho, por toda contribuição e por todas as conversas, em especial à Prof.^a Dr.^a Sueli do Carmo Bettine e ao Prof.^o Dr.^o Antônio Carlos Demanboro por todas as contribuições feitas ao longo destes dois anos e em minha qualificação. E, novamente, à Prof.^a Dr.^a Sueli do Carmo Bettine e ao Prof.^o Dr.^o Gerson Araújo de Medeiros por aceitarem participar da minha banca de defesa e mais uma vez contribuírem para a finalização desta dissertação.

À FAPESP, pelo financiamento de materiais imprescindíveis para a conclusão dessa dissertação.

RESUMO

GOMES, R. C. Influência do uso e ocupação do solo na qualidade das águas do Ribeirão das Pedras – Campinas/SP. 2017. 108 p. Dissertação de mestrado (Mestrado em Sistemas de Infraestrutura Urbana) – Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Infraestrutura Urbana, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2017.

O crescimento urbano verificado nos últimos tempos vem promovendo uma diminuição significativa das áreas permeáveis nas cidades e conseqüentemente uma degradação dos recursos hídricos. As bacias hidrográficas são consideradas unidades básicas de estudo e gestão no planejamento ambiental; assim o presente estudo teve por objetivo analisar a relação entre oito indicadores de qualidade da água (pH, turbidez, temperatura, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, fósforo total, nitrogênio total e sólidos totais dissolvidos) e os impactos ambientais em pontos de amostragem localizados no exutório de seis diferentes áreas de drenagem na microbacia do Ribeirão das Pedras, Campinas/SP. As amostragens foram realizadas nos meses de Outubro/2015, Janeiro, Abril e Julho/2016, sendo os resultados obtidos comparados com a Resolução n.º 357/2005 do CONAMA (Classe II). Com os resultados observou-se que há uma relação direta entre os usos e ocupações do solo com a qualidade da água, vem como interferências sazonais verificadas pela precipitação no período de estudo. Ressalta-se, portanto, a importância da programação de análises periódicas dos corpos d'água municipais, a fim de verificar as interferências ocorridas nos mesmos, assim como é necessário que sejam fiscalizados os empreendimentos com estações de tratamento próprias, para que não haja degradação dos corpos d'água por estes.

Palavras-chave: Microbacia hidrográfica urbana. Qualidade da água. Impactos ambientais.

ABSTRACT

GOMES, R. C. Influence of the land use and occupation on the Ribeirão das Pedras water quality – Campinas/SP. 2017. 108 p. Dissertação de mestrado (Mestrado em Sistemas de Infraestrutura Urbana) – Post-Graduation Program in Urban Infrastructure Systems, Pontifical Catholic University of Campinas, Campinas, 2017.

Recent urban growth has led to a significant reduction of permeable areas in the cities and consequently a degradation of water resources. The watershed are considered basic units of study and management in environmental planning; thus these study aimed to analyze the relationship between eight indicators of water quality (pH, turbidity, temperature, dissolved oxygen, biochemical oxygen demand, total phosphorus, total nitrogen and total dissolved solids) and the environmental impacts at sampling points located in six different drainage areas in the Ribeirão das Pedras watershed, Campinas/SP. The samplings were collected in 2015/October, January, April and July/2016 and the results were compared with CONAMA Resolution n.º. 357/2005 (Class II). The results showed that there is a direct relation between the land uses and occupations with the water quality, it comes as seasonal interferences verified by the precipitation in the period of study. Therefore, it's important to schedule periodic analyzes of municipal water bodies in order to verify the interferences that are occurring in them, as well as it's necessary to supervise the commercial venture with their own treatment plants, so that there's no degradation of these water bodies.

Keywords: Urban watershed. Water quality. Environmental impacts.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Localização da Microbacia do Ribeirão das Pedras no município de Campinas/SP. | 25 |
| Figura 2. Localização dos pontos de coleta de água. | 32 |
| Figura 3. Ponto de coleta 1 (P01)..... | 33 |
| Figura 4. Ponto de coleta 2 (P02)..... | 33 |
| Figura 5. Ponto de coleta 3 (P03)..... | 34 |
| Figura 6. Ponto de coleta 4 (P04)..... | 34 |
| Figura 7. Ponto de coleta 5 (P05)..... | 35 |
| Figura 8. Ponto de coleta 6 (P06)..... | 35 |
| Figura 9. Mapa de Uso e Ocupação do Solo na microbacia hidrográfica do Ribeirão das Pedras/SP..... | 36 |
| Figura 10. Matriz de avaliação de impactos aplicada em cada área de drenagem. | 42 |
| Figura 11. Mapa com a delimitação da área de drenagem direta de cada ponto. | 48 |
| Figura 12. Mapa explodido (uso e ocupação X áreas de drenagem direta). | 50 |
| Figura 13. Matriz de avaliação de impactos aplicada no ponto de drenagem 1 (P01). | 56 |
| Figura 14. Matriz de avaliação de impactos aplicada na área de drenagem do ponto 2 (P02). | 58 |
| Figura 15. Horta urbana com deposição de resíduos no solo. | 59 |
| Figura 16. Invasão de leucenas na área de drenagem do ponto 2 (P02)..... | 60 |
| Figura 17. Matriz de avaliação de impactos aplicada na área de drenagem do ponto 3 (P03). | 62 |
| Figura 18. Presença de resíduos no solo. | 63 |
| Figura 19. Ilustração da estabilidade da margem observada no ponto exato de coleta P03..... | 63 |
| Figura 20. Monocultivo de cana-de-açúcar. | 64 |
| Figura 21. Matriz de avaliação de impactos aplicada na área de drenagem do ponto 4 (P04). | 65 |
| Figura 22. Matriz de avaliação de impactos aplicada na áreas de drenagem do ponto 5 (P05). | 67 |

| | |
|---|----|
| Figura 23. Ponto de coleta 5 (P05) com resíduos depositados, represamento da água por árvore carregada na enxurrada e surgimento de espécies aquáticas. | 68 |
| Figura 24. Matriz de avaliação de impactos aplicada na área de drenagem do ponto 6 (P06). | 69 |
| Figura 25. Amostras de água coletadas na nascente (P01)..... | 76 |
| Figura 26. Ribeirão das Pedras à montante do ponto 3 (P03) saída de trecho canalizado..... | 77 |
| Figura 27. Ponto de erosão na área de drenagem do ponto 6 (P06). | 82 |
| Figura 28. Ponto de erosão na área de drenagem do ponto 6 (P06). | 82 |
| Figura 29. Fluxograma de aspecto X impacto..... | 97 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1. Temperatura em amostras de água do Ribeirão das Pedras – Campinas/SP..... | 74 |
| Tabela 2. Oxigênio Dissolvido em amostras de água do Ribeirão das Pedras – Campinas/SP..... | 75 |
| Tabela 3. Demanda Bioquímica de Oxigênio em amostras de água no Ribeirão das Pedras – Campinas/SP..... | 78 |
| Tabela 4. Sólidos Totais Dissolvidos em amostras de água do Ribeirão das Pedras - Campinas/SP..... | 80 |
| Tabela 5. Turbidez em amostras de água do Ribeirão das Pedras - Campinas/SP..... | 83 |
| Tabela 6. pH em amostras de água do Ribeirão das Pedras - Campinas/SP..... | 86 |
| Tabela 7. Fósforo total em amostras de água do Ribeirão das Pedras - Campinas/SP..... | 88 |
| Tabela 8. Nitrogênio total em amostras de água do Ribeirão das Pedras - Campinas/SP..... | 90 |
| Tabela 10. Compilação de todos os resultados obtidos neste trabalho..... | 95 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|----|
| Quadro 1. Modelo de Matriz de Leopold reduzida..... | 13 |
| Quadro 2. Macrozonas circunscritas na microbacia do Ribeirão das Pedras..... | 24 |
| Quadro 3. Dados mensais de precipitação na cidade de Campinas/SP. | 28 |
| Quadro 4. Quadro de atributos para aplicação da matriz de avaliação de impactos..... | 43 |
| Quadro 5. Faixas para verificação do grau de impacto. | 44 |
| Quadro 6. Metodologia de medição de cada parâmetro. | 45 |
| Quadro 7. Valores limítrofes estabelecidos pela resolução CONAMA 357/05. | 46 |
| Quadro 8. Área de drenagem do P02. | 51 |
| Quadro 9. Área de drenagem do P03. | 51 |
| Quadro 10. Área de drenagem do P04. | 52 |
| Quadro 11. Área de drenagem do P05. | 53 |
| Quadro 12. Área de drenagem do P06. | 53 |
| Quadro 13. Resultados das ações avaliadas em todas as áreas de drenagem... | 71 |
| Quadro 14. Meios impactados em todos os pontos de drenagem. | 72 |
| Quadro 15. Resultados dos nove parâmetros analisados em Out./15, Jan./16, Abr./16 e Jul./16..... | 93 |
| Quadro 16. Limites estabelecido pela resolução CONAMA 357/05 para as classes III e IV..... | 94 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| Gráfico 1. Gráficos de precipitação mensal..... | 29 |
| Gráfico 2. Temperatura em amostras de água do Ribeirão das Pedras em seis pontos de amostragem e quatro épocas do ano..... | 74 |
| Gráfico 3. Oxigênio Dissolvido em amostras de água do Ribeirão das Pedras em seis pontos de amostragem e quatro épocas do ano, com limite estabelecido pelo CONAMA 357/05 (Classe II). | 77 |
| Gráfico 4. Demanda Bioquímica de Oxigênio em amostras de água do Ribeirão das Pedras em seis pontos de amostragem e quatro épocas do ano, com limite estabelecido pelo CONAMA 357/05 (Classe II)..... | 79 |
| Gráfico 5. Sólidos Totais Dissolvidos em amostras de água do Ribeirão das Pedras em seis pontos de amostragem e quatro épocas do ano, com limite estabelecido pelo CONAMA 357/05 (Classe II). | 81 |
| Gráfico 6. Turbidez em amostras de água do Ribeirão das Pedras em seis pontos de amostragem e quatro épocas do ano, com limite estabelecido pelo CONAMA 357/05 (Classe II). | 85 |
| Gráfico 7. pH em amostras de água do Ribeirão das Pedras em seis pontos de amostragem e quatro épocas do ano, com limite estabelecido pelo CONAMA 357/05 (Classe II)..... | 87 |
| Gráfico 8. Fósforo total em amostras de água do Ribeirão das Pedras em seis pontos de amostragem e quatro épocas do ano, com limite estabelecido pelo CONAMA 357/05 (Classe II). | 89 |
| Gráfico 9. Nitrogênio total presente nas amostras de água. | 91 |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 1 |
| 2 HIPÓTESE BÁSICA E OBJETIVO | 3 |
| 2.1 Hipótese básica | 3 |
| 2.2 Objetivo geral..... | 3 |
| 2.2.1 Objetivos específicos | 3 |
| 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... | 4 |
| 3.1 Uso e ocupação do solo | 4 |
| 3.1.1 Estado natural do meio | 5 |
| 3.1.2 Uso rural | 7 |
| 3.1.2 Uso Urbano..... | 8 |
| 3.2 Avaliação de impactos ambientais | 9 |
| 3.2.1 Impactos ambientais em bacias e microbacias hidrográficas..... | 14 |
| 3.3 Águas superficiais..... | 17 |
| 3.3.1 Indicadores de qualidade da água..... | 18 |
| 4 MATERIAIS E MÉTODOS | 24 |
| 4.1 Área de estudo..... | 24 |
| 4.1.1 Plano Local de Gestão Urbana de Barão Geraldo..... | 25 |
| 4.1.2 Plano Diretor Municipal 2016..... | 26 |
| 4.1.3 Pluviosidade..... | 28 |
| 4.1.4 Pontos de coleta das amostras de água | 30 |
| 4.2 Levantamento de uso e ocupação do solo..... | 35 |
| 4.3 Avaliação dos impactos ambientais na microbacia do Ribeirão das Pedras | 37 |
| 4.2.3 Coletas e análises de água | 44 |
| 4.3 Análise dos dados..... | 45 |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 47 |
| 5.1 Impactos ambientais na microbacia do Ribeirão das Pedras | 47 |
| 5.1.1 Aplicação da matriz de avaliação de impactos nas diferentes áreas de drenagem | 54 |

| | |
|--|------------|
| 5.1.1.1 Área de drenagem do ponto 1 (P01) | 54 |
| 5.1.1.2 Área de drenagem do ponto 2 (P02) | 57 |
| 5.1.1.3 Área de drenagem do ponto 3 (P03) | 60 |
| 5.1.1.4 Área de drenagem do ponto 4 (P04) | 64 |
| 5.1.1.5 Área de drenagem do ponto 5 (P05) | 66 |
| 5.1.1.6 Área de drenagem do ponto 6 (P06) | 68 |
| 5.1.2 Considerações finais sobre os impactos verificados na microbacia hidrográfica do Ribeirão das Pedras..... | 70 |
| 5.2 Resultados das análises da qualidade da água do Ribeirão das Pedras..... | 73 |
| 5.2.1 Temperatura | 73 |
| 5.2.2 Oxigênio Dissolvido..... | 75 |
| 5.2.3 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) | 77 |
| 5.2.4 Sólidos Totais Dissolvidos | 79 |
| 5.2.5 Turbidez | 83 |
| 5.2.6 pH | 85 |
| 5.2.7 Fósforo Total..... | 87 |
| 5.2.8 Nitrogênio Total..... | 89 |
| 5.2.10 Considerações finais sobre qualidade da água..... | 91 |
| 5.3 Relações entre qualidade de água e usos e ocupação na microbacia do Ribeirão das Pedras | 94 |
| 6. CONCLUSÃO | 98 |
| 7. REFERÊNCIAS | 100 |

1 INTRODUÇÃO

A água é essencial à vida, sendo um recurso necessário para praticamente todas as atividades humanas, além de ser constituinte de todos os organismos vivos. Entretanto, a escassez de água potável é uma realidade em diversas regiões do mundo e em muitos casos, fruto da utilização predatória dos recursos hídricos e da intensificação das atividades de caráter poluidor.

Manoel Filho (1997) *apud* BRITO; SILVA; PORTO (2007) diferencia água poluída de água contaminada e define poluição como uma alteração, das características físico-químicas da água, mas que é suficiente para superar limites ou padrões pré-estabelecidos para determinado fim. Enquanto a água contaminada possui organismos patogênicos, substâncias tóxicas e/ou radioativas, em quantidades prejudiciais à saúde humana. Tem-se então que, *“toda água contaminada é poluída, mas nem toda água poluída é contaminada”*.

Segundo a da Política Nacional dos Recursos Hídricos (BRASIL, 1997) a unidade básica para proporcionar uma boa gestão territorial é a bacia hidrográfica. Porém, atualmente, as bacias hidrográficas urbanas vêm se tornando mais vulneráveis, pois inicialmente a única fonte interferente era a contribuição natural (escoamento superficial, lixiviação, carregamento por correntes de vento, etc...), portanto a própria natureza se responsabilizava pela recuperação do corpo hídrico por meio da autodepuração. Nos dias atuais, verifica-se que além dessa contribuição os corpos hídricos estão recebendo elevadas cargas poluidoras, tanto de origem química quanto biológica, comprometendo, portanto, a capacidade de autodepuração do recurso hídrico (REIS, 2012). Essas elevadas cargas poluentes que os corpos hídricos estão recebendo são o reflexo, dentre outras causas, do crescimento urbano desordenado e sem planejamento, que acarreta na alteração dos ambientes naturais e ocasiona uma gama impactos negativos.

Esses impactos, apesar de atingirem todo o ambiente, são mais acentuados nos fundos de vale, atingindo de forma direta os recursos hídricos (AMORIM; CORDEIRO, 2004). Uma maneira de quantificar os impactos sofridos por esses locais é a verificação dos indicadores ambientais, que surgiram devido à crescente preocupação social com os aspectos ambientais do desenvolvimento,

que por sua vez demandam um número elevado de informações cada vez mais complexas. Isso tornou os indicadores indispensáveis no processo decisório de políticas públicas e no acompanhamento de seus efeitos (CETESB, 2015).

De acordo com o Decreto Estadual 8.468/1976 (SÃO PAULO, 1976) e a resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005) o uso preponderante da água é o abastecimento público, sendo, portanto, a primeira atribuição da mesma, se disponível em quantidade e qualidade suficientes. Por este motivo Paiva e Paiva (2003) apontam para a importância do monitoramento dos recursos hídricos para se obter uma caracterização quali-quantitativa dos mesmos, o que torna fundamental este estudo, uma vez que as pequenas bacias hidrográficas sofrem acentuadamente os impactos das interferências naturais e antrópicas. Nesse contexto, insere-se a necessidade de análise do uso e ocupação do solo para verificar os impactos do mesmo na qualidade da água.

A associação dos resultados obtidos pelas análises dos parâmetros de qualidade da água com o uso e ocupação do solo pode-se dar pela aplicação de um método de avaliação de impactos ambientais. Alguns métodos são amplamente utilizados, nacional e internacionalmente, como as matrizes de interação, pois sintetizam de maneira objetiva os pontos mais impactados do local estudado e indicam também quais os agentes mais impactantes, além de se tratarem de métodos de fácil aplicação e interpretação. Um exemplo de matriz de interação é a Matriz de Leopold, que é composta por dois eixos (horizontal e vertical), onde um deles representa o meio impactado e o outro o agente impactante (LEOPOLD *et al.*, 1971). O resultado de cada cruzamento indica o quanto impactado está o meio e o quanto impactante é o agente.

Neste contexto, o presente trabalho visa avaliar as interferências do uso e ocupação do solo e as consequências na qualidade de água em um corpo d'água localizado em uma bacia hidrográfica urbana por meio da aplicação de uma matriz de avaliação de impactos, sendo que a discussão final, embasada nos dados levantados, possibilita uma visão geral da atual situação da bacia hidrográfica, tornando-se, portanto, alicerce para o planejamento adequado da área visando a realização de alterações necessárias para adequar as condições atuais que estejam impactando diretamente a área, permitindo assim a mitigação dos impactos e a prevenção de novas fontes impactantes.

2 HIPÓTESE BÁSICA E OBJETIVO

2.1 Hipótese básica

O presente trabalho partiu da premissa que os diferentes usos e ocupações do solo da microbacia do Ribeirão das Pedras (Campinas/SP) interferem na qualidade de suas águas superficiais.

2.2 Objetivo geral

O objetivo deste trabalho foi avaliar as interferências dos diferentes usos e ocupações do solo na qualidade das águas da microbacia hidrográfica do Ribeirão das Pedras – Campinas/SP.

2.2.1 Objetivos específicos

No intuito de atingir o objetivo geral, foram traçados objetivos específicos, sendo eles:

- Classificar o uso e ocupação do solo para a área da microbacia do Ribeirão das Pedras;
- Definir os pontos e as datas de coleta das amostras de água de modo a avaliar sazonal e espacialmente sua qualidade;
- Aplicar a matriz de avaliação de impactos nas áreas de drenagem referentes a cada ponto de amostragem;
- Analisar as amostras de água por meio de oito parâmetros indicadores de qualidade (nitrogênio total, fósforo total, turbidez, oxigênio dissolvido, resíduo total, demanda bioquímica de oxigênio, temperatura e pH), bem como comparar com a legislação pertinente.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Uso e ocupação do solo

O modo inadequado com que a sociedade ocupa as áreas que margeiam os recursos hídricos acarreta uma série de impactos ambientais, que se iniciam pela perda das matas ciliares, seguidos pela impermeabilização do solo, aceleração de processos erosivos das margens e consequente assoreamento dos cursos d'água, perda de biodiversidade, aumento do escoamento superficial, entre outros (AMORIM; CORDEIRO, 2004).

Durante muito tempo as planícies fluviais foram deixadas para segundo plano e cederam lugar às áreas de ocupação urbana e consequente implantação de infraestrutura (com destaque para as avenidas e outros meios de deslocamento em fundos de vales). Essas estruturas implantadas promovem, na maioria das vezes, a impermeabilização do solo, necessitando assim de sistemas de drenagem eficientes que sejam capazes de escoar as águas pluviais sem maiores problemas. Nesse intuito o objetivo principal da drenagem urbana era remover as águas pluviais em excesso da maneira mais rápida possível, visando à minimização de transtornos e prejuízos. Porém essa perspectiva passada ocasionou para os dias atuais picos de vazão muito elevados, que por sua vez acarretam frequentes inundações nas áreas próximas aos cursos d'água e demandam recursos humanos e financeiros para a sua correção (OLIVEIRA, 2004).

A dificuldade de recuperar ou minimizar os impactos causados nesses ambientes impõe restrições ao uso do solo urbano agravado pelo fato de que o valor econômico das terras teve crescentes aumentos nas últimas décadas, o que exige racionalidade na definição dessas restrições de modo que elas se tornem menos vulneráveis às pressões econômicas. Oliveira (2004) aponta que alguns municípios brasileiros já avançaram em suas legislações de uso e ocupação do solo e ordenamento territorial, destinando as áreas consideradas como planícies fluviais (ou de inundações) para usos compatíveis como, por exemplo, a formação de áreas verdes.

Diante deste contexto, faz-se necessário que o poder público planeje a expansão urbana nas bacias hidrográficas, tomando decisões mitigadoras ou anuladoras dos impactos da urbanização sobre a dinâmica hidrológica e a

biodiversidade, possibilitando assim a transformação dos ambientes afetados em ambientes sustentáveis, a recuperação e consolidação da vegetação de maneira integrada aos sistemas urbanos (TUCCI; MENDES, 2006). O levantamento do uso e ocupação do solo torna-se, portanto, uma ferramenta de planejamento e gestão, pois ao verificar a utilização do solo em determinada área, pode-se elaborar uma melhor política de uso da terra para desenvolvimento da região (PRUDENTE; ROSA, 2007), de maneira que se minimize a ocorrência de impactos ambientais.

Segundo Tu (2011), atividades agrícolas, diferentes usos do solo, descargas industriais, esgoto residencial e escoamento urbano são agentes causadores da degradação dos recursos hídricos, e por esse motivo ressalta a importância da gestão do uso da terra, como medida preventiva dos ambientes aquáticos, bem como o entendimento da relação de cada atividade com o meio em que a mesma se insere. Justificando-se, portanto, a necessidade de uma boa compreensão das relações entre os usos do solo e a qualidade das águas para que haja uma gestão eficiente das áreas do entorno.

Os usos do solo são divididos em três grandes categorias: rural (ou agrícola), urbano (incluindo o industrial) e natural (vegetado) e independente da forma como é feito, há uma significativa contribuição para a alteração da qualidade da água, seja pela forma de despejos industriais ou domésticos (uso urbano) ou aplicação de defensivos agrícolas no solo (uso rural). Por esse fato, von Sperling (2007) afirma que a forma com que o homem usa e ocupa o solo, afeta diretamente a qualidade das águas.

3.1.1 Estado natural do meio

O estado natural é o ocupado pelas áreas de florestas/matras. Como é de conhecimento comum, as matas possuem importante função na manutenção do equilíbrio ecossistêmico e na qualidade das águas. Ngoye e Machiwa (2004) e Tu (2011) apontam para uma significativa relação entre a ocorrência de áreas florestais em suas áreas de estudo e a melhor qualidade da água nesses locais, fazendo inclusive uma comparação com a queda nas concentrações de nutrientes encontradas, se observados os valores encontrados nas áreas próximas às ocupações humanas e/ou agrícolas.

A legislação brasileira vigente aponta que a vegetação natural protegida às margens dos recursos hídricos é denominada área de preservação permanente (APP) e possui “*a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas*” (BRASIL, 2012).

As APP, então, possuem sua manutenção exigida por lei, e exercem importante função do ponto de vista ecológico, sendo destacada a capacidade de armazenamento e manutenção da qualidade da água (pela filtragem superficial de sedimentos), além de promover a estabilidade das margens e a formação de corredores ecológicos (ATTANASIO, 2004).

Estudos apontam que mesmo na presença de áreas agrícolas as áreas de preservação permanente possuem sua função de proteger o corpo hídrico ativada, ainda que reduzida se comparada à conservação total da área, porém, aponta-se também o fato de que a contribuição positiva das APP sobre a qualidade das águas é insuficiente para fazer afirmações sobre a mesma, necessitando de estudos locais para o melhor entendimento (CONNOLLY *et al.*, 2015). Sanders, Yuan e Pitchford (2013) apresentam a utilização de vegetação como filtro natural, estabilização das margens, melhorias nas zonas ripárias e a redução do escoamento superficial urbano como estratégias eficazes no controle e manutenção das bacias hidrográficas.

Viana (1990) *apud* Etto *et al.* (2013) define que qualquer área vegetada interrompida por um elemento antrópico (como estradas, culturas agrícolas por exemplo) ou por elementos naturais (como lagos e rios) de modo que promova a alteração da dinâmica do meio, a exemplo do fluxo de fauna, pólen ou sementes denomina-se por fragmento florestal. Esses fragmentos, mesmo com sua dinâmica alterada, atuam como trampolins ecológicos, pois são utilizados para fazer “*ligação*” entre os fragmentos de maior dimensão, servindo de abrigo para espécies endêmicas, sendo, portanto essenciais para a manutenção da biodiversidade e de processos ecológicos de maiores proporções (FORMAN E GODRON, 1986 *apud* ETTO *et al.*, 2013).

Porém, os pequenos fragmentos florestais não se mostram úteis quanto à função de promover a manutenção da qualidade da água, sendo necessária uma

floresta com maior área e conseqüente maior disponibilidade de serviços ecossistêmicos (produtivos) para melhorar efetivamente a qualidade da água na área estudada, principalmente nas áreas densamente urbanizadas (YU *et al.*, 2013), como as bacias hidrográficas urbanas.

3.1.2 Uso rural

O aumento da população mundial impulsionou um significativo aumento na produção agrícola, dobrando a produção com apenas 10% de expansão territorial entre 1961 e 1996, porém isso só foi possível uma vez que dobrou-se a quantidade de terra irrigada e aumentou-se consideravelmente a quantidade de fertilizantes (nitrogênio e fósforo) utilizada (Tilman, 1999). Isso implica na deterioração dos recursos hídricos, sejam eles superficiais (impactados pelo escoamento e conseqüente carreamento de nutrientes e solo) ou subterrâneo (impactados pela infiltração dos compostos no solo). Porém a utilização intensiva de uma área, sem as pausas e intercalação de culturas, como é recomendado, pode colocá-la em estresse, acarretando o declínio da produtividade e a degradação da terra (Ramakrishnan, 2000 *apud* Lambin, *et al.*, 2001).

Visando atender a demanda por alimentos foi necessária a expansão da fronteira agrícola, que segundo Scolari (2006) no ano de 2005 já era de 681,7 milhões de hectares, pela derrubada de mais florestas para assim produzir madeira e transformar as terras em lavouras. Porém, grande parte dos países já utilizou seu capital natural e o saldo ambiental, além da poluição por resíduos e rejeitos ambientais comprometendo sua resiliência (capacidade de regeneração do meio) (SCOLARI, 2006).

Mehdi *et al.* (2015) afirmam que é essencial a redução da agricultura não pontual para que se melhore a qualidade das águas de rios e lagos; bem como as estratégias para redução da poluição em bacias hidrográficas são valiosas quando identificadas. Sugere-se ainda que o uso da terra agrícola seja um fator determinante da quantidade e da distribuição espacial de nutrientes, como fósforo e nitrogênio, dentro de uma bacia hidrográfica, bem como as alterações no clima estabelecem o momento do transporte desses nutrientes para os corpos d'água. Por isso, sugerem que sejam analisadas as mudanças no clima

e na cobertura do solo quando da realização de estudos de qualidade da água (MEHDI *et al.*, 2015).

Sob outro ponto de vista, Lee *et al.* (2009) observaram que a utilização de terras para fins agrícolas não apresenta significativa negatividade no que diz respeito à degradação da qualidade da água. Porém, Souza e Gastaldini (2014) apontam que as áreas com maiores percentuais de agricultura são mais susceptíveis à elevação de parâmetros como turbidez, sólidos totais suspensos e sólidos totais dissolvidos, e relaciona ainda esse uso do solo com o maior potencial de erosão se comparado aos demais.

3.1.2 Uso Urbano

O desenvolvimento das diversas atividades impacta na alteração da cobertura vegetal e como consequência há alteração do ciclo hidrológico natural, isso se dá pelo fato de que a vegetação original é substituída por áreas impermeáveis (MIRANDA, 2014), o que provoca a redução da infiltração de água no solo, aumento do escoamento superficial devido ao acúmulo da água que deixa de infiltrar, diminuição dos níveis dos lençóis freáticos devido à falta de abastecimento e redução das taxas de evapotranspiração (TUCCI, *et al.*, 1999). O que pode ser agravado pela falta de saneamento básico, segundo Ngoye e Machiwa (2004), pois grande preocupação dos países em desenvolvimento com as áreas urbanas é a falta de saneamento e os problemas relacionados à eliminação dos resíduos.

Além desses fatos, o desenvolvimento urbano promove a degradação dos mananciais, contaminando-os com resíduos domésticos e industriais (TUCCI *et al.*, 1999). O uso urbano da terra pode degradar a qualidade da água não apenas pela transformação das áreas naturais em áreas urbanas ou agrícolas, mas também pela diminuição dos remanescentes florestais em bacias hidrográficas com pouca área de preservação (bordas) (LEE *et al.*, 2009). Tu (2011) afirma que a pior qualidade das águas são geralmente associadas com áreas onde se observa maior incidência de solo urbano ou agrícola.

Sobre a interação dos três usos distintos do solo e a qualidade da água, um estudo realizado na Tanzânia por Ngoye e Machiwa (2004) apontou que nas áreas florestais se observaram níveis mais baixos de nutrientes se comparado às áreas próximas à ocupação humana. As áreas agrícolas também

contribuíram de forma significativa para a elevação nas concentrações de nutrientes do Rio Ruvu. Os autores observaram, ainda, que a interferência da área industrial foi pequena, o que pode estar relacionado ao fato da quantidade reduzida de indústrias que estavam operando durante o tempo de estudo. Os autores apontam também a necessidade de conscientização da população local sobre medidas de conservação da água e do solo além de medidas de planejamento a serem tomadas no intuito de reverter a má condição dos recursos.

Alguns estudos fazem ainda uma relação entre alguns parâmetros de qualidade da água com os diferentes tipos de uso e ocupação do solo, como Souza e Gastaldini (2014) que evidenciaram o significativo aumento nas concentrações de fosfato, DBO, nitrato condutividade e *Escherichia coli*, bem como a diminuição do oxigênio dissolvido, tendo como causa principal o solo com uso urbano, em bacias com maior número de habitantes e maior percentual de impermeabilização.

O intenso processo de urbanização em bacias hidrográficas provoca um aumento na perturbação ambiental dos fragmentos florestais existentes. Tem-se então que a urbanização de uma bacia hidrográfica, o desmatamento e a fragmentação florestal contribuem significativamente para a deterioração da qualidade ambiental de remanescentes florestais (FENGLER *et al.* 2015).

Segundo Damame (2016) a expansão imobiliária verificada na bacia do Ribeirão das Pedras, objetivo do presente trabalho, aumentou a vulnerabilidade da mesma, afetando assim as áreas com fragmentos de mata nativa, a qualidade de vida da população. A autora indica ainda que esse aumento na fragilidade implicará em grandes perdas para a produção alimentícia da região.

3.2 Avaliação de impactos ambientais

Em função da fragilidade dos recursos hídricos e visto que a deterioração dos mesmos impulsiona a ocorrência de problemas relacionados à sua falta em condições adequadas de quantidade e qualidade, inclusive para o atendimento das necessidades mais elementares das populações (MARION; CAPOANE; SILVA, 2007), surge a necessidade de conhecimento dos impactos ambientais que promovem essa deterioração. Neste sentido a Resolução N° 01 de 1986 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) define que impacto ambiental é qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do

meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população, as atividades sociais e econômicas, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais (BRASIL, 1986).

Dada a expansão e abrangência da definição de impacto ambiental, foram desenvolvidos, ao longo dos anos, diversos métodos de avaliação destes impactos, como o *ad hoc*, *checklist*, AIS (avaliação de impactos simplificada), sobreposição de cartas, redes de interação, matrizes de interação, simulação matemática, entre outros.

Aponta-se ainda o método de avaliação de impactos ambientais voltado para os projetos de recursos hídricos, denominado Battele-Columbus (DEE, 1973 *apud* COELHO, 2016). Este método consiste na definição de pesos para 78 parâmetros definidos como importantes e obtendo no final um valor entre 0 e 1, que segundo Correia e Bettine (2014) é variável de acordo com o peso estabelecido e grau de importância de cada impacto. Porém, os mesmos autores (CORREIA; BETTINE, 2014) apontam ainda que deve haver cautela na atribuição dos pesos para que não ocorra o direcionamento dos resultados.

Neste sentido as matrizes de interação se apresentam favoráveis, uma vez que não são considerados pesos específicos para cada aspecto ou impacto analisado, como apresentado por Leopold *et al.* (1971), Gomes e Longo (2016), Ribeiro *et al.* (2012) ou mesmo por Gomes *et al.* (2016a), com a aplicação de uma Avaliação de Impactos Simplificada, onde todos os aspectos (ações) e impactos analisados foram submetidos à mesma avaliação, sem diferir o peso entre eles.

Ribeiro *et al.* (2012) seguiram uma série de passos até chegar ao resultado, sendo eles: visita de campo para conhecimento da área, levantamento e definição dos aspectos (ações impactantes) e dos impactos considerados, definição dos itens componentes da caracterização e da ponderação dos impactos, definição da escala de significância (para comparação dos resultados obtidos) e por fim fizeram a aplicação da matriz e a discussão dos resultados mais significativos de acordo com os componentes da caracterização já aplicados.

A Matriz de Leopold foi inicialmente proposta para a verificação da viabilidade de um empreendimento, com o objetivo de facilitar a visualização e a atribuição de valores sobre os impactos das ações propostas nos diferentes

elementos do meio (LEOPOLD *et al.*, 1971). Esse método de avaliação propõe então uma visualização geral dos possíveis impactos sobre os componentes do meio quando submetidos a uma determinada situação (ação impactante), possibilitando assim um levantamento das ações mais impactantes em cada área estudada (AMORIM; CORDEIRO, 2004), bem como os meios mais impactados.

Segundo Leopold *et al.* (1971) o principal objetivo dessa matriz é assegurar que os principais impactos que o ambiente está sofrendo, ou irá sofrer com a implantação de um empreendimento, estão previstos desde a fase de planejamento do projeto, tendo em vista que a mesma indica qual o provável impacto da ação proposta sobre o meio ambiente. Em seu artigo, Leopold *et al.* (1971) fazem considerações sobre a elaboração e montagem da matriz de forma que a mesma contemple os principais aspectos a serem considerados, no qual dizem que um dos eixos da matriz deve ser composto pelas ações que causam o impacto ambiental e no outro eixo os ambientes que podem ser afetados pelas ações propostas. Isto proporciona ao projetista e/ou ao avaliador um formato abrangente que permite verificar as várias interações que podem estar envolvidas.

As etapas de definição das ações impactantes e dos ambientes impactados, montagem e elaboração da matriz, aplicação e discussão dos resultados devem estar muito bem definidas e de acordo com Ribeiro (1998) são divididas em duas: a primeira trata-se da identificação das ações e ambientes a serem considerados, e da disposição dos mesmos nas colunas e linhas (à critério do avaliador). Enquanto a segunda se refere à avaliação quantitativa, a qual atribui determinado valor para cada quadrícula (que cruza as informações contidas na linha e coluna que a coordena).

Assim como Ribeiro *et al.* (2012), Zangirolami (2012) apresentou uma série de atributos que podem ser considerados na atribuição de valores para cada quadrícula da matriz, os quais podem ser divididos em:

- Operacionalidade: normal ou anormal;
- Temporalidade: atual, passado e/ou futuro;
- Incidência: direta ou indireta;
- Abrangência: pontual, local ou regional;

- Severidade (peso 3): valores variam entre 1 e 5;
- Significância (peso 3): valores variam de 1 a 5;
- Probabilidade (peso 5): valores variam de 1 a 5; e
- Reversibilidade (peso 1): valores variam de 5 a 20.

Os autores destacam que a alteração desses atributos pode ser feita a critério do pesquisador, acrescentando ou subtraindo-os de acordo com o que a proposta necessitar. Essa forma de aplicação da matriz (Matriz de Aspectos e Impactos) é um tanto diferenciada, uma vez que o pesquisador ou o avaliador que for aplicá-la pode escolher a que ações irá submeter cada elemento do meio, como verificou-se na aplicação de Ribeiro *et al.* (2012) e Zangirolami (2012).

Já na aplicação da Matriz de Leopold, como o próprio autor apresenta, se forem analisadas 100 ações impactantes e 88 meios passíveis de impacto, o resultado final da matriz contará com o 8.800 quadrículas analisadas (LEOPOLD *et al.*, 1971), ou seja, possui uma quantidade consideravelmente elevada de interações sendo, portanto, mais representativa da realidade.

Após a verificação dos resultados, as linhas ou colunas que apresentarem um grande número de ações ou impactos marcados devem ser analisadas e discutidas separadamente e com uma maior percepção para os detalhes. Da mesma maneira com as linhas, se houver uma grande quantidade de itens marcados, deve ser analisada detalhadamente e num momento oportuno do texto que deve acompanhar a matriz. O texto supracitado deve contemplar informações particulares dos pontos mais críticos, deixando de lado questões triviais (LEOPOLD *et al.*, 1971), uma vez que se trata um método subjetivo de análise ambiental, sendo variável de pessoa para pessoa.

Para exemplificar, Leopold *et al.* (1971) utiliza uma matriz aplicada para avaliar os impactos da implantação de uma mineradora de fosfato, conforme pode-se observar na Quadro 1.

Quadro 1. Modelo de Matriz de Leopold reduzida.

| | Instalações industriais e edifícios | Estradas e pontes | Linhas de transmissão | Jateamento e perfuração | Escavação de superfície | Processamento mineral | Direção (volante) | Despejo de rejeitos | Derramamentos e vazamentos |
|---------------------------|-------------------------------------|-------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------|---------------------|----------------------------|
| Qualidade da água | | | | | 2/2 | 1/1 | | 2/2 | 1/4 |
| Qualidade atmosférica | | | | | | 2/3 | | | |
| Erosão | | 2/2 | | | 1/1 | | | 2/2 | |
| Deposição, Sedimentação | | 2/2 | | | 2/2 | | | 2/2 | |
| Arbustos | | | | | 1/1 | | | | |
| Gramados | | | | | 1/1 | | | | |
| Plantas Aquáticas | | | | | 2/2 | | | 2/3 | 1/4 |
| Peixes | | | | | 2/2 | | | 2/2 | 1/4 |
| Acampamentos e caminhadas | | | | | 2/4 | | | | |
| Vistas panorâmicas | 2/3 | 2/1 | 2/3 | | 3/3 | | 2/1 | 3/3 | |
| Qualidades de deserto | 4/4 | 4/4 | 2/2 | 1/1 | 3/3 | 2/5 | 3/5 | 3/5 | |
| Espécies raras e únicas | | 2/5 | | 5/10 | 2/4 | 5/10 | 5/10 | | |
| Saúde e segurança | | | | | | | 3/3 | | |

Fonte: adaptada de Leopold *et al.* (1971).

Após essa definição o próximo passo é iniciar o preenchimento da matriz de acordo com os dados levantados em campo e com o levantamento fotográfico realizado. Trabalha-se para isso com a atribuição de valores para cada um dos atributos definidos e por fim o resultado de cada cruzamento. Como finalização da avaliação pode-se verificar (através das linhas - ou colunas – com valores mais elevados) quais são os agentes mais impactantes e quais os objetos mais impactados, tornando-se assim objeto de gestão.

As matrizes de avaliação podem ter diversos usos, como a avaliação dos impactos causados pela implantação de um empreendimento (como apresentado no Quadro 1), ou mesmo o diagnóstico ambiental de uma área degradada. Em seu trabalho, Ribeiro *e. al.* (2012), fazem adaptações e aplicações de uma matriz para diagnosticar os danos ambientais observados em uma área

degradada do Parque Estadual do Juquery, em Franco da Rocha/SP. No primeiro momento, citam que a matriz foi confeccionada com base nas características descritas por Sánchez (2006) e nas observações feitas em campo. Após, a matriz foi preenchida com base em ponderações de acordo com sua: severidade, significância, probabilidade de ocorrência e reversibilidade de cada impacto. O diagnóstico realizado levou em consideração, além do solo, fauna e flora, a poluição do corpo hídrico, principalmente o subterrâneo, por estar se tratando de contaminação do solo, e conclui, além de outros fatores, que seriam necessárias análises da água subterrânea para que se fizessem afirmações quanto à poluição.

Chudnobsky, Mendes e Longo (2015) também aplicaram uma matriz de avaliação de impactos (com base na Matriz de Aspectos e Impactos elaborada por Ribeiro *et al.*, (2012)) para diagnosticar os pontos mais frágeis (mais impactados) do Remanescente Florestal Urbano ARIE da Mata de Santa Genebra – Campinas/SP. Para a elaboração da matriz foram realizadas visitas de campo que permitiram verificar os impactos que a área estava sofrendo e para fazer a aplicação da matriz os pontos levantados foram: operacionalidade do impacto (anormal ou normal), temporalidade das consequências (passado, atual e/ou futuro), incidência na área de estudo (direta ou indireta) e abrangência (pontual, local ou regional), e após aplicaram a ponderação que levou em conta a severidade, significância, probabilidade de ocorrência e a reversibilidade do impacto. Após a aplicação da matriz, verificou-se as pontuações mais significativas, classificando como de maior atenção para o estabelecimento do plano de recuperação proposto.

Ainda sobre a aplicação das matrizes, Gomes e Longo (2016) aplicaram uma Matriz de Leopold adaptada para a avaliação de impactos ambientais em um trecho do Rio Jaguari (Cosmópolis/SP) composto por áreas de monocultivo de cana-de-açúcar, invasão do movimento sem-terra, um bairro de chácaras e as margens do rio (APP), e a aplicação se mostrou eficiente, indicando os meios mais impactados e as ações mais impactantes, permitindo uma avaliação didática dos meios físico-químico, biológico e sociocultural.

3.2.1 Impactos ambientais em bacias e microbacias hidrográficas

O crescimento demográfico e a consequente exploração irracional dos recursos hídricos são os agentes causadores dos crescentes problemas de

ocupação das bacias hidrográficas no Brasil e no mundo e consequentes impactos sobre o meio ambiente, que indiretamente estão impulsionando a evolução da ciência hidrológica (TUCCI, 2013). A preocupação com a preservação do meio ambiente que antes era minimalista, visava minimizar os custos e potencializar os benefícios dos usuários, deu lugar às preocupações voltadas ao estabelecimento de medidas preventivas e mitigadoras dos impactos e danos causados à natureza.

No Brasil o tema “Bacias Hidrográficas” é amplamente utilizado, sendo inclusive definido como unidade base para a implementação da Política Nacional dos Recursos Hídricos (BRASIL, 1997). Vaeza *et al.* (2010), definem que a bacia hidrográfica constitui-se como a mais adequada unidade de planejamento no que tange aos usos e exploração dos recursos naturais, uma vez que seus limites são imutáveis no horizonte de planejamento humano, permitindo assim o acompanhamento das alterações naturais ou antrópicas. Ou seja, o meio mais eficiente de controle dos recursos hídricos é o disciplinamento do uso e da ocupação das terras de uma bacia hidrográfica.

Visando esclarecer conceitos correlatos e estabelecer uma comum linguagem entre os setores (pesquisa, gestão, planejamento, entre outros) que se utilizam do termo, faz-se necessária a apresentação de seu conceito. Silveira (2013) define como bacia hidrográfica uma área onde a água precipitada converge em forma de escoamento, através de um conjunto de superfícies vertentes e uma rede de drenagem formada pelos cursos d’água que confluem para um leito único que por sua vez conflui para um único ponto de saída.

Rocha (1997) denomina bacia hidrográfica a área que drena as águas das chuvas através de ravinas, canais ou tributários direcionando-a para um curso principal que converge para uma única saída, a qual tem deságue direto no mar ou em um grande lago. O mesmo autor afirma ainda que as bacias hidrográficas não possuem dimensões superficiais definidas, sendo então estabelecido que o termo microbacia adota este mesmo conceito (inclusive com deságue direto em outro rio), porém com a abordagem da dimensão superficial podendo ser de 0,1; 0,2; 0,5; 1; 5 Km², e tendo como limite superior 200 Km².

Segundo Attanasio (2004) microbacia hidrográfica trata-se da unidade básica de planejamento para buscar a compatibilização da preservação dos recursos naturais e da produção agropecuária, as quais possuem características

ecológicas, geomorfológicas e sócias integradoras, necessitando assim de uma interdisciplinaridade para o estabelecimento do desenvolvimento sustentável da mesma.

Lima e Zakia (1998) *apud* Mosca (2003) apresenta microbacia como “*unidade geomorfológica natural que expressa a menor manifestação física que permite quantificar de forma integrada, o funcionamento da natureza*”.

Conhecer a dimensão da bacia é fundamental para se definir métodos e parâmetros hidrológicos mais adequados para se utilizar numa análise ou estudo, sendo que o início de um estudo numa bacia hidrográfica deve ser marcado pela definição desses parâmetros, bem como as variáveis que serão controladas, como por exemplo, precipitação (com sua distribuição temporal) ou qualidade da água (com a medição de parâmetros químicos, físicos e bacteriológicos) (PAIVA; PAIVA, 2003).

Esses dados de controle hidrológico em pequenas bacias não são facilmente encontrados no Brasil, uma vez que existem poucos postos de monitoramento em bacias inferiores a 500Km², acentuando a necessidade de estudos voltados para bacias com essa dimensão (PAIVA; PAIVA, 2003).

A matriz de uso do solo dessas bacias é de extrema importância pra realizar o planejamento das mesmas, pois os ambientes urbano, industrial, agrícola e o “conservado” possuem características completamente diferentes que influem na qualidade e na quantidade das águas superficiais disponíveis. Esse levantamento de uso e cobertura do solo faz parte do diagnóstico ambiental preliminar de um planejamento estratégico que visa reverter o quadro de degradação (VAEZA *et al.*, 2010).

A distribuição da água dentro de uma bacia hidrográfica sofre a influência dos complexos processos hidrológicos espaço-temporais e por sua vez se relacionam com diversas características meteorológicas, superficiais e de subsolo (ÖZTÜRK; COPTY; SAYSEL, 2013). Esses autores citam que o uso da terra e sua transformação com o tempo são dois dos fatores mais críticos que possuem influencia nos componentes do balanço hídrico (escoamento superficial, infiltração, recarga de águas subterrâneas e evaporação).

É necessário que haja uma boa distribuição temporal da água produzida em uma bacia, ou seja, a bacia não deve funcionar como um recipiente impermeável, ao contrário disso, a bacia deve reter (em forma de absorção) boa

parte da água produzida pelas nascentes e aos poucos cedê-la aos cursos d'água, com o intuito de manter sua vazão ao longo do ano, principalmente nos períodos de seca (SMA, 2009). A manutenção da quantidade disponibilizada é necessária para que sejam mantidas determinadas funções dos corpos hídricos, como a de bebedouro, irrigação e abastecimento público, por exemplo.

Gomes *et al.* (2016b) atentam para necessidade urgente de conservação dos recursos hídricos urbanos, uma vez que os mesmos são afluentes de rios maiores e por sua vez de maior importância, e apontam ainda para o fato de que a disponibilidade hídrica deve considerar o corpo hídrico não apenas quantitativamente, mas qualitativamente também.

3.3 Águas superficiais

Em 2008, Tundisi discutiu a distribuição desigual do volume e da disponibilidade dos recursos hídricos, e afirmou que esse fato ocasiona inúmeros problemas econômicos e sociais (devido à demanda X disponibilidade) desde o início do século XXI no Brasil e justificou, portanto, que o saneamento básico, a recuperação da infraestrutura e de mananciais são prioridades fundamentais no Brasil, tratando as bacias hidrográficas como unidades fundamentais de planejamento.

A água doce disponível é distribuída de maneira desigual, e nove países concentram 60% do total, são eles: Brasil, Rússia, China, Canadá, Indonésia, EUA, Índia, Colômbia e República Democrática do Congo; apenas o Brasil concentra 12% do total de água doce mundial (ANA, 2009) o que indica a necessidade de manutenção da boa qualidade dos mesmos.

Porém, além da quantidade disponível, é necessário que se conheça qualitativamente o recurso (GOMES *et al.*, 2016b). A qualidade da água é resultado das ações naturais juntamente com a atuação do homem, ou seja, das condições naturais do ambiente e da maneira como o solo é utilizado e ocupado, tanto nas áreas urbanas como em rurais; como são dispostos os resíduos e efluentes domésticos e industriais; como são manipulados, armazenados e dispostos agrotóxicos e fertilizantes, dentre outros fatores.

A crescente urbanização, e conseqüente industrialização, de algumas regiões do estado de São Paulo acarretam o comprometimento da qualidade de suas águas. Isso se deve pelo fato de os poluentes lançados no sistema serem

mais complexos e junto a isso, à deficiência dos sistemas de coleta e tratamento de esgotos gerados pela população e de resíduos pelas indústrias (CETESB, 2015). Apesar de o Brasil ser um país com grande disponibilidade de recursos hídricos, carrega uma forte tendência a desperdiçá-los (MORAES; JORDÃO, 2002) além de não propiciar a manutenção adequada para que se mantenham a quantidade e a qualidade dos mesmos. Neste contexto surgem os indicadores de qualidade, que representa a aglomeração de vários indicadores em um único valor, tornando-o abrangente e didático.

3.3.1 Indicadores de qualidade da água

A verificação da qualidade da água é necessária para que se possa compatibilizar seus usos para diferentes fins, como para consumo humano, para agricultura, para uso industrial, entre outros, utilizando para isso parâmetros físicos, químicos e biológicos. Trata-se de medidas variáveis de acordo com a localização, tempo, clima e a presença e/ou ausência de fontes poluidoras. Porém manter essa qualidade adequada é uma tarefa difícil, principalmente devido à poluição por fontes pontuais e não pontuais (GIRI; QIU, 2016).

Os parâmetros avaliados neste estudo são componentes do Índice de Qualidade da Água (IQA) e indicam, principalmente, contaminação por lançamento de efluente doméstico (CETESB, 2015), ou seja, quando verificado um resultado alarmante deve-se buscar a fonte poluidora para que se tomem as devidas providências.

Coelho (2016) fez um estudo sobre a qualidade de vida no município de Campinas, e considerou a qualidade dos cursos d'água para abastecimento e para a vida aquática. Na aplicação do método o valor máximo possível para os corpos d'água era de 84, e após a aplicação do método, verificou-se a pontuação igual a 14, indicando assim que a qualidade dos corpos d'água de Campinas está entorno dos 21,43%, longe dos 100% (considerando o cenário ideal).

Souza e Gastaldini (2014) afirmam que a avaliação da variação de determinados parâmetros de qualidade auxiliam no entendimento das interferências dos diferentes usos do solo sobre a qualidade das águas. A análise isolada dos parâmetros permite, portanto, a compreensão das características do meio e a comparação com os tipos de uso e ocupação do solo observado em cada área de drenagem, possibilitando assim a verificação da origem e suas

interferências no meio hídrico. Torna-se, portanto, necessária a apresentação de cada um dos parâmetros, o que indicam, quais suas fontes principais e suas respectivas interferências na qualidade da água superficial:

- **Turbidez**

A turbidez é o parâmetro que indica a resistência à passagem de luz pela água devido à presença de sólidos em suspensão que normalmente conferem uma aparência turva à mesma. A turbidez em um corpo hídrico pode ter origem natural (desprendimento de partículas de rocha, argila e silte) que está diretamente associado a inconvenientes sanitários ou antrópica (despejos domésticos, industriais, presença de microrganismos ou processos erosivos) podendo estar associada à presença de compostos tóxicos e microrganismos patogênicos. Trata-se de um parâmetro importante de qualidade das águas naturais, pois está diretamente relacionado à fotossíntese (VON SPERLING, 2007).

A Agência Nacional das Águas (ANA, 2016) define que a medida da turbidez indica o grau de dispersão (por absorção e espalhamento) sofrido por um feixe de luz causada por sólidos em suspensão, indica também que a fonte principal é a erosão dos solos (quando há o carregamento de material sólido pelas águas pluviais em época de chuvas), seguida também de atividades mineradoras, lançamentos de efluentes domésticos e industriais. Quando em níveis elevados, a turbidez afeta a preservação dos organismos aquáticos, a utilização por indústrias e as atividades recreativas.

Bhutiani e Khanna (2007) também discutem os valores de turbidez encontrados com base na erosão do solo nas bacias hidrográficas e pelas intensas contribuições do lançamento de esgotos. Além do escoamento superficial também citado pelos autores, os mesmos afirmam que há uma relação de causa e efeito sobre o rio e a vida aquática. A relação entre a erosão observada no solo e a elevação da turbidez foi também verificada por Souza e Gastaldini (2014), relacionando inclusive com a maior ocorrência em áreas agrícolas.

- **Temperatura**

A temperatura é a medida da intensidade de calor na água. Possui também fontes naturais (radiação, condução e convecção) e antrópicas (despejos industriais e de torres de resfriamento). O aumento da temperatura aumenta a as reações físicas, químicas e biológicas, diminui a solubilidade e conseqüentemente a taxa de transferência dos gases, causando mau cheiro (VON SPERLING, 2007). Apesar da temperatura da água apresentar variações ao longo do dia e das estações, quando encontrada fora dos limites de tolerância dos organismos aquáticos, impacta o crescimento e a reprodução dos mesmos (ANA, 2016).

Segundo Göransson, Larson e Bendz (2013) a temperatura influencia sazonalmente na turbidez do corpo hídrico, havendo uma relação entre ambas e a sazonalidade.

- **pH**

A medida do potencial hidrogeniônico da água representa a concentração de íons hidrogênio presentes na mesma, indicando assim a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. Sua fonte de alteração natural é a dissolução de rochas, absorção de gases atmosféricos, fotossíntese e oxidação da matéria orgânica e sua origem antropogênica se dá por despejos domésticos e/ou industriais. O seu valor, variável de 0 – 14 deve se manter próximo de 7 para que o meio esteja em boas condições, quando em valores próximos aos extremos pode ser indicador de lançamento de efluente industrial, e quando muito elevado pode se associar à proliferação de algas (VON SPERLING, 2007).

Segundo Esteves (1998) trata-se de um parâmetro importante e complexo devido ao grande número de interferentes que podem levar à sua alteração, que segundo Lima (2001) gira entorno de 6,0 e 8,0.

- **Nitrogênio Total**

O nitrogênio total pode ser encontrado no corpo hídrico em forma de sólidos em suspensão (ou dissolvidos). Sua origem natural se dá pelo fato de ser um composto celular de microrganismos e constituir vários outros compostos biológicos, e sua origem antrópica se dá pelo lançamento de efluentes domésticos, industriais, excretas de animais e, inclusive, pela utilização de

fertilizantes. Quando em excesso no meio é causa direta da eutrofização (processo de proliferação excessiva de algas), pode ser tóxico aos peixes se estiver disponível em forma de nitrato, e pode inclusive estar associado a uma série de doenças (VON SPERLING, 2007).

A ocorrência de nitrogênio nas águas é um indicador de poluição de origem orgânica (SOUZA; GASTALDINI, 2014), sendo assim Lima (2001) ressalta que o aumento das concentrações de nitrogênio verificado nos corpos d'água pode desencadear a diminuição da concentração de oxigênio dissolvido. A ANA (2016) afirma também que quando disponível em forma de nitrato, é tóxico aos seres humanos e pode ser letal para crianças, pode causar eutrofização e ser indicador de lançamento de efluentes domésticos e industriais e de escoamento superficial em áreas agrícolas, além de poder ser simplesmente fixado da atmosfera.

- **Fósforo**

Segundo Braga e Hespanhol (2005) o fósforo é um elemento sedimentar e tem, portanto, como seu maior reservatório a litosfera, sendo liberado para as águas continentais por meio de processos erosivos, sendo encontrados em diversas formas, como os fosfatos, ortofosfatos, fósforo orgânico, entre outras.

Assim como o nitrogênio, o fósforo também está presente na água em forma de sólidos dissolvidos ou em suspensão. Suas origens podem ser natural ou antrópica, sendo a primeira pela dissolução de compostos de solo, decomposição de matéria orgânica e por composição de células de microrganismos, enquanto a segunda por despejos domésticos, industriais, detergentes, excretas de animais e também pela utilização de fertilizantes (VON SPERLING, 2007).

O fósforo é um importante nutriente para os processos biológicos, e quando em excesso pode causar a eutrofização do corpo d'água. Além do fato de que quando está disponível em quantidades elevadas num corpo d'água pode ser, também, indicador de lançamento de esgotos domésticos, pois está presente em detergentes superfosfatados e na própria matéria fecal (ANA, 2016).

Segundo MENDONÇA (2013) o fósforo é um elemento cumulativo, além de ser um nutriente limitante ao crescimento de organismos fitoplanctônicos,

e esse acúmulo pode ocasionar florações de algas em excesso, com conseqüente queda na concentração de oxigênio dissolvido e degradação dos ambientes aquáticos.

- **Sólidos Totais**

Os sólidos totais consistem em toda matéria que resta num frasco quando se faz a evaporação, secagem ou calcinação da amostra de água durante um determinado tempo e temperatura. Sua ocorrência pode ser prejudicial ao meio aquático, pois pode acarretar assoreamento quando depositadas no leito (aumentando o risco de enchentes, problemas para a navegação e para o próprio ecossistema local) (ANA, 2016).

Segundo Howard (1933) a determinação dos sólidos totais é a maneira mais antiga de se aferir a quantidade de matéria disponível na água e os resultados do mesmo está diretamente relacionado com a condutividade elétrica da água.

- **Oxigênio Dissolvido**

O oxigênio dissolvido é essencial para a manutenção da vida dos organismos aeróbios, portanto, quando encontrado em concentrações muito baixas pode se verificar entre outros impactos a mortandade de peixes. É inserido no meio de forma natural pela dissolução do oxigênio atmosférico e pela produção através dos organismos fotossintetizantes. Pelas ações do homem, só é possível introduzir o OD pela aeração artificial ou pela liberação pelos organismos fotossintetizantes de corpos eutrofizados. Quando encontrado em concentrações muito baixas é indicativo da presença de matéria orgânica e quando encontrado em concentrações elevadas, pode indicar a presença de algas com produção do O₂ puro (VON SPERLING, 2007).

Esteves (1998) afirma que o oxigênio é um dos gases mais importantes para a dinâmica e caracterização dos ecossistemas aquáticos e também afirma que a fonte principal é a dissolução do oxigênio atmosférico e a fotossíntese. Porém trata-se de um elemento que se perde facilmente através do consumo para a decomposição da matéria orgânica, respiração de organismos aquáticos, perdas para a própria atmosfera e a oxidação dos íons metálicos.

A concentração de oxigênio dissolvido na água é diretamente relacionada com a temperatura uma vez que quando encontrada em valores elevados altera a respiração dos organismos e acelera a velocidade das reações (Esteves, 1998) podendo consumir mais ou menos de acordo com a variação.

A ocorrência de precipitação proporcionou interferência direta nas concentrações de oxigênio dissolvido observadas devido a diluição ocorrida pela entrada de água no sistema fluvial (SOUZA; GASTALDINI, 2014). Os autores afirmam ainda que a baixa concentração do gás dissolvido na água inviabiliza a sobrevivência de alguns componentes da biota aquática, como peixes e macroinvertebrados.

- **Demanda Bioquímica de Oxigênio**

A DBO é a medida tradicional da Matéria Orgânica e trata-se de um parâmetro de extrema importância, pois mede o consumo de oxigênio necessário para os microrganismos decompositores aeróbios decompor a matéria orgânica presente no corpo hídrico. Trata-se, portanto, de um parâmetro de aferimento indireto de matéria orgânica, pois não mede diretamente a quantidade de matéria orgânica presente na água, e sim o quanto de oxigênio é necessário para decompor a mesma. É o parâmetro de maior importância na caracterização do grau de poluição de um corpo d'água (VON SPERLING, 2007).

De acordo com o apresentado por Lima *et al.* (2001) a entrada de nutrientes no corpo d'água provoca a diminuição das concentrações de oxigênio, uma vez que o mesmo é utilizado para degradar esses nutrientes, e essa diminuição da concentração de oxigênio é verificada pelo aumento da DBO.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

A área de estudo refere-se à microbacia hidrográfica do Ribeirão das Pedras, localizada na porção norte noroeste do município de Campinas/SP, com uma pequena porção pertencente à cidade de Paulínia/SP. A microbacia é circunscrita pelas coordenadas 22° 47' 10" e 22° 52' 20" S, e 47° 07' 15" e 46° 02' 55" O abrangendo uma área aproximada de 30 Km² (DAGNINO, 2007).

O clima da região é caracterizado como subtropical com períodos quentes e úmidos, nos meses de outubro a abril, alternando com períodos frios e secos, nos meses de maio a setembro (MULLER, 2008). De acordo com Plano Diretor Municipal de 2006, a microbacia do Ribeirão das Pedras pertence a duas macrozonas distintas, conforme descrito no Quadro 2:

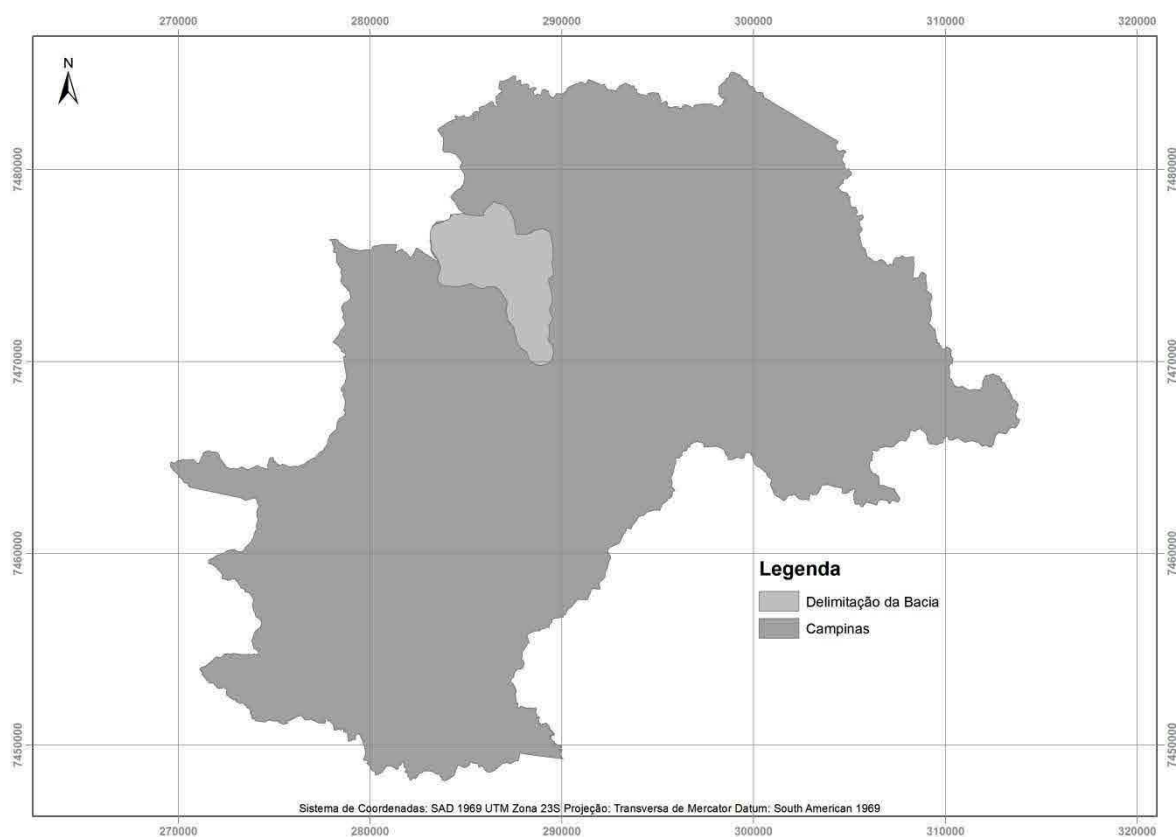
Quadro 2. Macrozonas circunscritas na microbacia do Ribeirão das Pedras.

| MACROZONA | CARACTERIZAÇÃO |
|---|--|
| Macrozona 03 Área de Urbanização Controlada (AUC) | Área com diferentes dinâmicas de urbanização; apresenta polos de atração de grandes demanda: universidades, central de abastecimento, grandes atacadistas e polo de pesquisa e alta tecnologia (CIATEC); região com solo fértil e produção agrícola (cana-de-açúcar); maior remanescente urbano de mata nativa (Mata de Santa Genebra); e Plano Local de Gestão Urbana – BG – Lei nº. 9.199/96. |
| Macrozona 04 Área de Urbanização Prioritária (AUP0) | Região mais adensada do município, caracterizada por abranger toda área central e bairros do entorno; maior disponibilidade de infraestrutura urbana, maior número de atividades urbanas (comércio e serviços) e equipamentos públicos; contém a principal estrutura viária da cidade; possui áreas vazias não parceladas e grandes áreas institucionais que requerem tratamento especial; e acomoda grande parte da população sub-habitacional (favelas e ocupações). |

Fonte: Campinas, 2006.

Verifica-se uma diferenciação clara entre as macrozonas nas quais está inserida a microbacia hidrográfica do Ribeirão das Pedras. A Figura 01 apresenta a localização da microbacia (área sombreada em cinza claro) no município de Campinas/SP.

Figura 1. Localização da Microbacia do Ribeirão das Pedras no município de Campinas/SP.



Fonte: a autora, 2016.

A microbacia do Ribeirão das Pedras é composta por três aquíferos sendo eles: Cristalino fraturado ($3\text{-}23\text{m}^3/\text{h}$) presente na área mais elevada da microbacia; na parte intermediária verifica-se o aquífero Tubarão sedimentar ($0\text{-}10\text{m}^3/\text{h}$) e na parte mais baixa, há o aquífero Diabásio fraturado ($1\text{-}12\text{m}^3/\text{h}$) (CAMPINAS, 2016).

4.1.1 Plano Local de Gestão Urbana de Barão Geraldo

O Parque Linear do Ribeirão das Pedras foi proposto no Plano Local de Gestão Urbana de Barão Geraldo (PLGU-BG) de 1996 e já naquela época considerava o intenso processo de urbanização da bacia do Ribeirão das Pedras que pertence ao distrito de Barão Geraldo. Devido à existência de sistema de interceptação de esgoto e afastamento (até o lançamento sem tratamento prévio no Ribeirão Anhumas) de alguns bairros (com exceção dos esgotos dos bairros Parque Alto Taquaral e adjacentes que eram lançados *in natura* nas águas do Ribeirão das Pedras) apresentava menor poluição das águas (se comparado com o Ribeirão das Anhumas), tendo assim sua boa qualidade reconhecida (CAMPINAS, 1996).

Ainda neste plano, as principais atividades danosas ao meio ambiente foram listadas e foram elas: deposição irregular e inadequada de resíduos sólidos em terrenos baldios e planícies de inundação (o que intensificava o assoreamento e a frequência das enchentes à montante), poluição provocada pelas queimadas da cana-de-açúcar na Fazenda Santa Genebra em época de safra, ocupação de planícies de inundação por moradias, instituições de ensino e pesquisa, e por comércios e serviços, principalmente próximo à foz no Ribeirão Anhumas, desmoronamento de margens e processos erosivos em áreas desmatadas e/ou movimentadas no Parque das Universidades e Jardim Santa Genebra e por fim a inexistência de mata ciliar (com pequenas exceções).

Prevendo a continuação no processo intenso de urbanização da microbacia, estabeleceu-se que a mesma deveria ser considerada prioritária para o planejamento ambiental no intuito de manter a qualidade de vida de Barão Geraldo. Propôs-se, então, a criação de um Parque Linear que acompanhasse o Ribeirão das Pedras, equipado com ciclovia desde a nascente e englobando os fragmentos de mata nativa ainda existentes, promover a interceptação dos esgotos que ainda eram lançados sem tratamento prévio nas águas do ribeirão, proibir o depósito de entulhos, a remoção dos existentes, contenção dos processos erosivos do assoreamento das nascentes através da inserção de cobertura vegetal onde havia solo exposto, captação da água pluvial, canalizadores e dissipadores de energia, revegetação das faixas de preservação permanente do córrego que nasce na Mata de Santa Genebra e deságua na lagoa da Fazenda Rio das Pedras, promover a urbanização da Favela Novo Real Parque, lançando o seu esgoto na rede existente e reassentando os moradores das habitações próximas ao córrego para locais adequados (CAMPINAS, 1996).

4.1.2 Plano Diretor Municipal 2016

De acordo com o Plano Diretor Municipal (CAMPINAS, 2016) existem duas áreas verdes com função social na área da bacia hidrográfica do Ribeirão das Pedras, sendo elas: o Parque Linear do Ribeirão das Pedras (PLRP) e o Parque Ecológico Hermógenes de Freitas Leitão Filho.

O estudo do parque linear contou com equipes da PUCCAMP, UNICAMP e da Prefeitura de Campinas. O diagnóstico utilizado para o caso foi o apresentado pelo PLGU-BG (1996) bem como vistorias nas travessias viárias

sobre o ribeirão. Na época concluiu-se que muitas das áreas frequentemente inundadas eram pertencentes à planície fluvial, em áreas naturalmente sujeitas a alagamentos, fatos que motivaram a idealização do projeto de recuperação ambiental.

Então no ano de 1998, a Secretaria Municipal de Meio Ambiente desenvolveu o projeto do PLRP, o qual previa a recuperação de matas ciliares formando um parque linear que atravessaria 23 bairros, bem como a implementação de reservatórios de contenção de cheias e uma ciclovia que permitisse acesso dos bairros à UNICAMP. Neste mesmo ano iniciaram-se os esforços para a consolidação do parque. A implementação teve início em áreas próximas ao Colégio Rio Branco, seguido pela recuperação da nascente principal em 1999 (CAMPINAS, 2016).

Foi criada também a lagoa de retenção de cheias (atrás do Shopping Parque Dom Pedro) no intuito de evitar o escoamento rápido. E para promover a recuperação no âmbito da fauna foi realizado o peixamento da lagoa possibilitando assim a recuperação de espécies do ecossistema aquático da bacia do Rio Atibaia (CAMPINAS, 2016).

Ainda de acordo com o Plano Diretor (2016), a vegetação natural municipal se encontra fragmentada em diversos remanescentes o que acarreta na diminuição da diversidade biológica, alteração do regime hídrico e na ciclagem de nutrientes e com relação à esta vegetação natural a microbacia se encontra em um estado médio de degradação e caracterizam-se pela pressão da expansão urbana. Com relação à fragilidade dos recursos hídricos sob a ótica dos aspectos naturais e de uso da terra a microbacia foi enquadrada como muito baixa e a fragilidade ambiental, em uma escala de 10, está classificada como 6, o que indica que se forem adotadas medidas de manejo adequadas e cuidadosas dos recursos naturais pode-se ganhar qualidade ambiental de forma mais rápida.

A contaminação das áreas da microbacia é proveniente de postos de combustíveis e resíduos, e estão localizadas de maneira esparsa em áreas próximas a captações subterrâneas outorgadas. Destaca-se que três das 13 nascentes componentes da Microbacia do Ribeirão das Pedras se encontram em um raio inferior a 1.000m dessas áreas de contaminação. No Plano Diretor são apresentadas ainda as áreas que possuem maiores ocorrências de acidentes viários que provocam contaminação e a Rodovia Dom Pedro I, que cruza a

microbacia é apresentada como local de oito acidentes entre os anos de 2000 e 2014 (CAMPINAS, 2016).

4.1.3 Pluviosidade

Os dados de precipitação foram obtidos pelo Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura (CEPAGRI, 2016) que compartilhou os dados diários de precipitação para o todo o período analisado. As médias mensais apresentam-se no Quadro 3.

Quadro 3. Dados mensais de precipitação na cidade de Campinas/SP.

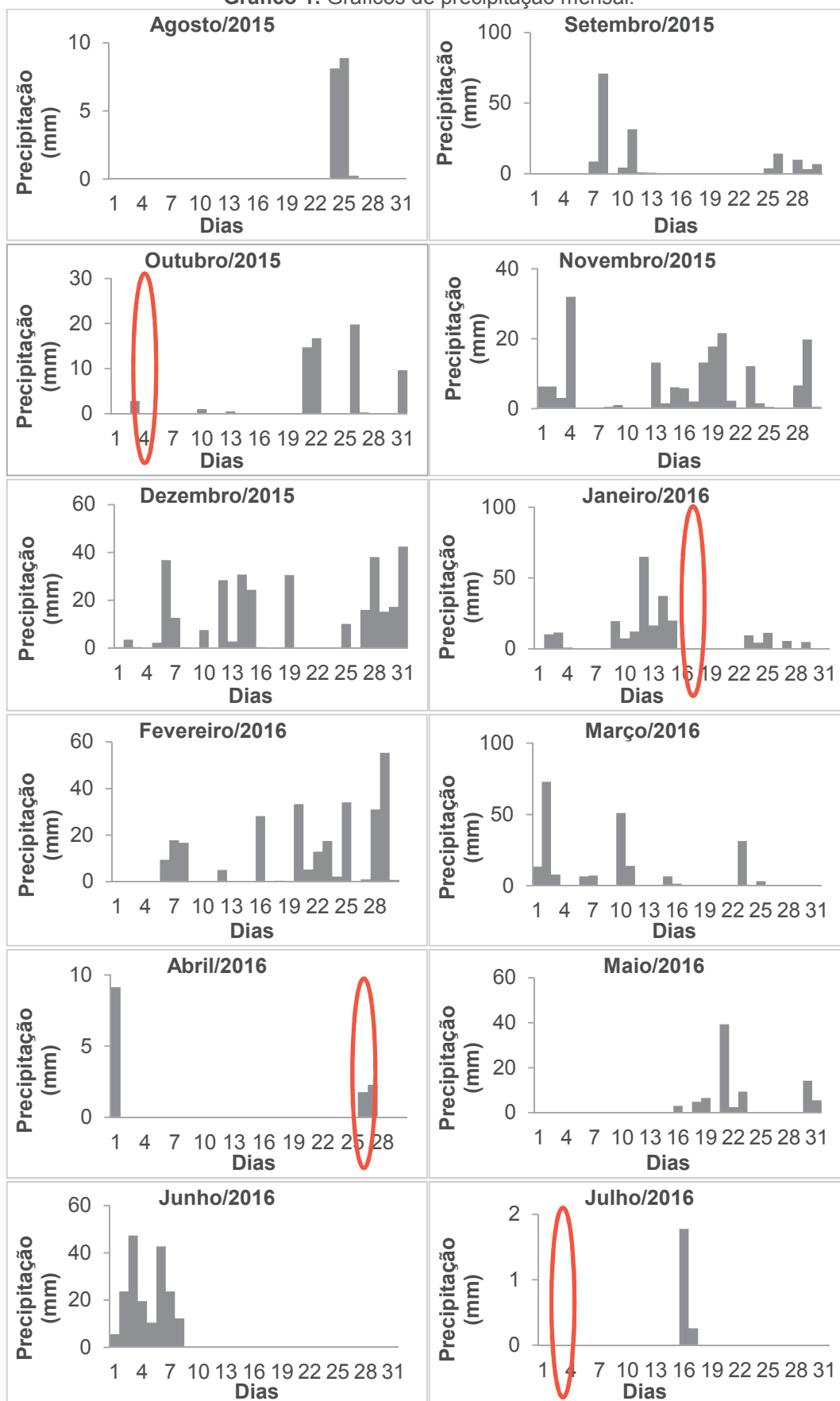
| Mês | Precipitação (mm) |
|-----------------------|--------------------------|
| Agosto/2015 | 17,274 |
| Setembro/2015 | 155,49 |
| Outubro/2015 | 65,522 |
| Novembro/2015 | 174,24 |
| Dezembro/2015 | 321,302 |
| Janeiro/2016 | 236,226 |
| Fevereiro/2016 | 271,774 |
| Março/2016 | 216,91 |
| Abril/2016 | 13,204 |
| Mai/2016 | 85,596 |
| Junho/2016 | 185,152 |
| Julho/2016 | 2,032 |

Fonte: CEPAGRI, 2016.

Porém, segundo Souza e Gastaldini (2014) é necessário que sejam observados os dias anteriores às coletas uma vez que a distribuição da pluviosidade ao longo do mês possibilita a comparação com os resultados obtidos para a qualidade das águas, tendo em vista que a precipitação interfere diretamente no carreamento de partículas e conseqüentemente afeta os parâmetros indicadores analisados neste trabalho.

As coletas foram trimestrais e ocorreram nas datas 04/10/2015, 17/01/2016, 26/04/2016 e 03/07/2016 (conforme indicado no Gráfico 1).

Gráfico 1. Gráficos de precipitação mensal.



* Destaque em vermelho para o dia da amostragem.

Fonte: adaptado de CEPAGRI (2016).

Por se tratar de uma microbacia hidrográfica urbana (que possui uma área de drenagem reduzida e boa parte impermeabilizada) o tempo de detenção é mais curto, o que faz com que os impactos advindos de eventos pluviométricos sejam sentidos mais rapidamente pelas águas do Ribeirão das Pedras. Apresenta-se, então, as condições específicas de cada data:

04/10/2015: nessa data de coleta não observou-se precipitação. Na semana antecedente foi verificada precipitação que não passou dos 15mm diários. Nos dias 01 e 02/10 não houve precipitação, e no dia que antecedeu a coleta foi verificada precipitação de aproximadamente 2,8mm;

17/01/2016: a coleta do mês de Janeiro foi caracterizada por ser após um período de precipitação intensa (com precipitação de até 65mm diários), porém, nos dias 16 e 17 não houve precipitação;

26/04/2016: durante o mês de abril/16 foram verificados 24 dias na ausência de precipitação, porém no dia da amostragem houve precipitação de 1,78mm (previamente à coleta das amostras);

03/07/2016: na última data coletada foram verificados 25 dias anteriores a amostragem sem precipitação.

4.1.4 Pontos de coleta das amostras de água

Foram estabelecidos seis pontos estratégicos de coleta de água para verificar sua qualidade. As localizações dos pontos de coleta são indicadas na Figura 02. Tais pontos foram definidos a fim de propiciar uma análise do Ribeirão das Pedras desde seu alto curso até sua foz no Ribeirão das Anhumas. E nesse intuito foram definidos os pontos P01 e P06, que são fundamentais para a verificação da qualidade da água, pois indicam a qualidade da água no início e no fim do ribeirão, poucos metros antes do desague no Ribeirão das Anhumas.

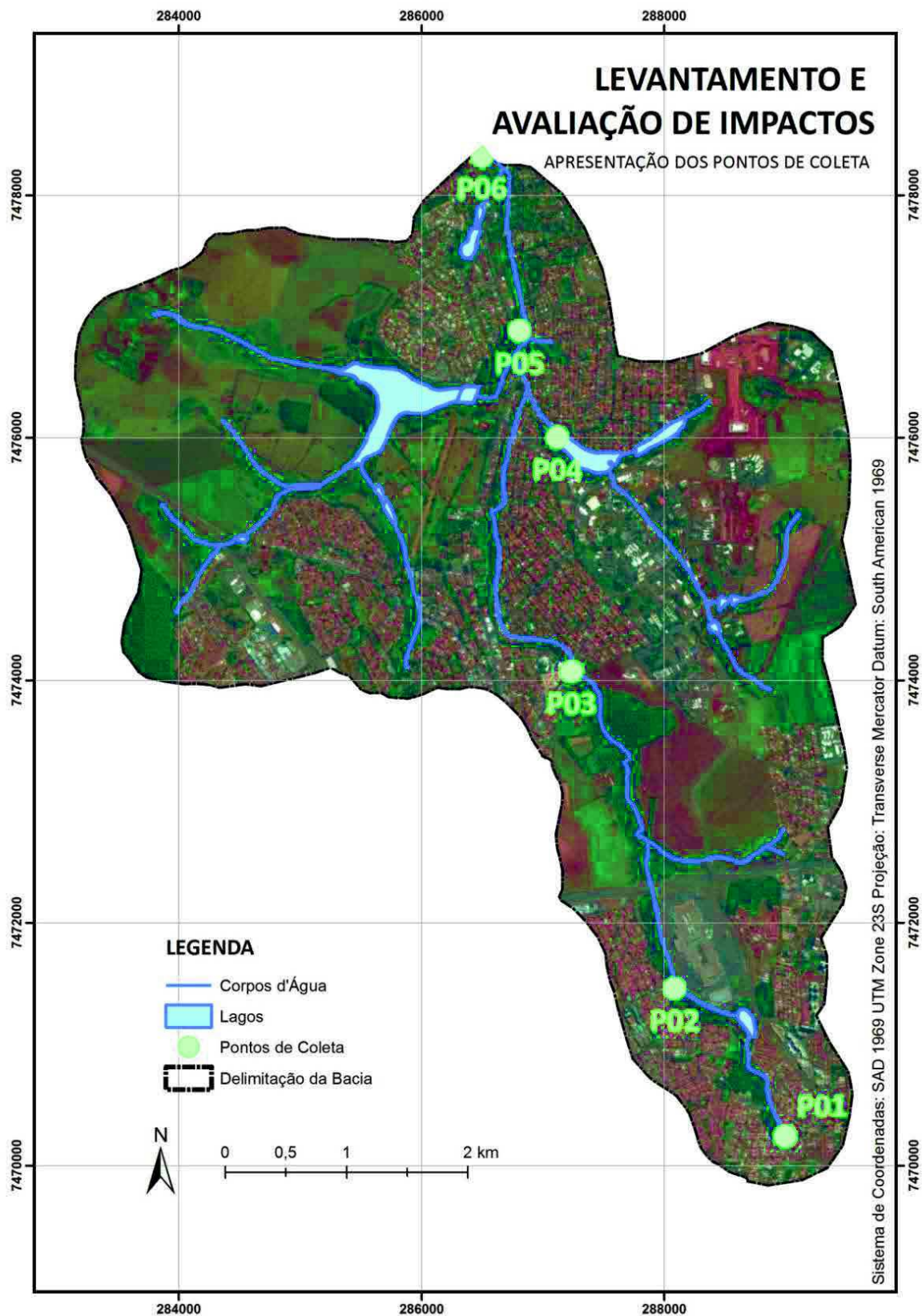
No processo de definição dos pontos de amostragem considerou-se, o acesso a cada um dos pontos. Nesse contexto, seguem descritas as localizações dos pontos de amostragem, a justificativa da escolha e a ilustração de cada um deles.

O primeiro ponto de coleta (P01) localizado nas coordenadas 22°51'45.84"S e 47° 3'24.64"O, é a nascente do ribeirão. Foi escolhido como primeiro ponto a ser analisado para permitir a verificação da qualidade da água na nascente principal, que é utilizada pela população local para consumo humano.

Ressalta-se que este é o primeiro ponto do alto curso situado entre a Rua Manoel Pereira Barbosa e a Avenida Milton Christine, no bairro Parque Alto Taquaral. Observa-se na Figura 3 que a nascente está canalizada e possui traços diretos de antropização.

Ainda no alto curso, o ponto P02 (Figura 04), cujas coordenadas são $22^{\circ}51'2.57''\text{S}$ e $47^{\circ}3'56.48''\text{O}$, é localizado há aproximadamente 1,8 Km do P01, situado na Avenida Santa Genebra, ao lado do Shopping Parque Dom Pedro. Esse segundo ponto de coleta foi escolhido devido aos fatores de acessibilidade antes da travessia da Rodovia Dom Pedro I.

Figura 2. Localização dos pontos de coleta de água.



Fonte: a autora, 2016.

Figura 3. Ponto de coleta 1 (P01).



Figura 4. Ponto de coleta 2 (P02).



O P03 está localizado nas coordenadas $22^{\circ}49'38.54''S$ e $47^{\circ}4'24.73''O$, e encontra-se no cruzamento entre a Rua Dr. Romeu Tórtima e o ribeirão. Ele foi escolhido, pois se trata do primeiro ponto disponível para acesso após cruzamento com a Rodovia Dom Pedro I, permitindo assim verificar as interferências do sistema viário na qualidade da água, bem como do lançamento do efluente já tratado proveniente do Shopping Parque Dom Pedro. Ressalta-se ainda que se trata do primeiro ponto de coleta localizado no médio curso, onde o leito do ribeirão já percorreu, inclusive, áreas agrícolas em seu trajeto. Na Figura 5 pode-se observar o local onde foi feita a coleta das amostragens.

Já o ponto P04 (Figura 6) sob coordenadas $22^{\circ}48'37.05''S$ e $47^{\circ}4'26.11''O$, é localizado dentro do Parque Ecológico Professor Hermógenes de Freitas Leitão Filho que tem acesso pela Avenida Dr. Luís de Tela, porém o ponto de coleta é próximo à Rua Plínio do Amaral. Este ponto não é componente do leito principal do Ribeirão das Pedras, trata-se de um afluente natural. Ambos os pontos (P03 e P04) foram definidos com o intuito de avaliar o médio curso.

Figura 5. Ponto de coleta 3 (P03).



Figura 6. Ponto de coleta 4 (P04).



O P05 (Figura 7) é localizado no cruzamento do ribeirão com a Estrada da Rhodia, próximo à Rua Me Maria Vilac e trata-se do primeiro ponto a ser avaliado no baixo curso, este ponto é localizado sob as coordenadas $22^{\circ}48'12.73''S$ e $47^{\circ}4'37.25''O$. Neste ponto as coletas foram realizadas sobre a travessia de pedestres que faz ligação entre as margens, onde normalmente em períodos chuvosos verificam-se pontos de alagamento.

O último ponto (P06), encontra-se sob as coordenadas $22^{\circ}47'20.42''S$ e $47^{\circ}4'47.09''O$ (Figura 08). Este ponto que fecha o ciclo de análises, não só do baixo curso, mas do ribeirão, pois o mesmo encontra-se ha aproximadamente 50 metros da foz, onde o Ribeirão das Pedras desagua no Ribeirão das Anhumas.

Figura 7. Ponto de coleta 5 (P05).



Figura 8. Ponto de coleta 6 (P06).



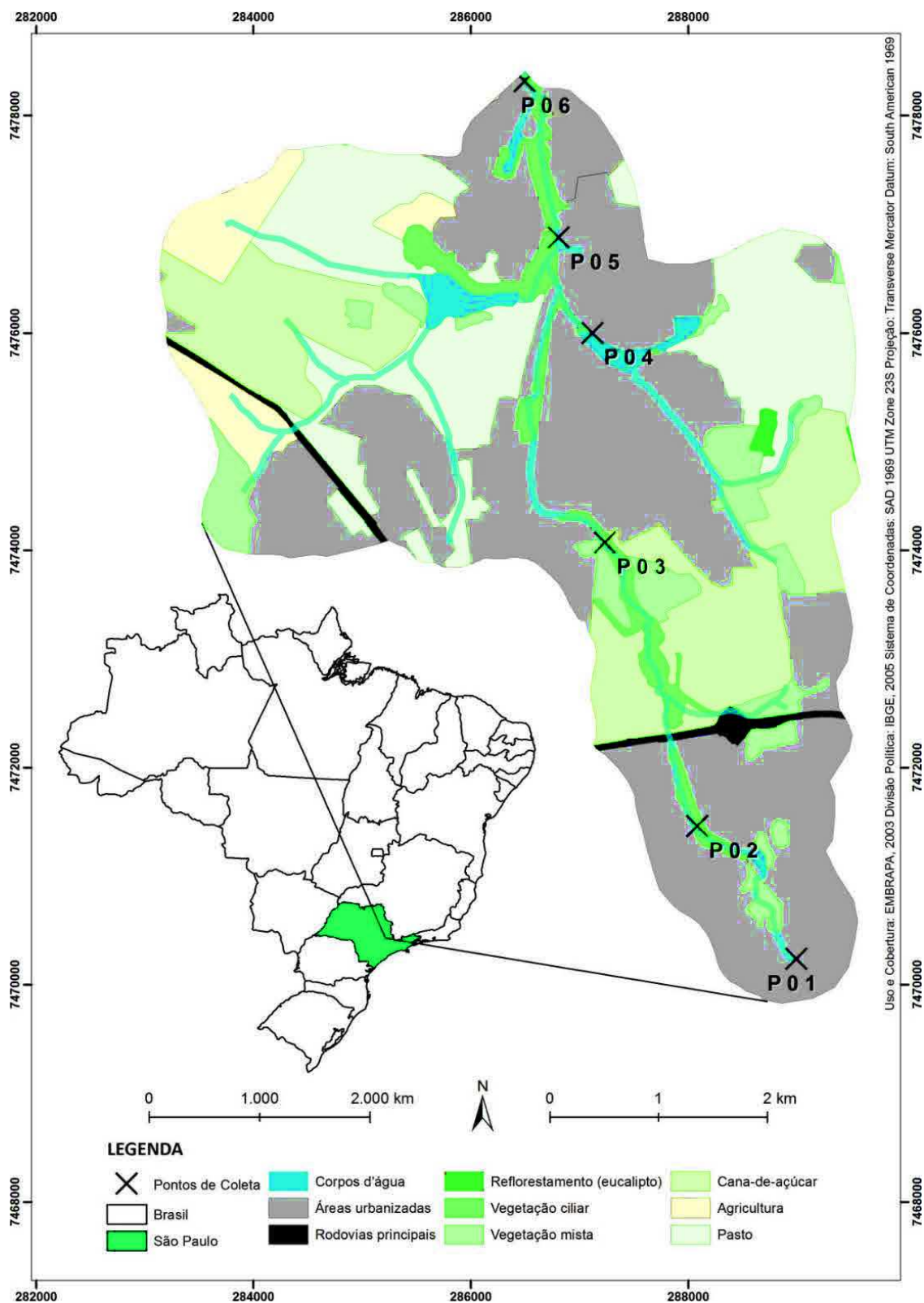
4.2 Levantamento de uso e ocupação do solo

O levantamento de uso e ocupação do solo foi realizado utilizando-se a base cartográfica elaborada pela EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), referenciada por Batistella et al. (2003). As edições das imagens foram realizadas com o Software ArcGIS® e as atualizações feitas foram com base nas visitas a campo e nas imagens de satélite disponibilizadas pelo próprio software utilizado, para que o mapa estivesse em conformidade com as condições atuais da microbacia. Para isso as informações observadas nas imagens foram confrontadas com as observações de campo e, assim, elaborou-se o mapa de uso e ocupação do solo, contemplando os seguintes usos: corpos d'água, áreas urbanizadas, rodovias principais, reflorestamento (eucalipto), vegetação ciliar, vegetação mista, cana-de-açúcar, agricultura e pasto conforme distribuição apresentada na Figura 9.

Esse levantamento se fez necessário para permitir uma discussão sobre os diferentes tipos de uso e ocupação do solo e suas interferências sobre a qualidade da água da microbacia, tendo em vista a forte relação entre ambos

(Ngoye; Machiwa, 2004; Tu, 2011; Sanders; Yuan; Pitchford, 2013; Tilman, 1999; Mehdi *et al.*, 2015; Lee *et al.*, 2009; Souza; Gastaldini, 2014).

Figura 9. Mapa de Uso e Ocupação do Solo na microbacia hidrográfica do Ribeirão das Pedras/SP.



Fonte: Batistella et al. (2003) atualizado e organizado pela autora (2016).

4.3 Avaliação dos impactos ambientais na microbacia do Ribeirão das Pedras

Com o levantamento de uso e ocupação do solo realizado, aplicou-se uma matriz de avaliação de impactos, conforme proposta por Leopold *et al.* (1971) e adaptada por Gomes e Longo (2016), para cada área de drenagem pertencente a cada um dos seis pontos. A escolha da matriz de avaliação de impactos ocorreu, pois são avaliados todos os aspectos sobre todos os impactos considerados, evitando assim o direcionamento do resultado final.

Existem duas etapas distintas para a aplicação da matriz, a primeira trata-se da elaboração, montagem da matriz através de análise qualitativa do local (bem como a definição dos atributos considerados na aplicação) e a segunda trata-se da aplicação e discussão dos resultados.

Para o cumprimento da primeira etapa foram necessárias diversas visitas à área de estudo, bem como a consulta a trabalhos já realizados nesta microbacia, como Etto *et al.* (2013), Damame (2016) e Lima *et al.* (2016), para posteriormente elaborar a matriz de avaliação de impactos, como feito por Ribeiro *et al.* (2012). Nessas visitas foi verificada a atual situação do meio, com relação a diversos fatores, sendo eles: solo, água, fauna, flora e os fatores socioculturais, e neste contexto verificou-se 30 impactos na área, conforme listagem:

Características físico-químicas:

- Solo
 - Compactação (conforme observado por Damame (2016));
 - Solo exposto (observações de campo);
 - Erosão (observações de campo);
 - Estabilidade das margens (desbarrancamento, trincas e rachaduras no solo) (observações de campo);
 - Presença de resíduos (observações de campo).
- Água:
 - Disponibilidade hídrica (relaciona-se à vazão observada nas quatro datas distintas);
 - Qualidade da água (verificada através da aplicação do IQA – Índice de Qualidade das Águas, levantamentos de campo e análises laboratoriais) nas quatro datas amostradas:

- Outubro/2015;
- Janeiro/2016;
- Abril/2016; e
- Julho/2016.
- Presença de espumas (observações de campo);
- Presença de resíduos (observações de campo);
- Enchentes (levantamento bibliográfico);
- Canalização de trechos (observações de campo); e
- Assoreamento (observações de campo).
- Fauna e flora:
 - Queimadas (ausência ou presença de pontos de queimadas) (observações de campo);
 - Ausência de mata ciliar / APP reduzida (verificadas em pontos onde não há mata ciliar ao longo, não apenas do talvegue principal do ribeirão, mas também das nascentes afluentes através de observações de campo e Etto *et al.* (2013));
 - Densidade de arborização / Desmatamento (verificada pela densidade de arborização do ambiente avaliado, se existem pouca vegetação ou se há uma maior concentração) através de observações de campo e Etto *et al.* (2013);
 - Ictiofauna (ausência ou presença) (observações de campo);
 - Presença de fauna exótica (verificada pela observação, principalmente, de animais peçonhentos) (observações de campo);
 - Ausência de fauna endêmica (retratado pelo afugentamento da fauna nativa) (observações de campo);
 - Presença de flora exótica (trata-se da presença de flora não nativa, inserida no local pela população) (observações de campo);
 - Ausência de flora endêmica (trata-se da ausência da flora nativa) (observações de campo); e
 - Presença de fauna doméstica (verificados principalmente como cachorros e gatos) (observações de campo).

- Fatores socioculturais:
 - Esgotamento sanitário (presença de redes de coleta e tratamento de esgotos) (observações de campo);
 - Segurança ambiental (relaciona-se à segurança oferecida à população, que pode estar relacionada desde a ocorrência de enchentes, risco de desmoronamento, presença de animais peçonhentos, entre outros) (levantamento bibliográfico);
 - Poluição visual (o que difere da visão de um ambiente conservado e ideal para a manutenção da boa qualidade do meio) (observações de campo);
 - Uso pela população (consumo, plantio e pesca) (como a utilização da água da nascente para consumo da população, pesca em determinados trechos, uso do solo para plantio, entre outros) (observações de campo);
 - Emissão de odores (pela deposição de resíduos e/ou pela proximidade com as estações elevatórias de esgoto) (observações de campo); e
 - Poluição sonora (qualquer ruído que possa causar algum tipo de impacto) (observações de campo).

Estes impactos compõem o eixo vertical da matriz, sendo então avaliados pelo resultado verificado pela somatória total de cada coluna.

Já o eixo horizontal (cujos resultados foram representados pela somatória verificada em cada linha) é composto pelas ações que estão impactando o meio, uma vez que possibilita o acompanhamento dos impactos advindos das mesmas (Ribeiro *et al.*, 2012). Foram 11 as ações consideradas e possuem origens distintas, variando entre antrópicas e naturais, como listadas:

- Ocupação irregular na APP (esta ação refere-se às ocupações observadas nas áreas de APP, como os lotes para agricultura observados na área de drenagem dos pontos P02 e P03);
- Agricultura + monocultivo (esta ação considerou as áreas que são utilizadas para agricultura familiar e o monocultivo da cana-de-açúcar);
- Impermeabilização (considerando também a drenagem) (esta ação é referente á impermeabilização do solo de maneira geral, seja pela implantação de vias de acesso, seja pela ocupação das áreas);

- Aumento na precipitação (referente ao aumento da precipitação, conforme demonstrado no Gráfico 1);
- Diminuição na precipitação (referente à diminuição da precipitação observada no Gráfico 1);
- Deposição de resíduos (esta ação refere-se ao despejo de resíduos por toda a área analisada, desde entulhos até resíduo residencial);
- Inserção de vias de acesso (ruas, avenidas, estradas, rodovias);
- Esgotamento sanitário (referente ao lançamento de efluente comercial principalmente representado pelo shopping center inserido na área de drenagem do ponto 3 (P03));
- Esgotamento sanitário (referente ao lançamento de efluente doméstico de todas as ocupações inadequadas nas áreas de APP);
- Circulação de pessoal às margens do ribeirão / presença de residências; e
- Circulação de veículos de pequeno e grande porte.

A aplicação espacializada da matriz (para as seis áreas de drenagem foi aplicada uma matriz) permitiu avaliar sob a ótica de 330 possibilidades (30 colunas X 11 linhas) se houve variação de impactos observados nas diferentes áreas de drenagem, considerando seus distintos usos do solo e suas interferências na qualidade da água.

Os dados de qualidade de água foram inseridos na matriz para possibilitar uma discussão sobre a qualidade da água superficial em cada ponto analisado, ou seja, quando o corpo hídrico está sendo submetido a uma determinada situação (observados os diferentes usos do solo de cada área de drenagem) discutiu-se pontualmente a interferência da submissão de determinada ação refletida sobre a qualidade da água. A pontuação na matriz foi realizada com base nos resultados de IQA obtidos para os seis pontos nas quatro datas amostradas.

O IQA é um índice desenvolvido pela *National Sanitation Foundation* no ano de 1970 e cinco anos depois adaptado pela CETESB visando a utilização do corpo hídrico para abastecimento público (CETESB, 2015). É composto por nove indicadores pré-definidos após uma pesquisa de opinião junto a especialistas, sendo eles: temperatura, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio,

coliformes termotolerantes, nitrogênio total, fósforo total, sólidos totais, pH e turbidez. Para o cálculo do IQA, cada um dos nove parâmetros já deve ter sido analisado e seu resultado plotado em seu respectivo gráfico (desenvolvido pela CETESB) para a obtenção de um valor variável entre 0 e 100 (valor este submetido à aplicação de seu peso relativo também pré-definido pela própria CETESB), com os valores obtidos calcula-se o IQA, através da aplicação da Fórmula 1:

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

Onde:

n: número de parâmetros que entram no cálculo do IQA (nove);

IQA: Índice de Qualidade das Águas, um número entre 0 e 100;

qi: qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva "curva média de variação de qualidade", em função de sua concentração ou medida; e

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

O valor de IQA obtido foi utilizado para o preenchimento da matriz de avaliação de impactos. Essa integração entre dois métodos de avaliação foi proposta a fim de verificar suas relações e subsidiar a discussão, uma vez que ambos possuem caráter qualitativo e quantitativo. A aparência final da matriz pode ser verificada na Figura 10.

Figura 10. Matriz de avaliação de impactos aplicada em cada área de drenagem.

| | | | | |
|--|---|--------------|----------------------------|---------------------------------|
| Ocupação Irregular na APP | Compactação | | Solo | Características Físico-Químicas |
| | Solo exposto | | | |
| Agricultura + Monocultivo | Erosão | | Água | |
| Impermeabilização | Estabilidade das margens | | | |
| Aumento na precipitação | Presença de Resíduos | | Qualidade da água | |
| Diminuição na precipitação | Disponibilidade Hídrica | Outubro/2015 | | |
| Deposição de resíduos | | Janeiro/2016 | | |
| Inserção de vias de acesso | | Abril/2016 | | |
| Lançamento de efluente comercial | | Julho/2016 | Características Biológicas | |
| Lançamento de efluente doméstico | Presença de espumas | | | |
| Circulação de pessoas e presença de residências | Presença de Resíduos | | | |
| Circulação de veículos de pequeno e grande porte | Enchentes | | | |
| SOMATÓRIA | Canalização de trechos | | | Fatores Sócio - Culturais |
| | Assoreamento | | | |
| MÉDIA | Queimadas | | | |
| | Ausência de mata ciliar / APP reduzida | | | |
| | Densidade da arborização / Desmatamento | | | |
| | Ictiofauna | | | |
| | Presença de fauna exótica | | | |
| | Ausência de fauna endêmica | | | |
| | Presença de flora exótica | | | |
| | Ausência de flora endêmica | | | |
| | Presença fauna doméstica | | | |
| | Esgotamento sanitário | | | |
| | Segurança (ambiental) | | | |
| | Poluição visual | | | |
| | Uso pela população (consumo e pesca) | | | |
| | Emissão de odores | | | |
| | Poluição sonora | | | |
| | SOMATÓRIA | | | |
| | MÉDIA | | | |

Com os eixos definidos e a matriz já elaborada fez-se necessária a definição dos atributos a serem considerados (são estes atributos que atribuíram caráter quantitativo à matriz). Para a aplicação da matriz foram considerados cinco atributos, conforme sugerido por Leopold *et al.* (1971) e aplicado por Gomes e Longo (2016), e a quantificação dos impactos foi realizada de acordo com a Fórmula 2, cujos atributos apresentam-se no Quadro 4.

$$Q = C * (I + A + D + R) \quad (2)$$

Onde:

Q: nota final atribuída ao impacto, ou seja, nota correspondente a cada quadrícula. Variável entre -12 (área mais impactada negativamente) e 12 (área mais impactada positivamente).

Quadro 4. Quadro de atributos para aplicação da matriz de avaliação de impactos.

| Quadro de atributos | | |
|---------------------|---|---|
| Indicação | Interpretação | Ponderação |
| C | Caráter: este atributo é um fator de multiplicação que indicará se o impacto sofrido é positivo ou negativo. | Impacto negativo (-1) Impacto positivo (1) |
| I | Importância: indica o grau de importância do impacto, considerando o impacto para todo o meio analisado. | Impacto pouco importante (1) Impacto intermediário (2) Impacto muito importante (3) |
| A | Abrangência: caracteriza o impacto quanto ao raio impactado, verificando se o mesmo é restrito ao ponto inicial do impacto ou se o mesmo se espalha. | Impacto pontual (1) Impacto intermediário (2) Impacto abrangente (3) |
| D | Duração: caracteriza o impacto com relação à quanto tempo de ocorrência o mesmo terá. | Impacto de curta duração (1) Impacto de duração intermediária (2) Impacto permanente (3) |
| R | Reversibilidade: este atributo varia de acordo com a flexibilidade do meio para a recuperação das suas condições naturais. | Impacto reversível (1) Impacto reversível, porém com dificuldade de se atingir as condições naturais (2) Impacto irreversível (3) |

De acordo com o apresentado por Correia e Bettine (2014) os pesos atribuídos aos parâmetros considerados podem direcionar o resultado final de uma avaliação ambiental. Por esse motivo todas as quadrículas avaliadas foram submetidas à mesma avaliação, e possuem o mesmo peso relativo, não destacando nenhum dos aspectos ou impactos como mais ou menos importante,

tendo em vista que a importância do mesmo é considerada de maneira individual em cada quadrícula preenchida.

Para a discussão, o resultado considerado foi a média obtida para cada aspecto e cada impacto, ou seja, como apresentado na Figura 10, cada linha e cada coluna possui ao final da tabela um campo designado “média”. Neste campo houve a aplicação da Fórmula 3 (para os impactos sofridos, pois foram submetidos à 11 ações diversificadas) e da Fórmula 4 (para os aspectos considerados, pois foram avaliados com relação aos impactos provocados em 30 meios distintos).

$$(\sum Q) \div 11 \quad (3)$$

$$(\sum Q) \div 30 \quad (4)$$

Esses foram os valores utilizados para a verificação dos resultados e atribuição do grau de impacto que o meio sofreu, ou o quanto a ação está impactante sobre os meios verificados, conforme verifica-se no Quadro 5, na qual adaptou-se as faixas de comparação para possibilitar uma melhor discussão dos resultados.

Quadro 5. Faixas para verificação do grau de impacto.

| Faixas | Grau de impacto |
|-------------|---------------------|
| 0,1 a 12 | Impacto positivo |
| 0 | Ausência de impacto |
| - 0,1 a - 4 | Impacto baixo |
| - 4,1 a 8,0 | Impacto moderado |
| - 8,1 a -12 | Impacto elevado |

Fonte: Adaptado de Ribeiro *et al.* (2012), Zangirolami (2012) e Gomes *et al.* (2016a).

Por meio da verificação dos resultados pelo grau de impacto observado, ficou possibilitada a discussão e gestão da área, permitindo assim verificar as medidas emergenciais que devem ser tomadas para reverter o quadro visando minimizar o impacto, bem como servir de base, previamente ao planejamento, para medidas mitigadoras em outras áreas.

4.2.3 Coletas e análises de água

As coletas de água foram realizadas seguindo o estabelecido no Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (CETESB, 2011), obedecendo ao

estabelecido para as coletas, transporte e armazenagem, mantendo a temperatura das amostras próxima dos 20°C.

As coletas sempre iniciavam às 08:30h e tinham duração de aproximadamente 02:30h, terminando por volta das 11:00h. Em cada ponto foram coletadas três amostras, caracterizando assim três repetições para os oito parâmetro analisados.

A análise dos parâmetros temperatura e oxigênio dissolvido ocorreram no momento da coleta. Os métodos utilizados para as medições encontram-se no Quadro 6, no qual observam-se também os métodos adotados para a análise dos demais parâmetros considerados.

Quadro 6. Metodologia de medição de cada parâmetro.

| PARÂMETROS | MÉTODO DE MEDIÇÃO | FONTE |
|-----------------------------------|---|---------------|
| Oxigênio Dissolvido | Método eletrométrico (oxímetro) | CETESB, 2011. |
| pH | Potenciômetro | BRASIL, 2009. |
| DBO_(5,20) | Oxímetro e incubação (DBO _{5,20}) | APHA, 2005. |
| Temperatura da água | Termômetro Digital | BRASIL, 2009. |
| Nitrogênio total | Digestão e destilação (Kjeldahl) | APHA, 2005. |
| Fósforo total | UV-visível, método do ácido ascórbico | APHA, 2005. |
| Turbidez | Turbidímetro | BRASIL, 2009. |
| Sólidos Totais Dissolvidos | Gravimetria | APHA, 2005. |

Fonte: a autora, 2016.

4.3 Análise dos dados

Os dados obtidos com as análises de qualidade de água foram comparados pelo Teste Tukey que se trata de um teste de comparação entre as médias sendo utilizado para verificar se há diferença significativa entre essas a nível de 5% de probabilidade (GONÇALVES, 2009). As análises foram realizadas por meio do Software Assistat versão 7.7 pt (SILVA, 2016). Os dados foram analisados em relação a distribuição espacial e sazonalidade.

Também foi realizada uma comparação com a legislação vigente por meio de uma comparação entre os resultados obtidos e os valores limítrofes estabelecidos pela Resolução nº 357 de 2005 (Classe 2), instituída pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (BRASIL, 2005). Esta resolução faz a classificação dos corpos de água e apresenta diretrizes ambientais para o seu enquadramento de acordo com seus usos preponderantes.

Os corpos de água podem ser classificados em cinco classes distintas, e são elas: classe especial, classe I, II, III e IV, de acordo com seus usos preponderantes. Em 1977, foi publicado o Decreto Estadual 10.755/1977, que dispõe sobre o enquadramento dos corpos de água receptores do estado de São Paulo (SÃO PAULO, 1977). Este decreto cita o Ribeirão das Anhumas e o classifica como Classe IV, não fazendo menção ao Ribeirão das Pedras, porém afirma que todos os corpos de água não mencionados são automaticamente considerados como Classe II. Apresenta-se, então, os usos permitidos para os corpos de água da Classe II:

- Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- Proteção das comunidades aquáticas;
- Recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho;
- Irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa ter contato direto; e
- Aquicultura e atividade de pesca.

E para que essa classificação seja mantida e as atividades acima descritas não sejam impedidas deve-se manter dentro dos limites estabelecidos os parâmetros definidos como indicadores da qualidade da água, conforme se apresenta na Quadro 7, justificando a importância da comparação destes limites estabelecidos com os resultados obtidos nas análises de água.

Quadro 7. Valores limítrofes estabelecidos pela resolução CONAMA 357/05.

| Parâmetros | Limite CONAMA 357/05 |
|-----------------------------|--|
| Oxigênio Dissolvido | > 5,0 mg/L |
| Ph | 6,0 < pH < 9,0 |
| DBO_(5,20) | < 5,0 mg/L |
| Temperatura da água | N/C * |
| Nitrogênio total | 3,7mg/L N, para pH ≤ 7,5 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0 1,0 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5 0,5 mg/L N para pH > 8,5 |
| Fósforo total | 0,030 mg/L (lêntico) 0,050 mg/L (lótico) |
| Turbidez | < 100 UNT |
| Resíduo total | 500 mg/L |

* N/C: não consta valor estabelecido na legislação.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

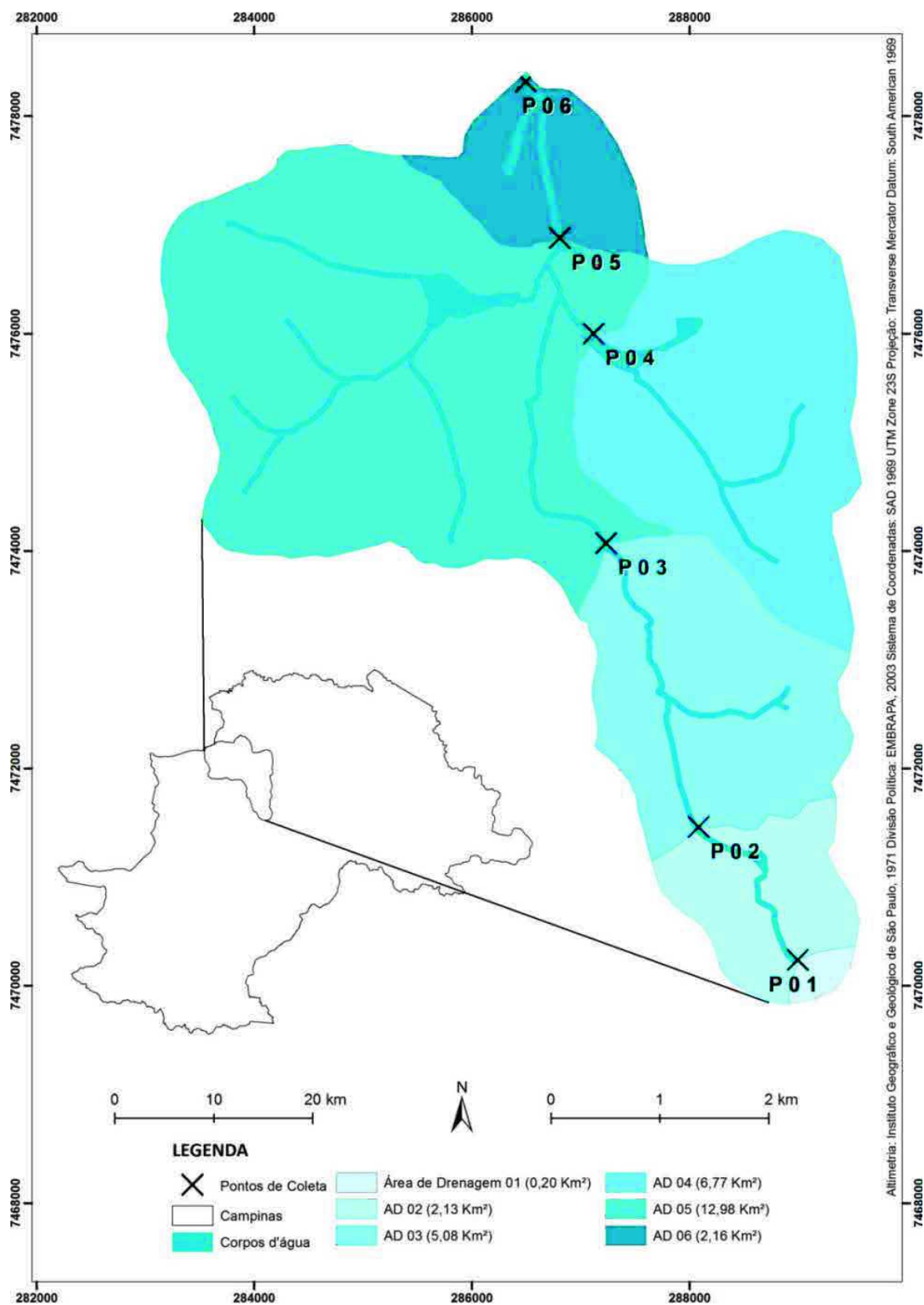
5.1 Impactos ambientais na microbacia do Ribeirão das Pedras

A microbacia hidrográfica do Ribeirão das Pedras apresentou variação nos tipos de uso e ocupação do solo entre os anos de 1962 e 2014, conforme apresentado por Damame (2016), e aliado ao crescimento das áreas urbanas verificou-se a diminuição das áreas agrícolas, tendo o sentido de espalhamento definido como centro – borda, influenciado pelo relevo pouco acidentado (DAMAME, 2016).

A apresentação dos pontos de coleta de água no mapa da bacia hidrográfica juntamente com a sobreposição da carta de altimetria da cidade de Campinas/SP permitiu a delimitar as áreas que drenam para cada um dos pontos de coleta, conforme se apresenta na Figura 11.

Essa apresentação em áreas de drenagem permite verificar as possíveis causas das variações observadas na qualidade da água nos pontos de coleta.

Figura 11. Mapa com a delimitação da área de drenagem direta de cada ponto.



* A área de drenagem efetiva dos pontos P02, P03 e P05 considera, além de sua área de drenagem direta, as áreas de drenagem à montante; e a área de drenagem efetiva do ponto P06 é a área total da microbacia do Ribeirão das Pedras.

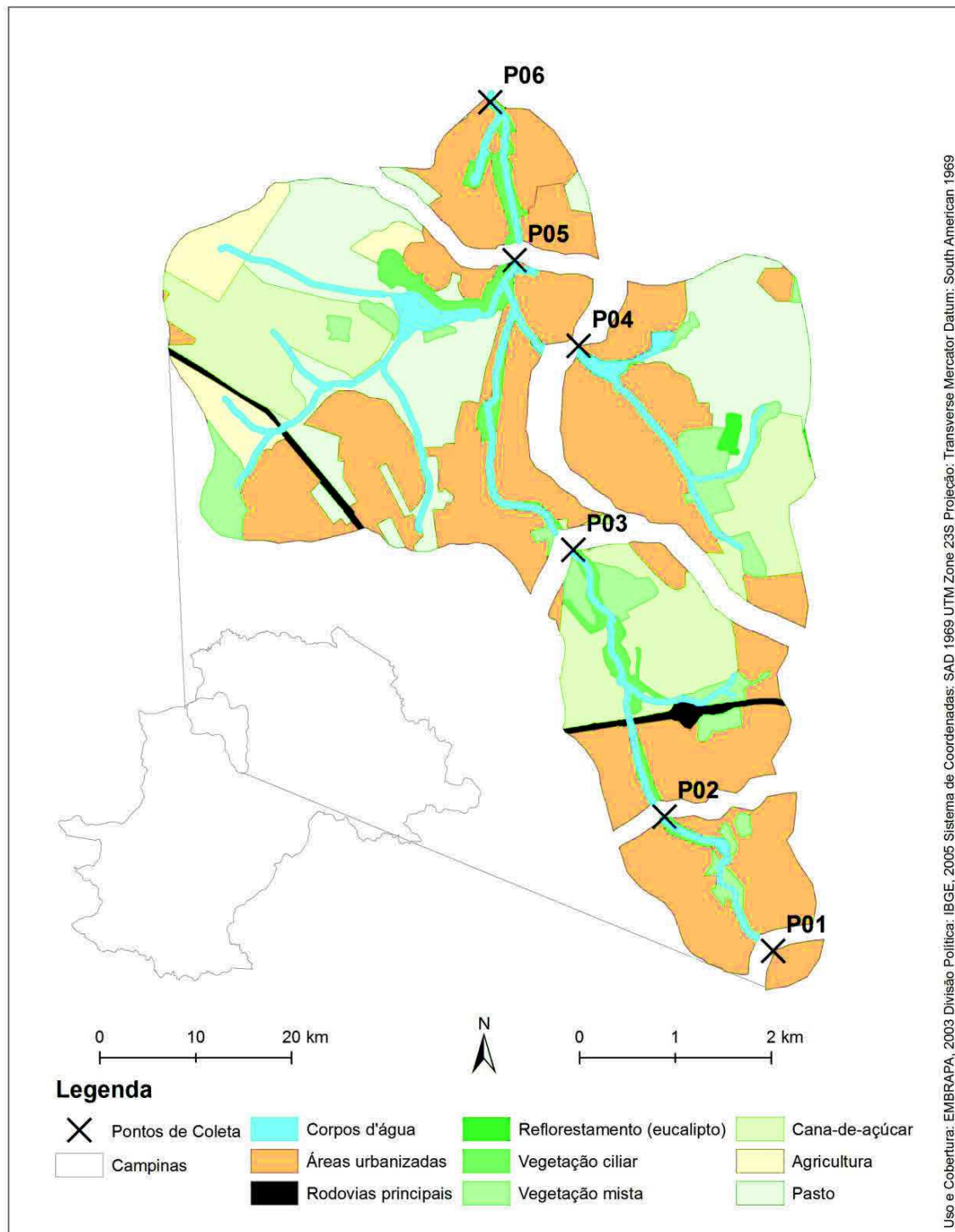
Fonte: a autora (2016).

Esta abordagem permitiu a extração de dados de extrema importância para a discussão dos resultados: qual a área (em Km²) que drena para cada um dos pontos de coleta. Quando se sobrepôs as áreas de drenagem ao uso e ocupação do solo foi possível verificar quais os tipos de uso e ocupação solo preponderantes em cada uma das áreas de drenagem, conforme ilustra-se, com o auxílio de um mapa explodido, na Figura 12.

O mapa explodido foi organizado de maneira que não se perdesse o formato da bacia, porém, possibilitando uma visualização individualizada de cada área de drenagem. Porém, ao verificar a microbacia toda verifica-se que se perdeu a escada devido à separação das áreas, sendo utilizado, portanto, apenas para efeito de ilustração das área de drenagem de cada ponto.

Com exceção dos pontos P01 (pois trata-se da área que drena para a nascente principal do ribeirão) e P04 (pois trata-se de uma área composta por três nascentes tributárias antes de desaguar no leito principal), as áreas não foram analisadas individualmente, uma vez que são pertencentes ao leito principal, ou seja, as contribuições tiveram efeito cumulativo, contribuindo para os demais pontos analisados. Ressalta-se ainda que para efeito da contagem das áreas referentes aos corpos d'água foram considerados apenas os lagos, lagoas ou represas.

Figura 12. Mapa explodido (uso e ocupação X áreas de drenagem direta).



* A área de drenagem efetiva dos pontos P02, P03 e P05 considera, além de sua área de drenagem direta, as áreas de drenagem à montante; e a área de drenagem efetiva do ponto P06 é a área total da microbacia do Ribeirão das Pedras.

Fonte: Batistella *et al.*, 2003. Organizado pela autora (2016).

No ponto P01 a área de drenagem consiste naquela que drena as águas contribuintes da nascente principal do Ribeirão das Pedras. Esta área

possui 0,204 Km² e apresenta-se inteiramente urbanizada. Em relação a área de drenagem do ponto P02 deve considerar, além da sua própria, aquela que drena para P01, uma vez que ambos os pontos são localizados no leito principal do ribeirão, apresentando, portanto, efeito cumulativo. Considera-se, então, que a área total de drenagem do ponto P02 tem 2,33 Km², sendo composto por diferentes usos do solo, conforme se apresenta na Quadro 8.

Quadro 8. Área de drenagem do P02.

| Usos do solo | Km ² | % |
|-------------------|-----------------|---------------|
| Corpos d'água | 0,024 | 1,031 |
| Áreas urbanizadas | 2,083 | 89,378 |
| Vegetação ciliar | 0,058 | 2,496 |
| Vegetação mista | 0,165 | 7,095 |
| Total | 2,33 | 100,00 |

Observa-se que do total de 2,33 Km² que drenam para o ponto de coleta P02 aproximadamente 89,4% é urbanizada, 9,6% corresponde à áreas vegetadas e 1% é referente aos corpos d'água.

Com relação à área de drenagem do P03, verifica-se a mesma situação, ou seja, há também um efeito cumulativo, o que faz considerar as áreas de drenagem dos pontos P01 e P02. As áreas e porcentagens relativas ao P03 são apresentadas na Quadro 9.

Quadro 9. Área de drenagem do P03.

| Usos do solo | Km ² | % |
|---------------------|-----------------|----------------|
| Corpos d'água | 0,024 | 0,324 |
| Áreas urbanizadas | 4,067 | 54,882 |
| Rodovias principais | 0,225 | 3,040 |
| Vegetação ciliar | 0,512 | 6,903 |
| Vegetação mista | 0,734 | 9,911 |
| Cana-de-açúcar | 1,848 | 24,940 |
| Total | 7,411 | 100,000 |

Como verifica-se, pelo acréscimo na área total a porcentagem de corpos d'água foi diluída, representando menos de 0,5% da área toda. A matriz de uso e ocupação ainda continua urbana, representando aproximados 58% desta área (somadas as áreas urbanizadas e as rodovias principais); e 16,8% de áreas vegetadas (considerando-se a vegetação ciliar e a vegetação mista presentes

nessa área) com 25% de áreas de monocultivo de cana-de-açúcar, resulta-se em aproximados 42% de área permeável.

Assim como o P01, a área de drenagem para o P04 não possui efeito cumulativo, pois a coleta não foi realizada no leito principal, mas em um lago formado por três nascentes tributárias do Ribeirão das Pedras e suas porcentagens são apresentadas no Quadro 10. Trata-se, portanto, de uma sub-bacia componente da microbacia hidrográfica do Ribeirão das Pedras. Os lagos componentes desta área de drenagem possuem efeito decantador, possibilitando a retenção de sólidos que chegariam ao leito principal do ribeirão.

Quadro 10. Área de drenagem do P04.

| Usos do solo | Km² | % |
|--------------------------|-----------------------|----------|
| Corpos d'água | 0,146 | 2,156 |
| Áreas urbanizadas | 2,892 | 42,741 |
| Reflorestamento | 0,081 | 1,197 |
| Vegetação ciliar | 0,005 | 0,074 |
| Vegetação mista | 0,619 | 9,151 |
| Cana-de-açúcar | 1,088 | 16,076 |
| Pasto | 1,936 | 28,605 |
| Total | 6,767 | 100,000 |

Esta área de drenagem possui sua matriz diferenciada, formada por menos de 50% de áreas urbanizadas (42,7%, aproximadamente), 16% de cana-de-açúcar e insere-se um diferenciado uso do solo, o pasto abrangendo 28,6% da área e 9,2% de vegetação mista, resultando em um total aproximado de 55% de áreas permeáveis. É chamada a atenção para os 0,074% referentes à vegetação ciliar, uma vez que a disponibilidade de recursos hídricos desta área é representada por 2,2% da área total (que representam apenas as lagoas inseridas nesta AD, desconsiderando os cursos d'água formados pelas três nascentes que a compõem), indicando o não cumprimento do Novo Código Florestal, Lei 12.651/2012 (BRASIL, 2012).

A área de drenagem do P05 é a maior de todas (considerando-a isoladamente) e recebe ainda interferência cumulativa das áreas AD 01, AD 02, AD 03 e AD 04, tendo seus usos do solo apresentados no Quadro 11.

Quadro 11. Área de drenagem do P05.

| Usos do solo | Km ² | % |
|---------------------|-----------------|----------------|
| Corpos d'água | 0,411 | 1,514 |
| Áreas urbanizadas | 11,639 | 42,861 |
| Rodovias principais | 0,398 | 1,464 |
| Reflorestamento | 0,081 | 0,298 |
| Vegetação ciliar | 1,060 | 3,904 |
| Vegetação mista | 1,919 | 7,068 |
| Cana-de-açúcar | 4,903 | 18,054 |
| Agricultura | 1,295 | 4,770 |
| Pasto | 5,449 | 20,066 |
| Total | 27,156 | 100,000 |

Neste ponto há uma troca de matriz de uso e ocupação, onde verifica-se que mais de 54% da área é permeável, com destaque maior ao pasto e à cana-de-açúcar, e mais uma vez apresentando valores baixos para a vegetação ciliar (aprox. 4%).

A área de drenagem do ponto P06 é a que recebe o acúmulo de todos os impactos sofridos pela bacia, uma vez que o ponto de coleta é localizado há aproximadamente 50m da foz no Ribeirão das Anhumas. Se observada a área de drenagem isolada das demais, verifica-se que aproximadamente 78% urbanizada. A Quadro 12 trata-se da relação de usos do solo da bacia hidrográfica do Ribeirão das Pedras como um todo (desconsiderando os 50m finais do curso d'água).

Quadro 12. Área de drenagem do P06.

| Usos do solo | Km ² | % |
|---------------------|-----------------|----------------|
| Corpos d'água | 0,448 | 1,527 |
| Áreas urbanizadas | 13,329 | 45,470 |
| Rodovias principais | 0,398 | 1,356 |
| Reflorestamento | 0,081 | 0,276 |
| Vegetação ciliar | 1,325 | 4,520 |
| Vegetação mista | 1,919 | 6,547 |
| Cana-de-açúcar | 4,903 | 16,725 |
| Agricultura | 1,297 | 4,424 |
| Pasto | 5,615 | 19,154 |
| Total | 29,314 | 100,000 |

É visto, então, que 46,8% da bacia hidrográfica do Ribeirão das Pedras são compostos por áreas impermeáveis e as áreas permeáveis são divididas entre: 0,27% de reflorestamento, 6,55% de vegetação mista, 21,15% de

agricultura e monocultivo de cana-de-açúcar, 19,15% de pasto e apenas 4,52% pertencentes à vegetação ciliar.

Com isso, pode-se notar a variação no uso e ocupação nas áreas de drenagem ao longo do curso do ribeirão. Damame (2015) fazendo uma análise histórica do uso e ocupação na microbacia do Ribeirão das Pedras pode observar o elevado crescimento urbano, aliado à diminuição das áreas agrícolas. Notou ainda, que o início da ocupação imobiliária ocorreu no centro da microbacia, espalhando-se para as áreas periféricas. Pela análise do mapa de declividade, foi possível visualizar que grande parte das bacias se encontra em um relevo pouco acidentado, o que certamente influenciou a ocupação acelerada da área.

5.1.1 Aplicação da matriz de avaliação de impactos nas diferentes áreas de drenagem

As matrizes aplicadas para a avaliação dos impactos são apresentadas por área de drenagem de cada ponto (Figuras 13 a 19), nas quais é possível verificar a pontuação de cada quadrícula, bem como a somatória de valores obtidos para aspecto e cada impacto e em seguida apresenta-se a pontuação média obtida.

5.1.1.1 Área de drenagem do ponto 1 (P01)

O ponto 1 (P01) corresponde à nascente principal do Ribeirão das Pedras e como já apresentado possui sua área de drenagem completamente urbanizada, ou seja, não possui áreas permeáveis que possibilitem sua manutenção pela reposição com águas pluviais. Porém, de acordo com a Figura 13, verifica-se que não houve impacto elevado nesta área de drenagem apesar das características descritas, sendo os impactos discutidos a seguir classificados como moderados, de acordo com o Quadro 5.

Observa-se que o aspecto que apresentou maior média de pontuação foi a impermeabilização do solo, seguido pela circulação de pessoas e presença de residências e inserção de vias de acesso, que fazem referência com a urbanização do local, mencionada alhures. Verifica-se também que foi atribuída pontuação positiva quando observada a diminuição da precipitação no período estudado, pois assim como apontado por Sanders, Yuan e Pitchford (2013) e Souza e Gastaldini (2014) a ocorrência de precipitação (principalmente nas áreas

permeáveis) provoca uma deterioração da qualidade da água uma vez que verifica-se o carreamento de partículas da área urbana para o leito do ribeirão; sendo assim, quando não há precipitação não há a “lavagem” do solo urbano drenada para as águas do mesmo.

Observando os meios impactados, verifica-se que a ausência de fauna endêmica e a poluição visual receberam destaque, justificados pela completa urbanização da área, não respeitando inclusive ao estabelecido no Novo Código Florestal, o qual prevê mata ciliar no entorno de nascentes em um raio mínimo de 50m (BRASIL, 2012), e como pôde ser verificado pela Figura 3, não há nenhum tipo de proteção no entorno da mesma.

As médias obtidas pela aplicação da matriz de avaliação de impactos para as amostragens de água se mostraram diferenciadas entre elas, apresentando em pior qualidade no mês de Janeiro/2016, seguido por Outubro/2015 e por fim os meses de Abril e Julho/2016 apresentaram o mesmo valor. O destaque negativo para a qualidade da água no mês de Janeiro/2016 foi justificado pela precipitação elevada nesse mês (mesmo não havendo precipitação do dia da coleta e no dia anterior foi verificada uma queda na qualidade da água), concluindo então que na presença de precipitação verificou-se a degradação na qualidade da água da nascente.

Figura 13. Matriz de avaliação de impactos aplicada no ponto de drenagem 1 (P01).

| | Características Físico-Químicas | | | | | | | | | | | | | | Características Biológicas | | | | | | | | Fatores Sócio - Culturais | | | | | | SOMATÓRIA | MÉDIA | | | | | | | | | | | |
|--|---------------------------------|--------------|--------|--------------------------|----------------------|-------------------------|-------------------|------------|------------|------|---------------------|----------------------|-----------|------------------------|----------------------------|-----------|--|---|------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------|--------------------------------------|-----------|-------|-------------------|----------------|---|---|-----|------|-----|------|------|-----|-----|
| | Solo | | | | | | | Água | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Compactação | Solo exposto | Erosão | Estabilidade das margens | Presença de Resíduos | Disponibilidade Hídrica | Qualidade da água | | | | Presença de espumas | Presença de Resíduos | Enchentes | Canalização de trechos | Assoreamento | Queimadas | Ausência de mata ciliar / APP reduzida | Densidade da arborização / Desmatamento | Ictiofauna | Presença de fauna exótica | Ausência de fauna endêmica | Presença de flora exótica | Ausência de flora endêmica | Presença fauna doméstica | Esgotamento sanitário | Segurança (ambiental) | Polição visual | Uso pela população (consumo e pesca) | | | Emissão de odores | Polição sonora | | | | | | | | | |
| | | | | | | Outubro/2015 | Janeiro/2016 | Abril/2016 | Julho/2016 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ocupação irregular na APP | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 | |
| Agricultura + Monocultivo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 |
| Impermeabilização | -12 | 0 | -11 | -7 | 0 | -9 | -10 | -11 | -10 | -10 | 0 | -8 | 0 | -12 | 0 | 0 | 0 | 0 | -8 | 0 | -11 | 0 | -12 | 0 | 0 | 0 | -10 | -10 | -10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -161 | -5,4 | | |
| Aumento na precipitação | 0 | 0 | 0 | -7 | -8 | 6 | -6 | -8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -7 | 0 | 0 | -18 | -0,6 | | |
| Diminuição na precipitação | 0 | 0 | 0 | 6 | 7 | -6 | 0 | 0 | 8 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -5 | 0 | -6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 18 | 0,6 | | | | |
| Deposição de resíduos | 0 | -7 | 0 | 0 | -8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -7 | -9 | -10 | 0 | -10 | -6 | 0 | -7 | -6 | -5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -79 | -2,6 | | | | | |
| Inserção de vias de acesso | -12 | 0 | 0 | 0 | -10 | -12 | -9 | -9 | -9 | -9 | 0 | -8 | 0 | -10 | 0 | 0 | -11 | 0 | 0 | -12 | 0 | 0 | -6 | 0 | 0 | -6 | 9 | 0 | -12 | -126 | -4,2 | | | | | | | | | | |
| Lançamento de efluente comercial | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 | | |
| Lançamento de efluente doméstico | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 | | |
| Circulação de pessoas e presença de residências | -7 | -5 | 0 | -6 | -12 | 0 | -6 | -6 | -6 | -6 | 0 | -6 | 0 | 0 | 0 | 0 | -5 | -7 | -5 | 0 | -12 | -6 | -9 | -10 | 0 | -12 | 8 | 0 | -11 | -129 | -4,3 | | | | | | | | | | |
| Circulação de veículos de pequeno e grande porte | 0 | 0 | 0 | -9 | -12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -11 | 6 | 0 | -12 | -51 | -1,7 | | | | | | | | | | |
| SOMATÓRIA | -31 | -12 | -11 | -23 | -43 | -21 | -31 | -34 | -17 | -17 | 0 | -33 | 0 | -22 | 0 | 0 | -16 | -7 | -20 | -9 | -57 | -6 | -24 | -22 | 0 | -17 | -45 | 7 | 0 | -35 | | | | | | | | | | | |
| MÉDIA | -2,8 | -1,1 | -1,0 | -2,1 | -3,9 | -1,9 | -2,8 | -3,1 | -1,5 | -1,5 | 0,0 | -3,0 | 0,0 | -2,0 | 0,0 | 0,0 | -1,5 | -0,6 | -1,8 | -0,8 | -5,2 | -0,5 | -2,2 | -2,0 | 0,0 | -1,5 | -4,1 | 0,6 | 0,0 | -3,2 | | | | | | | | | | | |

5.1.1.2 Área de drenagem do ponto 2 (P02)

A área de drenagem do ponto 2 (P02) apresentou-se mais degradada se comparada à do ponto 1 (P01), como apresenta-se na Figura 14, podendo verificar tal fato pela maior ocorrência de impactos moderados. Os aspectos mais impactantes nessa área de drenagem foram respectivamente: ocupação irregular na APP e inserção de vias de acesso (com a mesma pontuação), seguidos pela impermeabilização do solo, circulação de pessoas e presença de residências e lançamento de efluente doméstico.

O lançamento de efluente doméstico relaciona-se à ocupação irregular na APP e circulação de pessoas, uma vez que esta área de drenagem conta com hortas urbanas às margens do ribeirão. Alguns dos lotes das hortas contam pequenas construções não identificadas, porém não se sabe se há geração de esgoto, e se há pode ser coletado ou lançado *in natura* no Ribeirão das Pedras.

Nesta área foi instituído o Parque Linear do Ribeirão das Pedras o qual conta com uma lagoa de contenção de enchentes. Segundo Oliveira (2004) essa lagoa foi criada para reter temporariamente a água precipitada na microbacia (uma vez que a mesma possui área total relativamente pequena, se comparada às bacias de rios e possui grande parte de sua área impermeabilizada pela urbanização), evitando assim o problema com enchentes nos pontos à jusante. Esta lagoa mostra-se eficiente (apesar do elevado escoamento superficial quando da ocorrência de chuvas) e atende ao proposto, desde que seja realizada a manutenção preventiva, como o desassoreamento da mesma, uma vez que além de conter elevadas vazões, atua com efeito de decantação, evitando assim pontos de alagamentos à jusante da mesma.

Figura 14. Matriz de avaliação de impactos aplicada na área de drenagem do ponto 2 (P02).

| | Características Físico-Químicas | | | | | | | | | | | | | Características Biológicas | | | | | | Fatores Sócio - Culturais | | | | | | SOMATÓRIA | MÉDIA | | | | | | |
|--|---------------------------------|--------------|--------|--------------------------|----------------------|-------------------------|------|------|------|-------------------|-----|------|-----|----------------------------|----------------------|-----------|------------------------|--------------|-----------|--|---|------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|-----------|-------|----------------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------|--------------------------------------|
| | Solo | | | | | Água | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Compactação | Solo exposto | Erosão | Estabilidade das margens | Presença de Resíduos | Disponibilidade Hídrica | | | | Qualidade da água | | | | Presença de espumas | Presença de Resíduos | Enchentes | Canalização de trechos | Assoreamento | Queimadas | Ausência de mata ciliar / APP reduzida | Densidade da arborização / Desmatamento | Íctiofauna | Presença de fauna exótica | Ausência de fauna endêmica | Presença de flora exótica | | | Ausência de flora endêmica | Presença fauna doméstica | Esgotamento sanitário | Segurança (ambiental) | Poliuição visual | Uso pela população (consumo e pesca) |
| Ocupação irregular na APP | -7 | -7 | -10 | -7 | -7 | 0 | -7 | -7 | -7 | -7 | 0 | -9 | 0 | 0 | -7 | 0 | -8 | -8 | -8 | -8 | -12 | -10 | -10 | -8 | -9 | -7 | -7 | 8 | 0 | 0 | -9 | -178 | -5,9 |
| Agricultura + Monocultivo | 0 | -5 | 0 | 0 | -5 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -6 | 0 | 0 | -7 | 0 | -7 | -7 | -6 | -8 | -10 | -8 | -8 | 0 | -6 | -6 | -6 | 0 | 0 | -6 | -96 | -3,2 | |
| Impermeabilização | -12 | 0 | -9 | -11 | -11 | -12 | -11 | -12 | -11 | -10 | 0 | -9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -9 | -12 | 0 | -9 | 0 | 0 | -7 | -10 | 0 | 0 | 0 | -155 | -5,2 | |
| Aumento na precipitação | 0 | 0 | -6 | -9 | 0 | 6 | -7 | -7 | 0 | 0 | 0 | -11 | 0 | 0 | -7 | 0 | 7 | 8 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -4 | 0 | 8 | 0 | 0 | -16 | -0,5 | |
| Diminuição na precipitação | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -10 | 0 | 0 | -6 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -7 | -6 | 0 | -9 | 0 | -9 | 0 | 0 | 0 | 0 | -8 | 0 | 0 | -47 | -1,6 | |
| Deposição de resíduos | 0 | 0 | 0 | 0 | -8 | 0 | -9 | -9 | -9 | -9 | 0 | -9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -8 | -7 | -7 | -9 | 0 | 0 | 0 | 0 | -9 | -8 | -8 | -6 | 0 | -115 | -3,8 | |
| Inserção de vias de acesso | -12 | 0 | 0 | -9 | -12 | -12 | -12 | -12 | -12 | -12 | 0 | -9 | 0 | -11 | 0 | 0 | -11 | 0 | -7 | 0 | -10 | 0 | 0 | -11 | 0 | -11 | -12 | 8 | 0 | -11 | -178 | -5,9 | |
| Lançamento de efluente comercial | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 |
| Lançamento de efluente doméstico | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -7 | -7 | -8 | -8 | 0 | -8 | 0 | 0 | -7 | 0 | 0 | 0 | -9 | -8 | -8 | 0 | -8 | 0 | -9 | -9 | -8 | -10 | -9 | 0 | -123 | -4,1 | |
| Circulação de pessoas e presença de residências | -7 | -8 | 0 | 0 | -12 | 0 | -11 | -11 | -11 | -11 | 0 | -8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -7 | -6 | -8 | -9 | 0 | -8 | -11 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 | -12 | -133 | -4,4 | |
| Circulação de veículos de pequeno e grande porte | -11 | 0 | 0 | 0 | -12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -8 | 0 | 0 | 0 | 0 | -10 | -8 | 0 | 0 | -11 | 8 | -10 | -11 | -84 | -2,8 | |
| SOMATÓRIA | -49 | -20 | -25 | -36 | -67 | -23 | -64 | -65 | -64 | -49 | 0 | -80 | 0 | -11 | -28 | 0 | -19 | -29 | -51 | -48 | -79 | -18 | -62 | -38 | -24 | -53 | -62 | 13 | -25 | -49 | | | |
| MÉDIA | -4,5 | -1,8 | -2,3 | -3,3 | -6,1 | -2,1 | -5,8 | -5,9 | -5,8 | -4,5 | 0,0 | -7,3 | 0,0 | -1,0 | -2,5 | 0,0 | -1,7 | -2,6 | -4,6 | -4,4 | -7,2 | -1,6 | -5,6 | -3,5 | -2,2 | -4,8 | -5,6 | 1,2 | -2,3 | -4,5 | | | |

Pode-se verificar, portanto, na Figura 14 que “enchentes” não recebeu pontuação, pois não ocorreram casos de alagamento dentro do período estudado, indicando assim a eficiência da lagoa, que possui capacidade para reter aproximados 65.700 m³ (OLIVEIRA, 2004).

Em consulta ao Plano Diretor Municipal de 2016 verificou-se que o projeto de implantação do parque linear não foi concluído, mesmo tendo sido norteado como diretriz pelo Plano Local de Gestão Urbana de Barão Geraldo. Porém, é visto que em alguns trechos iniciou-se a implementação do projeto, como as hortas urbanas já consolidadas (Figura 15) às margens do ribeirão, as quais promovem o aumento na circulação de pessoas (listado como um aspecto de destaque), bem como o despejo de resíduos sólidos, como também é verificado na mesma figura.

Figura 15. Horta urbana com deposição de resíduos no solo.



Além da deposição de resíduos sólidos no solo, outros impactos receberam destaque, como a presença de resíduos na água e a ausência de fauna endêmica. Ambos podem ser justificados pela circulação de pessoas além do não cumprimento do Código Florestal, o que impede a manutenção de um ecossistema equilibrado.

A ausência de flora endêmica também recebeu destaque, porém, a densidade de arborização, desmatamento e ausência de mata ciliar não receberam destaque com a mesma proporção, e justifica-se pelo fato de que há, ainda que insuficiente, vegetação nessa área de drenagem, porém, é composta por espécies invasoras dominantes, como a *Leucaena leucocephala*, popularmente conhecida como leucena (Figura 16).

Figura 16. Invasão de leucenas na área de drenagem do ponto 2 (P02).



Ainda com relação aos meios impactados, verificou-se que a qualidade da água nesse ponto recebeu pontuação elevada, sendo considerada moderadamente impactada para todas as datas amostradas. A amostragem do mês e Julho/2016 apresentou-se como menos impactada, comparada às demais, e atribui-se esse resultado também à ausência de precipitação nos dias anteriores à coleta.

O único impacto positivo verificado nessa área foi a utilização pela população, o qual considerou também o uso das áreas que margeiam o ribeirão para o cultivo (hortas), que por sua vez incentiva o comércio local.

5.1.1.3 Área de drenagem do ponto 3 (P03)

A área de drenagem do P03 também não apresentou aspectos com impactos elevados, porém de acordo com a Figura 17, seis dos onze aspectos considerados apresentaram-se moderadamente impactantes, com destaque para a inserção de vias de acesso, impermeabilização do solo e ocupação irregular na APP, e nenhum aspecto foi considerado positivo para essa área.

A inserção de vias de acesso foi considerada como o mais impactante aspecto, e justifica-se essa atribuição pelo fato de que uma das principais rodovias da cidade de Campinas/SP (Rodovia Dom Pedro I) cruza esta microbacia exatamente na área de drenagem do ponto 3 (P03) (conforme apresentado pelo mapa explodido, Figura 12).

Verifica-se que o lançamento de efluente comercial também foi destacado como atividade moderadamente impactante. Todo esgoto do shopping center localizado ao lado do leito do Ribeirão das Pedras é tratado pelo próprio empreendimento e após, é lançado nas águas do ribeirão através de uma escada hidráulica. Em uma visita de campo que antecedeu as coletas foi verificado ainda

o excesso de espuma no lançamento deste efluente. Com relação aos impactos observados nesta área de drenagem, obteve-se três classificados como impacto elevado: ausência de fauna endêmica e qualidade da água nos meses de Outubro/2015 e Abril/2016.

O fato da ausência de fauna endêmica ter sido destacada na pontuação, está intimamente relacionado com o apresentado por Etto *et al.* (2013), quando os autores afirmam que os fragmentos florestais do Ribeirão da Pedras possuem formato alongado, e portanto, possuem os efeitos de borda acentuados, não sendo considerados como habitats favoráveis para manutenção da fauna endêmica. Já com relação à qualidade da água não apresentou relação com a ocorrência dos eventos de precipitação.

Na sequência, observa-se as pontuações elevadas para a presença de resíduos na água, ictiofauna e ausência de flora endêmica, que podem ser relacionados entre si, uma vez que a vegetação ciliar (que também recebeu pontuação negativa, bem como a densidade de arborização) é considerada como um filtro natural (SANDERS; YUAN e PITCHFORD, 2013), impedindo a chegada de resíduos até o leito de um corpo d'água; com essa vegetação fragmentada e impactada fica evidente a ineficiência de sua função ecológica, visto que foram encontrados resíduos na área vegetada, bem como no leito do ribeirão.

Figura 17. Matriz de avaliação de impactos aplicada na área de drenagem do ponto 3 (P03).

| | Características Físico-Químicas | | | | | | | | | | | | | | Características Biológicas | | | | | | | Fatores Sócio - Culturais | | | | | SOMATÓRIA | MÉDIA | | | | |
|--|---------------------------------|--------------|--------|--------------------------|----------------------|-------------------------|-------------------|------|------|------|---------------------|----------------------|-----------|------------------------|----------------------------|-----------|--|---|------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------|-------|----------------|--------------------------------------|-------------------|----------------|
| | Solo | | | | | Água | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Compactação | Solo exposto | Erosão | Estabilidade das margens | Presença de Resíduos | Disponibilidade Hídrica | Qualidade da água | | | | Presença de espumas | Presença de Resíduos | Enchentes | Canalização de trechos | Assoreamento | Queimadas | Ausência de mata ciliar / APP reduzida | Densidade da arborização / Desmatamento | Ictiofauna | Presença de fauna exótica | Ausência de fauna endêmica | Presença de flora exótica | Ausência de flora endêmica | Presença fauna doméstica | Esgotamento sanitário | Segurança (ambiental) | | | Polição visual | Uso pela população (consumo e pesca) | Emissão de odores | Polição sonora |
| Ocupação irregular na APP | -7 | -7 | -10 | -7 | -7 | 0 | -7 | -7 | -7 | -7 | 0 | -9 | 0 | 0 | -7 | 0 | -8 | -8 | -8 | -8 | -12 | -10 | -10 | -8 | -9 | -7 | -7 | 8 | 0 | -9 | -178 | -5,9 |
| Agricultura + Monocultivo | 9 | -9 | 0 | 0 | -10 | 8 | -9 | -8 | -9 | 9 | 0 | -9 | 9 | 0 | 0 | 0 | -8 | 0 | -8 | 0 | -10 | -8 | 0 | 0 | -5 | 8 | 0 | 8 | -6 | -7 | -55 | -1,8 |
| Impermeabilização | -11 | 0 | -10 | -9 | -10 | -11 | -11 | -11 | -11 | -11 | 0 | -11 | -11 | -11 | -7 | 0 | 0 | 0 | -10 | 0 | -11 | 0 | -8 | 0 | 0 | -9 | -10 | 0 | 0 | 0 | -183 | -6,1 |
| Aumento na precipitação | 0 | 0 | -8 | -6 | 0 | 8 | -9 | 9 | 0 | 0 | 0 | -9 | -8 | -9 | -7 | 0 | 7 | 7 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -8 | 0 | 6 | 0 | 0 | -20 | -0,7 |
| Diminuição na precipitação | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -10 | 0 | 0 | -9 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -5 | -9 | -9 | -11 | 0 | -8 | 0 | 0 | 5 | 0 | -7 | 0 | 0 | -47 | -1,6 |
| Deposição de resíduos | 0 | 0 | 0 | 0 | -8 | 0 | -10 | -10 | -10 | -10 | 0 | -9 | -4 | 0 | 0 | 0 | 0 | -5 | -9 | -9 | -11 | 0 | -8 | 0 | 0 | -8 | -8 | -8 | -8 | 0 | -135 | -4,5 |
| Inserção de vias de acesso | -11 | 0 | -11 | -11 | -11 | 0 | -10 | -10 | -10 | -10 | 0 | -11 | -11 | -11 | -11 | 0 | 0 | 0 | -11 | 0 | 0 | 0 | 0 | -11 | 0 | -11 | -11 | -11 | 0 | -11 | -194 | -6,5 |
| Lançamento de efluente comercial | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -10 | -10 | -8 | -10 | 0 | -10 | 0 | -9 | 0 | -9 | 0 | 0 | -9 | -10 | -10 | -11 | 0 | -9 | 0 | 0 | -10 | -10 | -10 | -10 | 0 | -155 | -5,2 |
| Lançamento de efluente doméstico | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -8 | -6 | -6 | -6 | -6 | -6 | -7 | -7 | 0 | -7 | 0 | 0 | -5 | -6 | -7 | -9 | 0 | -8 | 0 | 0 | -7 | -7 | -8 | -7 | 0 | -123 | -4,1 |
| Circulação de pessoas e presença de residências | -5 | -5 | 0 | 0 | -8 | 0 | -9 | -9 | -9 | -9 | 0 | -7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -6 | -7 | 0 | -8 | 0 | -7 | -5 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | -10 | -96 | -3,2 |
| Circulação de veículos de pequeno e grande porte | -8 | 0 | 0 | 0 | -9 | 0 | -8 | -8 | -8 | -8 | 0 | -8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -5 | 0 | -11 | 0 | -8 | 0 | 0 | 0 | -10 | 8 | -9 | -9 | -101 | -3,4 | |
| SOMATÓRIA | -33 | -21 | -39 | -33 | -63 | -23 | -89 | -68 | -89 | -43 | -16 | -80 | -41 | -31 | -48 | 0 | -9 | -35 | -74 | -34 | -92 | -18 | -68 | -24 | -14 | -47 | -63 | -6 | -40 | -46 | | |
| MÉDIA | -3,0 | -1,9 | -3,5 | -3,0 | -5,7 | -2,1 | -8,1 | -6,2 | -8,1 | -3,9 | -1,5 | -7,3 | -3,7 | -2,8 | -4,4 | 0,0 | -0,8 | -3,2 | -6,7 | -3,1 | -8,4 | -1,6 | -6,2 | -2,2 | -1,3 | -4,3 | -5,7 | -0,5 | -3,6 | -4,2 | | |

A presença de resíduos no solo foi considerada como impacto moderado, e conforme verifica-se na Figura 18, trata-se do reflexo da falta de consciência ambiental da população, uma vez que se tratam de resíduos provenientes de despejos realizados por pedestres que circulam pelo local, bem como o lançados pelos carros que trafegam pelas vias de acesso.

Figura 18. Presença de resíduos no solo.



A poluição sonora e visual também foram consideradas como moderadamente impactadas, o que também pode estar relacionado à presença da Rodovia Dom Pedro I e com as demais vias de acesso. O assoreamento do ribeirão foi também classificado como impacto moderado, porém o mesmo é relacionado com a estabilidade das margens e a erosão verificada no ponto de coleta 3 (P03), conforme pode ser observado na Figura 19.

Figura 19. Ilustração da estabilidade da margem observada no ponto exato de coleta P03.



Trata-se de uma área com 25% do uso do solo definido como de agricultura e/ou monocultivo Figura 20, que indica uma potencial fonte de contaminação das águas, dado o escoamento ocorrido nessas áreas e a ocorrência de pontos erosivos também apontado por Souza e Gastaldini (2014).

Figura 20. Monocultivo de cana-de-açúcar.



Lima *et al.* (2016) apresenta ainda que a resistência à penetração nesta área de drenagem, bem como a área de drenagem do ponto 4 (P04), são superiores com relação às demais, podendo estar relacionada às áreas de monocultivo e pastagem verificadas em ambas.

5.1.1.4 Área de drenagem do ponto 4 (P04)

A área de drenagem do ponto 4 (P04) apresentou-se menos impactada que a do ponto 3 (P03) apesar de revelar aspectos diretamente relacionados entre si, sendo eles: impermeabilização do solo, inserção de vias de acesso e circulação de pessoas e presença de residências, respectivamente (Figura 21).

Em relação aos meios impactados verificou-se as maior pontuações para, respectivamente, ausência de fauna e flora endêmica, poluição visual e presença de resíduos no solo. Mais uma vez é chamada a atenção para a fragmentação da vegetação da bacia (ETTO *et al.*, 2013), que impacta nas funções ecológicas e consequente afugentamento de espécies.

Como o ponto de coleta de água localiza-se na saída da Lagoa Hermógenes de Freitas Leitão Filho, considerou-se que o uso pela população foi positivo, uma vez que a mesma se utiliza das margens da lagoa para a prática de atividades, como caminhada e ginástica (com implementação de equipamentos públicos no interior do parque). À existência de solo exposto foi atribuída pontuação positiva, pois as áreas permeáveis auxiliam na diminuição do escoamento superficial não impactando de maneira agressiva a qualidade da água nessa área de drenagem, fato esse possibilitado pela não observação de pontos de erosão. Associa-se, ainda, essa não agressão ao fato de que nesta área foram verificados aproximadamente 28% de áreas destinadas à pastagem, bem como ressalta-se o efeito decantador da lagoa, que permite a precipitação do material presente na água para o fundo da mesma.

5.1.1.5 Área de drenagem do ponto 5 (P05)

A matriz aplicada no ponto P05 apresenta-se na Figura 22, e apresenta como principal aspecto impactante a impermeabilização da área seguida pela inserção de vias de acesso, justificados pelos 42% de área urbanizada presente na mesma. Apesar de ser uma área que apresenta registros de inundação e enchente, o aumento da precipitação foi considerado como um aspecto positivo, tendo efeito principalmente sobre a qualidade da água e a disponibilidade hídrica verificada nesse ponto de coleta. Além do fato de que se trata de uma área com mais de 50% de permeabilidade, contribuindo então com a infiltração de água no solo e com a recarga subterrânea. Como apresentado por Lima *et al.* (2016) a resistência a penetração nessa área de drenagem é inferior às demais, indicando assim uma boa capacidade de infiltração de água no solo.

Desde 1996, no Plano Local de Gestão Urbana de Barão Geraldo (CAMPINAS, 1996), há indicações de enchentes no ponto 5 (P05) onde foram realizadas as amostragens de água, impedindo a passagem de pessoas e veículos pela ponte sobre o ribeirão, impossibilitando o acesso pela Estrada da Rhodia.

Quanto aos impactos sofridos pela área observa-se que apesar de ter apresentado valor baixo, o esgotamento sanitário da área foi considerado positivo, pois não foram vistos indícios de lançamentos clandestinos nesta área de drenagem direta. A presença de resíduos na água foi o impacto mais pontuado negativamente. A Figura 23 mostra o ponto de coleta com represamento parcial da água devido à presença de uma árvore arrastada pela enxurrada bem como o aparecimento de aguapés.

Figura 23. Ponto de coleta 5 (P05) com resíduos depositados, represamento da água por árvore carregada na enxurrada e surgimento de espécies aquáticas.



A presença de resíduos no solo, ausência de fauna endêmica e a densidade da arborização foram, respectivamente, os impactos mais pontuados negativamente, sendo o primeiro relacionado à circulação de pessoas e veículos nessa área (que associados à impermeabilização promovem a lixiviação de todo resíduo para os corpos d'água) e os dois últimos são relacionados entre si, uma vez que a alteração do ambiente natural promove a alteração do habitat e consequentemente o afastamento da fauna (ETTO *et al.*, 2013).

5.1.1.6 Área de drenagem do ponto 6 (P06)

A área de drenagem do ponto 6 (P06) apresentou como aspectos mais impactantes a inserção de vias de acesso, seguido pela impermeabilização do solo e a circulação de pessoas e presença de residências, como pode ser verificado pela Figura 24, o que é justificado pelo fato de que 78% dessa área é urbanizada.

Figura 24. Matriz de avaliação de impactos aplicada na área de drenagem do ponto 6 (P06).

| | Características Físico-Químicas | | | | | | | | | | | | | Características Biológicas | | | | | | | Fatores Sócio - Culturais | | | | | | SOMATÓRIA | MÉDIA | | | | |
|--|---------------------------------|--------------|--------|--------------------------|----------------------|-------------------------|-------------------|--------------|------------|------------|---------------------|----------------------|-----------|----------------------------|--------------|-----------|--|---|------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------|-------|-----------------|--------------------------------------|-------------------|-----------------|
| | Solo | | | | | Água | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Compactação | Solo exposto | Erosão | Estabilidade das margens | Presença de Resíduos | Disponibilidade Hídrica | Qualidade da água | | | | Presença de espumas | Presença de Resíduos | Enchentes | Canalização de trechos | Assoreamento | Queimadas | Ausência de mata ciliar / APP reduzida | Densidade da arborização / Desmatamento | Ictiofauna | Presença de fauna exótica | Ausência de fauna endêmica | Presença de flora exótica | Ausência de flora endêmica | Presença fauna doméstica | Esgotamento sanitário | Segurança (ambiental) | | | Poluição visual | Uso pela população (consumo e pesca) | Emissão de odores | Poluição sonora |
| | | | | | | | Outubro/2015 | Janeiro/2016 | Abril/2016 | Julho/2016 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ocupação irregular na APP | -8 | 0 | 0 | 0 | -7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -9 | 0 | 0 | 0 | 0 | -9 | 0 | 0 | -7 | 0 | 0 | -7 | -7 | 0 | -7 | 0 | 0 | 0 | -7 | -68 | -2,3 | |
| Agricultura + Monocultivo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | -8 | -9 | -9 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -11 | -0,4 | | |
| Impermeabilização | -12 | 0 | 0 | -11 | -8 | -12 | -12 | -12 | -11 | -11 | 0 | -10 | -11 | -11 | -9 | 0 | -11 | 0 | -12 | 0 | -11 | 0 | 12 | -11 | -10 | -12 | 0 | 0 | -196 | -6,5 | | |
| Aumento na precipitação | 0 | 8 | -9 | -9 | 0 | 12 | -8 | -8 | 0 | 0 | 0 | -10 | -9 | 0 | 0 | 0 | 0 | -8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -11 | 0 | 0 | 0 | -61 | -2,0 | | |
| Diminuição na precipitação | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -10 | 0 | 0 | 7 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -8 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 14 | 0,5 | | |
| Deposição de resíduos | 0 | 0 | 0 | 0 | -8 | 0 | -9 | -9 | -9 | -9 | 0 | -9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -10 | -8 | 0 | 0 | 0 | 0 | -9 | -7 | -9 | -8 | 0 | -104 | -3,5 | | |
| Inserção de vias de acesso | -12 | 0 | 0 | -11 | -9 | -11 | -12 | -12 | -12 | -12 | 0 | -9 | -11 | -11 | 0 | -11 | 0 | -11 | 0 | -11 | 0 | -9 | -10 | -10 | -12 | 0 | -11 | -11 | -218 | -7,3 | | |
| Lançamento de efluente comercial | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 | | |
| Lançamento de efluente doméstico | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 | | | |
| Circulação de pessoas e presença de residências | -8 | -8 | 0 | 0 | -10 | 0 | -11 | -11 | -10 | -9 | 0 | -9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -8 | -7 | 0 | -12 | 0 | -9 | -8 | 0 | 0 | -12 | 0 | -11 | -143 | -4,8 | |
| Circulação de veículos de pequeno e grande porte | -10 | 0 | 0 | 0 | -7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -8 | -8 | 0 | -12 | 0 | -9 | 0 | 0 | -12 | 0 | -12 | -11 | -99 | -3,3 | |
| SOMATÓRIA | -50 | 0 | -9 | -31 | -49 | -15 | -60 | -61 | -44 | -24 | 0 | -65 | -31 | -22 | -18 | 0 | -31 | -25 | -47 | -8 | -54 | 0 | -38 | -25 | 5 | -32 | -60 | -21 | -31 | -40 | | |
| MÉDIA | -4,5 | 0,0 | -0,8 | -2,8 | -4,5 | -1,4 | -5,5 | -5,5 | -4,0 | -2,2 | 0,0 | -5,9 | -2,8 | -2,0 | -1,6 | 0,0 | -2,8 | -2,3 | -4,3 | -0,7 | -4,9 | 0,0 | -3,5 | -2,3 | 0,5 | -2,9 | -5,5 | -1,9 | -2,8 | -3,6 | | |

Nota-se que a diminuição na precipitação foi um aspecto favorável para essa área o que também pode estar relacionado à impermeabilização da área ser elevada, pois como discutido por Pinto, Oliveira e Pereira (2009) e Basso, Moreira e Pizzato (2012) a precipitação observada em áreas urbanizadas deprecia a qualidade do corpo hídrico.

Nesta área de drenagem também observa-se pontuação positiva para o esgotamento sanitário, uma vez que não foi identificado lançamento de efluentes (doméstico e comercial) - também verificado pela ausência de pontuação para ambos os aspectos. A maior pontuação negativa verificada nos impactos da área foi a presença de resíduos na água, que foi seguido por poluição visual e qualidade da água nos meses de Outubro/2015 e Janeiro/2016 (com a mesma pontuação), relacionando-se mais uma vez com a ocorrência de precipitação.

Mais uma vez é chamada a atenção para a ausência de fauna endêmica dada a não existência de habitat considerado ideal para a manutenção do equilíbrio ecológico (ETTO *et al.*, 2013).

5.1.2 Considerações finais sobre os impactos verificados na microbacia hidrográfica do Ribeirão das Pedras

De um modo geral, pode-se observar que todas as áreas de drenagem analisadas na microbacia do Ribeirão das Pedras apresentaram-se impactadas. No Quadro 13 apresenta-se as pontuações atribuídas a cada um dos aspectos analisados em cada área de drenagem estudada. Observa-se então que os aspectos que foram classificados como moderadamente impactantes para todos meios analisados foram a impermeabilização do solo e a inserção de vias de acesso. Ambos são diretamente relacionados à expansão imobiliária em toda área da microbacia (DAMAME, 2016; RIBEIRO *et al.*, 2016), assim como a circulação de pessoas.

Se forem observados os aspectos mais impactantes em cada ponto, nota-se que o ponto 3 (P03) foi aquele que mais sofreu com a alteração do meio, não tendo apresentado nenhum aspecto nulo.

Quadro 13. Resultados das ações avaliadas em todas as áreas de drenagem.

| | P01 | P02 | P03 | P04 | P05 | P06 |
|--|------|------|------|------|------|------|
| Ocupação irregular na APP | 0,0 | -5,9 | -5,9 | 0,0 | 0,0 | -2,3 |
| Agricultura + Monocultivo | 0,0 | -3,2 | -1,8 | -0,6 | -1,6 | -0,4 |
| Impermeabilização | -5,4 | -5,2 | -6,1 | -5,0 | -7,8 | -6,5 |
| Aumento na precipitação | -0,6 | -0,5 | -0,7 | -0,8 | 0,9 | -2,0 |
| Diminuição na precipitação | 0,6 | -1,6 | -1,6 | -1,1 | -1,1 | 0,5 |
| Deposição de resíduos | -2,6 | -3,8 | -4,5 | -0,8 | -3,5 | -3,5 |
| Inserção de vias de acesso | -4,2 | -5,9 | -6,5 | -4,3 | -7,0 | -7,3 |
| Lançamento de efluente comercial | 0,0 | 0,0 | -5,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Lançamento de efluente doméstico | 0,0 | -4,1 | -4,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Circulação de pessoas e presença de residências | -4,3 | -4,4 | -3,2 | -4,1 | -3,5 | -4,8 |
| Circulação de veículos de pequeno e grande porte | -1,7 | -2,8 | -3,4 | -2,8 | -3,4 | -3,3 |

As cores utilizadas foram atribuídas de acordo com a pontuação obtida em cada quadrícula, sendo:

Verde: impactos positivos (0,1 - 12);

Ausência de coloração: ausência de impacto;

Amarelo: impacto baixo (0 - -4);

Laranja: impacto moderado (-4,1 - -8,0); e

Vermelho: impacto elevado(-8,1 - -12).

A ocupação irregular na APP foi destacada nos pontos 2 e 3 (P02 e P03) como aspectos moderadamente impactantes, pois foram consideradas as hortas instaladas nas margens do ribeirão. O ponto 6 (P06) foi classificado como pouco impactado com relação à este aspecto, pois foram verificadas algumas poucas áreas em que o comércio está instalado em áreas que deveriam ser ocupadas por matas (APP). As práticas de agricultura e monocultivo foram consideradas como pouco impactantes, assim como a circulação de veículos.

Com relação aos aspectos de fonte natural (aumento e diminuição da precipitação) verifica-se que cada uma recebeu pontuação positiva em pontos distintos, sendo o aumento na precipitação considerado positivo apenas no ponto 5 (P05), obtendo pontuação baixa para os demais pontos, e a diminuição na precipitação como positivamente impactante nos pontos 1 e 6 (P01 e P06), sendo eles a nascente e a foz, respectivamente. Na nascente a queda na precipitação melhora a qualidade da água (BASSO; MOREIRA; PIZZATO, 2012), e assim ocorre no ponto próximo à foz, uma vez que trata-se do ponto que recebe o escoamento de toda a microbacia.

Conclui-se então que, a partir dos resultados obtidos pela aplicação da matriz de avaliação de impactos, o ponto 3 (P03) é o que está sendo submetido á um maior número de ações negativamente impactantes, não tendo inclusive recebido pontuação positiva para nenhum dos aspectos avaliados.

Em relação aos meios impactados, verifica-se na Quadro 14 que os impactos positivos sofridos foram no solo exposto verificado na área de drenagem do ponto 4 (P04), o esgotamento sanitário nos pontos 5 e 6 (P05 e P06) e o uso pela população nos pontos 1, 2 e 4 (P01, P02 e P04). A única área que apresentou impacto elevado foi a área do ponto 3 (P03), ocorridos na ausência de fauna endêmica e na qualidade da água nos meses de Outubro/2015 e Abril/2016.

Quadro 14. Meios impactados em todos os pontos de drenagem.

| | | Características Físico-Químicas | | | | | Características Biológicas | | | | | Fatores Sócio - Culturais | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|------------|---|------------|------------|------------|------|----------------------------|------|------|------|------|---------------------------|------|-----|------|------|------|------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|-----|-----|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|
| | | Solo | | | | | Água | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Compactação | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Solo exposto | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Erosão | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Estabilidade das margens | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Presença de Resíduos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Disponibilidade Hídrica | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | Qualidade da água | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | Outubro/2015 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | Janeiro/2016 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | Abril/2016 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | Julho/2016 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Presença de espumas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Presença de Resíduos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Enchentes | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Canalização de trechos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Assoreamento | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Queimadas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Ausência de mata ciliar / APP reduzida | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Densidade da arborização / Desmatamento | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Ictiofauna | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Presença de fauna exótica | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Ausência de fauna endêmica | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Presença de flora exótica | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Ausência de flora endêmica | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Presença fauna doméstica | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Esgotamento sanitário | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Segurança (ambiental) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Poluição visual | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Uso pela população (consumo e pesca) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Emissão de odores | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Poluição sonora | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| P06 | P05 | P04 | P03 | P02 | P01 | -4,5 | -2,5 | -2,6 | -3,0 | -4,5 | -2,8 | 0,0 | -1,4 | 0,7 | -1,9 | -1,8 | -1,1 | -0,8 | 0,0 | 0,0 | -3,5 | -2,3 | -1,0 | -2,8 | -2,7 | -1,8 | -3,0 | -3,3 | -2,1 | -4,5 | -5,0 | -4,5 | -5,7 | -6,1 | -3,9 | -1,4 | -1,0 | -1,3 | -2,1 | -2,1 | -1,9 | -5,5 | -3,8 | -1,5 | -8,1 | -5,8 | -2,8 | -5,5 | -3,8 | -0,4 | -6,2 | -5,9 | -3,1 | -4,0 | -5,1 | -3,0 | -8,1 | -5,8 | -1,5 | -2,2 | -1,7 | -1,6 | -3,9 | -4,5 | -1,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | -1,5 | 0,0 | 0,0 | -5,9 | -6,2 | -2,4 | -7,3 | -7,3 | -3,0 | -2,8 | -2,0 | -2,8 | -3,7 | 0,0 | 0,0 | -2,0 | -2,0 | -2,0 | -2,8 | -1,0 | -2,0 | -1,6 | -1,5 | -0,6 | -4,4 | -2,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | -2,8 | -2,8 | -1,8 | -0,8 | -1,7 | -1,5 | -2,3 | -4,2 | -2,4 | -3,2 | -2,6 | -0,6 | -4,3 | -3,2 | -3,2 | -6,7 | -4,6 | -1,8 | -0,7 | -0,7 | 0,0 | -3,1 | -4,4 | -0,8 | -4,9 | -5,0 | -5,0 | -8,4 | -7,2 | -5,2 | 0,0 | -1,4 | -1,5 | -1,6 | -1,6 | -1,6 | -0,5 | -3,5 | -2,5 | -4,9 | -6,2 | -5,6 | -2,2 | -2,3 | -1,5 | -1,4 | -2,2 | -3,5 | -2,0 | 0,5 | 0,1 | 0,0 | -1,3 | -2,2 | 0,0 | -2,9 | -2,6 | -1,1 | -4,3 | -4,8 | -1,5 | -5,5 | -3,2 | -4,8 | -5,7 | -5,6 | -4,1 | -1,9 | -2,7 | 0,8 | -0,5 | 1,2 | 0,6 | -2,8 | -1,6 | -0,7 | -3,6 | -2,3 | 0,0 | -3,6 | -3,4 | -3,4 | -4,2 | -4,5 | -3,2 |

As cores utilizadas foram atribuídas de acordo com a pontuação obtida em cada quadrícula, sendo:

Verde: Impactos positivos (0,1 - 12);

Ausência de coloração: ausência de impacto;

Amarêlo: impacto baixo (0 - -4);

Laranja: impacto moderado (-4,1 - -8,0); e

Vermelho: impacto elevado(-8,1 -- -12).

O único impacto (moderado e/ou elevado) comum a todas as áreas avaliadas foi a ausência de fauna endêmica, o que ocorre devido à fragmentação das áreas verdes conservadas da microbacia. Conforme apresentado por Etto et

al. (2013) essa fragmentação tornou grande parte dos remanescentes da microbacia altamente vulnerável às atividades antrópicas, uma vez que possuem um formato alongado, que intensifica os danos causados pelo efeito de borda.

A presença de resíduos no solo também foi negativamente pontuada em cinco das áreas analisadas, assim como a poluição visual, o que possui relação direta com a circulação de pessoas na microbacia (refletindo a falta de educação ambiental da população).

5.2 Resultados das análises da qualidade da água do Ribeirão das Pedras

Os resultados obtidos para a qualidade da água foram distribuídos nas Tabelas 1 a 9 sendo apresentados: a média, o desvio padrão e o coeficiente de variação para a distribuição espacial e temporal dos dados. Foram também apresentados os resultados obtidos com a aplicação do Teste de Tukey a 5% de significância. Para a comparação com a legislação foram elaborados dois gráficos para cada um dos parâmetros analisados, sendo um deles com os resultados agrupados por ponto de coleta e o outro pela data da coleta o que permitirá verificar os dois tipos de interferência na qualidade da água.

Segundo Gomes *et al.* (2016b) essa discussão individualizada dos parâmetros deve ser realizada a fim de desenvolver as discussões sobre a qualidade das água de bacias hidrográficas urbanas, uma vez que os diferentes usos do solo interferem diretamente em parâmetros distintos, que podem inclusive não estar atendendo ao estabelecido pela legislação vigente. É destaca ainda a necessidade de se conservar os cursos d'águas urbanos, visto que os mesmos fazem afluência para os rios mais importantes.

5.2.1 Temperatura

A temperatura é um parâmetro que indica a intensidade de calor presente nas amostras de água, e pode apresentar alterações devido às fontes naturais, como a incidência de radiação solar, ou fontes antrópicas, como despejo de efluentes industriais (VON SPERLING, 2007). De acordo com o apresentado na Tabela 1, apenas os pontos 1 e 6 (P01 e P06) apresentaram interferência sazonal significativa

No mês de Outubro/2015 observa-se que o aumento da temperatura é gradativo (P01<P06), enquanto no mês de Janeiro/2016 foi constatado o inverso

(P01>P06). No geral verifica-se que as médias trimestrais possuem uma variação maior (aproximadamente 2°C) que a variação das médias pontuais (aproximadamente 1,20°C), indicando assim a interferência sazonal, como verificado por Göransson, Larson e Bendz (2013).

Tabela 1. Temperatura em amostras de água do Ribeirão das Pedras – Campinas/SP.

| Temperatura (°C) | | | | | | | | | |
|----------------------|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|-------|---------------|--------|
| | P01 | P02 | P03 | P04 | P05 | P06 | Média | Desvio padrão | CV (%) |
| Out./2015 | 23,07* ^{bc} | 23,83 ^{abc} | 24,30 ^{abc} | 24,70 ^{abc} | 25,57 ^{ab} | 27,50 ^{aA} | 24,82 | 1,56 | 6,28 |
| Jan./2016 | 26,20** ^{aA} | 23,30 ^{ab} | 23,33 ^{ab} | 25,10 ^{aAB} | 25,97 ^{aA} | 24,13 ^{bB} | 24,67 | 1,28 | 5,18 |
| Abr./2016 | 26,53*** ^{aA} | 24,10 ^{ab} | 24,23 ^{ab} | 26,33 ^{aA} | 25,10 ^{aAB} | 26,20 ^{aA} | 25,42 | 1,09 | 4,28 |
| Jul./2016 | 24,73 ^{abA} | 24,63 ^{aA} | 23,83 ^{aA} | 24,73 ^{aA} | 21,50 ^{bB} | 21,27 ^{cB} | 23,45 | 1,64 | 6,97 |
| Média | 25,13 | 23,96 | 23,92 | 25,22 | 24,54 | 24,78 | - | - | - |
| Desvio padrão | 1,58 | 0,56 | 0,45 | 0,77 | 2,05 | 2,72 | - | - | - |
| CV (%) | 6,29**** | 2,32 | 1,86 | 3,03 | 8,37 | 10,97 | - | - | - |

* Os resultados são expressos pela média de três repetições.

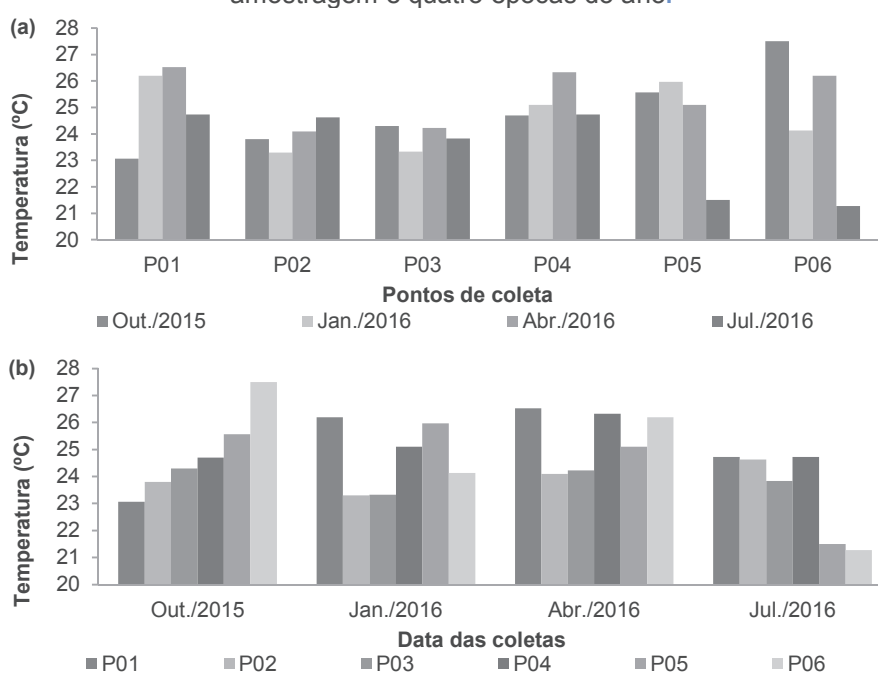
**Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem significativamente entre si pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade em relação à época de amostragem.

***Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem significativamente entre si pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade em relação ao local de amostragem.

**** CV: coeficiente de variação.

Nos Gráficos 2a e 2b apresentam-se os valores agrupados obtidos de temperatura, não sendo possível inserir o limite estabelecido pela legislação uma vez que a resolução CONAMA 357/05 não dispõe de limites para este parâmetro.

Gráfico 2. Temperatura em amostras de água do Ribeirão das Pedras em seis pontos de amostragem e quatro épocas do ano.



5.2.2 Oxigênio Dissolvido

As concentrações de OD encontradas na nascente principal do Ribeirão das Pedras foram significativamente mais baixas se comparadas às demais áreas analisadas, como mostra a Tabela 2. Nota-se também que as concentrações obtidas no mês de Julho/2016 se apresentaram mais elevadas, verificadas inclusive pela aplicação do Teste de Tukey, com exceção da nascente e do ponto 2 (P01 e P02) que possuem praticamente todas suas áreas impermeabilizadas, isso indica uma melhora na oxigenação da água associada à ausência de precipitação e à presença de áreas permeáveis.

Tabela 2. Oxigênio Dissolvido em amostras de água do Ribeirão das Pedras – Campinas/SP.

| | Oxigênio Dissolvido (mg/L) | | | | | | Média | Desvio padrão | CV (%) |
|----------------------|----------------------------|----------|----------|----------|-----------|----------|-------|---------------|--------|
| | P01 | P02 | P03 | P04 | P05 | P06 | | | |
| Out./2015 | 1,44* aC | 3,42 bcB | 4,54 bA | 4,42 abA | 4,65 cAB | 3,93 bAB | 3,73 | 1,21 | 32,50 |
| Jan./2016 | 1,05** aC | 4,79 aA | 4,53 bAB | 3,78 bcB | 4,57 bAB | 4,52 bAB | 3,87 | 1,43 | 36,79 |
| Abr./2016 | 1,07*** aD | 3,00 cC | 3,98 bAB | 3,51 cBC | 4,42 cbAB | 4,62 bA | 3,43 | 1,30 | 37,89 |
| Jul./2016 | 1,39 aD | 4,15 abC | 5,68 aA | 4,68 aBC | 5,47 aAB | 5,55 aAB | 4,49 | 1,63 | 36,30 |
| Média | 1,24 | 3,84 | 4,68 | 4,10 | 4,78 | 4,66 | - | - | - |
| Desvio padrão | 0,21 | 0,79 | 0,71 | 0,54 | 0,47 | 0,67 | - | - | - |
| CV (%) | 16,66**** | 20,62 | 15,26 | 13,29 | 9,87 | 14,39 | - | - | - |

* Os resultados são expressos pela média de três repetições.

**Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem significativamente entre si pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade em relação à época de amostragem.

***Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem significativamente entre si pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade em relação ao local de amostragem.

**** CV: coeficiente de variação.

Outros estudos mostram também essa baixa concentração de OD nas nascentes, como Vieira, Moura e Gil (2006) que verificaram essa diferença significativa entre nascentes e lagos estudados. Essas baixas concentrações e variação sazonal insignificante são relacionadas ao fato de que as nascentes são afloramentos de águas subterrâneas com baixas concentrações de OD, além de que neste ponto, com ambiente lótico e águas transparentes, como pode-se verificar pela Figura 25 ainda não houve o estabelecimento da comunidade fitoplanctônica no ambiente (KLEEREKOPER, 1990 *apud* VIEIRA, MOURA E GIL, 2006).

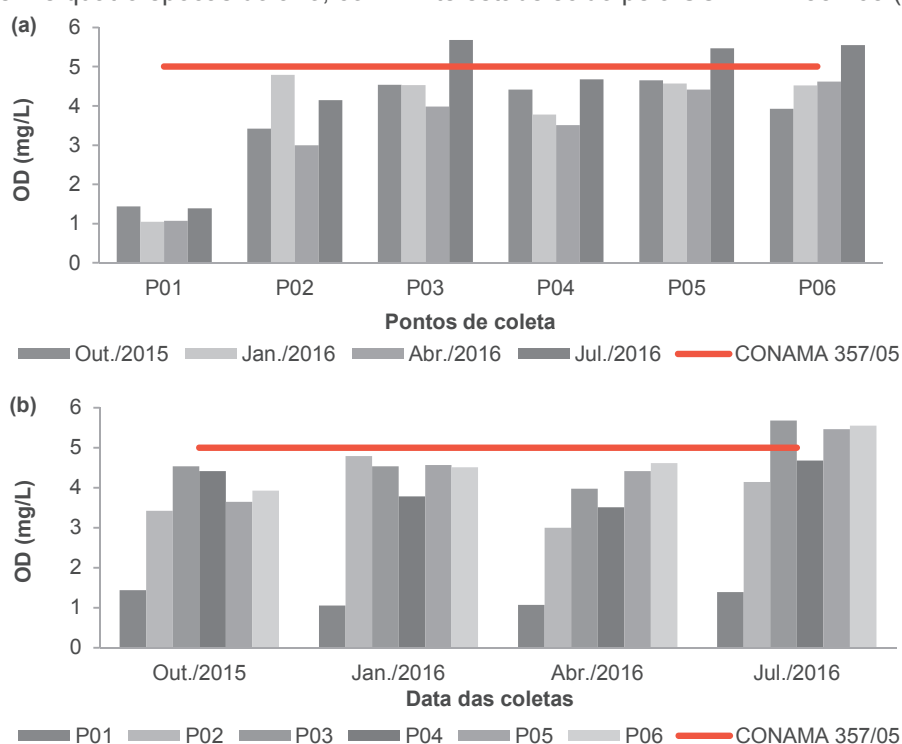
Figura 25. Amostras de água coletadas na nascente (P01).



No Gráfico 3a é possível verificar o aumento na concentração de OD no mês de julho em todos os pontos. Já no Gráfico 3b verificam-se as baixas concentrações observadas na nascente (P01) nas quatro datas analisadas.

A baixa concentração de OD pode comprometer a manutenção da vida aquática ao longo do Ribeirão das Pedras uma vez que todos os pontos apresentaram concentrações abaixo da estabelecida pela CONAMA 357/05 (mínimo de 5,0mg/L) (BRASIL, 2005), como se verifica no Gráfico 2, com exceção dos pontos 3, 5 e 6 (P03, P05 e P06) na amostragem de Julho/2016, os quais apresentam as concentrações de 5,68mg/L, 5,47mg/L e 5,55mg/L, respectivamente. Esse aumento verificado a partir do ponto 3 (P03) pode ser justificado pela agitação da água (Figura 26) que ocorre a partir deste ponto. Ressalta-se que o ponto 4 (P04) não é localizado no leito principal do ribeirão, como ocorre com os demais.

Gráfico 3. Oxigênio Dissolvido em amostras de água do Ribeirão das Pedras em seis pontos de amostragem e quatro épocas do ano, com limite estabelecido pelo CONAMA 357/05 (Classe II).



Fonte: a autora, 2016.

Figura 26. Ribeirão das Pedras à montante do ponto 3 (P03) saída de trecho canalizado.



5.2.3 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

Na Tabela 3 apresentam-se os resultados das análises de DBO, e verifica-se que houve uma diminuição significativa na amostragem realizada no mês de Julho/2016, quando se verificou também uma queda na precipitação mensal, sendo observados 24 dias na ausência de precipitação (CEPAGRI, 2016).

Tabela 3. Demanda Bioquímica de Oxigênio em amostras de água no Ribeirão das Pedras – Campinas/SP.

| Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L) | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|-----------------------|---------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|-------|---------------|--------|
| | P01 | P02 | P03 | P04 | P05 | P06 | Média | Desvio padrão | CV (%) |
| Out./2015 | 0,50* ^{aC} | 1,49 ^{aBC} | 4,40 ^{aA} | 3,95 ^{aA} | 2,17 ^{aB} | 2,25 ^{abB} | 2,46 | 1,35 | 54,78 |
| Jan./2016 | 0,21** ^{aB} | 1,52 ^{aA} | 1,65 ^{cA} | 1,59 ^{bA} | 1,37 ^{abA} | 2,49 ^{aA} | 1,47 | 0,67 | 45,47 |
| Abr./2016 | 0,15*** ^{aD} | 1,54 ^{aB} | 3,32 ^{bA} | 3,11 ^{aA} | 1,31 ^{abB} | 1,33 ^{bcB} | 1,79 | 1,10 | 61,41 |
| Jul./2016 | 0,02 ^{aA} | 0,97 ^{aA} | 0,94 ^{cA} | 0,65 ^{bA} | 0,73 ^{bA} | 0,88 ^{cA} | 0,70 | 0,32 | 46,35 |
| Média | 0,22 | 1,38 | 2,58 | 2,33 | 1,40 | 1,74 | - | - | - |
| Desvio padrão | 0,20 | 0,27 | 1,57 | 1,48 | 0,59 | 0,76 | - | - | - |
| CV (%) | 92,19**** | 19,86 | 60,99 | 63,81 | 42,42 | 43,71 | - | - | - |

* Os resultados são expressos pela média de três repetições.

**Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem significativamente entre si pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade em relação à época de amostragem.

***Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem significativamente entre si pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade em relação ao local de amostragem.

**** CV: coeficiente de variação.

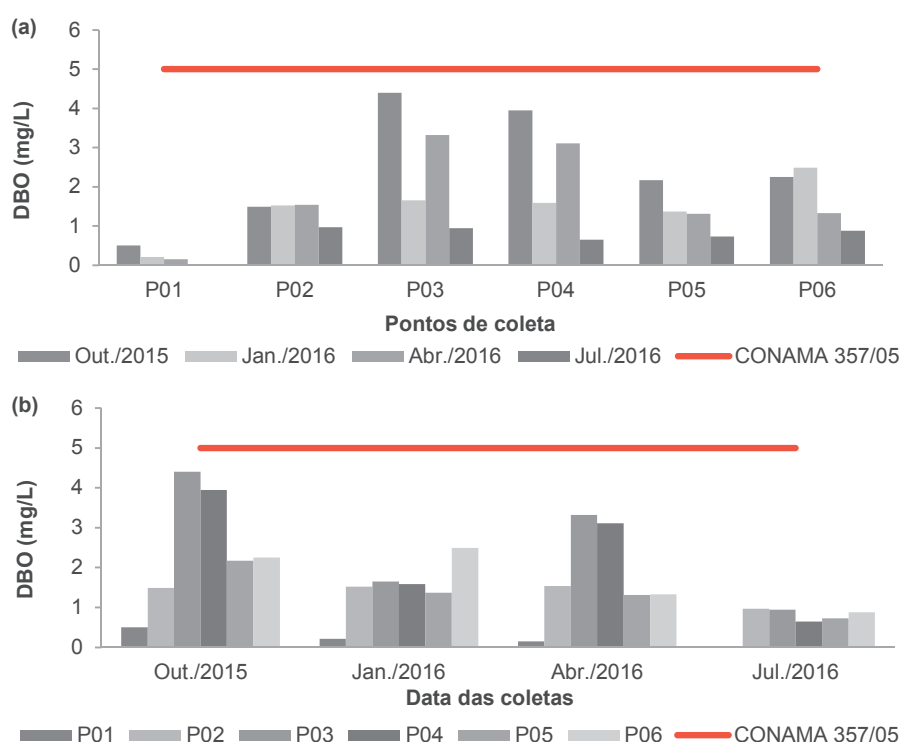
A queda na demanda por oxigênio e a ausência de precipitação levam à conclusão de que na ausência de chuva não há carreamento de partículas para o leito do ribeirão, enquanto nos períodos mais chuvosos, verifica-se o carreamento de partículas. Segundo Basso, Moreira e Pizzato (2012) essas partículas carreadas pelo escoamento superficial possuem em sua composição material orgânico, que de acordo com Lima (2001) é definido como qualquer composto que pode ser oxidado pelo corpo receptor com consumo de oxigênio, provocando então o aumento no consumo de oxigênio para a degradação do mesmo; por isso, uma vez que não se observa precipitação, não há também o carreamento de partículas, mantendo, portanto, a concentração de oxigênio elevada. Essa interferência sazonal verificada justifica a porcentagem elevada do coeficiente de variação sazonal, principalmente no ponto 1 (P01), onde foi verificado que em Outubro/2015, quando houve um volume maior de precipitação, o consumo foi de 0,50mg/L enquanto em Julho/2016, quando verificou-se uma queda acentuada no volume precipitado, o consumo foi de 0,02mg/L.

No geral, verifica-se que os pontos P01 e P02 possuem menor concentração de matéria orgânica e que os pontos P03 e P04 apresentaram maiores concentrações, sendo este fato associado ao uso e ocupação das áreas de drenagem, assim como constataram Pinto, Oliveira e Pereira (2009) onde a qualidade da água é fortemente influenciada pelo uso e ocupação do solo na área

da bacia, bem como pela precipitação. Nos pontos P01 e P02 praticamente toda a área é urbanizada (impermeabilizada) enquanto nos pontos P03 e P04 há uma mudança de matriz, ou seja, as áreas de drenagem passam a ser em sua maioria permeáveis, porém não com vegetação nativa ou APP, mas com áreas agrícolas, monocultivo de cana-de-açúcar e pasto, o que deixa o solo mais exposto permitindo assim o carreamento de partículas para o leito do ribeirão em períodos chuvosos.

O limite máximo estabelecido pela CONAMA 357/05 para corpos d'água de classe II é de 5,0mg/L (BRASIL, 2005), e como observa-se nos Gráficos 4a e 4b, todas as amostras se encontram dentro do exigido.

Gráfico 4. Demanda Bioquímica de Oxigênio em amostras de água do Ribeirão das Pedras em seis pontos de amostragem e quatro épocas do ano, com limite estabelecido pelo CONAMA 357/05 (Classe II).



5.2.4 Sólidos Totais Dissolvidos

Como observado por Pinto, Oliveira e Pereira (2009) a maneira como se dá o uso e ocupação do solo e a precipitação na área da bacia é diretamente relacionada com a qualidade da água. Estudos apontam que porosidade do solo afeta diretamente a qualidade da água proveniente de escoamento superficial (DA

CUNHA KEMERICH *et al.*, 2013), que por sua vez drena para os corpos d'água mais próximos, contribuindo para a qualidade dos mesmos.

Lima *et al.* (2016) dividiram os resultados obtidos por Damame (2016) na microbacia do Ribeirão das Pedras de acordo com as áreas de drenagem deste estudo e obteve assim a média da resistência á penetração por área de drenagem direta. Foi verificado que a resistência a penetração na área de drenagem do ponto 1 (P01) é equivalente a 14,39kgf/cm² enquanto nas demais áreas de drenagem os valores são, respectivamente, 9,93kgf/cm², 9,40kgf/cm², 9,52kgf/cm², 9,52kgf/cm² e 9,42kgf/cm². Verificando-se, portanto, um aumento de aproximadamente 50,5% na resistência a penetração da área de drenagem do ponto 1 (P01) com relação às demais. Essa expressão dos dados pode justificar o fato da concentração de sólidos totais na área da nascente ter sido elevada (Tabela 4) uma vez que a infiltração da água precipitada no solo é baixa, direcionando a água precipitada ao ribeirão através do escoamento superficial; bem como á impermeabilização completa dessa área de drenagem.

Tabela 4. Sólidos Totais Dissolvidos em amostras de água do Ribeirão das Pedras - Campinas/SP.

| Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L) | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------|------------|-----------|------------|------------|------------|--------|---------------|--------|
| | P01 | P02 | P03 | P04 | P05 | P06 | Média | Desvio padrão | CV (%) |
| Out./2015 | 133,33* aC | 180,00 aC | 386,67 aA | 206,67 aBC | 233,33 aBC | 313,33 aAB | 242,22 | 92,73 | 38,28 |
| Jan./2016 | 226,27** aAB | 151,33 aAB | 266,67 bA | 126,67 abB | 126,67 abB | 166,67 bAB | 177,45 | 57,16 | 32,21 |
| Abr./2016 | 133,33*** aA | 120,00 aA | 153,33 cA | 26,67 bcA | 86,67 bcA | 100,00 bcA | 103,33 | 44,37 | 42,94 |
| Jul./2016 | 146,67 aA | 73,33 aAB | 66,67 cAB | 6,67 cB | 0,00 cB | 0,00 cB | 48,89 | 58,37 | 119,4 |
| Média | 160 | 131,17 | 218,34 | 91,67 | 111,67 | 145 | - | - | - |
| Desvio padrão | 44,89 | 45,68 | 138,93 | 92,92 | 96,82 | 131,47 | - | - | - |
| CV (%) | 28,06**** | 34,83 | 63,63 | 101,36 | 86,7 | 90,67 | - | - | - |

* Os resultados são expressos pela média de três repetições.

**Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem significativamente entre si pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade em relação à época de amostragem.

***Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem significativamente entre si pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade em relação ao local de amostragem.

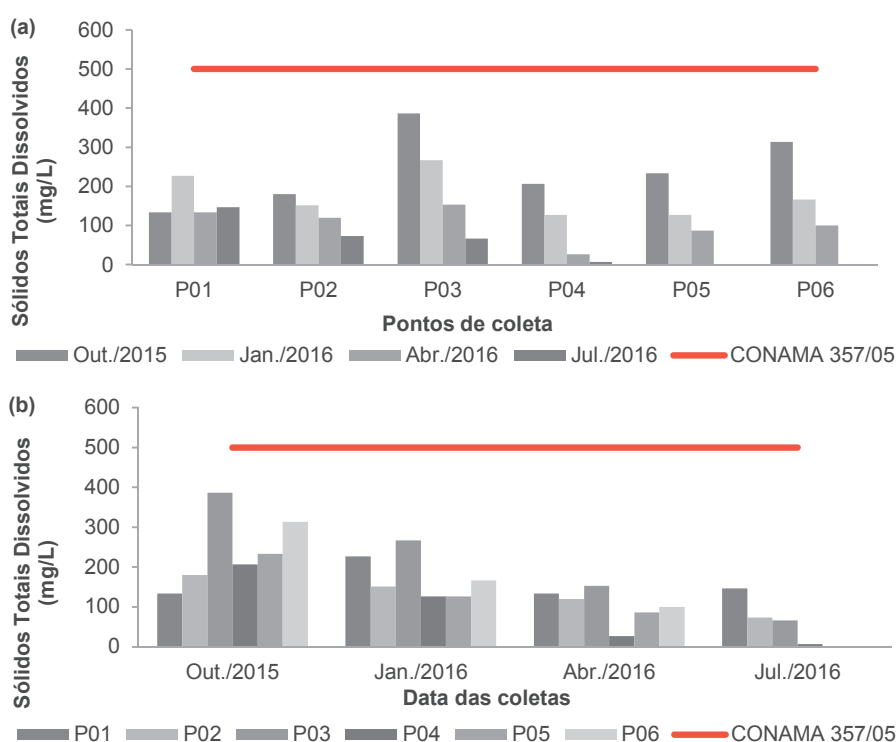
**** CV: coeficiente de variação.

Com exceção do ponto P01, os sólidos totais dissolvidos (Gráfico 5) nas amostras de água apresentaram uma queda gradual verificada mês a mês. No mês de Abril/2016, quando choveu no momento das coletas, não foi verificado aumento das concentrações dos sólidos totais, e isso se relaciona ao fato de que

não houve chuva intensa, e conseqüentemente não houve o carreamento de partículas.

Há ainda uma relação entre o uso e ocupação do solo, presença de processos erosivos e o carregamento de partículas para os cursos d'água através da precipitação verificada por vários autores, como apresentado Refosco (1996). Nas Figuras 27 e 28 apresentam-se dois pontos de erosão localizados na área de drenagem do ponto 6 (P06). Cabe lembrar ainda da obra que estava sendo executada no ponto de coleta do ponto 3 (P03), com movimentação de grande volume de solo, como já ilustrado pela Figura 19.

Gráfico 5. Sólidos Totais Dissolvidos em amostras de água do Ribeirão das Pedras em seis pontos de amostragem e quatro épocas do ano, com limite estabelecido pelo CONAMA 357/05 (Classe II).



Nos Gráficos 4a e 4b verifica-se que todas as amostras atendem ao limite máximo estabelecido pela legislação CONAMA 357/05, estando abaixo de 500,00mg/L (BRASIL, 2005). As erosões ilustradas pela Figuras 27 e 28 não foram significativas para provocar o aumento na concentração de sólidos das amostras coletadas no ponto 6 (P06).

Figura 27. Ponto de erosão na área de drenagem do ponto 6 (P06).



Figura 28. Ponto de erosão na área de drenagem do ponto 6 (P06).



O aumento verificado à partir do ponto 3 (P03) não pode ser associado somente à obra que ocorria no local de coleta durante o período estudado, mas também devem ser consideradas as alterações de uso e ocupação do solo nesta área de drenagem, que como apresentado pela Quadro 8, a partir desse ponto recebe o acréscimo de uma grande área permeável (aproximadamente 41,8% da área de drenagem corresponde a áreas permeáveis) com ausência de vegetação ciliar em quantidade e qualidade ideais para a manutenção da boa qualidade da água. Souza e Gastaldini (2014) apontaram forte relação entre os usos do solo em bacias hidrográficas com usos distintos e comparou com determinados parâmetros de qualidade da água, verificando assim que as bacias com predominância de áreas rurais (e conseqüentemente atividades agrícolas) e baixa incidência de matas nativas são mais susceptíveis às alterações nas concentrações de sólidos totais.

5.2.5 Turbidez

A relação de causa e efeito apontada por Souza e Gastaldini (2014) é também verificada na turbidez quando se tratam de áreas agrícolas. A turbidez é um parâmetro muito importante quando está sendo verificada a qualidade da água de um corpo hídrico, pois trata-se de um parâmetro diretamente relacionado com a fotossíntese (VON SPERLING, 2007) pois quando verificada em valores elevados, impossibilita a passagem de luz.

Observando a Tabela 5, verifica-se que nos pontos 1 e 2 (P01 e P02) não houve alteração significativa provocada pela sazonalidade. Com relação aos demais pontos foram verificadas alterações significativas dos resultados entre os meses amostrados, apresentando-se mais alto no mês de Janeiro/2016. Esta observação leva a concluir que a sazonalidade possui efeito significativo nos valores de turbidez encontrados, comprovando assim o já observado por Göransson, Larson e Bendz (2013).

Tabela 5. Turbidez em amostras de água do Ribeirão das Pedras - Campinas/SP.

| Turbidez (UNT) | | | | | | | | | |
|----------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------|---------------|--------|
| | P01 | P02 | P03 | P04 | P05 | P06 | Média | Desvio padrão | CV (%) |
| Out./2015 | 0,02* ^{aC} | 0,66 ^{aC} | 11,64 ^{cA} | 13,77 ^{bA} | 4,77 ^{bB} | 4,86 ^{aBC} | 5,95 | 5,64 | 94,80 |
| Jan./2016 | 0,02** ^{aD} | 3,91 ^{aC} | 24,35 ^{abB} | 34,40 ^{aA} | 26,80 ^{aB} | 31,37 ^{aA} | 20,14 | 14,56 | 72,28 |
| Abr./2016 | 0,02*** ^{aD} | 0,66 ^{aD} | 26,83 ^{aA} | 10,49 ^{bB} | 5,76 ^{bC} | 6,83 ^{bBC} | 10,11 | 9,98 | 98,71 |
| Jul./2016 | 0,02 ^{aB} | 0,93 ^{aB} | 21,66 ^{bA} | 4,22 ^{cB} | 4,43 ^{bB} | 4,53 ^{bB} | 5,97 | 7,93 | 132,96 |
| Média | 0,02 | 1,54 | 21,12 | 15,72 | 10,44 | 11,90 | - | - | - |
| Desvio padrão | 0,00 | 1,59 | 6,66 | 13,07 | 10,92 | 13,02 | - | - | - |
| CV (%) | 0,00**** | 102,93 | 31,55 | 83,13 | 104,61 | 109,45 | - | - | - |

* Os resultados são expressos pela média de três repetições.

**Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem significativamente entre si pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade em relação à época de amostragem.

***Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem significativamente entre si pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade em relação ao local de amostragem.

**** CV: coeficiente de variação.

No ponto 3 (P03) verificou-se que em três datas amostradas os resultados de turbidez obtidos foram significativamente maiores, exceto o mês de Janeiro/2016, quando a turbidez apresentou-se significativamente mais elevada no ponto 6 (P06). Este aumento é justificado pela presença de pontos de erosão ao longo do talvegue principal do ribeirão, como já ilustrado pelas Figuras 27 e 28.

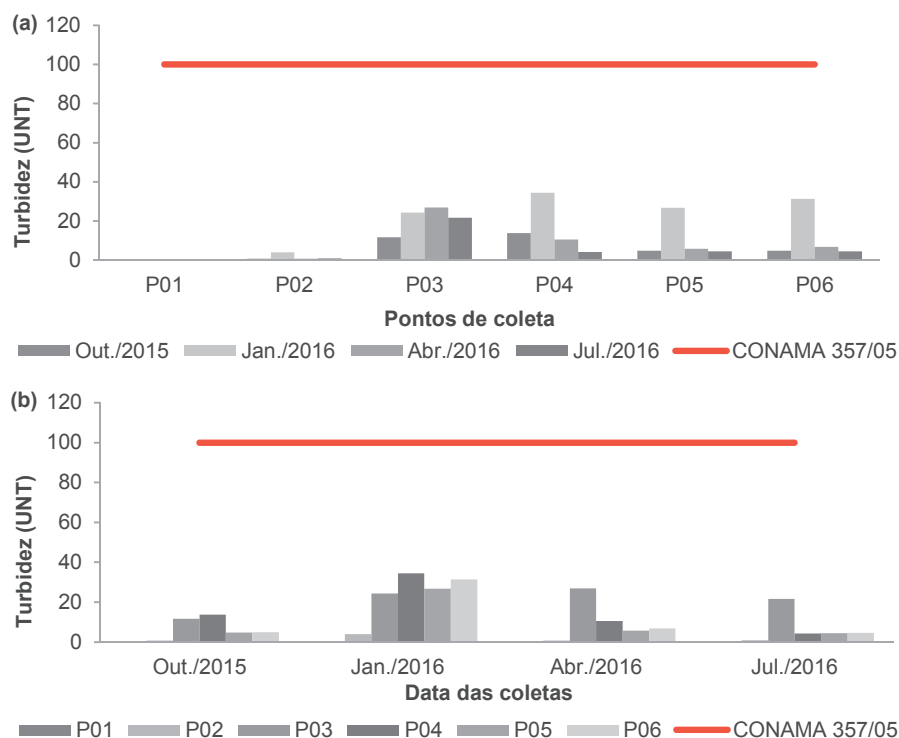
Bhutiani e Khanna (2007), von Sperling (2007) e ANA (2016) relacionam o aumento na turbidez não apenas com a presença de áreas erodidas, mas também com o lançamento de efluentes doméstico e industrial, o que pode justificar o aumento verificado nos meses de Outubro/2015, Abril/2016 e Julho/2016 no ponto 3 (P03), uma que o mesmo recebe o efluente de um shopping center de grande porte localizado ao lado de sua área de drenagem.

Bhutiane e Khanna (2007) ressaltam ainda que a turbidez é diretamente relacionada com o escoamento superficial, fato esse comprovado por Lima *et al.* (2016), que verificaram que no ponto 1 (P01), onde se a turbidez foi baixa a resistência a penetração no solo foi em torno de 50,5% mais elevada se comparada com os demais pontos, nos quais se observou uma turbidez mais elevada e menor compactação do solo.

Nos meses de Outubro/2015 e Janeiro/2016 o ponto 4 (P04) também se apresentaram significativamente mais elevados, podendo ser relacionado ao maior volume precipitado, que aumentou o escoamento superficial (uma vez que se trata de uma área com 42,74% de urbanização e menos de 0,1% de vegetação ciliar), que contribui para o aumento do escoamento superficial sem proteção adequada ao corpo d'água.

A Resolução n.º 357/2005 do CONAMA estabelece que para a manutenção da boa qualidade da água de corpos hídricos enquadrados na Classe II, o valor máximo permitido para a turbidez é de 100 UNT, e como pode-se verificar nos Gráficos 6a e 6b todas as amostras atendem ao estabelecido.

Gráfico 6. Turbidez em amostras de água do Ribeirão das Pedras em seis pontos de amostragem e quatro épocas do ano, com limite estabelecido pelo CONAMA 357/05 (Classe II).



5.2.6 pH

A medida do pH na água indica sua condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da mesma, e segundo von Sperling (2007) sua fonte de alteração pode ser natural (como a dissolução de rochas) ou antrópica (como lançamento de despejos domésticos ou industriais). Lima *et al.* (2016) relacionaram os valores obtidos de pH da microbacia do Ribeirão das Pedras com os valores de pH obtidos por Damame (2016) e foi verificada uma estreita relação nos os pontos 1, 2 e 3 (P01, P02 e P03), que são os mais urbanizados, apresentando, respectivamente 100%, 88,4% e 78,3% de áreas urbanizadas (considerando as áreas de drenagem isolada das demais). Verificaram ainda que nas áreas que possuem mais áreas permeáveis (utilizadas na agricultura, monocultivo de cana-de-açúcar, pastagem, reflorestamento e vegetação) o solo tem característica ácida se comparado aos demais.

Na Tabela 6 verifica-se que no mês de Julho/2016 todos os pontos amostrados apresentaram-se significativamente mais elevados em comparação aos demais, indicando assim que na ausência de precipitação a água apresenta características mais básicas.

Não foram verificadas alterações significativas em termos de distribuição espacial, com exceção dos meses de Outubro/2015 e Janeiro/2016, os quais apresentaram valores inferiores no ponto de coleta 1 (P01) que possui sua área de drenagem 100% urbanizada. Não foi observada a mesma reação vista por Lima (2001), o qual constatou que em bacias com áreas de drenagem ocupadas por agricultura o pH da água é levemente mais ácido.

Tabela 6. pH em amostras de água do Ribeirão das Pedras - Campinas/SP.

| | Turbidez (UNT) | | | | | | Média | Desvio padrão | CV (%) |
|----------------------|-----------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|-------|---------------|--------|
| | P01 | P02 | P03 | P04 | P05 | P06 | | | |
| Out./2015 | 6,04* ^{bc} | 6,86 ^{bB} | 7,51 ^{aA} | 7,71 ^{aA} | 7,61 ^{aA} | 7,27 ^{aAB} | 7,17 | 0,63 | 8,79 |
| Jan./2016 | 6,09** ^{bB} | 6,82 ^{bcA} | 7,08 ^{aA} | 7,37 ^{aA} | 7,26 ^{aA} | 7,19 ^{aA} | 6,97 | 0,47 | 6,74 |
| Abr./2016 | 6,72*** ^{aA} | 6,30 ^{cA} | 6,41 ^{bA} | 6,19 ^{bA} | 6,23 ^{bA} | 6,35 ^{bA} | 6,37 | 0,19 | 2,99 |
| Jul./2016 | 7,11 ^{aA} | 7,42 ^{aA} | 7,58 ^{aA} | 7,71 ^{aA} | 7,59 ^{aA} | 7,65 ^{aA} | 7,51 | 0,22 | 2,91 |
| Média | 6,49 | 6,85 | 7,15 | 7,25 | 7,17 | 7,12 | - | - | - |
| Desvio padrão | 0,52 | 0,46 | 0,54 | 0,72 | 0,65 | 0,55 | - | - | - |
| CV (%) | 7,96**** | 6,68 | 7,52 | 9,96 | 9,04 | 7,70 | - | - | - |

* Os resultados são expressos pela média de três repetições.

**Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem significativamente entre si pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade em relação à época de amostragem.

***Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem significativamente entre si pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade em relação ao local de amostragem.

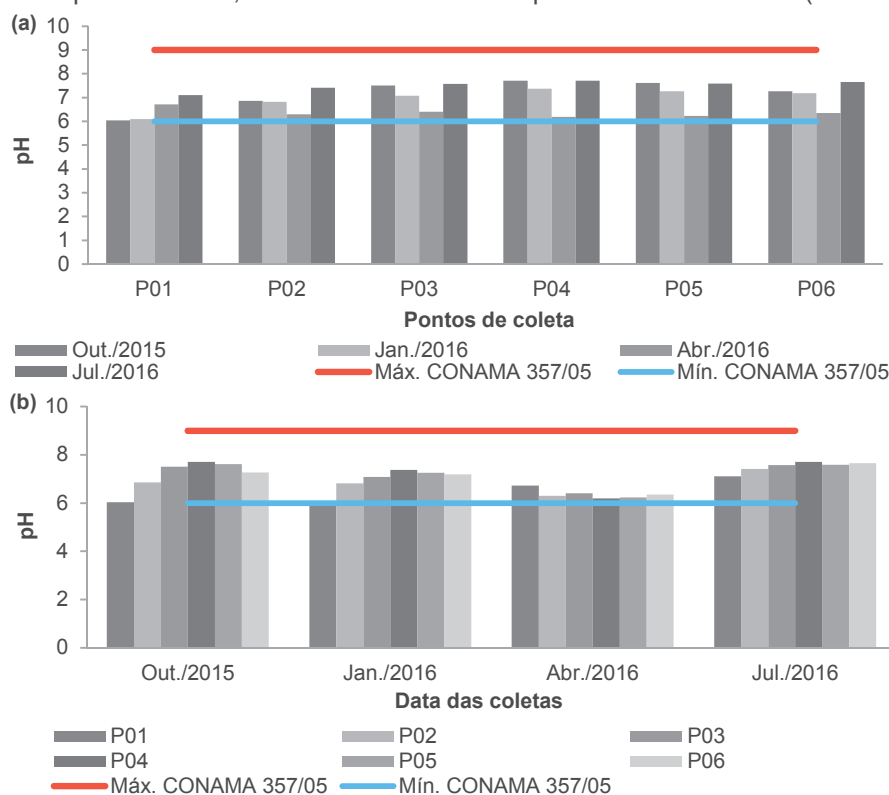
**** CV: coeficiente de variação.

Em relação ao pH das amostras observa-se (no Gráfico 7a) que nos pontos P01 e P02 os valores encontrados foram ligeiramente mais baixos, o que indica que entre os pontos P02 e P03 há alguma contribuição para que o pH aumente, podendo estar relacionado com o uso do solo entre eles, onde se observa uma área densamente urbanizada com a presença de um grande empreendimento comercial (que despeja seu efluente tratado nas águas do ribeirão) e logo após se observa uma área agrícola (onde há, caracteristicamente, a técnica de se aplicar fertilizantes e substâncias corretoras de pH), justificando a variação observada.

Nos Gráficos 7a e 7b verifica-se que todos os pontos de coleta em todas as datas coletadas apresentam-se dentro do limite estabelecido pela resolução CONAMA 357/05, com valores entre 6,0 e 9,0. No Gráfico 7b pode-se verificar que nas quatro datas amostradas há um aumento no valor de pH entre os

pontos de coleta 2 e 3 (P02 e P03) indo na contramão do que foi apresentado por Lima (2001).

Gráfico 7. pH em amostras de água do Ribeirão das Pedras em seis pontos de amostragem e quatro épocas do ano, com limite estabelecido pelo CONAMA 357/05 (Classe II).



5.2.7 Fósforo Total

Segundo Braga e Hespanhol (2005) uma das maiores fontes de fósforo nas águas continentais são os processos erosivos. Porém, trata-se de um macronutriente importante para a ocorrência dos processos biológicos, quando descarregado em excesso beneficia o crescimento de organismos fitoplanctônicos e algas descontroladamente, provocando a eutrofização do ambiente, causando a diminuição das concentrações de oxigênio dissolvido, impedindo assim a sobrevivência de outras espécies (MENDONÇA, 2013). Von Sperling (2007) aponta, além das fontes naturais, as fontes antrópicas de aumento das concentrações de fósforo, sendo elas por despejos domésticos, industriais, detergentes ou pela utilização de fertilizantes em áreas de cultivo.

Na Tabela 7 apresentam-se as concentrações de fósforo total obtidas neste estudo, onde verifica-se que o Teste de Tukey não foi aplicado pois as concentrações não apresentaram diferenças significativas entre elas. Porém

quando inseridas nos Gráficos 8a e 8b, fica evidente a interferência sazonal na qualidade da água, uma vez que no mês de Julho/2016 as concentrações se mantiveram abaixo das demais datas analisadas.

Tabela 7. Fósforo total em amostras de água do Ribeirão das Pedras - Campinas/SP.

| Fósforo total (mg/L) | | | | | | | | | |
|----------------------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------------|--------|
| | P01 | P02 | P03 | P04 | P05 | P06 | Média | Desvio padrão | CV (%) |
| Out./2015 | 0,0198* | 0,0270 | 0,0544 | 0,0544 | 0,0383 | 0,0431 | 0,0395 | 0,0142 | 35,85 |
| Jan./2016 | 0,0047 | 0,0183 | 0,0273 | 0,0210 | 0,0233 | 0,0387 | 0,0222 | 0,0112 | 50,22 |
| Abr./2016 | 0,0087 | 0,0290 | 0,0420 | 0,0317 | 0,0237 | 0,0300 | 0,0275 | 0,0110 | 39,95 |
| Jul./2016 | 0,0153 | 0,0153 | 0,0160 | 0,0167 | 0,0157 | 0,0150 | 0,0157 | 0,0006 | 3,93 |
| Média | 0,0121 | 0,0224 | 0,0349 | 0,0310 | 0,0253 | 0,0317 | - | - | - |
| Desvio padrão | 0,0067 | 0,0066 | 0,0168 | 0,0169 | 0,0094 | 0,0124 | - | - | - |
| CV (%) | 55,50** | 29,61 | 48,07 | 54,47 | 37,41 | 39,09 | - | - | - |

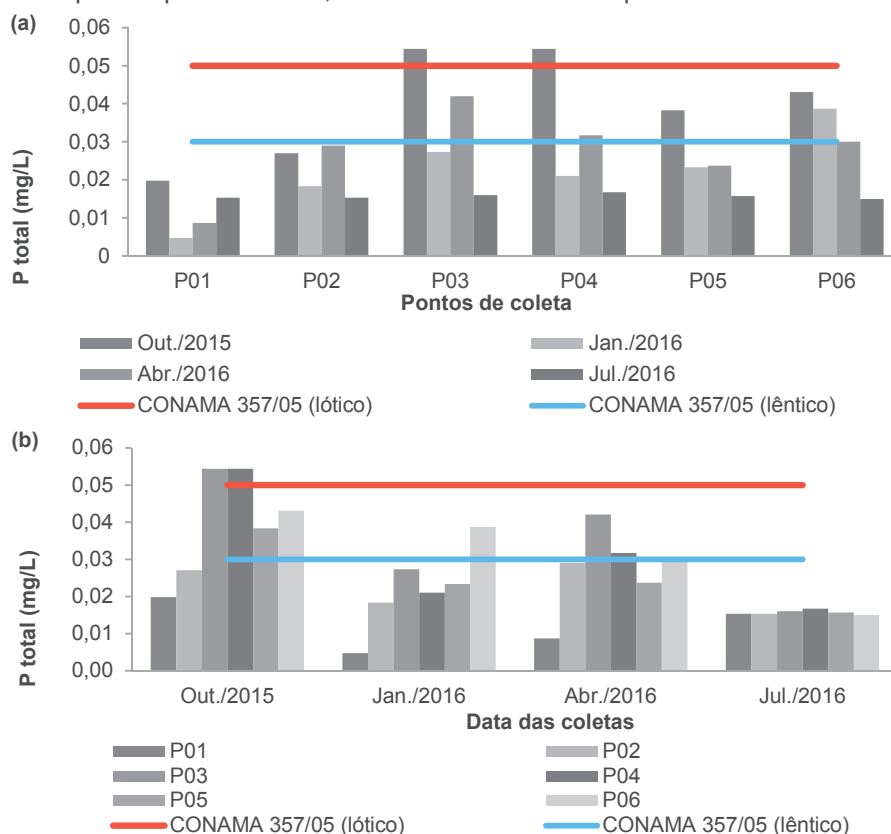
Obs.: Não foi aplicado o teste de comparação de médias porque o F de interação não foi significativo.

* Os resultados são expressos pela média de três repetições.

** CV: coeficiente de variação.

Ainda de acordo com os gráficos é possível concluir que houve um aumento nas concentrações entre os pontos 1 e 3 ($P01 < P02 < P03$), indicando assim interferência espacial na qualidade da água, no ponto 1 onde a área é completamente urbanizada a concentração de fósforo é baixa (mesmo porque trata-se da nascente do ribeirão), no ponto 2 onde verifica-se a inserção de áreas de vegetação (menos de 10%) nota-se um acréscimo, e quando observa-se o ponto 3 é notado um aumento mais evidenciado, podendo ser justificada pela presença 45% de áreas de vegetação e cultivo nesta área de drenagem, como apresentado pelo Quadro 9, o que está de encontro com o apresentado por Braga e Hespanhol (2005).

Gráfico 8. Fósforo total em amostras de água do Ribeirão das Pedras em seis pontos de amostragem e quatro épocas do ano, com limite estabelecido pelo CONAMA 357/05 (Classe II).



Essa diminuição nas concentrações de fósforo no mês de Julho/2016 pode justificar a elevação nas concentrações de oxigênio dissolvido observadas também neste mês (Gráficos 2a e 2b), uma vez que não houve o consumo na degradação da matéria orgânica (vista a ausência de precipitação nos 24 dias anteriores à coleta) e nem por algas (uma vez que não houve proliferação em excesso, verificada pelos valores baixos de fósforo nessa mesma data).

Observa-se no Gráfico 8a que a coleta de Janeiro/2016 no ponto 3 (P03) não atende ao limite estabelecido pela resolução CONAMA 357/05 para ambientes lóticos. O único ponto onde se verifica ambiente lêntico é o ponto 4 (P04), localizado na lagoa do Parque Hermógenes de Freitas Leitão Filho, o qual se apresentou fora do limite estabelecido na amostragem dos meses de Outubro/2015 e Abril/2016.

5.2.8 Nitrogênio Total

O nitrogênio total encontrado no corpo hídrico é verificado na forma de sólidos suspensos ou dissolvidos, e assim como os demais parâmetros possui

fonte natural (pois é um composto presente nas células dos microorganismos) e antrópica (pelo lançamento de efluentes, excretas de animais e até pela utilização de fertilizantes) (VON SPERLING, 2007). A Agência Nacional das Águas (ANA, 2016) relaciona o aumento da concentração de nitrogênio ao escoamento superficial de áreas agrícolas e como pode-se verificar na Tabela 8 houve alteração significativa no ponto 3 (P03), o qual, como já discutido anteriormente e apresentado no Quadro 9, apresenta um acréscimo considerável de áreas de cultivo e vegetação.

Tabela 8. Nitrogênio total em amostras de água do Ribeirão das Pedras - Campinas/SP.

| Nitrogênio total (mg/L) | | | | | | | | | |
|-------------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|----------------------|----------------------|-------|---------------|--------|
| | P01 | P02 | P03 | P04 | P05 | P06 | Média | Desvio padrão | CV (%) |
| Out./2015 | 0,54* ^{aB} | 15,62 ^{aB} | 89,22 ^{bA} | 11,45 ^{bB} | 22,71 ^{aB} | 24,93 ^{abB} | 27,41 | 31,51 | 114,95 |
| Jan./2016 | 0,43** ^{aA} | 17,32 ^{aA} | 30,17 ^{cA} | 15,09 ^{bA} | 30,49 ^{aA} | 19,75 ^{abA} | 18,88 | 11,14 | 59,01 |
| Abr./2016 | 0,27*** ^{aD} | 44,13 ^{aC} | 227,95 ^{aA} | 91,76 ^{aB} | 39,06 ^{aC} | 7,95 ^{bCD} | 68,52 | 84,55 | 123,40 |
| Jul./2016 | 0,00 ^{aC} | 49,33 ^{aAB} | 82,71 ^{bA} | 79,86 ^{aA} | 36,52 ^{aBC} | 44,94 ^{aAB} | 48,89 | 30,54 | 62,45 |
| Média | 0,31 | 31,60 | 107,51 | 49,54 | 32,20 | 24,39 | - | - | - |
| Desvio padrão | 0,14 | 15,99 | 101,53 | 45,35 | 8,18 | 8,70 | - | - | - |
| CV (%) | 43,80**** | 50,61 | 94,44 | 91,55 | 25,40 | 35,68 | - | - | - |

* Os resultados são expressos pela média de três repetições.

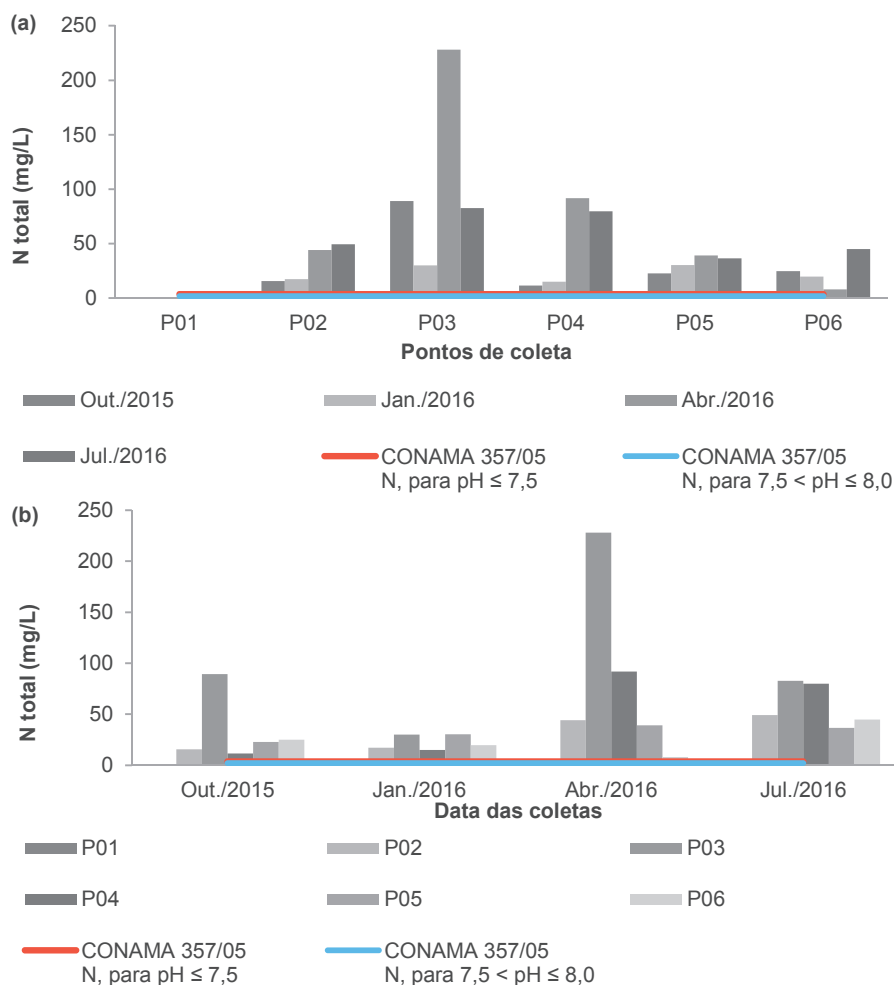
**Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem significativamente entre si pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade em relação à época de amostragem.

***Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem significativamente entre si pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade em relação ao local de amostragem.

**** CV: coeficiente de variação.

O ponto 4 (P04) apresenta-se mais elevado nas amostragens de Abril/2016 e Julho/2016, o que era esperado uma vez que se trata de um ambiente lêntico. Porém não foi verificada relação com a sazonalidade, como esperado, uma vez que segundo ANA (2016) as concentrações aumentam quando verifica-se escoamento superficial.

Nos Gráfico 9a e 9b verificam-se as concentrações de nitrogênio total obtidas com os limites estabelecidos pelo CONAMA 357/05 de acordo com as faixas de pH obtidas nas amostras, que define que amostras com $\text{pH} \leq 7,5$ deve obedecer ao máximo de 3,7 mg/L, enquanto para $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$ o máximo estabelecido é de 2,0 mg/L.

Gráfico 9. Nitrogênio total presente nas amostras de água.

Verifica-se então que apenas as amostras coletadas na nascente do Ribeirão das Pedras atendem à resolução, estando as demais com concentrações superiores.

5.2.10 Considerações finais sobre qualidade da água

Os parâmetros analisados neste estudo são utilizados como indicadores de qualidade das águas, sendo associados às alterações do uso e ocupação do solo na microbacia como um todo. A resolução n.º 357/05 do CONAMA estabeleceu limites para cada um dos parâmetros através da classificação dos corpos d'água, definindo ainda os usos permitidos para cada classe. Nas discussões individualizadas notou-se o não cumprimento ao limite estabelecido para a Classe II, ou seja, seus usos estão limitados.

No Quadro 15 apresentam-se os resultados de todas as análises realizadas neste estudo, no qual atribuiu-se a coloração amarela para o parâmetro que não possui limite estabelecido nesta resolução; a coloração verde para os parâmetros que atendem ao estabelecido e a coloração vermelha para os parâmetros que se encontram fora do limite.

Observa-se que o ponto 1 (P01), a nascente principal, não atende à resolução apenas para o parâmetro oxigênio dissolvido, e como já apresentado, esse fato foi relacionado à proximidade com o afloramento da água (VIEIRA; MOURA e GIL, 2006).

Todos os demais pontos apresentaram, além do oxigênio dissolvido fora do estabelecido, elevadas concentrações de nitrogênio total, sendo encontradas em maiores proporções nos pontos 3 e 4 (P03 e P04), nos meses de Abril e Julho/2016, quando a vazão observada foi menor que nos demais meses devido a diminuição na precipitação. Apenas os pontos 3 e 4 (P03 e P04) apresentaram concentrações de fósforo total acima do limite máximo da CONAMA 357/05 nos meses de Outubro/2015 e Abril/2016, não apresentando relação direta com a precipitação.

Quadro 15. Resultados dos nove parâmetros analisados em Out./15, Jan./16, Abr./16 e Jul./16.

| | P01 | | | | P02 | | | | P03 | | | |
|-----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | Out./15 | Jan./16 | Abr./16 | Jul./16 | Out./15 | Jan./16 | Abr./16 | Jul./16 | Out./15 | Jan./16 | Abr./16 | Jul./16 |
| Temp. (°C) *NC | 23,07** | 26,2 | 26,53 | 24,73 | 23,8 | 23,3 | 24,1 | 24,63 | 24,3 | 23,33 | 24,23 | 23,83 |
| OD (mg/L) | 1,44 | 1,05 | 1,07 | 1,39 | 3,42 | 4,79 | 3 | 4,15 | 4,54 | 4,53 | 3,98 | 5,68 |
| DBO (mg/L) | 0,5 | 0,21 | 0,15 | 0,02 | 1,49 | 1,52 | 1,54 | 0,97 | 4,4 | 1,65 | 3,32 | 0,94 |
| Sól. Tot. Dis. (mg/L) | 133,33 | 226,67 | 133,33 | 146,7 | 180 | 151,33 | 120 | 73,33 | 386,67 | 266,67 | 153,33 | 66,67 |
| Turbidez (UNT) | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,66 | 3,91 | 0,66 | 0,93 | 11,64 | 24,35 | 26,83 | 21,66 |
| pH | 6,04 | 6,09 | 6,72 | 7,11 | 6,86 | 6,82 | 6,3 | 7,42 | 7,51 | 7,08 | 6,4 | 7,58 |
| P total (mg/L) | 0,0198 | 0,0047 | 0,0087 | 0,015 | 0,027 | 0,0183 | 0,029 | 0,015 | 0,0544 | 0,0273 | 0,042 | ,0,16 |
| N total (mg/L) | 0,54 | 0,43 | 0,27 | 0 | 15,62 | 17,32 | 44,13 | 49,33 | 89,22 | 30,17 | 227,95 | 82,71 |
| | P04*** | | | | P05 | | | | P06 | | | |
| | Out./15 | Jan./16 | Abr./16 | Jul./16 | Out./15 | Jan./16 | Abr./16 | Jul./16 | Out./15 | Jan./16 | Abr./16 | Jul./16 |
| Temp. (°C) *NC | 24,7 | 25,1 | 26,33 | 24,73 | 25,57 | 25,97 | 25,1 | 21,5 | 27,5 | 24,13 | 26,2 | 21,27 |
| OD (mg/L) | 4,42 | 3,78 | 3,51 | 4,68 | 4,65 | 4,57 | 4,42 | 5,47 | 3,93 | 4,52 | 4,62 | 5,55 |
| DBO (mg/L) | 3,95 | 1,59 | 3,11 | 0,65 | 2,17 | 1,37 | 1,31 | 0,73 | 2,25 | 2,49 | 1,33 | 0,88 |
| Sól. Tot. Dis. (mg/L) | 206,67 | 126,67 | 26,67 | 6,67 | 233,33 | 126,67 | 86,67 | 0 | 313,33 | 166,67 | 100 | 0 |
| Turbidez (UNT) | 13,77 | 34,4 | 10,49 | 4,22 | 4,77 | 26,8 | 5,76 | 4,43 | 4,86 | 31,37 | 6,83 | 4,3 |
| pH | 7,71 | 7,37 | 6,19 | 7,71 | 7,61 | 7,26 | 6,23 | 7,59 | 7,27 | 7,19 | 6,35 | 7,65 |
| P total (mg/L) | 0,0544 | 0,021 | 0,0317 | 0,017 | 0,0383 | 0,0233 | 0,0237 | 0,016 | 0,0431 | 0,0387 | 0,03 | 0,015 |
| N total (mg/L) | 11,45 | 15,09 | 91,76 | 79,86 | 22,71 | 30,49 | 39,06 | 36,52 | 24,93 | 19,75 | 7,95 | 44,94 |

* NC: não constam limites estabelecidos na resolução CONAMA 357/05.

** Os resultados são expressos pela média de três repetições.

*** Único ponto considerado léntico;

As utilização de cores indica: Amarelo (ausência de limite estabelecido no CONAMA 357/05); Verde (valores que atendem ao estabelecido pela CONAMA 357/05 Classe II) e Vermelho (valores que não atendem ao limite estabelecido pela CONAMA 357/05 Classe II).

Portanto é necessário verificar à qual classe o corpo hídrico pertence de acordo com esses parâmetros. No Quadro 16 verificam-se os valores limites estabelecidos para as demais classes de água, para estes parâmetros que não atenderam à resolução.

Quadro 16. Limites estabelecido pela resolução CONAMA 357/05 para as classes III e IV.

| Parâmetros | Classe III | Classe IV |
|---------------------|---------------------------------|------------|
| Oxigênio Dissolvido | > 4,0 mg/L | > 2,0 mg/L |
| Nitrogênio total | 13,3 mg/L N, para pH ≤ 7,5 | - |
| | 5,6 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0 | |
| | 2,2 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5 | |
| | 1,0 mg/L N para pH > 8,5 | |
| Fósforo total | 0,050 mg/L (lêntico) | - |
| | 0,15 mg/L (lótico) | |

As amostras não atendem o limite máximo estabelecido para nenhum dos três parâmetros na Classe III. Na Classe IV, dos parâmetros que não atenderam à resolução apenas o oxigênio dissolvido possui limite estabelecido, sendo necessário que possua concentração superior a 2,0mg/L, enquadrando assim todas as amostras.

De acordo com o apresentado por Ribeiro *et al.* (2016) os parâmetros considerados nesse trabalho não são suficientes para realizar o enquadramento do corpo hídrico, contudo, os parâmetros analisados classificariam o Ribeirão das Pedras, desconsiderando o ponto de coleta 1 (P01), uma vez justificadas as baixas concentrações de oxigênio dissolvido encontradas, como sendo da Classe IV, se não fosse observado o inciso I, do Art. 17 da Resolução n.º 357/05, o qual determina que materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais deverão ser virtualmente ausentes, retirando assim o enquadramento do Ribeirão das Pedras da Classe IV, tornando-o sem classe estabelecida.

5.3 Relações entre qualidade de água e usos e ocupação na microbacia do Ribeirão das Pedras

Considera-se, portanto, os resultados compilados de todas as análises realizadas neste trabalho (levantamentos de uso e ocupação do solo por área de drenagem, aplicação da matriz de avaliação de impactos para definição das ações mais impactantes e meios mais impactados e análise dos nove parâmetros escolhidos como indicadores de qualidade da água em quatro datas distintas) na Tabela 10 como forma de apresentação e relação entre eles.

Tabela 9. Compilação de todos os resultados obtidos neste trabalho.

| Pontos | Usos do solo | Ações Impactantes | Meio Impactado | Parâmetros que não atendem ao CONAMA 357/05 |
|--------|--|---|---|--|
| P01 | 100 % urbanizado. | <p>Moderadamente: Impermeabilização; Circ. de pessoas e presença de residências; Inserção de vias de acesso.</p> <p>Positiva: Diminuição da precipitação.</p> | <p>Moderados: Ausência de fauna endêmica; Poluição visual.</p> <p>Positivo: Uso pela população (consumo e pesca).</p> | Oxigênio dissolvido. |
| P02 | 1,03 % corpos d'água; 89,38% urbanizado; 2,50% vegetação ciliar; 7,10 vegetação mista. | <p>Moderadamente: Ocupação Irregular na APP; Inserção de vias de acesso Impermeabilização; Circulação de pessoas e presença de residências; Lançamento de efluente doméstico.</p> | <p>Moderados: Presença de resíduos na água; Ausência de fauna endêmica; Presença de resíduos no solo; Qualidade da água em todas as datas amostradas; Ausência de fauna endêmica; Poluição visual; Segurança ambiental; Ictiofauna; Poluição sonora; Compactação do solo; Presença de fauna exótica.</p> <p>Positivo: Uso pela população.</p> | Oxigênio dissolvido; Nitrogênio total. |
| P03 | 0,32% corpos d'água; 54,88% urbanizado; 3,04% rodovias principais; 6,90% vegetação ciliar; 9,91% vegetação mista; 24,94% cana-de-açúcar. | <p>Moderadamente: Inserção de vias de acesso; Impermeabilização; Ocupação Irregular na APP; Lançamento de efluente comercial; Deposição de resíduos; Lançamento de efluente doméstico.</p> | <p>Elevados: Ausência de fauna endêmica; Qualidade da água em Outubro/2015 e Abril/2016.</p> <p>Moderados: Presença de resíduos; Qualidade da água em Janeiro/2016; Ausência de flora endêmica; Presença de resíduos no solo; Poluição visual; Segurança ambiental; Poluição sonora.</p> | Oxigênio dissolvido; Fósforo total Nitrogênio total. |
| P04 | 2,16% corpos d'água; 42,74% urbanizado; 1,20% reflorestamento; 0,07% vegetação ciliar; 9,15% vegetação mista; 16,08% cana-de-açúcar; 28,60% pasto. | <p>Moderadamente: Impermeabilização; Inserção de vias de acesso; Circ. pessoas e presença de residências.</p> | <p>Moderados: Ausência de fauna endêmica; Ausência de flora endêmica; Poluição visual; Presença de resíduos no solo</p> <p>Positivos: Uso pela população; Solo exposto.</p> | Oxigênio dissolvido; Fósforo total Nitrogênio total. |

Tabela 10. Continuação.

| Pontos | Usos do solo | Ações Impactantes | Meio Impactado | Parâmetros que não atendem ao CONAMA 357/05 |
|--------|--|---|---|---|
| P05 | 1,51% corpos d'água; 42,86% urbanizado; 1,64% rodovias principais; 0,30% reflorestamento; 3,90% vegetação ciliar; 7,07% vegetação mista; 18,05% cana-de-açúcar; 4,77% agricultura; 20,07% pasto. | Moderadamente: Impermeabilização; Inserção de vias de acesso. Positiva: Aumento na precipitação. | Moderados: Presença de resíduos na água; Qualidade da água no mês de Abril/2016; Presença de resíduos no solo; Ausência de fauna endêmica; Densidade da arborização / Desmatamento. Positivo: Esgotamento sanitário. | Oxigênio dissolvido; Nitrogênio total. |
| P06 | 1,53% corpos d'água; 45,47% urbanizado; 1,36% rodovias principais; 0,28% reflorestamento; 4,52% vegetação ciliar; 6,55% vegetação mista; 16,73% cana-de-açúcar; 4,42% agricultura; 19,15% pasto. | Negativas: Inserção de vias de acesso; Impermeabilização; Circulação de pessoas e presença de residências. Positiva: Diminuição na precipitação. | Moderados: Presença de resíduos na água; Qualidade da água nos meses de Outubro/2015 e Janeiro/2016; Poluição visual; Ausência de fauna endêmica; Compactação do solo; Ictiofauna. Positivos: Esgotamento sanitário | Oxigênio dissolvido; Nitrogênio total. |

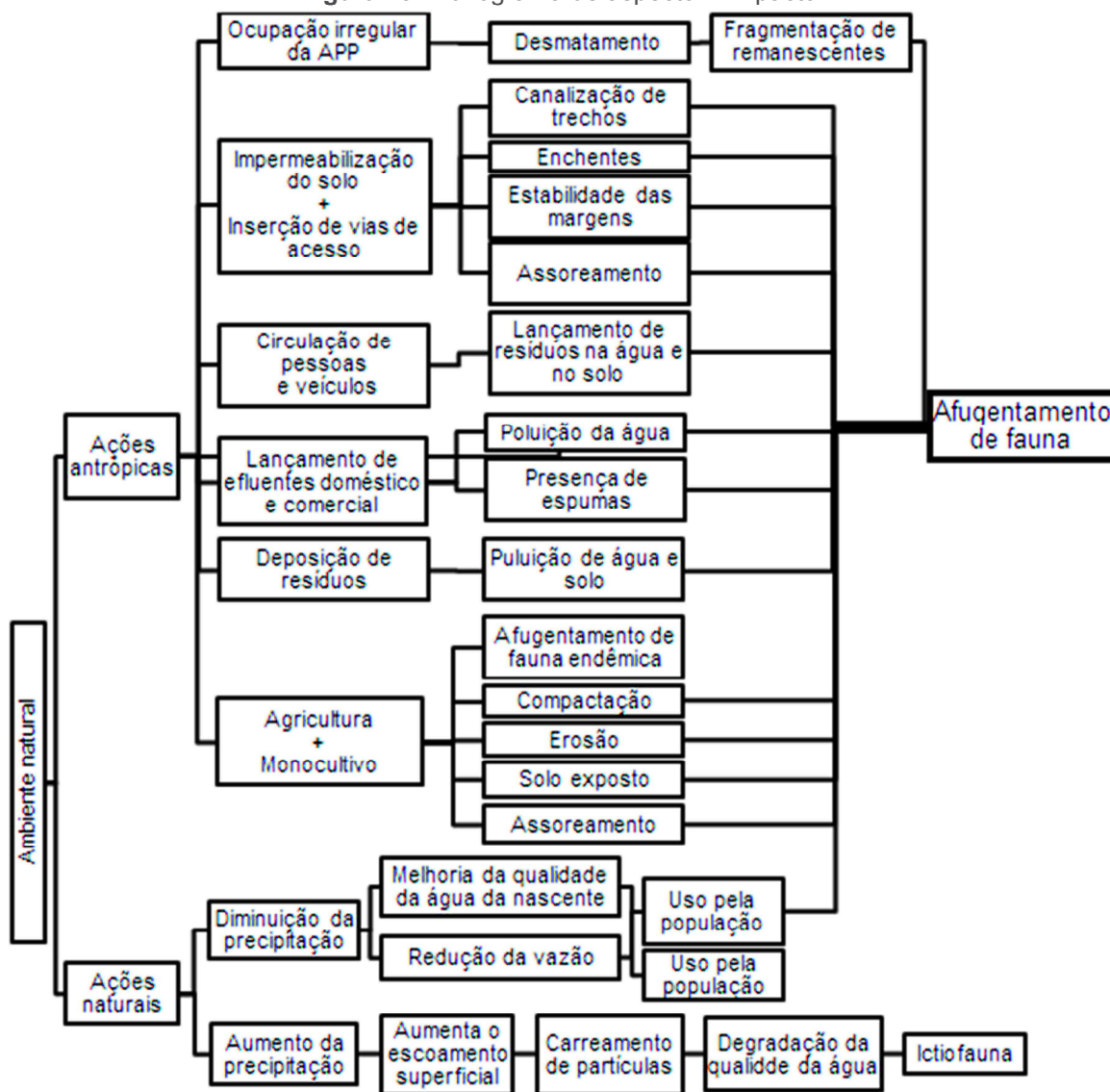
Fonte: a autora, 2016.

Verifica-se que em todas as áreas a concentração de oxigênio dissolvido se apresentou abaixo do estabelecido pela Resolução n.º 357/05 do CONAMA. Do ponto dois em diante pode-se atribuir essa baixa concentração à intensa urbanização e à ausência de mata ciliar nas margens do Ribeirão das Pedras, estando o mesmo susceptível aos eventos naturais que alteram, dentre outros meios analisados, a qualidade da água. O que também se verifica para o nitrogênio total, encontrado em concentrações acima do estabelecido para a Classe II. Torres, Adami e Coelho (2014) apresentaram que toda bacia do Ribeirão das Anhumas (na qual se insere a microbacia do Ribeirão ds Pedras) apresenta riscos relacionados à destruição (ou degradação) da cobertura vegetal e situações de risco ambiental relativa à precipitação e o escoamento superficial.

Os aspectos analisados nesse estudo apontaram para um impacto que chamou a atenção em todos os pontos onde as matrizes foram aplicadas: a ausência de fauna endêmica foi intensamente impactada. Isso se deve ao fato da vegetação encontrada nessa microbacia estar fragmentada, como já apontado por Etto *et al.* (2013), e em formato alongado, o que promove o efeito de borda de

forma mais intensa. Além desse fato, ressalta-se que a retirada da mata ciliar, ocupação irregular na APP, circulação de pessoas e de veículos também são ações perturbadoras do ambiente natural, considerado ideal para a sobrevivência da fauna nativa. A ausência de fauna endêmica foi então promovida pelo afugentamento provocado pelas ações a que submeteu-se a microbacia hidrográfica do Ribeirão das Pedras (Figura 19).

Figura 29. Fluxograma de aspecto X impacto.



Fonte: a autora, 2016.

A presença de resíduos no solo e na água e a poluição visual também foram impactos verificados na maioria dos pontos analisados relacionando-se também diretamente à urbanização e à deficiência na educação ambiental da população, que sem ter ideia do mal que fazem à si próprias, continuam a lançar seus resíduos em ambientes inadequados.

6. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos no presente trabalho pode-se concluir que:

- a) Os diferentes tipos de uso e ocupação do solo contribuem significativamente para a alteração da qualidade das águas urbanas.
- b) Apesar de a nascente do Ribeirão das Pedras estar inserida em uma área de drenagem dominada por 100% de urbanização, foi verificado que dentre os parâmetros analisados apenas o oxigênio dissolvido encontra-se abaixo do limite estabelecido (CONAMA 357/05 Classe II), porém não foi atribuída nenhuma irregularidade, vistos resultados apresentados por outros autores. Enfatiza-se apenas o fato de que a mesma deve ter sua vegetação ciliar recomposta, atendendo assim ao Código Florestal nacional (Lei 12.651/2012), bem como a vegetação de toda a microbacia, dado o grau de impacto sofrido principalmente na fauna e na qualidade da água.
- c) Os resultados obtidos apontaram que os impactos sofridos na qualidade da água são ser provenientes da urbanização e/ou por interferências das áreas agrícolas. É necessária a ampliação da coleta de dados espaciais e temporais, porém foi possível afirmar que houve interferência dos eventos de precipitação sobre a qualidade das águas. Ressalta-se, portanto, à iniciativa pública a programação de análises periódicas dos corpos d'água municipais a fim de verificar as interferências ocorridas nos mesmos; assim como é necessário que sejam fiscalizados os empreendimentos com estação de tratamento próprias, para que não haja degradação dos corpos d'água por estes.
- d) Todas as áreas de drenagem da microbacia foram impactadas, principalmente pelos aspectos impermeabilização do solo, inserção de vias de acesso e circulação de pessoas, todos relacionados à expansão imobiliária também verificada por outros autores. Aponta-se que a área mais impactada foi a área do ponto 3 (P03), associando-se à presença do empreendimento comercial de grande porte bem como à presença de áreas agrícolas, apresentando impacto elevado para a ausência de fauna endêmica e na qualidade da água nos meses de Outubro/2015 e Abril/2016.

- e) Apesar da subjetividade atribuída à matriz de avaliação de impactos, neste estudo a mesma se apresentou eficaz, uma vez que os aspectos e o os meios destacados foram justificados por fatos observados em campo, bem como os já apontados por outros autores.

7. REFERÊNCIAS

- AMORIM, L. M.; CORDEIRO, J. S. *Impactos ambientais provocados pela ocupação antrópica de fundos de vale*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Universidade Federal de São Carlos. São Carlos. 2004. Disponível em: <<http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IscScript=iah/iah.xis&src=google&base=REPIDISCA&lang=p&nextAction=Ink&exprSearch=21042&indexSearch=ID>>. Acesso em: 07 abr. 2014.
- ANA. No Rumo da mudança - Fatos e tendências – água. 2009. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/fatosetendencias/edicao_2.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2017.
- ANA. Agência Nacional das Águas. Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br>>. Acesso em: 26 mai. 2016.
- APHA. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21 ed. Washington. 2005.
- ATTANASIO, C. M. planos de manejo integrado de microbacias hidrográficas com uso agrícola: uma abordagem hidrológica na busca da sustentabilidade. Tese de doutorado. Escola Sup. de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba. 2004. 193 p.
- BASSO, L. A.; MOREIRA, L. G. R.; PIZZATO, F. A influência da precipitação na concentração e carga de sólidos em cursos d'água urbanos: o caso do arroio Dilúvio, Porto Alegre-RS. Geosul, v. 26, n. 52, p. 145-163, 2012.
- BATISTELLA, M.; GUIMARÃES, M.; PANCIERA, F.; ASSIS, M. C.; VALLADARES, G. S. Base de dados geográficos para o município de Campinas com ênfase no uso e cobertura das terras. Embrapa Monitoramento por Satélite. p. 15. 2003.
- BHUTIANI, R.; KHANNA, D. Ecological study of river Suswa: modeling DO and BOD. Environ. Monitor. Assess: 125, p.183–195, 2007.
- BRAGA, B.; HESPANHOL, I. Introdução à Engenharia Ambiental. 2 ed. São Paulo, SP. Pearson Prentice Hall. 2005. 318 p.
- BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. Manual prático de análise de água. 3ª ed. rev. - Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2009. 144 p.
- BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 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. *Diário Oficial da União*, Brasília, 09 de Janeiro de 1997. Seção 1, p. 470.

BRASIL. Resolução nº 01, de 23 de Janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. *Diário Oficial da União*, Brasília, 17 de fevereiro de 1986. Seção 1, p.2548-2549.

BRASIL. 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. *Diário Oficial da União* de 18 de Março de 2005. p. 58-63.

BRASIL. Lei n.º 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. *Diário Oficial da União* de 28 de Maio de 2012. Seção 01. p. 01-08.

BRITO, L. T. L.; SILVA, A. S., PORTO, E. R. Disponibilidade de água e a gestão dos recursos hídricos. 2007. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPATSA/36533/1/OPB1514.pdf>>.

Acesso em: 21 abr. 2014.

BU, H.; MENG, W.; ZHANG, Y.; WAN, J. Relationships between land use patterns and water quality in the Taizi River basin, China. *Ecological Indicators*, v. 41, p. 187-197, 2014.

CAMPINAS. Lei Complementar Nº 15 de 27 de dezembro de 2006. Dispõe sobre o Plano Diretor do Município de Campinas. *Diário Oficial do Município*, Campinas, 29 de dezembro de 2006. Sessão: Gabinete do Prefeito, p. 03-12. Acesso em: 14 mar. 2015.

CAMPINAS. Plano local de gestão urbana de Barão Geraldo. Prefeitura Municipal de Campinas. Secretaria de Planejamento e Meio Ambiente. 1996.

CAMPINAS. Plano Diretor do Município de Campinas. 2016. Prefeitura Municipal de Campinas. Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Urbano. Disponível em: <<http://www.campinas.sp.gov.br/arquivos/desenvolvimento-economico/cidades.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2016.

CEPAGRI. Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura. UNICAMP. 2016

CETESB. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos / Companhia Ambiental do Estado de São Paulo; Organizadores: Carlos Jesus Brandão, *et al.* São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011. 326 p.

CETESB. Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo – Apêndice C. São Paulo, 2015. Disponível em: < <http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/32/2013/11/agua-doce-parte1-corrigido.pdf>>. Acesso em: 18. nov. 2015.

CHUDNOBSKY, J.; MENDES, D. R.; LONGO, R. M. Proposta de recuperação para as áreas de borda do remanescente florestal urbano ARIE Mata de Santa Genebra – Campinas/SP. VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2015.

COELHO, J. P. Avaliação da qualidade de vida no município de Campinas/SP: Uma proposta baseada no método de Battele-Columbus. 2016. 120f. Dissertação de mestrado (Mestrado em Sistemas de Infraestrutura Urbana) – Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2016.

CONNOLLY, N. M.; PEARSON, R. G.; LOONG, D.; MAUGHAN, M.; BRODIE, J. Water quality variation along streams with similar agricultural development but contrasting riparian vegetation. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v. 213, p. 11-20, 2015.

CORREIA, L. E.; BETTINE, S. C. Estabelecimento e levantamento de indicadores de qualidade ambiental referentes ao meio antrópico na bacia do Córrego Brandina, Campinas-SP. Anais do XIX Encontro de Iniciação Científica. Anais do IV Encontro de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação. Campinas, 2014.

DA CUNHA KEMERICH, P. D.; MARTINS, S. R.; KOBAYAMA, M.; SANTI, A. L. FLORES, E. B.; BORBA, W. F.; FERNANDES, G. D.; CHERUBIN, M. R. Qualidade da água oriunda do escoamento superficial simulado em bacia hidrográfica. *Ciência e Natura*, v. 35, n. 2, p. 136, 2013.

DAGNINO, R. S. Riscos ambientais na bacia hidrográfica do Ribeirão das Pedras, Campinas/São Paulo. 2007. 127 p. + Anexos. Dissertação (Mestrado em Geografia), UNICAMP. Campinas/SP.

- DAMAME, D. B. Vulnerabilidade ambiental e atributos do solo nas sub Bacias do Rio das Pedras e Baixo Anhumas – Campinas/SP. 2016. 136 p. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Infraestrutura Urbana), PUC-Campinas. Campinas/SP.
- ESTEVES, F. A. Fundamentos de Limnologia. 2 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.
- ETTO, T. L.; LONGO, R. M.; ARRUDA, D. D. R.; INVENIONI, R. Ecologia da paisagem de remanescentes florestais na bacia hidrográfica do Ribeirão das Pedras-Campinas-SP. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v. 37, n. 6, p. 1063-1071, 2013.
- FENGLER, F. H., DE MORAES, J. F., RIBEIRO, A. I., PECHE FILHO, A., STORINO, M., & MEDEIROS, G. A. D. (2015). Qualidade ambiental dos fragmentos florestais na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiaí-Mirim entre 1972 e 2013. *Revista Brasileira De Engenharia Agrícola E Ambiental*, p. 402-408, 2015.
- GIRI, S.; QIU, Z. Understanding the relationship of land uses and water quality in Twenty First Century: A review. *Journal of environmental management*, v. 173, p. 41-48, 2016.
- GOMES, R. C.; GARCIA, J. M.; MANTOVANI, P.; LONGO, R.; M. Mapeamento e avaliação de impactos simplificada em nascentes da bacia do Ribeirão das Pedras. *Anais do XIII Congresso de Meio Ambiente de Poços de Caldas. Poços de Caldas. v. 8. n. 1. 2016a.*
- GOMES, R. C., LONGO, R. M., RIBEIRO, F. H., BETTINE, S. D. C., DEMANBORO, A. C., RIBEIRO, A. I. Water Quality Index In An Urban Watershed. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, v. 11, n. 6, p. 1037-1043, 2016b.
- GOMES, R. C.; LONGO, R. M. Levantamento e avaliação de impactos ambientais de um trecho do Rio Jaguari – Cosmópolis/SP. *Anais do XIII Congresso de Meio Ambiente de Poços de Caldas. Poços de Caldas. v. 8. n. 1. 2016.*
- GONÇALVES, E. M. Avaliação da qualidade da água do rio Uberabinha-Uberlândia-MG. 2009. Dissertação. Mestrado em Tecnologia dos Processos Químicos e Bioquímicos. Universidade Federal do Rio de Janeiro-Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009. 159 p.
- GÖRANSSON, G.; LARSON, M.; BENDZ, D. Variation in turbidity with precipitation and flow in a regulated river system–River Göta Älv, SW Sweden. *Hydrology and Earth System Sciences*, v. 17, n. 7, p. 2529-2542, 2013.

- HOWARD, C. S. Determination of total dissolved solids in water analysis. *Industrial & Engineering Chemistry Analytical Edition*, v. 5, n. 1, p. 4-6, 1933.
- LAMBIN, E.F.; TURNER I. B. L.; GEIST, H.; AGBOLA, S.; ANGELSEN, A.; BRUCE, J. W.; COOMES, O.; DIRZO, R.; FISCHER, G.; FOLKE, C.; GEORGE, P.S.; HOMEWOOD, K.; IMBERNON, J.; LEEMANS, R.; LI, X.; MORAN, E.F.; MORTIMORE, M.; RAMAKRISHNAN, P.S.; RICHARDS, J.F.; SKÅNES, H.; STEFFEN, W.; STONE, G.D.; SVEDIN, U.; VELDKAMP, T.; VOGEL, C.; XU, J. 2001. Our emerging understanding of the causes of land-use and -cover change. *Global Environ. Change*, in press.
- LEOPOLD, L. B.; CLARKE, F. E.; HANSHAW, B. B.; BALSLEY, J. R. A procedure for evaluating environmental impact. *Geological Survey. Circular 645*. Washington, 1971.
- LEE, S. W., HWANG, S. J., LEE, S. B., HWANG, H. S.; SUNG, H. C. Landscape ecological approach to the relationships of land use patterns in watersheds to water quality characteristics. *Landscape and Urban Planning*, v. 92, n. 2, p. 80-89, 2009.
- LIMA, E. B. N. R. Modelagem integrada para gestão da qualidade da água na Bacia do Rio Cuiabá. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio De Janeiro. Rio de Janeiro-RJ. 184 f. 2001.
- LIMA, G. M.; GOMES, R. C.; LONGO, R. M.; DAMAME, D. B. Parâmetros físico-químicos do solo e qualidade da água do Ribeirão das Pedras – Campinas/SP. *Anais do XIII Congresso de Meio Ambiente de Poços de Caldas*. Poços de Caldas. v. 8. n. 1. 2016.
- MARION, F. A.; CAPOANE, V.; SILVA, J. L. S. Avaliação da qualidade da água subterrânea em poço no campus da UFSM, *Ciência e Natura*. Santa Maria - RS. 2007. p. 97-109.
- MEHDI, B.; LEHNER, B.; GOMBAULT, C.; MICHAUD, A.; BEAUDIN, I., SOTTILE, M. F.; BLONDLOT, A. Simulated impacts of climate change and agricultural land use change on surface water quality with and without adaptation management strategies. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v.213, p. 47-60, 2015.
- MENDONÇA, F. Avaliação dos métodos colorimétrico e espectrofotométrico (ICP-OES) na determinação de fósforo total em amostras ambientais. Universidade Federal do ABC. Santo André. 2013. 20 p.

MIRANDA, K. R. B. Influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água de um reservatório mesotrófico na região semiárida tropical. Dissertação, Natal/RN, 2014. Disponível em: <<http://repositorio.ufrn.br:8080/jspui/handle/123456789/16007>>. Acesso em: 04 mar. 2016.

MORAES, D. S. L.; JORDÃO, B. Q. degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. Revista Saúde Pública. Corumbá, 2002. Disponível em: < <http://www.scielo.org/pdf/rsp/v36n3/10502.pdf>>. Acesso em: 16 fev. 2016.

MOSCA, A. A. O. caracterização hidrológica de duas microbacias visando a identificação de indicadores hidrológicas para o monitoramento ambiental do manejo de florestas plantadas. Dissertação. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba. 2003. 88 p.

MULLER, M. I. Fauna helmintológica das espécies amazônicas de peixes (*Cichla monoculus* e *Brycon amazonicus*) introduzidas nas lagoas da Fazenda Rio das Pedras, Campinas/SP. Dissertação (mestrado). Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia. Campinas/SP. 2008. 68 p.

NGOYE, E.; MACHIWA, J. F. The influence of land-use patterns in the Ruvu river watershed on water quality in the river system. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, v. 29, n. 15, p. 1161-1166, 2004.

OLIVEIRA A. J., SANTOS M. C. H. G., ITAYA N. M. , CALIL R. M. Coliformes Termotolerantes: bioindicadores da qualidade da água destinada ao consumo humano. *Atas de Saúde Ambiental - ASA (São Paulo, Online)*, Vol.3 N.2, p. 24-29, ago. 2015.

OLIVEIRA, P. S. G. Estudo das várzeas visando o controle de cheias urbanas e a restauração ecológica: o caso do parque linear do ribeirão das Pedras, em Campinas, SP. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola. Campinas, SP, 2004.

ÖZTÜRK, M.; COPTY, N. K.; SAYSEL, A. K. Modeling the impact of land use change on the hydrology of a rural watershed. *Journal of Hydrology*, v. 497, p. 97-109, 2013.

PAIVA, J. B. D.; PAIVA E. M. C. D. Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas. *ABRH*, 2003. 628 p.

PINTO, A. L.; OLIVEIRA, G. H. e PEREIRA, G. A. A influência do aporte de sedimentos fluviais na qualidade das águas superficiais da bacia do córrego Bom Jardim, Brasilândia/MS. Anais II Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: Recuperação de Áreas Degradadas, Serviços Ambientais e Sustentabilidade. Taubaté. 2009. p. 189-198.

PRUDENTE, T. D.; ROSA, R. Geoprocessamento e sensoriamento remoto aplicados no mapeamento de uso da terra e cobertura vegetal do município de Tupaciguara-MG. In: Anais. XII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Natal, Rio Grande do Norte, 2007.

REFOSCO, J. C. Ecologia da paisagem e Sistema de Informações Geográficas no estudo da interferência da paisagem na concentração de Sólidos Totais no reservatório da usina de Barra Bonita, SP. Anais VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Salvador, Brasil, INPE, p. 343-349, 1996.

REIS, J. T. Análise de fragilidade ambiental em bacia hidrográfica urbana para subsidiar uma avaliação ambiental integrada. 2012. 227 p. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre/RS. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/77919>>. Acesso em: Fevereiro, 2015.

RIBEIRO, E. R. *Avaliação de impactos ambientais em assentamentos urbanos de interesse social: estudo da viabilidade de aplicação de matrizes de interação*. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Universidade Federal de São Carlos. São Carlos. Disponível em: <<http://www.ufscar.br/~ppgeu/dissert.html#1998>>. Acesso em: 20 abr. 2014.

RIBEIRO, A. I.; PERUSSO, F. C.; MEDEIROS, G. A.; LONGO, R. M.; PECHE FILHO, A. Proposta de diagnóstico ambiental de uma área degradada no parque Estadual do Juquery, Franco da Rocha – SP. III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Goiânia. 2012. Disponível em: <<http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2012/VI-036.pdf>>. Acesso em: 07 jan. 2016.

RIBEIRO, F. H. S.; GOMES, R. C.; RUSCHEL, R. S.; BETTINE, S. C.; LONGO, R. M.; DEMANBORO, A. C. Relação entre o crescimento urbano e a qualidade da água da microbacia do Ribeirão das Pedras – Campinas/SP. III Simpósio sobre sistemas sustentáveis. Porto Alegre/RS. 2016.

- ROCHA, J. S. M. *Manual de projetos ambientais*. Santa Maria: Imprensa Universitária. 1997. 423 p.
- SÁNCHEZ. L. E. Identificação de impactos. In: SÁNCHEZ, Luiz E. Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.
- SANDERS, E. C.; YUAN, Y.; PITCHFORD, A. Fecal coliform and *E. coli* concentrations in effluent-dominated streams of the Upper Santa Cruz Watershed. *Water*, v. 5, n. 1, p. 243-261, 2013.
- SÃO PAULO. Lei nº 8.468, de 08 de setembro de 1976. Aprova o Regulamento da Lei nº 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente. *Diário Oficial do Estado*, São Paulo, 10 de Março de 2001. Seção 1, p. 6.
- SÃO PAULO. Decreto estadual 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. *Diário Oficial do Estado*, São Paulo, 22 de novembro de 1977. Caderno executivo 1. p. 7.
- SCOLARI, D. D. G. Produção agrícola mundial: o potencial do Brasil. *Revista da Fundação Milton Campos*, Brasília, DF, n. 25, p. 09-86, 2006.
- SILVA, F. A. S. Azevedo CAV (2016). The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. *Afr. J. Agric. Res.* Vol. 11 (39), pp. 3733-374, 2016.
- SILVEIRA, A. L. L. Ciclo hidrológico e a bacia hidrográfica. In: *Hidrologia: ciência e aplicação*. Organizado por TUCCI, C. E. M.; Silveira, A. L. L. *et al.* 4ª. Ed. 5ª reimp. – Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2013. 35 – 51 p.
- SMA. *Cadernos da Mata Ciliar*. Secretaria de Estado do Meio Ambiente, Departamento de Proteção da Biodiversidade. n. 1. São Paulo: SMA, 2009. Reprodução de: *Preservação e recuperação das nascentes de água e de vida*. Redação CALHEIROS, R. O. *et al.* 2 ed. São Paulo. SMA, 2006.
- SOUZA, M. M.; GASTALDINI, M. C. C. Avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos. *Eng. sanit. ambient*, v. 19, n. 3, p. 263-274, 2014.
- TILMAN, D. Global environmental impacts of agricultural expansion: The need for sustainable and efficient practices. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 1999. Vol. 96, p. 5995–6000.

- TORRES, R. B.; ADAMI, S. F.; COELHO, R. M. Atlas socioambiental da bacia do ribeirão das Anhumas. Campinas/SP: Pontes Editores, 2014.
- TU, J. Spatial variations in the relationships between land use and water quality across an urbanization gradient in the watersheds of northern Georgia, USA. *Environmental management*, v. 51, n. 1, p. 1-17, 2011.
- TUCCI, C. E. M. Água no meio urbano. REBOUÇAS, AC et al. Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. São Paulo: Escrituras, p. 475-508, 1999.
- TUCCI, C. E.M.; MENDES, C. A. Curso de Avaliação Ambiental Integrada de Bacia. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Qualidade Ambiental. Rhama Consultoria Ambiental. Brasília: MMA, 2006.
- TUCCI, C. E. M. Hidrologia: ciência e aplicação. Organizado por TUCCI, C. E. M.; SILVEIRA, A. L. L. et al. 4ª. ed. 5ª reimp. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2013.
- TUNDISI, J. G. Water Resources in the Future: Problems and solutions. 2008. *Estudos avançados*, 22(63), 7-16. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40142008000200002&script=sci_arttext>. Acesso em: 16 fev. 2016.
- VAEZA, R. F., OLIVEIRA FILHO, P. C. de, MAIA, A.G., DISPERATI, A. A. Uso e ocupação do solo em bacia hidrográfica urbana a partir de imagens orbitais de alta resolução. *Revista Floresta e Ambiente*, 2010. Disponível em: <<http://www.floram.org/files/v17n1/v17n1a3.pdf>>. Acesso em 14 fev. 2016.
- VIEIRA, M. S.; MOURA, M. A. M.; GIL, F. G. Qualidade da água de lagos e nascentes do Parque Dr. “Fernando Costa” (Água Branca), São Paulo, SP. *Arq. Inst. Biol.*, São Paulo, v. 73, n. 4, p. 475-483, 2006.
- VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 3 Ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – DESA; Universidade Federal de Minas Gerais. 2007.
- YU, D., SHI, P., LIU, Y.; XUN, B. Detecting land use-water quality relationships from the viewpoint of ecological restoration in an urban area. *Ecological Engineering*, v. 53, p. 205-216, 2013.
- ZANGIROLAMI, G. F.; LONGO, R. M. Avaliação da degradação ambiental do entorno da Mata do Quilombo (Campinas/SP) e proposta de recuperação. 2012. 1

V. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, CEATEC, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2012.