UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENFERMAGEM DE RIBEIRÃO PRETO

CAROLINA DE FREITAS SAMPAIO

**Avaliação ambiental do rio Pardo, Brasil: ênfase para Áreas de Preservação
Permanente, ecossistemas aquáticos superficiais e condições físico-químicas da
água**

Ribeirão Preto

2012

CAROLINA DE FREITAS SAMPAIO

Avaliação ambiental do rio Pardo, Brasil: ênfase para Áreas de Preservação Permanente, ecossistemas aquáticos superficiais e condições físico-químicas da água

Dissertação apresentada à Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Ciências, Programa Enfermagem em Saúde Pública

Linha de Pesquisa: Saúde Ambiental

Orientador: Dr^a. Susana Inés Segura- Muñoz

Ribeirão Preto

2012

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Sampaio, Carolina de Freitas

Avaliação ambiental do rio Pardo, Brasil: ênfase para Áreas de Preservação Permanente, ecossistemas aquáticos superficiais e condições físico-químicas da água. Ribeirão Preto, 2012.

101 p. : il. ; 30 cm

Dissertação de Mestrado, apresentada à Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto/USP. Área de concentração: Enfermagem Saúde Pública.

Orientador: Susana Inés Segura-Muñoz

1. Bacias Hidrográficas. 2. Indicadores Ambientais.
3. Monitoramento Ambiental. 4. Saúde Ambiental. 5. Água doce

SAMPAIO, Carolina de Freitas

Avaliação ambiental do rio Pardo, Brasil: ênfase para Áreas de Preservação Permanente, ecossistemas aquáticos superficiais e condições físico-químicas da água

Dissertação apresentada à Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Ciências, Programa Enfermagem Saúde Pública.

Aprovado em / /

Comissão Julgadora

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

*Aos meus queridos pais, por sempre estarem ao meu lado,
pelo carinho, apoio, incentivo e amor sempre.
Ao meu querido Maurício, fonte de inspiração e amor, pelo
companheirismo, carinho, afeto e alegrias,
dedico este trabalho.*

Agradecimentos

À você leitor, pela atenção dedicada à leitura e interesse em buscar esse trabalho como fonte de informações;

À Deus, por ser a referência que me guia, ilumina e protege;

*À minha orientadora, **Prof^a. Dr^a. Susana Inés Segura-Muñoz**, pela confiança em minha capacidade de ação e por oferecer o fundamental apoio traduzido na aceitação da orientação e, posteriormente, na competência, experiência e paciência, propiciando a superação de obstáculos;*

*À minha querida **família**! Aos meus pais Valdomiro e Sonia, pelas incontáveis vezes que abriram mão de seus sonhos em função dos meus, por terem acreditado em mim e me dado todo amor e carinho possíveis. Aos meus irmãos Rafael, Lígia e Thaís, pelo carinho, amizade e cumplicidade;*

*Ao meu amor **Maurício**, pelo companheirismo, amor e apoio durante essa etapa e por todos os sonhos que ainda realizaremos juntos;*

*Aos pesquisadores da Universitat Rovira i Virgili, **Dr. José Luiz Domingo** e **Dr. Martí Nadal**, pela oportunidade, sugestões e suporte durante período de intercâmbio na Espanha. Meu respeito e admiração;*

*À **Dr^a. Isabel Cristina Martins de Freitas** e à **Dr^a. Miyeko Hayashida**, pelo auxílio nas assessorias estatísticas;*

*Aos meus queridos amigos, **Brisa, Cassio, Renato, Fabiana, Mariana, Karina, Osmar** e **Maraina**, que muito me incentivaram na realização e conclusão deste trabalho, pelos auxílios, carinho, amizade e companheirismo;*

Às queridas amigas de caminhada da pós-graduação Jael, Fran, Janaína, Paula e Renata, pelo companheirismo, amizade, apoio e risadas;

À equipe de funcionários do Comitê da Bacia Hidrográfica do rio Pardo, pelo auxílio na obtenção de informações;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pela concessão da bolsa de mestrado e pelo apoio financeiro para a realização desta pesquisa.

*A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a conclusão deste trabalho, **muíto obrigada!***

RESUMO

SAMPAIO, C.F. **Avaliação ambiental do rio Pardo, Brasil: ênfase para Áreas de Preservação Permanente, ecossistemas aquáticos superficiais e condições físico-químicas da água.** Dissertação apresentada à Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre na área de concentração Enfermagem em Saúde Pública. 2012.

O rio Pardo é o principal afluente da Bacia do Pardo nos estados de Minas Gerais e São Paulo, Brasil, sendo considerado um importante corpo hídrico na região. Esse estudo teve como objetivo realizar uma avaliação ambiental no rio Pardo, integrando a caracterização da situação das Áreas de Preservação Permanente (APP); a integridade dos habitats a partir de um Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) e o monitoramento de parâmetros físico-químicos da água. Também, foi objetivo deste estudo avaliar se existe algum grau de concordância estatística entre os resultados do PAR e dos parâmetros físico-químicos da água. Foram avaliados 12 trechos no rio Pardo, desde a nascente até a foz, totalizando 550 km, em quatro campanhas de coleta de dados, sendo duas no período chuvoso e duas no período seco. Em cada trecho, foi caracterizada a condição da APP e qualificados os seguintes parâmetros do PAR: Substratos e/ou habitats disponíveis, Regimes de velocidade/profundidade, Deposição de sedimentos, Condições de escoamento do canal, Alterações no canal, Sinuosidade do canal, Estabilidade das margens, Proteção das margens pela vegetação, Estado de conservação da vegetação do entorno, Materiais sólidos flutuantes. Também em cada trecho foram analisados pH, temperatura, turbidez, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica da água. Os resultados das condições das APPs indicam que em nenhum dos trechos avaliados houve respeito aos limites estabelecidos pela legislação (BRASIL, 2012). Os resultados da avaliação pelo PAR revelaram que a maioria dos trechos foi classificada como em "Boas" condições. As diferenças encontradas nas avaliações das condições das APPs com os resultados do PAR podem estar relacionadas ao fato de que o PAR permite verificar desde a existência de substratos para a colonização da fauna até a composição da mata ciliar. Os resultados dos parâmetros físico-químicos revelaram que o pH dos trechos 1 e 2 estavam abaixo dos limites estabelecidos pela legislação (BRASIL, 2005); as temperaturas mais baixas foram verificadas nos trechos 1 e 2; os resultados de oxigênio dissolvido na água apontam que o trecho 12 estava abaixo dos limites estabelecidos pela legislação (BRASIL, 2005). A comparação entre os resultados dos parâmetros físico-químicos durante os períodos chuvosos e secos demonstram que houve diferença entre os resultados de temperatura, oxigênio dissolvido e turbidez. Os resultados da avaliação de concordância estatística entre os resultados do PAR e os parâmetros físico-químicos apontaram baixa reprodutibilidade ($k < 0,35$), indicando que não foi encontrada concordância estatisticamente significativa entre os resultados obtidos do PAR e da análise físico-química da água. Esse resultado indica que o PAR, mesmo sendo uma ferramenta importante para as avaliações ambientais em rios, não deve ser considerado substituto aos métodos de avaliação físico-químicos da água, e sim um complemento para avaliação integrada do ecossistema. Recomendamos o reflorestamento da mata ciliar e o tratamento adequado dos efluentes de indústrias antes do lançamento no rio Pardo. Cabe destacar que o nosso grupo de pesquisa está propondo, perante agências de fomento, a realização de um estudo de avaliação de risco para a população frente à exposição a pesticidas e fertilizantes presentes nesse corpo hídrico, considerando as extensivas culturas agrícolas da região.

Palavras-chave: Bacias Hidrográficas. Indicadores Ambientais. Monitoramento Ambiental. Saúde Ambiental. Água doce.

ABSTRACT

SAMPAIO, C.F. **Environmental assessment of the Pardo river, Brazil: emphasis on Permanent Preservation Areas, aquatic ecosystems and surface water physicochemical conditions.** Master's Thesis – University of São Paulo at Ribeirão Preto, College of Nursing in Ribeirão Preto. 2012.

The Pardo river is the main river of Pardo basin in the states of Minas Gerais and São Paulo, Brazil and is considered an important water body in the region. This study aimed to conduct an environmental assessment in the Pardo river, integrating the characterization of the status of Permanent Preservation Areas (PPA), the integrity of habitats from a Rapid Assessment Protocol (RAP) and monitoring of physico-chemical parameters of water. Also, an objective of this study was to assess whether there is any degree of statistical correlation between the results of the RAP and the physico-chemical parameters of the water. Twelve stretches were evaluated in the Pardo river, from its source to its mouth, completing 550 km in four data collection campaigns, two in the rainy season and two in the dry season. In each stretch, was characterized the condition of PPA and qualified the following parameters RAP: Substrates and/or habitats available, Speed/depth regimes, Sediment deposition, Channel flow conditions, Channel changes, Channel sinuosity, Margins stability, Margins protection by vegetation, Conservation status of the surrounding vegetation, Solid materials floating. Also in each stretch were analyzed pH, temperature, turbidity, dissolved oxygen, water electrical conductivity. The results of PPAs conditions indicates that none of the evaluated stretch had the limits established by law respect (BRASIL, 2012). The evaluation results for the PAR revealed that most of the sections was classified as in "Good" conditions. The difference in assessments of the conditions of the PPAs with the results of PAR may be due to the fact that the check from PAR allows the existence of substrates for colonization by fauna composition of riparian vegetation. The results of physicochemical parameters revealed that the pH of stretches 1 and 2 were below the limits established by law (BRASIL, 2005), the lowest temperatures were recorded in sections 1 and 2, the results of dissolved oxygen in the water indicate that the stretch 12 was below the limits established by law (BRASIL, 2005). The comparison between the results of physicochemical parameters during the wet and dry periods show that were difference between the results of temperature, dissolved oxygen and turbidity. The results of the statistical evaluation of agreement between the results of the PAR and the physico-chemical parameters showed poor reproducibility ($k < 0.35$), indicating no statistically significant correlation was found between the results of the RAP and physicochemical analysis of water. This result indicates that the RAP, despite being an important tool for environmental assessments in rivers should not be considered as an alternative to methods of physico-chemical assessment of water, but a complement to integrated assessment of ecosystem. We recommend the riparian vegetation reforestation and industry effluent proper treatment before launching into the Pardo river. It is worth noting that our research group is proposing to carry out an evaluating risk to the population about exposure to pesticides and fertilizers in this river, considering the extensive agricultural crops in the region.

Keywords: Hydrographic Basins. Environmental Indicators. Environmental Monitoring. Environmental Health. Fresh Water.

RESUMEN

SAMPAIO, C.F. **Evaluación ambiental del Río Pardo, Brasil: énfasis en Áreas de Preservación Permanente, los ecosistemas acuáticos y la superficie de condiciones físico-químicas del agua.** Disertación (maestría) – Escuela de Enfermería de Ribeirão Preto, Universidad de São Paulo, Ribeirão Preto. 2012.

El río es el principal efluente Cuenca Pardo Pardo en el estado de Minas Gerais y São Paulo, Brasil, y se considera un cuerpo de agua importante en la región. Este estudio tuvo como objetivo realizar una evaluación ambiental en el Río Pardo, la integración de la caracterización de la situación de Áreas de Preservación Permanente (APP), la integridad de los hábitats de un Protocolo de Evaluación Rápida (PER) y el monitoreo de parámetros físico-químicos de agua. Además, el objetivo de este estudio fue evaluar si existe algún grado de correlación estadística entre los resultados del PER y de los parámetros físico-químicos del agua. Doce (12) transectos fueron evaluados en el río Pardo, desde su nacimiento hasta su desembocadura, por un total de 550 km en cuatro campañas de recolección de datos, dos en la temporada de lluvias y dos en la estación seca. En cada transecto, la condición se caracteriza APP y calificó el PER parámetros siguientes: Sustratos y / o hábitats disponibles Regímenes de velocidad / profundidad, la deposición de sedimento, las condiciones del canal de flujo, los cambios en el canal, la sinuosidad canal, Estabilidad los bancos, los bancos con protección de la vegetación, el estado de conservación de la vegetación circundante, sólidos materiales flotantes. También en cada transecto se analizaron pH, temperatura, turbidez, oxígeno disuelto, la conductividad del agua. Los resultados indican las condiciones de APPs en cualquiera de las secciones fueron evaluadas con respecto a los límites establecidos por la ley (BRASIL, 2012). Los resultados de la evaluación para el PER reveló que la mayoría de los transectos se clasifican como en "Buenas" condiciones. La diferencia en las evaluaciones de las condiciones de los PPAs con los resultados de PER puede ser debido al hecho de que la verificación de la existencia de sustratos para la colonización hasta la composición de la vegetación ribarina. Los resultados de los parámetros físicoquímicos reveló que el pH de los transectos 1 y 2 estaban por debajo de los límites establecidos por la ley (BRASIL, 2005), las temperaturas más bajas se registraron en las transectos 1 y 2, los resultados de oxígeno disuelto en el agua indican que el transecto 12 estuvo por debajo de los límites establecidos por la ley (BRASIL, 2005). La comparación entre los resultados de los parámetros físicoquímicos durante los períodos de lluvia y seca muestran que había una diferencia entre los resultados de la temperatura, oxígeno disuelto y turbidez. Los resultados de la evaluación estadística de acuerdo entre los resultados de la PER y los parámetros físicoquímicos de una reproducibilidad pobre ($k < 0,35$), indicando que no hay correlación estadísticamente significativa entre los resultados del análisis de PER y físicoquímicas de agua. Este resultado indica que el PER, a pesar de ser una herramienta importante para las evaluaciones ambientales en ríos no debe ser considerada como una alternativa a los métodos de evaluación físicoquímico del agua, sino que es complementaria a la evaluación integrada de los ecosistemas. Se recomienda la reforestación de la vegetación ribereña y el tratamiento adecuado de los efluentes de las industrias antes de lanzar en el río Pardo. Cabe destacar que nuestro grupo de investigación proponiendo frente agencias de fomento la realización de un estudio de evaluación de riesgo para a población considerando a exposición a pesticidas y fertilizantes, dada a extensa actividad agrícola em la región.

Palabras clave: Cuencas Hidrográficas. Indicadores Ambientales. Monitoreo del Ambiente. Salud Ambiental. Agua Dulce.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Distribuição espacial da disponibilidade hídrica superficial por microbacia. Adaptado do informe da Agência Nacional de Águas (2012)...	27
Figura 2 -	Matriz institucional do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, adaptado do informe da Agência Nacional de Águas (2012).....	28
Figura 3 -	Fitofisionomias da cobertura vegetal presente na UGRHI 4 em área e porcentagem de ocorrência. Fonte: CPTI (2008).....	30
Figura 4 -	Representação esquemática da classificação das 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos por vocação. Adaptado de CETESB (2010).....	41
Figura 5 -	Municípios com área na Bacia do rio Pardo (UGRHI 4). Fonte: CPTI (2008).....	41
Figura 6 -	Distribuição dos principais produtos da agricultura temporária na área de abrangência da Bacia do Pardo. Fonte: CPTI (2008).....	42
Figura 7 -	Mapa hidrológico com os trechos de coleta de dados ao longo do rio Pardo e respectivas coordenadas.....	43
Figura 8 -	Representação dos 12 trechos de coleta e projeção da extensão de cada trecho analisado.....	43
Figura 9 -	Imagens de satélite apontando os 12 trechos estabelecidos e suas margens no rio Pardo, Brasil. (Fonte: GOOGLE Inc., 2012).....	52
Figura 10 -	Localização geográfica, vista parcial e resultados das avaliações ambientais pelo PAR no trecho 1 nos períodos chuvosos e secos e a mediana dos períodos de amostragem.....	53
Figura 11 -	Localização geográfica, vista parcial e resultados das avaliações ambientais pelo PAR no trecho 2 nos períodos chuvosos e secos e a mediana dos períodos de amostragem.....	55
Figura 12 -	Localização geográfica, vista parcial e resultados das avaliações ambientais pelo PAR no trecho 3 nos períodos chuvosos e secos e a mediana dos períodos de amostragem.....	56
Figura 13 -	Localização geográfica, vista parcial e resultados das avaliações ambientais pelo PAR no trecho 4 nos períodos chuvosos e secos e a mediana dos períodos de amostragem.....	57
Figura 14 -	Localização geográfica, vista parcial e resultados das avaliações ambientais pelo PAR no trecho 5 nos períodos chuvosos e secos e a mediana dos períodos de amostragem.....	58

Figura 15 -	Localização geográfica, vista parcial e resultados das avaliações ambientais pelo PAR no trecho 6 nos períodos chuvosos e secos e a mediana dos períodos de amostragem.....	59
Figura 16 -	Garrafa PET descartada de maneira inadequada na margem esquerda do trecho 10 do rio Pardo.....	60
Figura 17 -	Localização geográfica, vista parcial e resultados das avaliações ambientais pelo PAR no trecho 7 nos períodos chuvosos e secos e a mediana dos períodos de amostragem.....	61
Figura 18 -	Recipiente plástico descartado no leito do trecho 7 do rio Pardo.....	62
Figura 19 -	Localização geográfica, vista parcial e resultados das avaliações ambientais pelo PAR no trecho 8 nos períodos chuvosos e secos e a mediana dos períodos de amostragem.....	63
Figura 20 -	Localização geográfica, vista parcial e resultados das avaliações ambientais pelo PAR no trecho 9 nos períodos chuvosos e secos e a mediana dos períodos de amostragem.....	64
Figura 21 -	Localização geográfica, vista parcial e resultados das avaliações ambientais pelo PAR no trecho 10 nos períodos chuvosos e secos e a mediana dos períodos de amostragem.....	65
Figura 22 -	Localização geográfica, vista parcial e resultados das avaliações ambientais pelo PAR no trecho 11 nos períodos chuvosos e secos e a mediana dos períodos de amostragem.....	66
Figura 23 -	Localização geográfica, vista parcial e resultados das avaliações ambientais pelo PAR no trecho 12 nos períodos chuvosos e secos e a mediana dos períodos de amostragem.....	68
Figura 24 -	Materiais sólidos recicláveis descartados nas margens do rio Pardo.....	69
Figura 25 -	Mediana das pontuações obtidas com a aplicação do PAR nas quatro campanhas de coleta de dados por trecho do rio Pardo. 2011-2012.....	70
Figura 26 -	Medianas dos resultados das pontuações obtidas nas campanhas de coleta dos períodos chuvosos e secos, por parâmetro do PAR.....	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Municípios pertencentes a UGRHI 04 com índice de tratamento de esgoto doméstico inferior a 80%.....	31
Tabela 2 -	Categorias das condições ambientais consideradas no PAR.....	45
Tabela 3 -	Características do curso de água e condições das APPs nas margens dos trechos estudados ao longo do rio Pardo, Brasil. 2011-2012.....	50
Tabela 4 -	Medianas dos resultados dos parâmetros físico-químicos por trecho de amostragem nas quatro campanhas de coleta de dados. 2011-2012.....	73
Tabela 5 -	Medianas dos parâmetros físico-químicos de acordo com o período de amostragem no rio Pardo. 2011-2012.....	74

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ONU	Organização das Nações Unidas
UGRHI	Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos
PAR	Protocolos de Avaliação Rápida
OMS	Organização Mundial da Saúde
OPAS	Organização Pan-Americana da Saúde
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
ANA	Agência Nacional de Águas
CBH	Comitês de Bacia Hidrográfica
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
APP	Área de Preservação Permanente
OD	Oxigênio dissolvido
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
RIPSA	Rede Interagencial de Informação para a Saúde
EERP/USP	Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo
SU	Substratos e/ou habitats disponíveis
VE	Regimes de velocidade e profundidade
DE	Deposição de sedimento
ES	Condições de escoamento do canal
AL	Alterações no canal
SI	Sinuosidade do canal
EM	Estabilidade das margens
PV	Proteção das margens pela vegetação
CV	Conservação da vegetação ao entorno
SF	Materiais sólidos flutuantes

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	17
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	21
2.1 Saúde Pública e Saúde Ambiental.....	22
2.2 Qualidade Ambiental de rios.....	23
2.3 Recursos hídricos superficiais no Brasil.....	26
2.4 Bacia Hidrográfica do Rio Pardo (UGRHI 4).....	29
2.5 Condições das Áreas de Preservação Permanente.....	31
2.6 Avaliação de ecossistemas aquáticos superficiais.....	32
2.7 Parâmetros físico-químicos.....	35
3. OBJETIVOS.....	37
3.1 Objetivo geral.....	38
3.2 Objetivos específicos.....	38
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	39
4.1 Tipo de estudo.....	40
4.2 Local de estudo.....	40
4.3 Coleta de dados.....	42
4.4 Instrumentos de coleta de dados.....	44
4.4.1 Condições das Áreas de Preservação Permanente (APPs).....	44
4.4.2 Protocolo de Avaliação Rápida.....	44
4.4.2.1 Adequações no PAR.....	45
4.4.3 Parâmetros físico-químicos.....	46
4.5 Análise dos dados.....	46
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	48
5.1 Condições das Áreas de Preservação Permanente.....	49
5.2 Integridade dos ecossistemas aquáticos superficiais – PAR.....	53
5.3 Qualidade físico-química da água.....	72
5.4 Reprodutibilidade entre os resultados do PAR e parâmetros físico-químicos.....	76
6. CONCLUSÃO.....	77
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	80
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	82
APÊNDICES.....	89
APÊNDICE A - Protocolo de Avaliação Rápida (PAR).....	90
APÊNDICE B - Dados obtidos para os 12 trechos do rio Pardo por campanha de coleta, mediante aplicação do PAR. 2011-2012.....	93

APÊNDICE C – Dados obtidos nas avaliações dos parâmetros físico-químicos nos 12 trechos do rio Pardo por campanha de coleta. 2011-2012.....	94
APÊNDICE D – Resultados dos testes realizados com os valores dos parâmetros do PAR para verificação de diferença estatística entre os períodos de coleta de dados.....	95
APÊNDICE E – Resultados dos testes realizados com os valores dos parâmetros físico-químicos para verificação de diferença estatística entre os períodos de coleta de dados.....	98
ANEXOS.....	100
Anexo I - Dados elementares do Projeto “ <i>Herramienta de gestión ambiental para la evaluación de riesgos en cuencas hidrográficas</i> ”, do Lab. de Ecotoxicologia e Parasitologia Ambiental EERP/USP e Grupo Tecnatox da URV/Espanha. Apoio da Agência Espanhola de Cooperação Internacional, Programa de Cooperação Inter-Universitária e Pesquisa Científica.....	101

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural indispensável para o estabelecimento da vida em todas suas formas. Desde as primeiras comunidades humanas, verifica-se que a proximidade ou não com alguma fonte de água é um fator de indubitável relevância na escolha do local para habitar. De acordo com a Organização das Nações Unidas (2012) apesar de 89% de a população mundial ter acesso a fontes tratadas de água, cerca de 780 milhões de pessoas ainda não tem acesso a água potável, com grandes variações por região. Apenas 61% da população na África Subsaariana tem acesso a fontes de abastecimento de água tratada, em comparação com 90% ou mais em outras regiões como América Latina, Caribe, Norte da África e grande parte da Ásia.

Os rios são fontes de água muito utilizados para abastecimento público, após o devido tratamento. Além disso, diversos são os usos desse recurso natural pelos seres humanos, como uso industrial, irrigação de culturas agrícolas, geração de energia elétrica, transporte, recreação, dentre outros. A necessidade de se olhar para questões referentes à garantia de acesso e a qualidade da água fazem-se cada vez mais evidente nos dias de hoje com os hábitos e padrões de vida das populações.

As alterações nos rios realizadas sem controle e sem estudo prévio das condições naturais do ambiente podem ocasionar efeitos prejudiciais à qualidade da água e aos seres vivos. Mudanças como remoção de sedimentos, remoção da mata ciliar, despejo de efluentes sem tratamento adequado no corpo hídrico, podem resultar em variações na oferta de recursos alimentares a peixes e outros organismos, diminuição na diversidade de habitats, alteração nas características físico-químicas da água e potencializar desequilíbrios no ecossistema (LIU; CHEN; LI, 2010).

As Áreas de Preservação Permanente (APP) foram determinadas pelo Código Florestal brasileiro como áreas com ou sem vegetação, destinadas à proteção do meio ambiente e manutenção da vida em toda sua diversidade (BRASIL, 2012). Ao avaliar o cumprimento da legislação no que tange a preservação das matas ciliares, visando atender o que fora proposto para APPs, pretende-se avaliar as alterações na paisagem devidas a ações naturais e/ou antrópicas, buscando as possíveis causas e efeitos dessas alterações no ecossistema.

A conservação das matas ciliares está relacionada a diversos fatores benéficos ao meio ambiente, como a conservação da biodiversidade. São responsáveis por estabelecerem corredores ecológicos para espécies animais, pela dispersão de sementes, para a diminuição dos processos erosivos e pela diminuição dos processos de empobrecimento do solo ao conservarem os nutrientes desses locais (SÃO PAULO, 2011).

Para avaliação de indicadores ambientais em rios propõem-se o uso de Protocolos de Avaliação Rápida (PAR) como ferramentas complementares, com as quais é possível verificar alterações no curso d'água, resíduos sólidos dispostos de maneira inadequada, atividades antrópicas desenvolvidas nas margens, dentre outros. Essas informações não são possíveis de serem constatadas por análises tradicionais da qualidade da água de rios, como os parâmetros físico-químicos e microbiológicos, o que pode subestimar a real magnitude dos danos causados ao ambiente (ADEYEMO, 2008; FLOTEMERSCH et al., 2011; JAMES et al., 2012). Além disso, no contexto de gestão de bacias hidrográficas, ferramentas visuais como o PAR permitem a inserção da comunidade no monitoramento de rios, visando agregar pessoas e despertar a consciência para a conservação ambiental (RODRIGUES; MALAFAIA; CASTRO, 2008).

As avaliações de indicadores físico-químicos da água de rios são de fundamental importância para verificar a qualidade desse recurso. A superfície dos rios permite que haja intensa interação com o ambiente externo às suas águas, influenciando as propriedades físicas e químicas da água. A água da chuva, a geologia, o declive do leito, as matas ciliares e as interferências humanas são exemplos de fatores externos que podem influenciar as características físicas e químicas da água do rio, e devem ser consideradas em avaliações abrangentes desse ambiente. Indicadores físico-químicos de contaminação das águas superficiais permitem verificar focos de contaminação, como esgoto urbano e efluentes industriais, e por meio dessas informações é possível propor tratamento dos efluentes e outras medidas que visem evitar a contaminação dos corpos de água (PERES; KRUPPEK; BRANCO, 2009).

No Brasil, diversas são as cidades que fazem uso de águas subterrâneas como fonte de abastecimento público, como a cidade de Ribeirão Preto, SP, que capta água do Aquífero Guarani. Entretanto, alguns estudos têm demonstrado que há indícios de contaminação das águas do aquífero por pesticidas usados nas culturas agrícolas da região, o que compromete a qualidade da água e podendo gerar riscos à Saúde Pública (DANTAS et al., 2011).

Considerando o potencial comprometimento da qualidade da água e o rebaixamento que vem apresentando o Aquífero Guarani, vem sendo cogitada como alternativa a essa questão o tratamento e distribuição de águas de fontes superficiais, como o rio Pardo, principal rio da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) 4, e devido a proximidade com o município de Ribeirão Preto. Entretanto, faz-se necessário avaliar e monitorar constantemente os indicadores da qualidade ambiental do rio Pardo, com a

finalidade conservar o meio ambiente e proporcionar água de qualidade à população que venha a fazer uso desse recurso como fonte de abastecimento.

A preservação dos rios ocupa importante papel no contexto da Saúde Pública. Nesse sentido, as avaliações ambientais das condições das APPs, os indicadores de qualidade ambiental por meio do PAR e o monitoramento de parâmetros físico-químicos da água fazem-se necessárias e de suma importância para a sociedade como um todo, em especial para as populações residentes na UGRHI 4. A aplicação de ferramentas de avaliação ambiental na bacia do rio Pardo, a qual abrange um elevado número de municípios e um grande contingente populacional, justifica o presente estudo no contexto das ações dos Comitês de Bacias Hidrográficas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Saúde Pública e Ambiental

O conceito de Saúde Pública sob a ótica do Estado pode ser entendido como a aplicação de conhecimentos (médicos ou não), com o objetivo de organizar sistemas e serviços de saúde (ARRETCHE; MARQUES, 2002). Valendo-se de várias hipóteses, Winslow (1920, p. 30) constata que:

A saúde pública é a ciência e a arte de prevenir a doença, prolongar a vida, e promover a saúde e eficiência física através de esforços comunitários organizados para o saneamento do meio ambiente, o controle de infecções comunitárias, a educação do indivíduo em princípios de higiene pessoal, organização do serviço médico e de enfermagem para o diagnóstico precoce e tratamento preventivo da doença, e para o desenvolvimento da máquina social que irá assegurar a cada indivíduo na comunidade um padrão de vida adequado para a manutenção da saúde.

Rosen (1993) ilustra a relação existente entre as várias áreas envolvidas na Saúde Pública, como a vida em comunidade, o controle de doenças transmissíveis, o controle e a melhoria do ambiente físico (saneamento), a obtenção de água em boa qualidade e em quantidades adequadas, a provisão de cuidados médicos, e o atendimento dos incapacitados e destituídos. A ênfase colocada em cada uma dessas áreas tem variado, mas todas estão inter-relacionadas e delas se originou a Saúde Pública como a conhecemos nos dias de hoje.

As preocupações com as questões ambientais estão inseridas na Saúde Pública desde seus primórdios, e a essa temática atribuiu-se a denominação Saúde Ambiental. Trata-se de um amplo campo de estudo, que envolve o controle e a prevenção de fatores do meio ambiente que, potencialmente, possam prejudicar a saúde de gerações atuais e futuras (RIBEIRO, 2004).

Em seu livro *Ares, Águas e Lugares*, Hipócrates (460 a.C. - 370 a.C.) indicava a importância de observar a influência do meio físico, como a qualidade das águas, na saúde e na doença da população (REGO, 2006). No Brasil, o Ministério da Saúde instituiu o campo de conhecimento “Saúde Ambiental”. Como cenário dinâmico, a saúde-doença sofre influência do meio ambiente pela interação de diversos fatores de risco e, desta forma, a atuação sobre esses fatores, no que diz respeito à melhora da qualidade dos elementos do meio ambiente, poderá também beneficiar as condições de saúde da população.

Em meados dos anos 1990, a Organização Mundial da Saúde (OMS) e a Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS) começaram a elaborar indicadores para mensurar a saúde ambiental. Para isso, era necessário englobar dois fatores de extrema importância, que são a exposição a fatores ambientais e seu impacto sobre a saúde. Além

disso, em saúde ambiental definiam-se os problemas ambientais principalmente relacionados à exposição e efeito, objetivando reduzir ou eliminar a exposição e controlar os efeitos na saúde (RIPSA, 2008).

Segundo o Ministério da Saúde (2011), os indicadores ambientais são utilizados para avaliação das pressões causadas sobre o meio ambiente, bem como a efetividade da gestão ambiental. Por meio dos resultados obtidos com a avaliação dos indicadores, é possível verificar a qualidade da água, ar e solo do ponto de vista físico e químico, e sobre as condições da biodiversidade. Indicadores sobre concentração e emissão de poluentes no ar, poluição orgânica e inorgânica na água e no solo, gases do efeito estufa, recursos naturais, produção de dejetos, variabilidades climáticas, dentre outros, não foram criados especificamente para apontar problemas de saúde, embora estejam relacionados direta e indiretamente a estes.

2.2 Qualidade ambiental de rios

Os rios são ambientes aquáticos continentais e superficiais com baixas concentrações de sais dissolvidos. As primeiras informações sobre os estudos desses ambientes remontam ao tempo de Aristóteles (384-322 a. C.) o qual, assim como outros filósofos, registraram inúmeras considerações a respeito dos rios e sua fauna nativa. No Brasil, os estudos dos rios surgiram com caráter naturalista, junto às expedições exploratórias que percorriam a Amazônia gerando os primeiros conhecimentos limnológicos e a identificação de inúmeras espécies animais e plantas (TUNDISI, 2005).

A possível origem dos rios está relacionada a diversos fatores interligados, como o regime de chuvas, o tipo de solo, o relevo e o clima da região. A interação entre os fatores pluviométricos, físicos e geográficos resulta em variações nos graus de umidade temporal e espacial. Em locais onde as chuvas são relativamente abundantes, como no Brasil, os excedentes hídricos formam o escoamento superficial que deságua nos rios e lagos naturais, outra parcela infiltra nos terrenos da bacia hidrográfica, alimentando a umidade do solo e lençóis freáticos, e outra parcela é evaporada para a atmosfera. Sendo assim, devido a características particulares e naturais das regiões equatoriais, os maiores rios do mundo estão total ou parcialmente situados nesses locais (REBOUÇAS, 2006).

A disponibilidade hídrica, dentre outros fatores, está relacionada à sazonalidade. A variabilidade sazonal pode determinar cenários demasiado opostos entre si durante o ano, e essa variação está relacionada ao regime pluviométrico de cada bacia. Em regiões como o

Nordeste brasileiro, a paisagem se modifica sensivelmente entre o período chuvoso e seco, devido à alta evaporação e pouca precipitação. O ciclo da água promove a renovação dos volumes de água estocados nas calhas dos rios, no entanto isso não significa que este recurso em qualidade seja infinito. A descarga de poluentes nos corpos hídricos encarece os processos de tratamento para captação da água, o que, dependendo de fatores econômicos, inviabiliza a oferta para abastecimento público, por exemplo (TUCCI; HESPANHOL; CORDEIRO NETTO, 2001).

O tamanho do corpo hídrico influencia diretamente em diversas de suas características. Quanto maiores as distâncias entre a foz de um rio e suas cabeceiras mais as substâncias se acumulam. Assim, grandes rios são os sistemas mais perturbados, por sofrerem influência de seus afluentes e de fatores estabelecidos em suas margens, como uso e ocupação do solo, por exemplo (FLOTEMERSCH; STRIBLING; PAUL, 2006).

Como resultado observa-se a dificuldade em estabelecer condições de referência, ou seja, não perturbadas em grandes rios. Por essa razão verifica-se a necessidade de emprego de métodos de avaliação adaptados às circunstâncias especiais que apresentam os grandes rios. Por exemplo, tipos de substratos ou troncos de árvores caídos que podem servir de habitat e proteção a peixes e outros organismos aquáticos, variações no regime de velocidade e profundidade, por proporcionarem diversidade de micro-habitats aos organismos e influenciarem a dinâmica da comunidade biológica (POULTON et al., 2003).

Os ambientes de água doce apresentam características particulares distintas dos demais ambientes aquáticos, como elevada capacidade de solubilização de compostos orgânicos e inorgânicos, possibilitando a absorção de nutrientes aos organismos autotróficos, principalmente. Os rios possuem gradientes verticais e, em alguns casos, horizontais, verificados devido a diferenças na distribuição de luz, nutrientes, temperatura e gases, o que influencia na distribuição dos organismos aquáticos.

O rio encontra-se em contato direto ou indireto com a atmosfera, com o solo adjacente, com as regiões de suas cabeceiras e com o mar, sendo considerado importante elo para a manutenção e evolução da vida. Como membro efetivo do ambiente e em constante troca de matéria e energia com a paisagem, o rio deve ser estudado de maneira ampla, ou seja, levando em consideração todas as influências externas e internas a ele, o que valoriza e justifica pesquisas holísticas do ambiente ripário (TUNDISI, 2005).

No decorrer dos séculos, a ação humana sobre os corpos hídricos tem resultado em uma série de prejuízos a este ambiente. Remoção da mata ciliar, despejo de poluentes, pesca extensiva, construção de casas nas margens, culturas agropecuárias irregularmente

próximas ao corpo hídrico, canalizações, barragem, são alguns dos exemplos de ações humanas sobre esse ambiente que resultam em alterações nas características naturais e que são, muitas vezes, desfavoráveis à manutenção da vida. As alterações no corpo hídrico podem resultar em variações na oferta de recursos alimentares a organismos aquáticos, diminuição da diversidade de habitats, modificação nas características físico-químicas da água e desequilíbrio desse ecossistema (MORETTI; GOULART; CALLISTO, 2003).

A Revolução Industrial constituiu um marco na degradação dos ambientes naturais. Em conjunto com o desenvolvimento e mudanças tecnológicas que essa revolução trouxe à sociedade moderna, verifica-se também o aumento dos danos causados pela atividade industrial e exploratória nos ambientes aquáticos. O lançamento de efluentes industriais e domésticos sem tratamento, a captação irregular da água para uso em seus processos, o desenvolvimento da hidráulica e hidrologia, enumeram alguns dos efeitos deletérios aos corpos hídricos provocados pelo crescimento industrial e urbano nesse período. Devido às extensas áreas naturais ainda não exploradas na época, as alterações nas características do meio ambiente não receberam atenção e cuidado devido, os quais visariam à minimização dos impactos das atividades pelos produtores (FRANCO; DRUCK, 1998).

Ao final do século XIII, com a forte influência da engenharia fluvial, e no fim do século XIX a maioria dos rios europeus já havia sido canalizada ou alterada. Essa tendência de intervenções expandiu-se ao século XX, com a construção, por todo o mundo, de enormes obras hidráulicas de diversos fins. Ao final do século XX, os estudos passaram a ter enfoque nos rios com destaque a abordagens hidrológicas com fins econômicos, dentre eles a retificação de cursos d'água para a navegação, construções de barragens, redes de captação de água superficial e obras de saneamento em regiões criticamente poluídas (RODRIGUES; MALAFAIA; CASTRO, 2008).

No Brasil, o artigo 225 da Constituição Federal (BRASIL, 1988) estabelece que “todos tem o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”. Já o Código Civil (BRASIL, 2002), artigo 1.291, determina que “o possuidor do imóvel superior não poderá poluir as águas indispensáveis às primeiras necessidades da vida dos possuidores dos imóveis inferiores; as demais, que poluir, deverá recuperar, ressarcindo os danos que estes sofrerem, se não for possível a recuperação ou o desvio do curso artificial das águas”.

A preservação dos rios faz-se extremamente importante no contexto da Saúde Pública, tendo em vista os múltiplos usos que podem ser feitos desse recurso. Desde o

abastecimento público até a recreação, populações humanas estão expostas a contaminações por meio da água. Os poluentes lançados no corpo receptor acabam por serem inseridos na cadeia alimentar chegando ao consumidor final, o ser humano, podendo manifestar diversos malefícios a sua saúde (PRÜSS-ÜSTÜN et al., 2008).

Alterações realizadas pelo ser humano na paisagem do corpo hídrico, como remoção da mata ciliar, podem resultar em aumento da incidência de vetores transmissores de doenças ao próprio ser humano. A OMS enumera medidas de manipulações do ambiente que podem ser tomadas visando minimizar a incidência de vetores de doenças relacionados aos corpos hídricos de acordo com a localidade, tais como a remoção de plantas aquáticas de corpos d'água (pois podem servir de ambiente favorável à reprodução de insetos) e introdução de predadores, como peixes larvicidas, medidas essas controversas no sentido da preservação ambiental (PRÜSS-ÜSTÜN et al., 2008).

Além disso, é relevante ressaltar a incidência de inúmeras doenças de veiculação hídrica como hepatite, cólera, diarreia, parasitoses intestinais e muitas outras que estão diretamente relacionadas à falta de saneamento adequado e gerenciamento deficitário dos recursos hídricos superficiais. Essas doenças afetam significativamente as crianças e indivíduos tidos como em situações de risco, como os imunodeprimidos, por exemplo, pois um ambiente contaminado por resíduos fecais favorece a disseminação de doenças diarreicas, que estão entre as principais causas de mortalidade entre crianças com menos de cinco anos (CASTANIA, 2009).

Estima-se que aproximadamente 94% dos casos de diarreia no mundo estão associados a fatores ambientais de risco, como utilização de água contaminada e condições precárias de saneamento, e cerca de 1,5 milhão de mortes por doenças diarreicas por ano que ocorrem no mundo são atribuídas à fatores ambientais. Ainda, casos de ascaridíase, tricuriase, ancilostomíase e esquistossomose poderiam ser em grande parte evitados com melhorias na qualidade da água, higiene e saneamento (PRÜSS-ÜSTÜN, A.; CORVALÁN, 2006).

2.3 Recursos hídricos superficiais no Brasil

O Brasil é constituído de três grandes bacias, sendo elas a Bacia do rio Amazonas, Bacia do rio Tocantins e a Bacia do rio São Francisco, e possui grande abundância hídrica quando comparado a outros países do globo. Com uma área de 8.514.876,599 km² e quase 195 milhões de habitantes, o Brasil possui elevada diversidade climática, geológica e

pluviométrica, o que proporciona ao país excedentes hídricos que alimentam uma das mais extensas redes de rios perenes do mundo (REBOUÇAS, 2006).

Mundialmente, os volumes de água doce nos estoques de rios e lagos são de cerca de 200 mil km³. Esses corpos de água são os mais acessíveis e viáveis à utilização social e econômica pelas populações humanas quando comparamos com outras fontes, como as águas subterrâneas, e são essenciais aos ecossistemas (REBOUÇAS, 2006). Os recursos hídricos superficiais gerados no Brasil representam 50% do total dos recursos da América do Sul e 11% dos recursos mundiais, totalizando cerca de 168.000 m³/s. No entanto, a distribuição desses recursos no país e durante o ano não é uniforme, destacando-se os extremos do excesso de água na Amazônia e as limitações de disponibilidade no Nordeste (Figura 1).

Figura 1. Distribuição espacial da disponibilidade hídrica superficial por microbacia. Fonte: Informe da Agência Nacional de Águas (2012).

Além disso, devido ao elevado contingente demográfico, em algumas localidades, pode haver escassez de recursos hídricos em qualidade adequada ao abastecimento público.

Observa-se que a bacia do Paraná, onde se localiza o estado de São Paulo e se concentra grande parte da população do País, possui o maior consumo, seguido pelo da bacia do Atlântico Leste (TUCCI; HESPANHOL; CORDEIRO NETTO, 2001). Problemas de abastecimento resultam da combinação entre crescimento da demanda por água e da degradação da sua qualidade, como consequência do crescimento desordenado das zonas urbanas e expansão das atividades industriais (REBOUÇAS, 2006).

Ademais, alguns grupos populacionais centrados na premissa da abundância de água disponível, mantém a cultura do desperdício. O Estado, por sua vez, deixa a desejar quando o assunto é investir recursos necessários à preservação, uso e proteção dos recursos hídricos. Outra questão limitante quando se trata dos recursos hídricos no Brasil é sua desvalorização econômica, isto é, a água tem sido considerada como um bem livre de uso comum (REBOUÇAS, 2006).

A Política Nacional dos Recursos Hídricos (BRASIL, 1997) é implementada pelo Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), o qual é composto por entidades nos âmbitos Nacional, Estadual e por Bacia Hidrográfica. A Figura 2 apresenta a matriz institucional do SINGREH.

Figura 2. Matriz institucional do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Fonte: Informe da Agência Nacional de Águas (2012).

A gestão das águas no Brasil é realizada de maneira descentralizada, porém os órgãos estão hierarquicamente conectados e trabalham por cooperação. As principais competências do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, superior colegiado de recursos hídricos, são promover a articulação do planejamento dos recursos hídricos com os planejamentos nacional, regional, estaduais e dos setores usuários. Aos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos cabe deliberar sobre as acumulações, derivações, captações e lançamentos em recursos hídricos de pouca expressão, quando os recursos forem de domínio estadual (BRASIL, 1997).

A Agência Nacional de Águas (ANA), vinculada ao Ministério do Meio Ambiente, tem por finalidade implementar os instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos e coordenar o SINGREH. Os Comitês de Bacia Hidrográfica (CBH) têm por competência promover o debate das questões relacionadas a recursos hídricos e articular a atuação das entidades intervenientes. As Agências de Água funcionam como uma espécie de secretarias dos CBHs, e têm por função o desempenho das atividades técnicas necessárias para que as deliberações dos CBHs possam ser executadas, sendo que uma mesma Agência de Água pode prestar serviço para mais de um CBH (BRASIL, 2000).

2.4 Bacia Hidrográfica do Rio Pardo (UGRHI 4)

Considerada uma região em industrialização pelo governo do Estado de São Paulo, a UGRHI 4 destaca-se por apresentar vegetação natural disseminada em toda a região, acompanhando os principais cursos d'água. O município com maior percentual de área com vegetação natural, de acordo com o relatório técnico Cooperativa de Serviços e Pesquisas Tecnológicas e Industriais (CPTI) do ano de 2008, é o de Santa Cruz da Esperança com 15,7%, seguido pelos municípios de Cajuru (14,6%), Cássia dos Coqueiros (11,3%) e São Sebastião da Gramma (11,0%). Os municípios com menores percentuais de área ocupadas por vegetação natural são: Cravinhos (3,1%), Ribeirão Preto (3,3%), Brodowski (3,5%) e Sales Oliveira (4,0%). É importante ressaltar que essas áreas de vegetação natural são constituídas por 5.783 fragmentos, dentre os quais a maioria (68,53%) é de fragmentos menores do que 10 hectares, o que demonstra o alto grau de fragmentação da paisagem na Bacia Hidrográfica do rio Pardo.

A Figura 3 apresenta os tipos e frequências de ocorrência da vegetação na UGRHI 4.

Figura 3. Fitofisionomias da cobertura vegetal presente na UGRHI 4 em área e porcentagem de ocorrência. Fonte: CPTI (2008).

Verifica-se na UGRHI 4 numerosas áreas desmatadas e recobertas por pastagens e campos artificiais, além de coberturas residuais baixas representadas por glebas aparentemente desprovidas de cuidados (CPTI, 2008). As atividades agrícolas desenvolvidas na bacia são destacadas pela cultura temporária de cana-de-açúcar, seguidas da cultura do amendoim, arroz, batata-inglesa, cebola, feijão, milho, soja e tomate. Quanto às culturas perenes, os principais produtos cultivados são o abacate, café, laranja, limão, tangerina, sendo o café o principal produto.

Em inventário florestal da vegetação natural, verifica-se que o tipo de vegetação predominante na região administrativa de Ribeirão Preto, SP, é o Cerrado. Essa região foi diagnosticada como uma das mais intensamente devastadas, com redução de cerca de 454 000 hectares. As atividades que mais contribuíram para essa redução foram a cultura da cana-de-açúcar, pastagens e citricultura (SÃO PAULO, 2005).

Em relação à coleta e ao tratamento de esgoto doméstico dos municípios que formam a UGRHI 4, de acordo com o Relatório das Águas Interiores do Estado de São Paulo da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (2010) os índices de coleta do esgoto doméstico nos municípios são de 99%. Entretanto, desse total são tratados apenas 72%. Dos 23 municípios inseridos na UGRHI 4, cerca de 12 apresentam índice de tratamento de esgoto doméstico inferior a 80%, conforme disposto na Tabela 1.

Tabela 1. Municípios pertencentes a UGRHI 4 com índice de tratamento de esgoto doméstico inferior a 80%.

UGRHI 4	Município	Coleta (%)	Tratamento (%)
	Caconde	100	0
	Casa Branca	100	5
	Cravinhos	100	0
	Itobi	100	6
	Jardinópolis	100	0
	Mococa	100	73
	São José do Rio Pardo	92	4
	São Sebastião da Gramma	98	30
	São Simão	99	0
	Serrana	100	0
	Tapiratiba	100	40
	Vargem Grande do Sul	97	0

Fonte: CETESB (2010)

O esgoto doméstico municipal lançado sem o devido tratamento nos corpos receptores pode resultar no aumento da carga orgânica e conseqüente diminuição do oxigênio dissolvido nos rios, podendo resultar na morte de organismos aquáticos como peixes e microrganismos.

2.5 Condições das Áreas de Preservação Permanente

As Áreas de Preservação Permanente (APPs) são caracterizadas pelo Código Florestal brasileiro como regiões ao longo dos rios ou de qualquer curso de água, cobertas ou não por vegetação nativa, cuja função ambiental é preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012). As APPs abrangem as matas ciliares ao longo dos rios.

As matas ciliares são vegetações que ocorrem nas margens dos rios e mananciais, compostas por diversos números de espécies de acordo com a vegetação predominante na região. São consideradas importantes na conservação da biodiversidade, nos processos de barragens de detritos, para estabilização de barrancos, dentre outros (SÃO PAULO, 2011).

Os limites estabelecidos para APPs em zonas rurais ou urbanas são delimitadas em faixas marginais de rios perenes e intermitentes, sendo: APP de 30 metros, para os cursos de água de menos de 10 metros de largura; 50 metros, para os cursos de água que tenham de 10 a 50 metros de largura; 100 metros, para os cursos de água que tenham de 50 a 200 metros de largura; 200 metros, para os cursos de água que tenham de 200 a 600 metros de largura; 500 metros, para os cursos de água que tenham largura superior a 600 metros. Para

as áreas no entorno das nascentes, qualquer que seja sua situação topográfica, a APP é de, no raio mínimo, 50 metros (BRASIL, 2012).

A partir do dia 25 de maio de 2012, entrou em vigor o novo texto do Código Florestal brasileiro, o qual apresenta, dentre outras mudanças, a autorização de continuidade de atividades em APPs. Em localidades onde as atividades de ecoturismo, de turismo rural ou atividades agrossilvipastoris (combinação de espécies florestais, agrícolas e criação de animais em uma mesma área simultaneamente ou escalonada no tempo) foram consolidadas em áreas rurais ao longo de rios até o dia 22 de julho de 2008, é autorizada a continuidade da atividade na APP. A recomposição da mata ciliar nas APPs, nesses casos, é atrelada ao número de módulos fiscais da propriedade rural (dependendo do município, um módulo fiscal varia de 5 a 110 hectares), e a largura da mata ciliar a ser recomposta varia de 5 a 100 metros, independente da largura do rio. Nos casos de áreas rurais consolidadas em APPs no entorno de nascentes, podem ser mantidas as atividades agrossilvipastoris, de ecoturismo ou de turismo rural, sendo obrigatória a recomposição do raio mínimo de 15 metros.

Para avaliações das condições das APPs são propostos usos de ferramentas disponíveis gratuitamente na *internet*, como o programa Google Earth (CASTRO; FERREIRA, 2012). Diversas instituições, como a norte-americana United States Geological Survey (USGS), vêm utilizando com frequência imagens do programa Google Earth, tanto para pesquisas geológicas quanto para informações ambientais (HAEFNER; GORDON, 2008).

Atualmente as avaliações ambientais com uso de imagens aéreas são realizadas por meio de cartas topográficas, fotos e imagens de satélites, os quais possuem elevado custo principalmente para prefeituras e instituições públicas que necessitam avaliar e gerir ambientalmente seu território. A proposta de uso das imagens de satélites de alta resolução como o Google Earth apresenta vantagens quanto ao baixo custo e ampla acessibilidade por parte de toda comunidade com acesso à *Internet* (OLIVEIRA et al., 2009).

2.6 Avaliação de ecossistemas aquáticos superficiais

Em ecossistemas aquáticos superficiais, os Protocolos de Avaliação Rápida (do inglês *Rapid Bioassessment Protocols*) permitem avaliar aspectos físicos e visuais do habitat, tais como substratos, velocidade e profundidade, sedimentos, sinuosidade do canal, proteção das margens e conservação da cobertura vegetal do entorno (BEAUMORD, 2000). Os PARs

foram criados para fornecer avaliações gerais de ecossistemas aquáticos e auxiliar no gerenciamento dos recursos hídricos (RODRIGUES; MALAFAIA; CASTRO, 2008).

A utilização de PARs permite atribuir valores para as diferentes situações verificadas no local de avaliação, gerando caracterização qualitativa do trecho do rio. Inicialmente é estabelecido um limite considerado ideal, baseado em valores obtidos de ambientes minimamente perturbados, partindo do pressuposto de que os cursos d'água pouco afetados pela ação humana exibem condições biológicas mais favoráveis à conservação da biodiversidade e qualidade da água (RODRIGUES; CASTRO; MALAFAIA, 2010). Os rios apresentam características únicas e distintas de acordo com a localização geográfica, clima, e condições geológicas. Esse fator dificulta o estabelecimento de uma variável singular como indicador padrão do corpo hídrico (TOLEDO; NICOLELLA, 2002). Neste sentido, os trabalhos de campo com utilização de PARs são relevantes para obtenção de informações sobre a qualidade do ambiente e intervenções humanas, como o uso agrícola, urbano e industrial (MAGALHÃES JUNIOR, 2007). Os parâmetros que compõe o PAR selecionado para o presente estudo são descritos a seguir:

-Substratos e/ou habitats disponíveis: Permite avaliar os elementos do fundo do rio que possibilitam a colonização da fauna aquática, como macroinvertebrados e peixes. A disponibilidade de substratos adequados possibilita ambiente adequado à manutenção da biodiversidade, refúgios e locais propícios à reprodução das espécies. As alterações dos substratos de um rio podem afetar o equilíbrio ecológico estabelecido entre as comunidades aquáticas, resultando em perda na diversidade biológica (BARBOSA; CALLISTO; GALDEAN, 2001).

-Regimes de velocidade e profundidade: Permite avaliar a presença de diferentes regimes nos rios, como regime rápido/raso, lento/raso, rápido/profundo, lento profundo. A ocorrência de diferentes tipos de regimes de velocidade e profundidade refletem na capacidade do ecossistema aquático de fornecer e manter um ambiente estável e diversificado (RODRIGUES; CASTRO; MALAFAIA, 2010).

-Deposição de sedimento: Permite avaliar a existência de locais onde há acúmulo de sedimento no leito do rio, formando barreiras ou “ilhas”. Essas formações podem resultar em assoreamento do trecho do rio e dificultar o deslocamento de espécies animais. Além disso, diversas pesquisas têm sido desenvolvidas enfocando a influência dos sedimentos sobre a comunidade de macroinvertebrados bentônicos, e verifica-se que a deposição de sedimentos no fundo dos rios pode afetar a estrutura e distribuição das comunidades biológicas em ecossistemas aquáticos (RODRIGUES; CASTRO; MALAFAIA, 2010).

-Condições de escoamento do canal: Permite avaliar o preenchimento do canal do rio pela água, podendo verificar áreas com mais ou menos substratos expostos. Em situações onde o substrato do rio fica exposto, principalmente no período de seca, os organismos aquáticos podem ser prejudicados, uma vez que a quantidade de substratos propícios à sobrevivência dos organismos torna-se limitada (RODRIGUES; CASTRO; MALAFAIA, 2010).

-Alterações no canal: Permite avaliar mudanças no curso natural do rio, as quais podem acarretar prejuízos à qualidade do ambiente. Os organismos aquáticos muitas vezes são sensíveis a mínimas alterações no ambiente, como mudanças na vazão do rio, aumento na carga orgânica, dentre outros. As alterações no canal podem ser evidenciadas pela presença de diques, terraplanagens, barragens, canalizações ou outras formas de estabilização artificial das margens. Essas alterações muitas vezes têm como consequência a redução da área de drenagem das bacias hidrográficas, resultando redução na densidade e diversidade de espécies aquáticas (RODRIGUES; CASTRO; MALAFAIA, 2010).

-Sinuosidade do canal: Permite avaliar os meandros e curvas ao longo do curso de água. O alto grau de sinuosidade de um rio possibilita a formação de habitats variados à colonização da fauna, melhora a capacidade de controlar correntezas e permite a absorção de energia pelas curvas, protegendo o curso de água de erosões (RODRIGUES; CASTRO; MALAFAIA, 2010).

-Estabilidade das margens: Permite avaliar a exposição das margens do rio às intempéries e seu potencial à erosão. Esse parâmetro está relacionado à presença de vegetação nas margens, ou seja, em locais onde houve a retirada da vegetação ciliar existe maior probabilidade de carreamento de solo das margens para o leito do rio, podendo resultar em assoreamento e aumento da concentração de sólidos em suspensão na água (RODRIGUES; CASTRO; MALAFAIA, 2010).

-Proteção das margens pela vegetação: Permite avaliar a vegetação das margens do rio principalmente por garantir maior estabilidade das margens do corpo hídrico, propiciando temperaturas mais amenas e ambientes favoráveis às comunidades aquáticas. Estudos demonstram que a remoção da vegetação ao entorno de rios está associada ao aumento da ocorrência de *Enterococcus* em águas superficiais, sugerindo que a diminuição da densidade da vegetação pode aumentar o escoamento superficial de matéria orgânica em locais próximos a áreas de pastagens (RAGOSTA et al., 2010).

-Estado de conservação da vegetação do entorno: Permite avaliar a conservação das matas ciliares ao longo dos rios e ao entorno de nascentes, buscando

identificar espécies exóticas invasoras, como gramíneas e bambu, e culturas agrícolas ou atividade pecuária. As matas ciliares atuam como filtros das margens dos rios, retendo o material particulado e a matéria orgânica do solo. Além disso, a recuperação dessa vegetação contribui para o aumento da capacidade de retenção da água nas microbacias ao longo da zona ripária, contribuindo para o aumento da vazão de água no período seco (RODRIGUES; MALAFAIA; CASTRO, 2008).

-Materiais sólidos flutuantes: Permite avaliar o descarte incorreto de resíduos sólidos recicláveis nas margens e leito do rio. A Política Nacional dos Resíduos Sólidos define como destinação final ambientalmente adequada, dentre outros, a reutilização, reciclagem, recuperação, o aproveitamento energético, a disposição final, de modo a evitar danos ou riscos à Saúde Pública e a minimizar os impactos ambientais adversos (BRASIL, 2010). Nesse sentido, o descarte de resíduos sólidos no leito dos rios pode causar danos a saúde humana e ambiental, como a proliferação do mosquito *Aedes aegypti*, vetor de doenças graves como a febre amarela e dengue.

2.7 Parâmetros físico-químicos

Os parâmetros físico-químicos são atualmente as ferramentas mais usadas no monitoramento da qualidade da água em rios. Essas ferramentas são de elevada importância por permitirem mensurar graus de alterações químicas e físicas das águas dos rios, estimar impactos decorrentes do lançamento de efluentes industriais, dentre outros (FERNANDES et al., 2009).

Em relação ao pH, estima-se que exerça influência sobre os ecossistemas aquáticos naturais devido a seus efeitos na fisiologia de diversas espécies. Considera-se ideal o valor de pH entre 6 e 9 (BRASIL, 2005). Em relação à temperatura, sabe-se que variações bruscas na temperatura da água podem comprometer a estabilidade de comunidades aquáticas, além dessas variações poderem estar relacionadas à fontes de poluição térmica advindas de efluentes industriais (FIORUCCI; BENEDETTI FILHO, 2005).

O oxigênio dissolvido (OD) é um elemento essencial ao metabolismo dos seres aquáticos aeróbicos, e sob circunstâncias naturais, a concentração de OD na água varia ao longo do rio, devido a alterações em suas características ambientais e em consequência das condições climáticas. Valores baixos de concentração de OD podem estar associados a elevada quantidade de matéria orgânica na água, aumentando o consumo de oxigênio pelos microrganismos aquáticos, podendo levar à eutrofização (CETESB, 2010). Além disso, a

solubilidade dos gases na água varia conforme a temperatura, sendo assim quanto maior a temperatura da água, menor a concentração de OD.

A condutividade elétrica da água é a medida da capacidade de conduzir corrente elétrica, cujos valores são expressos em micro Siemens ($\mu\text{S.cm}^{-1}$). Os valores de condutividade elétrica variam conforme a concentração de íons na água e, em geral, níveis superiores a $100 \mu\text{S.cm}^{-1}$ indicam ambientes impactados (CETESB, 2010). A turbidez da água é considerada o oposto da transparência, e do ponto de vista óptico, a transparência da água está relacionada com a produção primária. Elevações na turbidez da água podem ser resultantes de materiais sólidos em suspensão advindos das margens do rio, principalmente em regiões onde as matas ciliares foram removidas (PERES; KRUPEK; BRANCO, 2009).

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Avaliar as condições das Áreas de Preservação Permanente (APPs), a integridade ambiental de ecossistemas aquáticos superficiais e parâmetros físico-químicos da água no rio Pardo, Brasil.

3.2 Objetivos específicos

- ✓ Caracterizar e analisar as condições ambientais das Áreas de Preservação Permanente (APPs) nas margens do rio Pardo, Brasil, à luz da legislação vigente;
- ✓ Avaliar os indicadores de qualidade ambiental para ecossistemas aquáticos superficiais do rio Pardo, Brasil, mediante o uso de um Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) ao longo do curso de água;
- ✓ Avaliar parâmetros físico-químicos na água do rio Pardo, Brasil, ao longo do curso de água;
- ✓ Relacionar os indicadores de qualidade ambiental obtidos pelo PAR e os parâmetros físico-químicos da água, para verificar se existe concordância estatística entre as variáveis estudadas.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Tipo de estudo

Trata-se de uma pesquisa de caráter descritivo-exploratório, que visa realizar uma análise integrada de um ecossistema lótico a partir da avaliação das condições das APPs, da avaliação de indicadores ambientais por meio do PAR e da avaliação de parâmetros físico-químicos da água do rio Pardo, Brasil, principal afluente da Bacia Hidrográfica do rio Pardo (UGRHI 4).

4.2 Local de estudo

O rio Pardo tem suas nascentes no Planalto Sul de Minas (nasce na Serra de Ipuíúna, município de Ipuíúna, MG) e dirige-se para o rio Grande acompanhando a inclinação do relevo. É o maior afluente do rio Grande pela margem esquerda, ao qual se lança após um curso de cerca de 550 km. Apesar de nascer em Minas Gerais, 84% do seu curso desenvolve-se no Estado de São Paulo (Figura 4). Seu maior afluente é o rio Mogi-Guaçu, que também nasce em território mineiro. Os principais cursos d'água integrantes da Bacia, além do rio Pardo, são os rios Canoas (que nasce em MG) e Araraquara, e os ribeirões São Pedro, da Floresta e da Prata, pela margem direita, e os rios Tambaú, Verde e da Fartura e o Ribeirão Tamanduá, pela margem esquerda (CBH PARDO, 2010).

Sob o panorama hídrico, a bacia do rio Pardo se enquadra como “bacia em industrialização”, considerando a demanda de água, enquanto bem gerador de divisas econômicas (CBH PARDO, 2010). Verifica-se que o desenvolvimento econômico na região da bacia do rio Pardo é ascendente, principalmente no setor da agroindústria sucroalcooleira, potencial gerador de resíduos que afetam a qualidade do corpo hídrico receptor. Localizada na região Hidrográfica da Vertente Paulista do Rio Grande (UGRHI 4), a bacia do rio Pardo abrange todo o trecho à montante do rio Pardo (Figura 4), a partir da sua confluência com o rio Mogi Guaçu, abrigando um contingente populacional de cerca de 1.083.893 habitantes e com 9.564,6 km² de área total de municípios com sede na bacia (CBH PARDO, 2010).

Figura 6. Distribuição dos principais produtos da agricultura temporária na área de abrangência da Bacia do Pardo. Fonte: CPTI (2008).

A demanda crescente por álcool e açúcar no mercado internacional implica nos investimentos em expansão na produção de cana-de-açúcar na Bacia do rio Pardo. Entretanto, os aumentos de produtividade são atrelados a impactos significativos ao meio ambiente, ressaltando a importância em realizar avaliações ambientais nessa bacia.

4.3 Coleta de dados

Foram realizadas quatro campanhas de coleta de dados, sendo duas no período chuvoso (03/2011 e 01/2012) e duas no período seco (06/2011 e 08/2011). Nos 12 trechos estabelecidos do rio Pardo foram avaliadas as condições das APPs, realizadas as avaliações dos indicadores ambientais com o PAR e mensurados os parâmetros físico-químicos da água. Para a seleção dos locais de coleta, foram considerados os três pontos de coleta da CETESB (correspondentes aos trechos 4, 7 e 8 desse trabalho), os principais afluentes do rio Pardo, a nascente e a foz (Rio Grande), totalizando 12 trechos do curso de água (Figura 7).

Figura 7. Mapa hidrológico com os trechos de coleta de dados ao longo do rio Pardo e respectivas coordenadas.

Entende-se por trecho o espaço de coleta de dados que possui uma extensão de 10 m no curso de água (FRISSELL et al., 1986). A Figura 8 ilustra como foi determinada, em campo, a divisão por trechos no rio Pardo.

Figura 8. Representação dos 12 trechos de coleta e projeção da extensão de cada trecho analisado.

Todos os trechos foram visitados nas quatro campanhas de coleta de dados e submetidos às mesmas condições de avaliação.

4.4 Instrumentos de coleta de dados

4.4.1 Condições das Áreas de Preservação Permanente (APPs)

A avaliação das características das margens do rio foi realizada por meio de observações locais nas quatro campanhas de coleta de dados, por estimativas da largura e velocidade do rio nos trechos estabelecidos e por medições da largura das APPs a partir de ferramentas e informações disponíveis pelo software Google Earth disponível gratuitamente na *Internet* (GOOGLE Inc., 2012). Os dados foram analisados de acordo com os limites estabelecidos pelo Código florestal brasileiro (BRASIL, 2012), o qual determina que a APP em áreas ao entorno de nascentes é de, no mínimo, 50 metros de raio; APP é de 30 metros em cursos de água de menos de 10 metros de largura; APP é de 50 metros para os cursos de água que tenham de 10 a 50 metros de largura; APP é de 100 metros para os cursos de água que tenham de 50 a 200 metros de largura; APP é de 200 metros para os cursos de água que tenham de 200 a 600 metros de largura; APP é de 500 metros para os cursos de água que tenham largura superior a 600 metros.

4.4.2 Protocolo de Avaliação Rápida

Como ferramenta de avaliação de indicadores ambientais no rio Pardo foi utilizado um PAR. A versão do original do método foi apresentada nos Estados Unidos (BARBOUR et al., 1999), e no Brasil foi adaptado para rios de regiões tropicais (RODRIGUES; MALAFAIA; CASTRO, 2008). No presente trabalho, foram modificados e propostos alguns parâmetros no PAR, com a finalidade de aprimorar a ferramenta e adequá-la ao local de estudo.

Os parâmetros propostos no PAR foram: 1) Substratos e/ou habitats disponíveis; 2) Regimes de velocidade/profundidade; 3) Deposição de sedimentos; 4) Condições de escoamento do canal; 5) Alterações no canal; 6) Sinuosidade do canal; 7) Estabilidade das margens; 8) Proteção das margens pela vegetação; 9) Estado de conservação da vegetação do entorno; 10) Sólidos Recicláveis Flutuantes (Apêndice A). Para cada parâmetro do PAR, foi atribuída uma pontuação entre 0 e 20, que corresponde à categoria de sua condição ambiental (RODRIGUES; MALAFAIA; CASTRO, 2008). Os valores foram atribuídos de acordo com a condição ambiental verificada no trecho avaliado (Tabela 2).

Tabela 2. Categorias das condições ambientais consideradas no PAR*

Categorias das condições	Pontuações
Ótima	16 – 20
Boa	11 – 15
Regular	6 – 10
Péssima	0 – 5

*O PAR utilizado pode ser consultado no Apêndice A.

As condições ambientais podem variar de “Ótima” (16 a 20 pontos), até condição “Péssima” (0 a 5 pontos), passando pela condição “Boa” (11 a 15 pontos) e “Regular” (6 a 10 pontos). A pontuação aumenta na mesma proporção da qualidade ambiental verificada no local de coleta de dados.

4.4.2.1 Adequações no PAR

Foi realizada uma coleta piloto com a finalidade de verificar a aplicabilidade e adequações nos métodos de coleta de dados. Houve a constatação de que era necessário adaptar o PAR selecionado para a pesquisa, devido a dificuldades na avaliação de alguns parâmetros do protocolo original observadas durante a coleta piloto. Essas dificuldades foram atribuídas ao fato de o rio Pardo tratar-se de um rio com características distintas dos pequenos cursos de água de Ouro Preto, MG, onde o PAR foi adaptado e aplicado inicialmente no Brasil. Uma das características do rio Pardo que nos levou a propor as alterações no PAR é a elevada turbidez verificada na água dos trechos estabelecidos, principalmente no período chuvoso, impossibilitando a nítida visualização da presença de poços no leito do rio. Nesse sentido, os parâmetros 2 e 4 do protocolo proposto por Rodrigues, Malafaia e Castro (2008) foram extraídos do presente trabalho.

Os textos descritivos dos parâmetros 8 (Proteção das margens pela vegetação) e 9 (Estado da conservação da vegetação do entorno) foram adaptados tendo em vista que não foram realizados levantamentos faunísticos que possibilitassem inferir que a mata ciliar do trecho era composta por espécies nativas ou não. Nesse sentido, optou-se por avaliar a conservação da vegetação considerando a ausência de alterações antrópicas, ou seja, caso fossem observadas áreas de pastagens, culturas agrícolas ou vegetações exóticas para a região, como bambu (origem asiática) e capim-braquária (origem africana), era atribuída pontuação mais baixa para esse parâmetro.

Foi incluído o parâmetro 10 (Materiais sólidos flutuantes) devido à verificação na coleta piloto de trechos com materiais sólidos descartados de maneira incorreta no leito e margens do rio Pardo. Caso os resíduos encontrados nas campanhas de coletas fossem

constituídos de materiais com biodegradabilidade inferior a um ano (como o caso do papel e papelão) a pontuação atribuída seria maior.

4.4.3 Parâmetros físico-químicos

Os parâmetros físico-químicos foram medidos nos mesmos dias das aplicações do PAR, ao longo do rio Pardo desde a nascente até a confluência com o rio Grande, em um total de 12 trechos. Todas as medições dos parâmetros físico-químicos foram realizadas *in situ* e em cerca de 30 cm abaixo da superfície da água. As medições do pH da água foram feitas com pHmetro da marca Phtek, modelo pH-100. As medições da temperatura da água foram realizadas com termômetro digital Minipa, modelo MV-365. As medições de turbidez da água foram realizadas com turbidímetro da marca Hanna Instruments, Modelo HI 93703. As medições de condutividade elétrica da água foram realizadas por condutivímetro da marca LT Lutron, modelo CD-4303. As medições de oxigênio dissolvido foram feitas com oxímetro da marca LT Lutron, modelo DO - 5510.

Os padrões de qualidade utilizados como referência para os parâmetros físico-químicos foram os valores definidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) na Resolução nº 357 (BRASIL, 2005). Esta resolução determina a classificação dos corpos hídricos, diretrizes ambientais para o seu enquadramento, estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências. Os cursos de água doce são classificados em cinco classes, considerando o uso da água e os riscos para a saúde pública: Classe Especial (água adequada para abastecimento doméstico após o processo de desinfecção); Classe 1 (água adequada para abastecimento doméstico após tratamento simplificado), Classe 2 (água adequada para abastecimento doméstico após tratamento convencional);. Classe 3 (água adequada para abastecimento doméstico após tratamento avançado) e Classe 4 (especificamente restrita a navegação e harmonia paisagística). O rio Pardo está classificado como Classe 2.

4.5 Análise dos dados

O teste estatístico de Mann Whitney foi realizado com o programa Graph Pad Prism (Version 3,02 for Windows, Graph Pad Software, San Diego, CA, USA). A análise dos resultados das condições das APPs do rio Pardo foi feita com base no Código Florestal Brasileiro (BRASIL, 2012). A análise dos resultados físico-químicos foi feita com base na Resolução CONAMA nº357 (BRASIL, 2005).

Para a análise de reprodutibilidade entre os resultados do PAR e os parâmetros físico-químicos foi realizado, inicialmente, o teste de Kolmogorov-Smirnov para avaliar aderência dos dados à distribuição normal. Indicadores de acordo entre os resultados da avaliação ambiental pela ferramenta PAR e os parâmetros físico-químicos da água foram calculados utilizando a Estatística Kappa, pelo aplicativo Stata (versão 10.2).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sob o panorama mundial dos recursos hídricos, verificam-se preocupações crescentes quanto à disponibilidade e qualidade adequada aos usos a que se pretende destiná-los. Os problemas inerentes à falta de gerenciamento de bacias hidrográficas vão desde a falta do recurso para o tratamento e distribuição, a falta de saneamento, o assoreamento dos cursos d'água e a contaminação por agrotóxicos e esgotos. Para o gerenciamento dos recursos hídricos recomendam-se avaliação ampla e monitoramento constante dos parâmetros ambientais, características adjacentes ao corpo hídrico e parâmetros físico-químicos da água.

Considerando-se a proposta deste estudo, em realizar avaliação ambiental em toda extensão do rio Pardo por meio da caracterização das condições das APPs, da aplicação de um Protocolo de Avaliação Rápida e do monitoramento de parâmetros físico-químicos da água, optou-se por apresentar os resultados e a discussão seguindo a sequência dos objetivos específicos previamente estabelecidos.

5.1 Condições das Áreas de Preservação Permanente

Inúmeras são as razões para incentivar a conservação das matas ciliares, as quais são abrangidas pelas APPs (BRASIL, 2012), dentre elas estão a proteção dos corpos de água de fontes poluidoras da circunvizinhança; proteção de microambientes essenciais à manutenção do ciclo biológico de muitas espécies animais; formação de corredores ecológicos que contribuem na conservação da biodiversidade; contenção de ribanceiras, diminuição e filtragem do escoamento superficial; barreiras naturais ao transporte de sedimentos; interceptação e absorção da radiação solar (FAGUNDES; GASTAL JÚNIOR, 2008).

Dados que caracterizam os trechos estudados no presente estudo ao longo do rio Pardo e os resultados das análises das condições das APPs dos trechos, no período de estudo, estão organizados na Tabela 3. Os resultados foram obtidos do cruzamento das informações obtidas do programa Google Earth e do registro de observações *in situ* sobre as condições das APPs. As características das APPs foram descritas, considerando a largura do rio no trecho estudado e as dimensões especificadas no Código Florestal brasileiro (BRASIL, 2012).

Tabela 3. Características do curso de água e condições das APPs nas margens dos trechos estudados ao longo do rio Pardo, Brasil. 2011-2012.

Trecho de Amostragem	Distância da Nascente (Km)*	Cidades próximas	Velocidade (m/s)	Largura (m)	Características das APPs nas margens do rio (montante/jusante)	
					Direita	Esquerda
1	0	Ipuiúna, MG	0,14	1,5	APP < 50 m**	APP < 50 m
2	9,93	Ipuiúna, MG/Santa Rita de Caldas, MG	0,72	5	APP < 30 m	APP < 30 m
3	91,5	São José do Rio Pardo, SP/Caconde, SP	0,37	70	APP < 100 m***	APP < 100 m
4	106,12	Mococa, SP/Casa Branca, SP	0,74	50	APP > 100 m	APP < 100 m
5	143,02	Cajuru, SP/Santa Rosa de Viterbo, SP	0,48	100	APP > 100 m	APP < 100 m
6	162,85	Serrana, SP/Santa Cruz da Esperança, SP	0,4	110	APP < 100 m	APP < 100 m
7	199,61	Ribeirão Preto, SP	0,22	150	APP < 100 m	APP < 100 m
8	231,33	Pontal, SP/Cândia, SP	0,31	250	APP < 200 m****	APP < 200 m
9	258,4	Viradouro, SP/Morro Agudo, SP	0,66	300	APP < 200 m	APP < 100 m
10	279,04	Jaborandi, SP/Colina, SP	0,22	200	APP < 200 m	APP < 100 m
11	299,94	Barretos, SP/Guairá, SP	0,55	300	APP < 200 m	APP < 200 m
12	335,98	Colômbia, SP	0,37	400	APP < 200 m	APP < 200 m

*Distância linear estimada pelo programa Google Earth. A extensão real do rio Pardo seguindo o curso de água é estimada em 550 km (IPT, 2011).

**Nascentes: APP deve ter raio mínimo de 50 metros em seu entorno-Código Florestal (BRASIL, 2012)

***Cursos de água entre 50 e 200 metros de largura: APP mínima 100 metros-Código Florestal (BRASIL, 2012)

****Cursos de água entre 200 e 600 metros de largura: APP mínima 200 metros-Código Florestal (BRASIL, 2012).

Ao compararmos as condições das APPs do rio Pardo com as determinações do Código Florestal, verificamos que em nenhum dos trechos avaliados houve respeito aos limites estabelecidos pela legislação (BRASIL, 2002), considerando as duas margens do rio. Apenas na margem direita dos trechos 4 e 5 observou-se que os limites de APP estabelecidos na legislação foram respeitados, ou seja, não haviam evidências de ocupação das margens, atividades econômicas, culturas agrícolas ou pecuária. Nos demais trechos verificaram-se intensas modificações nas APPs, como nos trechos 2, 8 e 9, onde prevaleciam pastagem, bambu e gramíneas; os trechos 3, 10 e 12 estavam delimitados por plantações de cana-de-açúcar; os trechos 6 e 11 eram rodeados de áreas residenciais e o trecho 7 apresentava nas suas margens ocupação por área de lazer privada.

Conforme observações nas campanhas de coleta de dados, verificamos que no trecho 2 houve desmatamento da mata ciliar na APP e substituição por pastagem para o

estabelecimento de atividade pecuária bovina. Os impactos da pecuária bovina na degradação das matas ciliares são determinantes considerando que impedem o crescimento dos brotos de mata nativa (FAGUNDES; GASTAL JÚNIOR, 2008), assim como o arraste de dejetos animais no leito do rio, elevando a concentração de matéria orgânica e podendo transmitir organismos patogênicos pela água (SEGANFREDO; SOARES; KLEIN, 2003).

Nos trechos 3, 10 e 12 verificamos que houve desmatamento das matas ciliares das APPs e substituição pela agricultura da cana-de-açúcar. Aliados aos problemas causados pela remoção da mata ciliar, como a diminuição de fatores favoráveis à manutenção do ciclo biológico de espécies animais e a retirada das barreiras naturais de contenção ao transporte de sedimentos, a agricultura da cana-de-açúcar exige a aplicação de herbicidas, pesticidas e fertilizantes durante diferentes estágios de cultivo. Essas aplicações podem resultar em impactos sobre os rios através do processo de lixiviação do solo de áreas cultivadas (CORBI et al., 2006).

Nos trechos 6 e 11 verificamos que houve remoção da mata ciliar para construção de residências particulares. Tais edificações podem ocasionar despejo de esgoto doméstico sem o devido tratamento nas águas e o lançamento de materiais sólidos no leito e margens do rio. Tal fato resulta em aumento da carga orgânica do trecho onde se situam as moradias e pode resultar na proliferação de vetores em recipientes vazios lançados nas margens do rio (PINTO FILHO; OLIVEIRA, 2008).

No trecho 7 está instalado desde 1933 um clube recreacional privado cujo histórico é de atividades de natação, navegação e pesca no rio Pardo. Além dos impactos referentes à remoção das matas ciliares, existe a possibilidade de lançamento de resíduos sólidos ou orgânicos nas margens e leito do rio, podendo resultar em contaminações da água, elevação da carga orgânica e ambiente adequado à proliferação de vetores que podem vir a afetar a saúde da população que frequenta o clube, bem como as comunidades ao entorno.

A Figura 9 apresenta os 12 trechos de amostragem do rio Pardo em imagens aéreas.

Figura 9. Imagens de satélite apontando os 12 trechos estabelecidos e suas margens no rio Pardo, Brasil. Fonte: GOOGLE Inc. (2012).

A análise das imagens aéreas permitiu verificarmos que o rio Pardo percorre desde áreas onde a vegetação das margens estava aparentemente preservada, como no trecho 1, até áreas onde as atividades agrícolas poderiam comprometer a preservação da vegetação das margens, como nos trechos 10 e 12. Além disso, foi possível verificar o local onde a margem foi ocupada por área de lazer privada (trecho 7).

As informações geradas por meio de softwares de livre acesso, como o Google Earth, podem contribuir no entendimento e verificações dos padrões de ocupação das margens dos rios no Brasil, podendo ser úteis no planejamento e gestão de bacias hidrográficas. As autoridades competentes podem, através das informações levantadas,

adotar medidas adequadas visando a recuperação de áreas degradadas, fiscalização dos empreendimentos estabelecidos nas APPs e melhoria do ambiente ao entorno dos rios (BRONAUT; FILHO, 2007).

5.2 Integridade dos ecossistemas aquáticos superficiais - PAR

A integridade ambiental dos habitats para ecossistemas de rios foi avaliada a partir do PAR, descrito na seção de material e métodos. A seguir são apresentados os resultados para cada trecho do rio, relacionando com as interações verificadas nas campanhas de coleta de dados. Para todos os trechos foram apresentadas a localização geográfica, a vista parcial e os resultados obtidos no PAR, sendo que o protocolo na íntegra pode ser consultado no Apêndice A e os dados obtidos nas aplicações do PAR nas campanhas de coleta de dados estão disponíveis no Apêndice B.

O trecho 1 corresponde a nascente do rio Pardo, situado na serra de Ipuíuna, MG (Figura 10).

Trecho 1

Parâmetro*	Período Chuvoso**	Período Seco**	Mediana
1) Substratos e/ou habitats disponíveis	19,5	20,0	19,8
2) Regimes de velocidade/profundidade	10,5	12,5	11,5
3) Deposição de sedimentos	19,0	18,0	18,5
4) Condições de escoamento do canal	18,5	19,5	19,0
5) Alterações no canal	20,0	19,0	19,5
6) Sinuosidade do canal	20,0	19,0	19,5
7) Estabilidade das margens	18,5	16,5	17,5
8) Proteção das margens pela vegetação	20,0	18,0	19,0
9) Estado de conservação da vegetação do entorno	19,0	16,0	17,5
10) Materiais sólidos flutuantes	20,0	20,0	20,0

Figura 10. Localização geográfica, vista parcial e resultados das avaliações ambientais pelo PAR no trecho 1 nos períodos chuvosos e secos e a mediana dos períodos de amostragem. Fonte: Apêndice A - Protocolo de Avaliação Rápida; Apêndice B - Dados obtidos nas aplicações do PAR.

Por meio das avaliações com a ferramenta PAR, o trecho 1 recebeu a maioria das pontuações para os parâmetros de avaliação entre 16-20, ou seja, classificadas entre as condições “Boa” e “Ótima”. Tais resultados se deram pela variedade de substratos no fundo do curso d’água, propiciando refúgios e habitats para colonização da fauna aquática, mata ciliar minimamente alterada pela ação humana, sinuosidade do canal evidente, mínima evidência de pequenas canalizações, nenhuma evidência de assoreamento ou deposição de sedimento no canal, ausência de resíduos sólidos flutuantes e o curso d’água segue com padrão natural.

Entretanto no parâmetro 2 (Regimes de velocidade/profundidade) o trecho 1 recebeu pontuações menores. Atribuímos essa pontuação pelo trecho apresentar apenas três regimes de velocidade/profundidade e presença do regime do tipo rápido/raso. A presença de diferentes tipos de regimes de velocidade/profundidade está relacionada à capacidade do ecossistema aquático de fornecer e manter um ambiente estável e diversificado (RODRIGUES; MALAFAIA; CASTRO, 2008).

O trecho 2 está situado logo após a cidade de Ipuiúna, em uma região de transição entre a zona urbana e a zona rural (Figura 11).

Trecho 2

Figura 11. Localização geográfica, vista parcial e resultados das avaliações ambientais pelo PAR no trecho 2 nos períodos chuvosos e secos e a mediana dos períodos de amostragem. Fonte: Apêndice A - Protocolo de Avaliação Rápida; Apêndice B - Dados obtidos nas aplicações do PAR.

As pontuações atribuídas aos parâmetros do PAR para o trecho 2 variaram de 5 a 18, ou seja, de “Péssimas” condições a “Ótimas”. Os valores baixos referentes ao parâmetro 1 (Substratos e/ou habitats disponíveis) se deram devido às observações sobre a ausência de galhos, cascalhos ou vegetação aquática, resultando em habitats monótonos e com pouca diversificação. A ausência de substratos e habitats disponíveis pode resultar em declínio da biodiversidade do trecho do rio, pois as espécies aquáticas são privadas de condições adequadas de alimentação, abrigo e reprodução (RODRIGUES; MALAFAIA; CASTRO, 2008).

Os valores baixos foram atribuídos ao parâmetro 8 (Proteção das margens pela vegetação) devido às observações de descontinuidade da vegetação nas margens, sendo observadas áreas onde o solo estava exposto, podendo resultar em futuras erosões.

Os valores baixos foram atribuídos ao parâmetro 9 (Estado de conservação da vegetação do entorno) devido ao fato de que mesmo as margens estando cobertas por vegetação, essa vegetação era composta por gramíneas e pastagem na margem direita, e

vegetação exótica na margem esquerda. A conservação da mata ciliar proporciona resistência às margens aos processos erosivos, controle da correnteza da montante e sombreamento (BARBOUR et al., 1999).

O trecho 3 está situado entre as cidades São José do Rio Pardo, SP, e Cadonhe, SP (Figura 12).

Trecho 3

Parâmetro*	Período Chuvoso**	Período Seco**	Mediana
1) Substratos e/ou habitats disponíveis	15,0	17,0	16,0
2) Regimes de velocidade/profundidade	20,0	20,0	20,0
3) Deposição de sedimentos	10,0	10,0	10,0
4) Condições de escoamento do canal	17,0	20,0	18,5
5) Alterações no canal	11,5	13,0	12,3
6) Sinuosidade do canal	18,0	14,0	16,0
7) Estabilidade das margens	16,0	16,5	16,3
8) Proteção das margens pela vegetação	12,0	15,5	13,8
9) Estado de conservação da vegetação do entorno	12,0	14,0	13,0
10) Materiais sólidos flutuantes	15,0	20,0	17,5

Figura 12. Localização geográfica, vista parcial e resultados das avaliações ambientais pelo PAR no trecho 3 nos períodos chuvosos e secos e a mediana dos períodos de amostragem. Fonte: Apêndice A - Protocolo de Avaliação Rápida; Apêndice B - Dados obtidos nas aplicações do PAR.

O trecho 3 recebeu pontuações nos parâmetros do PAR entre os valores 10 e 20, ou seja, foi classificado entre as condições “Boa” e “Ótima”. Os menores valores atribuídos ao parâmetro 3 (Deposição de sedimentos), se deram devido à observações de acúmulo de sedimentos no leito do rio, resultando na formação de “ilhas”. Esse acúmulo de material pode ser proveniente das margens do rio, ou carreamento de material das áreas adjacentes, onde pode ter havido erosão e transporte de sedimentos das margens pelo intemperismo. A composição e deposição de sedimentos são fatores importantes que influenciam os padrões de distribuição dos organismos aquáticos e a estrutura das comunidades bentônicas (CALLISTO

et al., 2002). Seu acúmulo no curso de água pode alterar o deslocamento de espécies animais e o habitat natural das comunidades.

O trecho 4 está localizado entre as cidades de Mococa, SP, e casa Branca, SP (Figura 13).

Trecho 4

Figura 13. Localização geográfica, vista parcial e resultados das avaliações ambientais pelo PAR no trecho 4 nos períodos chuvosos e secos e a mediana dos períodos de amostragem. Fonte: Apêndice A - Protocolo de Avaliação Rápida; Apêndice B - Dados obtidos nas aplicações do PAR.

O trecho 4 recebeu pontuações dos parâmetros do PAR entre 7 e 20, ou seja, entre as categorias “Regular” e “Ótima”. As menores pontuações atribuídas ao parâmetro 1 (Substratos e/ou habitats disponíveis) se deram devido à ausência de cascalhos, rochas ou vegetação aquática, resultando em habitats com pouca diversificação para a colonização da fauna aquática. A ausência de substratos e habitats disponíveis pode resultar em declínio da biodiversidade do trecho do rio, pois as espécies aquáticas são privadas de condições adequadas de alimentação, abrigo e reprodução (RODRIGUES; MALAFAIA; CASTRO, 2008).

O trecho 5 está situado entre as cidades de Cajuru, SP, e Santa Rosa de Viterbo, SP (Figura 14).

Trecho 5

Parâmetro*	Período Chuvoso**	Período Seco**	Mediana
1) Substratos e/ou habitats disponíveis	10,0	14,5	12,3
2) Regimes de velocidade/profundidade	17,5	20,0	18,8
3) Deposição de sedimentos	12,5	17,5	15,0
4) Condições de escoamento do canal	20,0	20,0	20,0
5) Alterações no canal	17,5	15,0	16,3
6) Sinuosidade do canal	18,0	15,0	16,5
7) Estabilidade das margens	17,5	20,0	18,8
8) Proteção das margens pela vegetação	20,0	17,5	18,8
9) Estado de conservação da vegetação do entorno	11,0	15,5	13,3
10) Materiais sólidos flutuantes	20,0	20,0	20,0

Figura 14. Localização geográfica, vista parcial e resultados das avaliações ambientais pelo PAR no trecho 5 nos períodos chuvosos e secos e a mediana dos períodos de amostragem. Fonte: Apêndice A - Protocolo de Avaliação Rápida; Apêndice B - Dados obtidos nas aplicações do PAR.

O trecho 5 recebeu pontuações nos parâmetros do PAR entre 10 e 20, ou seja, recebeu classificações entre as condições “Regular” e “Ótima”. As menores pontuações no parâmetro 1 (Substratos e/ou habitats disponíveis) demonstram que o trecho apresentava alguns substratos apropriados à colonização e manutenção da fauna, entretanto eram pouco diversificados. Em estudo de avaliação da riqueza de macroinvertebrados em diferentes substratos de um rio no Paraná, Brasil, as maiores riquezas e diversidades de organismos foram registradas em locais onde o substrato era composto por troncos e vegetações submersas, enquanto que nos locais com habitats monótonos, compostos por areia e cascalho, foram observados menores diversidades de organismos (LARA, 2011).

Os menores valores atribuídos ao parâmetro 9 (Estado de conservação da vegetação do entorno) demonstram que o trecho apresentava espécies de vegetação exótica

nas matas ciliares, como gramíneas, podendo causar prejuízos à conservação da biodiversidade.

O trecho 6 está localizado entre as cidades de Serrana, SP, e Santa Cruz da Esperança, SP (Figura 15).

Trecho 6

Parâmetro*	Período Chuvoso**	Período Seco**	Mediana
1) Substratos e/ou habitats disponíveis	17,0	14,5	15,8
2) Regimes de velocidade/profundidade	19,0	19,0	19,0
3) Deposição de sedimentos	18,0	15,5	16,8
4) Condições de escoamento do canal	18,5	19,5	19,0
5) Alterações no canal	14,0	13,5	13,8
6) Sinuosidade do canal	16,0	14,0	15,0
7) Estabilidade das margens	15,0	13,0	14,0
8) Proteção das margens pela vegetação	13,5	16,5	15,0
9) Estado de conservação da vegetação do entorno	12,0	14,5	13,3
10) Materiais sólidos flutuantes	20,0	12,5	16,3

Figura 15. Localização geográfica, vista parcial e resultados das avaliações ambientais pelo PAR no trecho 6 nos períodos chuvosos e secos e a mediana dos períodos de amostragem.

Fonte: Apêndice A - Protocolo de Avaliação Rápida; Apêndice B - Dados obtidos nas aplicações do PAR.

As pontuações atribuídas aos parâmetros do PAR para o trecho 6 variaram de 12 a 20, ou seja, de “Boas” condições a “Ótimas”. As menores pontuações atribuídas ao parâmetro 9 (Estado de conservação da vegetação do entorno) se deram devido à verificações de locais no trecho com vegetação exótica (gramíneas), caracterizando evidência de impactos negativos à conservação ambiental. A substituição da mata ciliar nativa por espécies exóticas pode resultar em perda da biodiversidade, alterações na temperatura dos micro-habitats aquáticos próximos às margens, desestabilidade geológica, dentre outros (SÃO PAULO, 2011).

As menores pontuações atribuídas ao parâmetro 10 (Materiais sólidos flutuantes) nas campanhas de coleta no período seco se deram devido à presença de resíduos recicláveis dispostos de maneira inadequada nas margens e no curso de água (Figura 16).

Figura 16. Garrafa PET descartada de maneira inadequada na margem esquerda do trecho 10 do rio Pardo.

A disposição inadequada de resíduos sólidos em águas ou nas margens dos rios gera problemas de ordem estética e pode causar sérios problemas de Saúde Pública, por possibilitar a proliferação de vetores em água parada, potencializando epidemias de dengue e de leptospirose, entre outras (FERREIRA; DOS ANJOS, 2001). A sensibilização da população acerca dos cuidados no manuseio, separação e destino correto do lixo é uma importante estratégia na gestão pública dos resíduos sólidos urbanos (POLAZ; TEIXEIRA, 2009).

O trecho 7 está localizado em um clube recreativo na área urbana, na cidade de Ribeirão Preto, SP (Figura 17).

Trecho 7

Figura 17. Localização geográfica, vista parcial e resultados das avaliações ambientais pelo PAR no trecho 7 nos períodos chuvosos e secos e a mediana dos períodos de amostragem.

Fonte: Apêndice A - Protocolo de Avaliação Rápida; Apêndice B - Dados obtidos nas aplicações do PAR.

O trecho 7 recebeu pontuações nos parâmetros do PAR entre 2 e 20, ou seja, apresentou classificações entre “Péssima” e “Ótima”. As pontuações menores atribuídas ao parâmetro 9 (Estado de conservação da vegetação do entorno) se deram devido à observações de que a vegetação presente era constituída por espécies exóticas, como gramíneas e era possível perceber impactos de atividades humanas. A invasão de ambientes naturais por espécies exóticas já é considerada a segunda principal causa da perda de biodiversidade no mundo, principalmente devido à ausência de competidores ou predadores naturais, resultando em sucessos na ocupação e reprodução da invasora, ameaçando a permanência de espécies nativas (SÃO PAULO, 2009).

As menores pontuações atribuídas ao parâmetro 10 (Materiais sólidos flutuantes) se deram devido à visualização de resíduos recicláveis dispostos de maneira inadequada nas margens e no leito do curso de água (Figura 18).

Figura 18. Recipiente plástico descartado no leito do trecho 7 do rio Pardo.

A Política Nacional dos Resíduos Sólidos define como destinação final ambientalmente adequada, dentre outros, a reutilização, reciclagem, recuperação, o aproveitamento energético, a disposição final, de modo a evitar danos ou riscos à Saúde Pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos (BRASIL, 2010). Nesse sentido, o descarte de resíduos sólidos no leito dos rios, como verificado no presente trabalho, é incorreto e pode causar danos a saúde humana e ambiental.

O trecho 8 está localizado em área rural com predomínio da cultura da cana-de-açúcar, entre as cidades de Pontal, SP, e Cândia, SP (Figura 19).

Trecho 8

Parâmetro*	Período Chuvoso**	Período Seco**	Mediana
1) Substratos e/ou habitats disponíveis	11,0	9,0	10,0
2) Regimes de velocidade/profundidade	16,5	15,0	15,8
3) Deposição de sedimentos	6,5	10,5	8,5
4) Condições de escoamento do canal	17,0	19,0	18,0
5) Alterações no canal	12,5	10,0	11,3
6) Sinuosidade do canal	13,0	9,5	11,3
7) Estabilidade das margens	13,5	11,0	12,3
8) Proteção das margens pela vegetação	11,5	5,0	8,3
9) Estado de conservação da vegetação do entorno	10,5	8,0	9,3
10) Materiais sólidos flutuantes	17,5	20,0	18,8

Figura 19. Localização geográfica, vista parcial e resultados das avaliações ambientais pelo PAR no trecho 8 nos períodos chuvosos e secos e a mediana dos períodos de amostragem.

Fonte: Apêndice A - Protocolo de Avaliação Rápida; Apêndice B - Dados obtidos nas aplicações do PAR.

O trecho 8 recebeu pontuações nos parâmetros do PAR que variaram entre 5 e 20, ou seja, entre as classificações “Péssima” e “Ótima”. As menores pontuações atribuídas ao parâmetro 3 (Deposição de sedimentos) se deram devido à presença de “ilhas” no leito do rio, próximas às bases de sustentação da ponte, resultantes da deposição de material fino. A deposição de sedimentos no fundo do rio pode causar diminuição na disponibilidade de habitats para a comunidade aquática, além de alterar o curso normal e o deslocamento de espécies animais no rio (RODRIGUES; MALAFAIA; CASTRO, 2008).

As menores pontuações atribuídas ao parâmetro 8 (Proteção das margens pela vegetação) se deram devido às observações de áreas onde a vegetação havia sido removida, expondo o solo das margens às intempéries e podendo ocasionar erosão. As matas ciliares das margens dos rios são consideradas de extrema importância por funcionarem como barreiras de contenção ao deslizamento de sedimentos das margens para o leito dos rios, dentre outros fatores (FAGUNDES; GASTAL JÚNIOR, 2008). A recomposição das matas ciliares no

trecho 8 do rio Pardo seria uma medida eficaz para evitar o deslizamento de sedimentos das margens, principalmente no período chuvoso, quando a intensidade de chuvas pode agravar o problema.

As menores pontuações atribuídas ao parâmetro 9 (Estado de conservação da vegetação do entorno) se deram devido às margens estarem cobertas por vegetação exótica, como capim. A conservação da vegetação nativa das matas ciliares permite abrigo adequado, locais para a reprodução e fonte de alimentos às espécies animais da região (SÃO PAULO, 2009).

O trecho 9 está localizado entre as cidades de Viradouro, SP, e Morro Agudo, SP (Figura 20).

Trecho 9

Parâmetro*	Período Chuvoso**	Período Seco**	Mediana
1) Substratos e/ou habitats disponíveis	11,5	15,0	13,3
2) Regimes de velocidade/profundidade	18,0	17,0	17,5
3) Deposição de sedimentos	9,0	14,5	11,8
4) Condições de escoamento do canal	20,0	20,0	20,0
5) Alterações no canal	15,5	13,0	14,3
6) Sinuosidade do canal	17,5	14,0	15,8
7) Estabilidade das margens	18,0	19,0	18,5
8) Proteção das margens pela vegetação	18,0	17,0	17,5
9) Estado de conservação da vegetação do entorno	15,5	16,5	16,0
10) Materiais sólidos flutuantes	20,0	20,0	20,0

Figura 20. Localização geográfica, vista parcial e resultados das avaliações ambientais pelo PAR no trecho 9 nos períodos chuvosos e secos e a mediana dos períodos de amostragem.
Fonte: Apêndice A - Protocolo de Avaliação Rápida; Apêndice B - Dados obtidos nas aplicações do PAR.

O trecho 9 recebeu pontuações nos parâmetros do PAR entre 9 e 20, ou seja, foi categorizado entre as condições “Regular” e “Ótima”. As menores pontuações verificadas no parâmetro 3 (Deposição de sedimentos) se deram devido à verificação de “ilhas” em formação

no leito do rio, próximas às bases de sustentação da ponte, resultantes da deposição de material fino. Essa deposição de sedimento pode resultar na diminuição de habitats para os organismos aquáticos, alterar o curso normal do rio e, caso não seja tomada nenhuma medida visando reverter esse cenário, possivelmente pode ocorrer assoreamento do trecho do rio (RODRIGUES; MALAFAIA; CASTRO, 2008).

O trecho 10 está localizado entre as cidades Jaborandi, SP, e Colina, SP (Figura 21).

Trecho 10

Parâmetro*	Período Chuvoso**	Período Seco**	Mediana
1) Substratos e/ou habitats disponíveis	6,5	11,5	9,0
2) Regimes de velocidade/profundidade	17,5	14,5	16,0
3) Deposição de sedimentos	5,5	8,0	6,8
4) Condições de escoamento do canal	15,5	19,5	17,5
5) Alterações no canal	12,5	10,5	11,5
6) Sinuosidade do canal	14,0	13,0	13,5
7) Estabilidade das margens	13,0	12,0	12,5
8) Proteção das margens pela vegetação	13,5	10,0	11,8
9) Estado de conservação da vegetação do entorno	11,5	12,0	11,8
10) Materiais sólidos flutuantes	11,0	20,0	15,5

Figura 21. Localização geográfica, vista parcial e resultados das avaliações ambientais pelo PAR no trecho 10 nos períodos chuvosos e secos e a mediana dos períodos de amostragem. Fonte: Apêndice A - Protocolo de Avaliação Rápida; Apêndice B - Dados obtidos nas aplicações do PAR.

O trecho 10 recebeu pontuações nos parâmetros do PAR entre 5 e 20, ou seja, foi categorizado entre as condições “Péssima” e “Ótima”. As menores pontuações atribuídas ao parâmetro 1 (Substratos e/ou habitats disponíveis) se deram devido à observações de poucos fatores favoráveis a colonização da fauna aquática, como galhos submersos, cascalhos ou vegetação aquática, resultando em habitats monótonos e com pouca diversificação. A ausência de substratos e habitats disponíveis pode resultar em declínio da biodiversidade do

rio, pois as espécies aquáticas são privadas de condições adequadas de alimentação, abrigo e reprodução (RODRIGUES; MALAFAIA; CASTRO, 2008).

As menores pontuações atribuídas ao parâmetro 3 (Deposição de sedimentos) se deram devido à presença de “ilhas” em formação no leito do rio, próximas às bases de sustentação da ponte. A deposição de sedimentos no fundo do rio pode resultar em assoreamento do trecho, gerando uma espécie de barragem que pode vir a represar o curso de água naquele local. Com isso, há a alteração no curso natural do rio, e o deslocamento das espécies animais pode ficar comprometido (RODRIGUES; MALAFAIA; CASTRO, 2008).

O trecho 11 está localizado entre as cidades Barretos, SP, e Guairá, SP (Figura 22).

Trecho 11

Parâmetro*	Período Chuvoso**	Período Seco**	Mediana
1) Substratos e/ou habitats disponíveis	6,0	6,0	6,0
2) Regimes de velocidade/profundidade	13,0	13,0	13,0
3) Deposição de sedimentos	3,5	5,0	4,3
4) Condições de escoamento do canal	17,0	19,5	18,3
5) Alterações no canal	13,0	12,5	12,8
6) Sinuosidade do canal	8,0	10,0	9,0
7) Estabilidade das margens	12,5	12,0	12,3
8) Proteção das margens pela vegetação	10,0	11,5	10,8
9) Estado de conservação da vegetação do entorno	9,5	8,5	9,0
10) Materiais sólidos flutuantes	19,0	10,0	14,5

Figura 22. Localização geográfica, vista parcial e resultados das avaliações ambientais pelo PAR no trecho 11 nos períodos chuvosos e secos e a mediana dos períodos de amostragem.

Fonte: Apêndice A - Protocolo de Avaliação Rápida; Apêndice B - Dados obtidos nas aplicações do PAR.

O trecho 11 recebeu pontuações nos parâmetros do PAR entre 3 e 19, ou seja, foi categorizado entre as condições “Péssima” e “Ótima”. As menores pontuações atribuídas ao parâmetro 1 (Substratos e/ou habitats disponíveis) se deram devido à observações de poucos fatores ambientais favoráveis a colonização da fauna aquática, como troncos submersos,

rochas ou vegetação aquática, resultando em habitats monótonos e pouco diversificados. A ausência de substratos disponíveis à ocupação pelos organismos aquáticos pode resultar em declínio da biodiversidade do rio, pois as espécies aquáticas são privadas de condições adequadas de alimentação, abrigo e reprodução. Em avaliação da comunidade de aquática e das condições do substrato de rios em Ponta Grossa, PR, foi verificado que houve relação entre as áreas mais preservadas e com maiores substratos disponíveis e a composição da macrofauna bentônica (BATISTA et al., 2011).

As menores pontuações atribuídas ao parâmetro 3 (Deposição de sedimento) se deram devido à presença de acúmulos de sedimento fino no leito do rio, próximo às bases de sustentação da ponte. A deposição de sedimentos no fundo do rio pode resultar em assoreamento do trecho, gerando uma espécie de barragem que pode vir a represar o curso de água naquele local. Com isso, há a alteração no curso natural do rio, e o deslocamento das espécies animais pode ficar comprometido (RODRIGUES; MALAFAIA; CASTRO, 2008). A remoção do sedimento acumulado em bases de pontes pode ser uma medida eficaz no controle da formação de “ilhas” no leito do rio.

As menores pontuações atribuídas ao parâmetro 9 (Estado de conservação da vegetação do entorno) se deram devido à observações de que a vegetação presente era constituída por espécies exóticas, como gramíneas e era possível perceber impactos de atividades humanas. O problema da introdução de espécies exóticas em ambientes é bastante complexo, tendo em vista que diversas atividades econômicas e sociais levam à introdução de espécies exóticas nos ambientes. As introduções de plantas exóticas podem ocorrer em decorrência de atividades como agricultura, comércio de plantas ornamentais e de paisagismo (SÃO PAULO, 2009). Faz-se necessário o controle e monitoramento constante das espécies exóticas invasoras nas matas ciliares, visando preservar as espécies nativas desse ambiente.

O trecho 12 é a foz do rio Pardo, ponto de confluência com o rio Grande, e está localizado no município de Colômbia, SP (Figura 23).

Trecho 12

Figura 23. Localização geográfica, vista parcial e resultados das avaliações ambientais pelo PAR no trecho 12 nos períodos chuvosos e secos e a mediana dos períodos de amostragem.

Fonte: Apêndice A - Protocolo de Avaliação Rápida; Apêndice B - Dados obtidos nas aplicações do PAR.

O trecho 12 recebeu pontuações entre 6 e 20, ou seja, foi categorizado entre as condições “Regular” e “Ótima”. As menores pontuações atribuídas ao parâmetro 1 (Substratos e/ou habitats disponíveis) se deram devido à ausência de substratos que possibilitassem habitats variados no fundo do rio à colonização da fauna bentônica. Ambientes de fundo de rios monótonos, ou seja, com pouca variedade de substratos como galhos e rochas submersas podem apresentar índices menores de riquezas em biodiversidade que ambientes compostos de substratos variados (BATISTA et al., 2011).

As menores pontuações atribuídas ao parâmetro 8 (Proteção das margens pela vegetação) se deram devido à observação áreas onde houve a remoção da vegetação, expondo o solo das margens às intempéries, podendo ocasionar erosões no solo. A erosão do solo exposto pode causar acúmulo de sedimento no fundo do rio, alterando esse ambiente e prejudicando a qualidade e quantidade de habitats adequados à fauna aquática.

As menores pontuações atribuídas ao parâmetro 9 (Estado de conservação da vegetação do entorno) se deram devido à observações de que a vegetação presente era constituída por espécies exóticas, como gramíneas e era possível perceber impactos de atividades humanas. As espécies exóticas à região podem ser prejudiciais às espécies nativas de vegetação devido a competições por luminosidade, espaço físico, nutrição, dentre outros. Recomenda-se o controle das espécies exóticas invasoras nas matas ciliares, visando preservar as espécies nativas desse ambiente.

As menores pontuações atribuídas ao parâmetro 10 (Materiais sólidos flutuantes) se deram devido à visualização de resíduos recicláveis dispostos de maneira inadequada nas margens e no leito do curso de água (Figura 24).

Figura 24. Materiais sólidos recicláveis descartados nas margens do rio Pardo.

O descarte de materiais sólidos nas margens dos rios podem figurar como potenciais focos na disseminação de doenças transmitidas por vetores, como o *Aedes aegypti*, mosquito vetor de doenças graves como a febre amarela e dengue. Recomenda-se medidas visando a melhoria na gestão dos resíduos sólidos nos municípios vizinhos e nas comunidades rurais próximas ao rio Pardo.

Os resultados das medianas das aplicações do PAR nas quatro campanhas de coleta de dados nos 12 trechos do rio Pardo estão apresentados na Figura 25.

Figura 25. Mediana das pontuações obtidas com a aplicação do PAR nas quatro campanhas de coleta de dados por trecho do rio Pardo. 2011-2012.

*Pontuações do PAR de acordo com as condições do trecho de amostragem. Categorias: Péssimo - 0 a 5; Regular - 6 a 10; Boa - 11 a 15; Ótima - 16 a 20.

Comparando os valores dos resultados das medianas obtidas pelo PAR com as categorias das condições verifica-se que a maioria dos trechos do rio Pardo foi classificada como em "Boas" condições, ou seja, 58,33% de trechos ficaram com pontuações entre 11 e 15. Os demais trechos foram classificados como em "Ótimas" condições, ou seja, receberam pontuações de 16 a 20.

Ao compararmos os resultados das medianas das pontuações do PAR com as condições das APPs nas margens do rio Pardo (Tabela 3) foi verificado que nos trechos classificados como "Ótimos" pelo PAR as alterações causadas por ações humanas eram ausentes ou minimamente evidentes, como no caso do trecho 6, o qual apresentava vegetação exótica (gramíneas) em uma das margens do rio.

Por ser uma ferramenta de avaliação ecológica abrangente, o PAR permite a verificação desde a existência de substratos adequados para a colonização da fauna aquática até a composição de mata ciliar. Assim, é possível que um trecho do rio seja classificado pelo PAR como em "Boas" condições, e não ser totalmente adequado ao que está estabelecido na legislação brasileira. Como exemplo podemos citar o trecho 2 (Figura 12), o qual foi classificado pelo PAR como em "Boas" condições, e quando verificamos as características margens encontramos pastagens e vegetação exótica (Tabela 3), em desacordo com a

legislação brasileira para APP. Sendo assim, sugere-se que os resultados obtidos pela avaliação ecológica utilizando o PAR como ferramenta sejam também analisados individualmente, para que possam ser adotadas medidas de correção e melhoria ambiental separadamente para cada trecho do rio.

A Figura 26 apresenta as medianas dos resultados das pontuações obtidas nas campanhas de coleta dos períodos chuvosos e secos, por parâmetro do PAR.

Figura 26. Medianas dos resultados das pontuações obtidas nas campanhas de coleta dos períodos chuvosos e secos, por parâmetro do PAR.

*Parâmetro 1: Substratos e/ou habitats disponíveis; 2: Regimes de velocidade/profundidade; 3: Deposição de sedimento; 4: Condições de escoamento do canal; 5: Alterações no canal; 6: Sinuosidade do canal; 7: Estabilidade das margens; 8: Proteção das margens pela vegetação; 9: Estado de conservação da vegetação do entorno; 10: Materiais sólidos flutuantes.

Analisando os resultados dos parâmetros do PAR obtidos nas campanhas de coleta nos períodos chuvosos e secos, foi possível verificar que houve diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) pelo teste de Mann Whitney para as condições de escoamento do canal (parâmetro 4). As pontuações atribuídas a esse parâmetro no período chuvoso foram menores que no período seco.

Este resultado pode ser explicado pelo aumento da vazão do rio durante o período chuvoso, que registrou níveis médios de precipitação de 472,3 milímetros (CIIAGRO, 2012), o que pode ter refletido na erosão das margens do rio, lixiviação de materiais para dentro do canal e prejuízos ambientais registrados pelo PAR. No período seco foram registrados cerca de 36,6 milímetros de precipitação (CIIAGRO, 2012). Para os demais parâmetros do PAR,

não foram verificadas diferenças estatisticamente significantes entre as coletas nos períodos chuvosos e secos.

O teste de Mann Whitney também revelou que houve diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) entre os resultados obtidos nos dois períodos de coleta de dados para a sinuosidade do canal (parâmetro 6). As pontuações atribuídas a esse parâmetro no período chuvoso foram maiores que no período seco.

Esse resultado pode estar relacionado com a diminuição dos níveis de água no corpo hídrico durante o período de seca, o que causa a exposição de áreas do fundo do rio próximas às margens e o curso de água aparentemente torna-se mais retilíneo. A sinuosidade de um rio está relacionada à disponibilidade de ambientes diversificados para a colonização da fauna aquática e com a redução da correnteza (RODRIGUES; CASTRO; MALAFAIA, 2010).

5.3 Qualidade físico-química da água

Os parâmetros físico-químicos da água foram avaliados nos 12 trechos do rio Pardo nas quatro campanhas de coleta de dados. A seguir são apresentados os resultados para cada trecho do rio, sendo que os dados obtidos nas análises físico-químicos da água nas campanhas de coleta estão disponíveis no Apêndice C.

As medianas dos resultados dos parâmetros físico-químicos por trecho de amostragem nas quatro campanhas de coleta são apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4. Medianas dos resultados dos parâmetros físico-químicos por trecho de amostragem nas quatro campanhas de coleta de dados. 2011-2012

Trecho de amostragem	pH	Temperatura (°C)	Oxigênio Dissolvido (mg L ⁻¹)	Condutividade Elétrica (µS)	Turbidez (NTU)
1	5,2	18,7	7,5	13,4	0,1
2	5,8	18,5	7,3	30,7	30,8
3	6,2	20,7	8,1	46,4	21,2
4	6,1	22,4	7,9	51,9	8,0
5	6,3	22,7	7,4	59,0	14,0
6	6,1	22,1	7,1	56,1	34,1
7	6,4	22,9	6,6	54,2	24,3
8	6,3	23,8	6,8	60,0	21,0
9	6,4	23,9	6,9	61,2	24,5
10	6,5	23,4	7,3	62,6	17,6
11	6,5	23,4	7,3	60,4	22,9
12	6,4	23,8	4,2	59,4	14,1
Máximo	6,5	23,9	8,1	62,6	34,1
Mínimo	5,2	18,5	4,2	13,4	0,1

O resultados das análises de pH demonstram que os trechos 1 e 2 estão abaixo dos limites estabelecidos pela legislação brasileira. Para cursos d'água da classe 2, como é o caso do rio Pardo, a Resolução CONAMA n° 357 (BRASIL, 2005) estabelece valores de pH entre 6 a 9. No trecho 1 foram observados galhos caídos, folhas e matéria orgânica vegetal nas margens e dentro do rio. Isso pode ter contribuído para os resultados baixos de pH, devido ao processo de decomposição biológica da matéria orgânica, a qual produz substâncias húmicas que acentuam a acidez da água (GORAYEB; LOMBARDO; PEREIRA, 2010). Já no trecho 2, o baixo valor de pH pode ser devido à presença de efluentes de indústria alimentícia. A região do trecho de amostragem é conhecida por produzir e processar batatas.

Ao analisarmos os resultados das medições da temperatura da água apontam que nos trechos 1 e 2 a temperatura foi menor que nos demais trechos (18,7°C e 18,5°C, respectivamente). Atribuímos esses valores ao horário que esses trechos foram visitados nas campanhas de coleta de dados, ambos nas primeiras da manhã (entre 5 e 6 horas da manhã).

Ao analisarmos os resultados das medições de oxigênio dissolvido na água do rio Pardo, verificamos que o trecho 12 (foz do rio Pardo, onde ele encontra o rio Grande) apresentou os valores mais baixos (4,2 mg L⁻¹) e em desacordo com o recomendado pela legislação ambiental brasileira. A Resolução CONAMA n° 357 (BRASIL, 2005) estabelece 5,0 mg L⁻¹ como valor mínimo recomendado de oxigênio dissolvido na água de rios de classe 2.

Esse resultado pode ser devido ao trecho ser largo (cerca de 400 metros) e lento (cerca de 0,37 m/s) (Tabela 3), impedindo a turbulência da água e conseqüentemente diminuindo a incorporação de oxigênio atmosférico à água (SANTOS et al., 2011). Além disso, nota-se que o trecho 12 recebeu baixas pontuações pelo PAR no parâmetro 9 (Estado de conservação da vegetação do entorno), devido à predominância da cana-de-açúcar em ambos os lados do trecho. A total ausência de mata ciliar e a possível lixiviação de implementos agrícolas da cana-de-açúcar podem ter contribuído para os baixos níveis de oxigênio dissolvido no trecho 12.

As medianas dos parâmetros físico-químicos de acordo com o período de amostragem estão organizadas na Tabela 5.

Tabela 5. Medianas dos parâmetros físico-químicos de acordo com o período de amostragem no rio Pardo. 2011-2012

	Trechos	pH	Temperatura (°C)	Oxigênio dissolvido (mg L ⁻¹)	Condutividade elétrica (µS)	Turbidez (NTU)
Período chuvoso	1	5,0	19,0	7,4	14,3	0,3
	2	5,3	20,0	7,0	32,2	40,6
	3	5,6	23,2	6,9	47,8	43,0
	4	6,0	24,3	7,1	55,4	29,9
	5	6,3	25,0	7,4	60,3	40,9
	6	5,9	23,9	5,9	55,5	63,0
	7	6,2	24,7	5,6	53,8	52,7
	8	6,5	25,8	6,5	60,0	33,8
	9	6,6	26,2	6,7	61,2	39,8
	10	6,8	26,0	6,5	60,1	37,8
	11	6,5	26,0	7,2	60,3	41,3
	12	6,5	26,4	3,9	59,4	32,2
	Trechos	pH	Temperatura (°C)	Oxigênio dissolvido (mg L ⁻¹)	Condutividade elétrica (µS)	Turbidez (NTU)
Período seco	1	5,6	18,6	7,5	12,6	0,1
	2	6,2	16,9	7,6	30,7	19,3
	3	6,3	18,8	8,2	44,7	2,7
	4	6,1	20,0	8,1	49,2	2,5
	5	6,4	19,7	7,2	55,7	5,6
	6	6,3	20,1	8,2	56,1	5,7
	7	6,4	20,1	7,1	57,7	6,0
	8	6,3	20,3	7,2	58,3	8,0
	9	6,1	20,3	7,7	61,6	8,3
	10	6,3	20,1	8,2	64,5	9,2
	11	6,5	19,8	8,5	62,3	9,6
	12	6,0	20,2	5,0	59,0	8,7

Os resultados das medianas por período de amostragem para os parâmetros físico-químicos apontam diferença estatisticamente significativa ($P < 0,05$) pelo teste de Mann Whitney nos parâmetros temperatura, oxigênio dissolvido e turbidez. As diferenças entre os resultados obtidos nas análises da temperatura podem estar relacionados às variações da temperatura ambiental nos períodos chuvosos e secos. Nos anos de 2011 e 2012, a temperatura média da água do rio durante o período chuvoso (entre outubro e março) foi de 25°C e a no período seco (entre abril e setembro) foi de 19,9°C. Para os mesmos anos, as temperaturas médias do ar na UGRHI 4 foram de 23,6°C no período chuvoso e 19,5°C no período seco (CIIAGRO, 2012).

O teste estatístico mostrou variações significativas nos valores da concentração de oxigênio dissolvido na água entre os períodos de amostragem. Verificamos que houve diminuição das concentrações na água quando a temperatura era mais elevada. Isso pode ser devido à diminuição na solubilidade dos gases em temperaturas elevadas, as quais ocorrem no período chuvoso na região de estudo. Resultados semelhantes foram encontrados por Souza e Fernandes (2009) no estado do Espírito Santo, Brasil. Além disso, sabe-se que as baixas concentrações de oxigênio dissolvido na água podem estar relacionadas com aumento das concentrações de matéria orgânica na água. No período chuvoso, a intensa precipitação pode acarretar lixiviação de matéria orgânica das margens para a calha do rio, principalmente em locais onde a mata ciliar foi removida, ou quando as margens são constituídas por culturas agrícolas e áreas de pastagem (SILVA; LINHARES; BASTOS, 2010).

O teste estatístico mostrou variações significativas nos valores da turbidez da água do rio Pardo entre os períodos de amostragem. Os valores menores da turbidez encontrados no período seco podem ser decorrentes da decantação dos sólidos em suspensão para o fundo do rio (GALVÃO et al., 2012). Além disso, nos períodos de chuvas intensas, a turbulência da água pode resultar em ressuspensão dos sedimentos do fundo e transporte de sedimentos das margens para a calha do rio, resultando no aumento da turbidez no período chuvoso (POMA et al., 2012). Variações na turbidez da água do rio podem alterar a passagem da luz e determinar a profundidade da zona eufótica, influenciando a dinâmica de crescimento dos organismos fotossintetizantes. De acordo com Ciiagro (2012) os valores de precipitação média durante o período chuvoso nos anos de amostragem foram de 472,3 mm, enquanto que no período seco foi de 36,6 mm.

5.4 Reprodutibilidade entre os resultados do PAR e parâmetros físico-químicos

Indicadores de acordo entre os resultados da avaliação ambiental dos ecossistemas aquáticos superficiais e os parâmetros físico-químicos foram calculados utilizando a Estatística Kappa, pelo aplicativo Stata (versão 10.2). Os resultados apontaram baixa reprodutibilidade ($k < 0,35$), indicando que não foram encontradas evidências, estatisticamente significantes, entre os dois métodos de avaliação, o que sugere que o PAR representa uma ferramenta complementar de monitoramento da qualidade ambiental que não substitui a avaliação de parâmetros físico-químicos da água.

Estudos recentes desenvolvidos em diferentes países, também, apontaram o PAR como uma ferramenta importante para as avaliações ambientais na medida em que auxilia no monitoramento da qualidade ambiental de rios (FLOTEMERSCH et al., 2011). No entanto, estudos que nos quais foram desenvolvidos outros testes estatísticos constataram relação negativa, por meio do coeficiente de correlação de Spearman ($p < 0,05$), entre as características físico-químicas da água e protocolo de avaliação rápida de habitat no Estado de Nova York – EUA (TRAN et al., 2010).

6. CONCLUSÃO

Com base nos objetivos traçados para o presente estudo e nos resultados obtidos, pode-se concluir que:

-A observação das condições das APPs do rio Pardo indica que as dimensões estabelecidas pelo Código Florestal brasileiro (BRASIL, 2012) não estão sendo garantidas. Dessa forma, criam-se condições que afetam o recurso hídrico, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade nesse curso de água.

-A avaliação dos parâmetros aquáticos superficiais incluídos no PAR revelou que a maioria dos trechos pode ser classificada como em "Boas" condições. Os parâmetros do PAR com menores pontuações foram: Substratos e/ou habitats disponíveis, Deposição de sedimento e Estado de conservação da vegetação do entorno; Gerando condições desfavoráveis à colonização da fauna aquática e estabelecimento da biodiversidade. Com vista à preservação dos habitats aquáticos e a qualidade ambiental do rio Pardo, esses parâmetros devem ser observados na gestão desse corpo hídrico.

-Apesar das condições das APPs não estarem de acordo com os limites estabelecidos pelo Código Florestal brasileiro, a avaliação dos parâmetros aquáticos superficiais do PAR indicaram resultados favoráveis sobre as condições ambientais do rio Pardo. Isso se deve porque o PAR é uma ferramenta que permite avaliar outros fatores além da vegetação ciliar, como substratos adequados à colonização da fauna, regimes de velocidade e profundidade do rio, dentre outros.

-Os resultados dos parâmetros físico-químicos revelaram que o pH dos trechos 1 e 2 estavam abaixo dos limites estabelecidos pela legislação (BRASIL, 2005); as temperaturas mais baixas foram verificadas nos trechos 1 e 2; os resultados de oxigênio dissolvido na água apontam que o trecho 12 estava abaixo dos limites estabelecidos pela legislação (BRASIL, 2005). A temperatura e a turbidez apresentaram valores significativamente maiores no período chuvoso em relação ao período seco, fatores relacionados com o período mais quente do ano e de maior pluviosidade. O oxigênio dissolvido apresentou valores significativamente menores no período chuvoso, fator que pode estar relacionado ao aumento das concentrações de matéria orgânica carregada pelas chuvas para a água do rio e a diminuição da solubilidade dos gases em temperaturas elevadas.

-Os resultados da avaliação de concordância estatística entre os resultados do PAR e os parâmetros físico-químicos apontaram baixa reprodutibilidade ($k < 0,35$), indicando que não foi encontrada concordância estatisticamente significativa entre os resultados obtidos do PAR e da análise físico-química da água. Esse resultado indica que o PAR, mesmo sendo uma ferramenta importante para as avaliações ambientais em rios, não deve ser considerado

substituto aos métodos de avaliação físico-químicos da água, e sim um complemento para avaliação integrada do ecossistema.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Estudos de avaliação ambiental em rios são de grande importância para a Saúde Pública, especialmente em países em desenvolvimento como o Brasil, onde elevado número de municípios fazem uso de fontes de água superficiais para abastecimento e recreação, e os níveis de saneamento ainda são considerados baixos. Doenças relacionadas às águas superficiais causam problemas sérios, e a falta de informações sobre contaminações no corpo hídrico proporcionam maiores riscos à saúde da população que faz uso desse rio. Os resultados do presente estudo proporcionam base para o controle ambiental de rios e para o monitoramento da qualidade da água com ferramentas importantes para a gestão ambiental.

Recomendamos adicionar ao PAR um parâmetro que permita avaliar as condições das APPs do rio, utilizando ferramentas de fácil acesso, como barbantes e fita métrica para mensurar a largura exata da área. Além disso, recomendamos estudos de levantamento das populações de espécies vegetais e riqueza florística, com a finalidade elaborar estratégias de conservação e restauração de remanescentes das matas ciliares.

Recomendamos o tratamento adequado dos efluentes urbanos e industriais antes do lançamento no rio Pardo visando diminuir os impactos causados pelo aumento da carga orgânica no corpo hídrico. Além disso, a sensibilização da população sobre a importância da separação e destino correto dos resíduos sólidos, bem como a implantação de instrumentos de gestão públicos também são recomendações do presente estudo tendo em vista a qualidade ambiental do rio Pardo e a prevenção de doenças transmitidas por vetores.

Cabe destacar que esse projeto foi vinculado a um projeto maior intitulado “Herramienta de gestión ambiental para la evaluación de riesgos en cuencas hidrográficas” (Anexo I), por meio do qual tive a oportunidade de realizar estágio na Universitat Rovira i Virgili em Reus (Espanha), durante trinta dias entre os meses de fevereiro e março de 2012. Esse estágio me proporcionou aprofundamento nos conhecimentos sobre as avaliações ambientais de contaminantes químicos, estimativas de risco para a saúde humana, coleta de organismos bentônicos, análise estatística dos dados, dentre outros. O crescimento pessoal e profissional advindos dessa experiência é imensurável.

O nosso grupo de pesquisa está propondo dar continuidade aos presentes projetos, por meio da realização de um estudo de avaliação de risco para a população frente à exposição a pesticidas e fertilizantes presentes nesse corpo hídrico, considerando as extensivas culturas agrícolas da região.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEYEMO, O. K. Habitat assessment for seasonal variation of river pollution in Ibadan, Nigeria, in a geographic information systems interface. **Veterinaria Italiana**, Teramo, v. 44, n. 2, p. 361-371, 2008.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil**: informe. Brasília: ANA, 2012. 215 p.

ARRETCHE, M.; MARQUES, E. Municipalização da saúde no Brasil: diferenças regionais, poder do voto e estratégias de governo. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 3, p. 455-479, 2002.

BARBOSA, F.; CALLISTO, M.; GALDEAN, N. The diversity of benthic macroinvertebrates as an indicator of water quality and ecosystem health: a case study for Brazil. **Aquatic Ecosystem Health & Management**, Ontario, v. 4, n. 1, p. 51-59, 2001.

BARBOUR, M. T.; GERRITSEN, J.; SNYDER, B. D.; STRIBLING, J. B. Rapid Bioassessment Protocols for use in streams and wadeable rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish, **EPA 841-B-99-002**. Washington, DC, 1999.

BATISTA, H. U.; BARBOLA, I. F.; KLOTH, A. G. E.; MILLÉO, J. Estrutura e composição da fauna de macroinvertebrados como forma de avaliação da qualidade da água do Rio Verde, em Ponta Grossa, Paraná, Brasil. Doi: 10.5212/TerraPlural. v. 4i2. 0006. **Terr@ Plural**, Ponto Grossa, v. 4, n. 2, p. 241-256, 2011.

BEAUMORD, A. **The ecology and ecomorphology of fish assemblages of the Paraná-Paraguay river basin in Brazil**. 2000. 155f. Tese (Doutorado)–University of California, Santa Barbara. 2000.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**: promulgada em 5 de outubro de 1988. Organização do texto por Juarez de Oliveira. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 1990. 168 p. (Série Legislação Brasileira).

_____. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 1997.

_____. Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2000.

_____. Lei nº 10.406, de 10 de Janeiro de 2002. Institui o Código Civil. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2002.

_____. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2010.

_____. Lei nº 12.651, de 25 de Maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2012.

BRONAUT, R. P. M.; FILHO, A. C. P.; Avaliação do uso de imagens CBERS-2/CCD na identificação e monitoramento das áreas de preservação permanente ao longo dos corpos

hídricos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR), 13., 2007. Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: INEP, 2007. p. 799-806.

CALLISTO, M.; FERREIRA, W. R.; GOULART, M.; PETRUCIO, M. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). **Acta Limnologica Brasiliensia**, Rio Claro, v. 14, n. 1, p. 91-98, 2002.

CASTANIA, J. **Qualidade da água utilizada para consumo em escolas públicas municipais de ensino infantil de Ribeirão Preto-SP**. 2009. 146 p. Dissertação (Mestrado em Enfermagem em Saúde Pública) – Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2009.

CASTRO, W. S.; FERREIRA, M. E. Bases de Dados Geográficas Digitais no Brasil: formatos, acessibilidade e aplicações. **Ateliê Geográfico**, Goiânia, v. 6, n. 1, p. 92-122, 2012.

CENTRO INTEGRADO DE INFORMAÇÕES AGROMETEOROLÓGICAS. **Ciiagro Online**. Disponível em: <<http://www.ciiagro.sp.gov.br/ciiagroonline>>. Acesso em: 26 jul. 2012.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARDO. **Relatório de situação dos recursos hídricos 2010: (ano base 2009)**. Ribeirão Preto: CBH-Pardo, 2010. 88 p. Grupo de Trabalho Permanente do Relatório Anual de Situação dos Recursos Hídricos e Plano de Bacia.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo**: relatório técnico. São Paulo: CETESB, 2010. 310 p.

COOPERATIVA DE SERVIÇOS E PESQUISAS TECNOLÓGICAS E INDUSTRIAIS. **Plano de Bacia da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Pardo (UGRHI-4)**: relatório técnico. São Paulo: CPTI, 2008. 363 p.

CORBI, J. J.; STRIXINO, S. T.; SANTOS, A.; DEL GRANDE, M. Diagnóstico ambiental de metais e organoclorados em córregos adjacentes a áreas de cultivo de cana-de-açúcar (Estado de São Paulo, Brasil). **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n. 1, p. 61-65, 2006.

DANTAS, A. B.; PASCHOALATO, C. F. R.; MARTINEZ, M. S.; BALEJO, R. R.; DI BERNARDO, L. Removal of diuron and hexazinone from guarany aquifer groundwater. **Braz. J. Chem. Eng.**, São Paulo, v. 28, n. 3, p. 415-424, 2011.

FAGUNDES, N. A.; GASTAL JÚNIOR, C. V. S. Diagnóstico ambiental e delimitação de Áreas de Preservação Permanente em um assentamento rural. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Maringá, v. 30, n. 1, p. 29-38, 2008.

FERNANDES, J. G.; FREIRE, M. B. G. dos S.; CUNHA, J. C.; GALVÍNCIO, J. D.; CORREA, M. M.; DOS SANTOS, P. R. Qualidade físico-química das águas utilizadas no Perímetro Irrigado Cachoeira II, Serra Talhada, Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)**, Pernambuco, v. 4, n. 1, p. 27-34, 2009.

FERREIRA, J. A.; DOS ANJOS, L. A. A. Aspectos de saúde coletiva e ocupacional associados à gestão dos resíduos sólidos municipais Public and occupational health issues related to municipal solid waste management. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 3, p. 689-696, 2001.

FIORUCCI, A. R.; BENEDETTI FILHO, E. E. A importância do oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos. **Química e Sociedade**, São Paulo, n.22, p. 10-16, 2005.

FLOTEMERSCH, J. E. STRIBLING, J. B.; HUGHES, R. M.; REYNOLDS, L.; PAUL, M. J.; WOLTER, C. Site length for biological assessment of boatable rivers. **River Research and Applications**, Hoboken, v. 27, n. 4, p. 520–535, 2011.

FLOTEMERSCH, J. E. STRIBLING, J. B.; PAUL, M. J.; **Concepts and approaches for the bioassessment of non-wadeable streams and rivers**. US Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, 2006.

FRANCO, T.; DRUCK, G. Padrões de industrialização, riscos e meio ambiente. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 2, p. 61-72, 1998.

FRISSELL, C. A.; LISS, W. J.; WARREN, C. E.; HURLEY, M. D. A hierarchical framework for stream habitat classification: viewing streams in a watershed context. **Environmental management**, Oak Ridge, v. 10, n. 2, p. 199-214, 1986.

GALVÃO, R. C. F.; GOMES, J. P. O.; ALMEIDA, R.; BERNARDI, J. V. E.; BASTOS, W. R.; LACERDA, L. D. Variação sazonal de elementos-traço associados aos sólidos em suspensão no Alto Rio Madeira, Amazônia Ocidental. **Geochimica Brasiliensis**, Pernambuco, v. 23, n. 1, 2012.

GOOGLE Inc. Google Earth. Disponível em: <www.earth.google.com>. Acesso em: 04 Nov. 2012.

GORAYEB, A.; LOMBARDO, M. A.; PEREIRA, L. C. C. Qualidade da água e abastecimento na Amazônia: o exemplo da bacia hidrográfica do rio Caeté. **Mercator**, Fortaleza, v. 9, n. 18, 2010.

HAEFNER, S.; GORDON, L. USGS Earthquake Information Available in Google Earth. USGS, 2008. Disponível em: <<http://www.usgs.gov/newsroom/article.asp?ID=1860>>. Acesso em: 27 novembro de 2012.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos e estabelecimento de diretrizes técnicas para elaboração do Plano da Bacia Hidrográfica do rio Pardo**. São Paulo: IPT, 2011. 720 p. Relatório nº 40.670.

JAMES, C. A.; KERSHNER, J.; O'NEILL, S.; LEVIN, P. S. A methodology for evaluating and ranking water quantity indicators in support of ecosystem-based management. **Environmental Management**, Oak Ridge, v. 49, n. 3, p. 703-19, 2012.

LARA, F. B. **A comunidade de macroinvertebrados em diferentes substratos de um Rio Litorâneo no Paraná**. 2011. 53 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação)-Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2011.

LIU, J.; CHEN, Q.; LI, Y. Ecological risk assessment of water environment for Luanhe River Basin based on relative risk model. **Ecotoxicology**, Pequim, v. 19, n. 8, p. 1400-15, 2010.

MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. **Indicadores ambientais e recursos hídricos: realidade e perspectivas para o Brasil a partir da experiência francesa**. 3. ed., Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Saúde ambiental: guia básico para construção de indicadores**. Brasília: Ministério da Saúde, 2011.

MORETTI, M. S.; GOULART, M.; CALLISTO, M. Rapid assessment of the macrofauna associated with *Eichhornia azurea* (Swartz) Kunth, 1843 and *Pontederia lanceolata* Nutt., 1818 (Pontederiaceae) in Coqueiro Bay, Pantanal de Poconé (MT/Brazil). **Revista Brasileira de Zoociências**, Juiz de Fora, v. 5, n. 1, p. 7-21, 2003.

OLIVEIRA, M. Z.; VERONEZ, M. R.; TURANI, M. REINHARDT, A. O. Imagens do Google Earth para fins de planejamento ambiental: uma análise de exatidão para o município de São Leopoldo/RS. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14., 2009, Natal. **Anais...** Natal: INPE, 2009. p.1835-1842.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Fatos sobre água e saneamento**. Rio+20, Rio de Janeiro, RJ, 2012.

PERES, C. K.; KRUEK, R. A.; BRANCO, C. C. Z. Diagnóstico da qualidade da água do rio Cascavel, município de Guarapuava, Estado do Paraná Diagnosis of the Cascavel River water quality, at the municipality of Guarapuava, Paraná State, Brazil. **Ambiência**, Guarapuava, v. 4, n. 1, p. 25-35, 2009.

PINTO FILHO, J. L. O.; OLIVEIRA, A. M. Impactos socioambientais da ocupação desordenada das margens da Lagoa do Apodi-RN. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Fortaleza, v. 03, p. 58-76, 2008.

POLAZ, C. N. M.; TEIXEIRA, B. A. N. Indicadores de sustentabilidade para a gestão municipal de resíduos sólidos urbanos: um estudo para São Carlos (SP). **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 3, p. 411-420, 2009.

POMA, H. R.; CACCIABUE, D. G.; GARCÉ, B.; GONZO, E. E.; RAJAL, V. B. Towards a rational strategy for monitoring of microbiological quality of ambient waters. **Sci Total Environ**, Barcelona, v. 433, n. 1, p. 98-109, 2012.

POULTON, B. C.; WILDHABER, M. L.; CHARBONNEAU, C. S.; FAIRCHILD, J. F.; MUELLER, B. G.; SCHMITT, C. J. A longitudinal assessment of the aquatic macroinvertebrate community in the channelized lower Missouri River. **Environmental Monitoring and Assessment**, Orono, v. 85, n. 1, p. 23-53, 2003.

PRÜSS-ÜSTÜN, A.; BOS, R.; GORE, F.; BARTRAM, J. **Safer Water, Better Health: Costs, Benefits and Sustainability of Interventions to Protect and Promote Health**. Geneva: WHO, 2008. 56 p.

PRÜSS-ÜSTÜN, A.; CORVALÁN, C. **Preventing disease through healthy environments.** Towards an estimate of the environmental burden of disease. Geneva: WHO, 2006. 16 p.

RAGOSTA, G.; EVENSEN, C.; ATWILL, E. R.; WALKER, M.; TICKTIN, T.; ASQUITH, A.; TATE, K. W. Causal connections between water quality and land use in a rural tropical island watershed. **EcoHealth**, New York, v. 7, n. 1, p. 105-113, 2010.

REBOUÇAS, A. C. Água doce no mundo e no Brasil. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação.** 3ª. Edição. São Paulo: Escrituras Editora, 2006. 255 p.

REDE INTERAGENCIAL DE INFORMAÇÃO PARA A SAÚDE. **Indicadores básicos para a saúde no Brasil: conceitos e aplicações.** Brasília: RIPS: OPAS, 2008. 349 p.

REGO, S. Textos hipocráticos: o doente, o médico e a doença. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 1, p. 233-235, 2006.

RIBEIRO, H. Saúde Pública e meio ambiente: evolução do conhecimento e da prática, alguns aspectos éticos. **Saúde e sociedade**, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 70-80, 2004.

RODRIGUES, A. S. L.; CASTRO, P. T. A. Protocolos de avaliação rápida: instrumentos complementares no monitoramento dos recursos hídricos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 13, n. 1, p. 161-170, 2008.

RODRIGUES, A. S. L.; MALAFAIA, G.; CASTRO, P. T. A. A importância da avaliação do habitat no monitoramento da qualidade dos Recursos Hídricos: uma revisão. **SaBios-Revista de Saúde e Biologia**, Campo Mourão, v. 5, n. 1, p. 26-42, 2010.

ROSEN, G. **A history of public health.** New York: Expanded ed., 1993. 551p.

SANTOS, A. R.; EUGENIO, F. C.; SAITO, N. S.; PELUZIO, T. M. O.; SEDIYAMA, G. C. Caracterização química, física e bioquímica dos três principais cursos d'água da bacia hidrográfica do rio Turvo Sujo – MG. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 8, n. 3, p. 071-084, 2011.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente/Instituto Florestal. **Inventário florestal da vegetação natural do Estado de São Paulo.** São Paulo: SMA, 2005. 200 p.

_____. Secretaria do Meio Ambiente. **Espécies exóticas invasoras.** Cadernos da Mata Ciliar. São Paulo: SMA, 2009. 34 p.

_____. Secretaria do Meio Ambiente. **Matas Ciliares e o Meio Ambiente Rural:** uma proposta de trabalho para educadores. São Paulo: SMA, 2011. 154 p.

SEGANFREDO, M. A.; SOARES, I. J.; KLEIN, C. S. **Qualidade da água de rios numa região de pecuária intensiva de SC.** Concórdia: Embrapa, 2003. 4 p. Comunicado Técnico.

SILVA, J. M.; LINHARES, D. P.; BASTOS, W. R. Geoprocessamento Aplicado a Análise Integrada do uso da Terra e Qualidade de Água na microbacia do Rio Preto – Rondônia. **Caminhos de Geografia Uberlândia**, Uberlândia, v. 11, n. 34, p. 1-21, 2010.

SOUZA, B. D.; FERNANDES, V. O. Estrutura e dinâmica da comunidade fitoplancônica e sua relação com as variáveis ambientais na lagoa Mãe-Bá, Estado do Espírito Santo, Brasil. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Maringá, v. 31, n. 3, p. 245-253, 2009.

TOLEDO, L. G.; NICOLELLA, G. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. **Scientia Agrícola**, São Paulo, v. 59, n. 1, p. 181-186, 2002.

TRAN, C. P.; BODE, R. W.; SMITH, A. J.; KLEPPEL, G. S. Land-use proximity as a basis for assessing stream water quality in New York State (USA). **Ecological Indicators**, Kiel, v. 10, n. 3, p. 727-733, 2010.

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I.; CORDEIRO NETTO, O. M. **Gestão da água no Brasil**. Brasília: UNESCO, 2001. 156 p.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. São Carlos: Editora RIMA. 2005. 247 p.

WINSLOW, C. E. A. The Untilled Fields of Public Health. **Science**, New York, v. 51, n. 1306, p. 23-33, 1920.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Protocolo de Avaliação Rápida (PAR)

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO RÁPIDA
FICHA DE AVALIAÇÃO

Local avaliado:**Posição GPS:****Data da avaliação:** / /**Hora da avaliação:****Tempo (situação do dia):****Choveu nos últimos 7 dias?** () Sim () Não**Largura do corpo d'água:****Profundidade:****Parâmetro 1: "Substratos e/ou habitats disponíveis"**

ÓTIMA	BOA	REGULAR	PÉSSIMA
Mais de 50% do trecho avaliado apresenta vários tipos e tamanhos de substratos favoráveis à colonização da fauna e abrigo para insetos aquáticos, anfíbios ou peixes. Observa-se também uma mistura de folhas, galhos e troncos submersos, proporcionando <i>habitats</i> estáveis.	De 31 a 50% do trecho avaliado apresenta substratos apropriados à colonização e manutenção da fauna. Existência de alguns <i>habitats</i> em potencial como, por exemplo, troncos e galhos inclinados sobre o curso da água, mas que ainda não fazem parte do substrato do rio.	Entre 21 e 30% do trecho avaliado apresenta <i>habitats</i> estáveis mesclados apropriados à colonização. Em alguns trechos a velocidade da água não permite a estabilização dos substratos que são algumas vezes removidos.	Mais de 80% do trecho avaliado apresenta <i>habitats</i> monótonos ou com pouca diversificação. Não há presença de galhos, cascalhos ou vegetação aquática.
20 19 18 17 16	15 14 13 12 11	10 9 8 7 6	5 4 3 2 1 0

Parâmetro 2: "Regimes de velocidade/profundidade"

ÓTIMA	BOA	REGULAR	PÉSSIMA
Presença dos 4 tipos de regime.	Presença de 3 regimes, sendo obrigatória a presença do regime do tipo rápido/raso.	Presença de 2 tipos de regimes; se o regime rápido/raso ou lento/profundo estiver ausente a pontuação é menor.	Prevalência de apenas 1 tipo de regime, geralmente, lento/profundo.
20 19 18 17 16	15 14 13 12 11	10 9 8 7 6	5 4 3 2 1 0

Parâmetro 3: "Deposição de sedimentos"

ÓTIMA	BOA	REGULAR	PÉSSIMA
Presença de pequenas ilhas, não afetando o curso normal do rio. Menos de 20% do fundo é afetado pela deposição de sedimentos.	Presença de cascalho, areia ou sedimentos finos nas ilhas recentemente formadas. Nos poços a deposição de sedimentos é pequena. O fundo é afetado de 20 a 50% pela deposição de sedimentos.	Deposição moderada de cascalhos, areia ou sedimento fino em ilhas já existentes ou em formação. Nos poços a deposição é moderada e, de 50 a 80% do fundo é afetado pela deposição de sedimentos.	Evidente desenvolvimento de ilhas ocasionado pela elevada deposição de material fino. Os poços são praticamente ausentes devido à grande quantidade de material depositado. Mais de 80% do fundo é afetado pela deposição de sedimentos.
20 19 18 17 16	15 14 13 12 11	10 9 8 7 6	5 4 3 2 1 0

Parâmetro 4: "Condições de escoamento do canal"																																																											
Período de chuva - compreendido entre os meses de outubro a março																																																											
ÓTIMA					BOA					REGULAR					PÉSSIMA																																												
A água atinge a base inferior de ambas as margens e há uma quantidade mínima de substratos expostos.					A água preenche mais de 75% do canal e menos de 25% de substratos estão expostos.					A água preenche entre 25 e 75% do canal, e/ou a maioria dos substratos das corredeiras estão expostos.					Pouquíssima água no canal, sendo a maioria de água parada em poços.																																												
20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0																																							
Período de seca - compreendido entre os meses de abril a setembro																																																											
ÓTIMA					BOA										PÉSSIMA																																												
A água atinge a base inferior de ambas as margens e há uma quantidade mínima de substratos expostos.					A água preenche mais de 75% do canal e menos de 25% de substratos estão expostos.					A água preenche entre 25 e 75% do canal, e/ou a maioria dos substratos das corredeiras estão expostos.					Pouquíssima água no canal, sendo a maioria de água parada em poços.					O canal encontra-se completamente seco.																																							
20					19					18					17					16					15					14					13					12					11					10					0				
Parâmetro 5: "Alterações no canal"																																																											
ÓTIMA					BOA					REGULAR					PÉSSIMA																																												
Ausência ou mínima presença de pequenas canalizações e dragagens. O curso d'água segue com padrão natural.					Presença de alguma canalização, em geral em área para apoio de pontes ou evidência de canalizações antigas e de dragagem, mas com ausência de canalizações recentes.					Presença de diques, terraplanagens, aterros, barragens, entrocamentos ou estruturas de escoramentos em ambas as margens. De 40 a 60% do canal se encontra canalizado ou com rupturas.					Margens revestidas com gaibões ou cimento e cerca de 80% do curso d'água encontra-se canalizado e com rupturas.																																												
20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0																																							
Parâmetro 6: "Sinuosidade do canal"																																																											
ÓTIMA					BOA					REGULAR					PÉSSIMA																																												
A ocorrência de curvas é evidente no trecho avaliado, propiciando um aumento na diversidade de <i>habitats</i> para a biota local.					A sinuosidade do canal não é tão evidente, podendo ser observadas curvas distantes e uma diversificação de <i>habitats</i> para a biota local.					O trecho apresenta poucas curvas e os <i>habitats</i> ocorrentes são monótonos, havendo poucos locais disponíveis para refúgio e reprodução da biota local.					O trecho apresenta-se retilíneo. Caso a canalização for oriunda de uma ação humana atribuir uma pontuação menor.																																												
20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0																																							
Parâmetro 7: "Estabilidade das margens"																																																											
ÓTIMA					BOA					REGULAR					PÉSSIMA																																												
Margens estáveis, ausência ou mínima evidência de erosão ou falhas nas margens; pouco potencial para problemas futuros. Menos de 5% da extensão das margens encontram-se afetadas.					Margens moderadamente estáveis, com presença de poucas áreas com erodidas.					Margens moderadamente instáveis. De 30 a 60% da extensão das margens apresenta-se erodida e o potencial à erosão é alto durante as cheias.					Margens instáveis e muitas áreas erodidas. A erosão é frequente ao longo da seção reta e nas curvas. Em termos relativos, de 60 a 100% da extensão das margens apresenta-se erodida																																												
ME					10					9					8					7					6					5					4					3					2					1					0				
MD					10					9					8					7					6					5					4					3					2					1					0				

Parâmetro 8: "Proteção das margens pela vegetação"

ÓTIMA			BOA			REGULAR			PÉSSIMA		
Mais de 90% da superfície das margens e imediata zona ripária é preservada, ou seja, sem áreas construídas, habitações humanas, áreas de cultivo (agricultura) ou pastagens. A maioria das plantas pode crescer naturalmente.			De 70 a 90% da superfície marginal é preservada; não sendo observadas grandes descontinuidades. Mínima evidência de campos de cultivo ou áreas de pastagens.			De 50 a 70% da superfície das margens está coberta pela vegetação, havendo uma mistura de locais onde o solo está coberto e locais onde não há presença de vegetação. Locais de agricultura ou pastagens são observados.			Menos de 50% da superfície das margens está coberta por vegetação. É evidente a descontinuidade da vegetação do entorno sendo esta praticamente inexistente.		
ME	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
MD	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0

Parâmetro 9: "Estado de conservação da vegetação do entorno"

ÓTIMA			BOA			REGULAR			PÉSSIMA		
A vegetação do entorno não é composta por culturas agrícolas, espécies exóticas como bambu e gramíneas, ou seja, aparentemente em bom estado de conservação. Não apresenta sinais de degradação causada por atividades humanas.			A vegetação aparentemente foi pouco alterada pela ação antrópica, contudo está bem preservada. Mínima evidência de impactos negativos à conservação.			A vegetação presente é constituída por espécies exóticas e há pouca vegetação preservada. É possível perceber impactos de atividades humanas.			A vegetação de entorno é praticamente inexistente e o solo está exposto às intempéries naturais. Atividades humanas como queimadas e desmatamentos são evidentes.		
ME	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
MD	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0

Parâmetro 10: "Materiais sólidos flutuantes"

ÓTIMA					REGULAR					REGULAR					PÉSSIMA					
Não há resíduos sólidos em nenhum local no trecho analisado.					Observa-se quantidade mínima de resíduos recicláveis constituídos de papel, madeira ou derivados.					Verifica-se quantidade significativa de materiais sólidos recicláveis e potencial foco de reprodução de mosquitos vetores de doenças.					É possível verificar materiais constituídos de plástico, metal, isopor, vidro e/ou embalagem de produtos químicos no leito e nas margens do rio, com evidências de lançamentos frequentes.					
20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0

APÊNDICE B – Dados obtidos para os 12 trechos do rio Pardo por campanha de coleta, mediante aplicação do PAR. 2011-2012.

Campanha	Trecho	SU	VE	DE	ES	AL	SI	EM	PV	CV	SF
I	1	19	15	19	19	20	20	18	20	18	20
I	2	1	6	1	15	18	18	11	8	7	20
I	3	10	20	10	15	12	16	14	8	9	20
I	4	10	8	9	16	15	13	18	11	13	20
I	5	5	15	5	20	20	20	15	20	10	20
I	6	18	18	16	17	13	12	10	10	8	20
I	7	17	17	17	18	12	14	12	12	8	5
I	8	4	15	7	19	10	11	13	7	5	20
I	9	5	16	8	20	16	15	18	18	16	20
I	10	1	19	1	16	15	13	12	13	7	20
I	11	2	11	2	16	11	6	13	6	6	20
I	12	2	14	16	15	20	19	18	8	8	15
II	1	20	15	16	20	18	18	18	20	16	20
II	2	5	10	10	20	14	10	13	4	4	20
II	3	18	20	10	20	15	15	18	16	15	20
II	4	15	18	18	20	15	15	18	19	19	15
II	5	15	20	20	20	15	15	20	15	15	20
II	6	11	18	15	20	12	15	16	17	17	5
II	7	15	15	12	20	10	15	10	9	9	5
II	8	10	15	10	19	10	10	11	5	8	20
II	9	15	15	18	20	15	15	20	18	18	20
II	10	8	10	6	20	6	11	10	10	13	20
II	11	7	10	5	20	10	10	12	13	8	5
II	12	20	20	10	19	16	15	19	9	7	15
III	1	20	10	20	19	20	20	15	16	16	20
III	2	5	15	16	16	11	15	11	5	6	16
III	3	16	20	10	20	11	13	15	15	13	20
III	4	15	20	20	20	15	15	18	20	17	20
III	5	14	20	15	20	15	15	20	20	16	20
III	6	18	20	16	19	15	13	10	16	12	20
III	7	10	15	16	20	8	11	17	9	9	20
III	8	8	15	11	19	10	9	11	5	8	20
III	9	15	19	11	20	11	13	18	16	15	20
III	10	15	19	10	19	15	15	14	10	11	20
III	11	5	16	5	19	15	10	12	10	9	15
III	12	10	20	10	19	20	10	18	6	6	15
IV	1	20	6	19	18	20	20	19	20	20	20
IV	2	10	16	16	15	15	16	17	9	8	6
IV	3	20	20	10	19	11	20	18	16	15	10
IV	4	5	20	20	20	15	16	17	18	19	20
IV	5	15	20	20	20	15	16	20	20	12	20
IV	6	16	20	20	20	15	20	20	17	16	20
IV	7	12	20	15	18	10	15	18	8	9	0
IV	8	18	18	6	15	15	15	14	16	16	15
IV	9	18	20	10	20	15	20	18	18	15	20
IV	10	12	16	10	15	10	15	14	14	16	2
IV	11	10	15	5	18	15	10	12	14	13	18
IV	12	10	18	15	15	16	15	17	15	4	0

* Parâmetros do PAR: Substratos e/ou habitats disponíveis (SU), Velocidade e profundidade (VE), Deposição de sedimento (DE), Condições de escoamento do canal (ES), Alterações no canal (AL), Sinuosidade do canal (SI), Estabilidade das margens (EM), Proteção das margens pela vegetação (PV), Conservação da vegetação ao entorno (CV), Materiais sólidos flutuantes (SF). Os números romanos I e IV correspondem às campanhas no período chuvoso; os números II e III correspondem às campanhas no período seco. Os números de 1 a 12 correspondem aos trechos de coleta no rio Pardo.

APÊNDICE C – Dados obtidos nas avaliações dos parâmetros físico-químicos nos 12 trechos do rio Pardo por campanha de coleta. 2011-2012.

Campanha	Trecho	pH	TE (°C)	OD (mg/L)	CO (µS)	TU (NTU)
I	1	5,2	19,2	8,3	14,6	0,1
I	2	5,2	21,4	7,5	37	38,45
I	3	4,8	23,9	8,3	47,3	38,78
I	4	5,5	24,5	7,9	53,6	13,15
I	5	6,2	25,3	7,4	59,4	21,83
I	6	5,6	23,1	5,6	51,5	64
I	7	5,4	23,9	4,7	51,6	63
I	8	6	26,2	6,7	58,2	31,96
I	9	6,4	26,6	6,6	62,9	39,84
I	10	6,5	26,6	7,1	63,5	25,83
I	11	6,4	26,5	7,2	65	34,49
I	12	6,30	27,00	2,30	64,70	17,90
II	1	5,2	18,5	7,5	12,8	0,1
II	2	6,2	18,5	8,1	27,3	16,67
II	3	6	18,6	8,6	43,9	3,53
II	4	5,9	19,4	7,9	48,3	2,09
II	5	6,1	18,7	6,3	52,9	6,26
II	6	6,5	19	8,1	55,5	6,26
II	7	6,8	18,4	6,7	52,5	5,69
II	8	6,6	18,5	7,6	50,8	10,13
II	9	6,3	18,6	8,3	56,1	7,31
II	10	6,4	18,7	8,9	61,6	9,37
II	11	6,4	18,2	9,6	55,8	7,92
II	12	5,40	18,60	3,00	48,20	10,35
III	1	5,9	18,6	7,4	12,3	0,1
III	2	6,1	15,3	7	34	21,85
III	3	6,5	18,9	7,8	45,5	1,94
III	4	6,3	20,6	8,3	50,1	2,9
III	5	6,7	20,7	8,1	58,5	4,93
III	6	6,1	21,1	8,3	56,7	5,09
III	7	5,9	21,8	7,4	62,8	6,23
III	8	6	22,1	6,8	65,8	5,85
III	9	5,9	22	7	67	9,34
III	10	6,1	21,4	7,4	67,4	9,03
III	11	6,5	21,3	7,3	68,8	11,21
III	12	6,50	21,80	7,00	69,70	6,97
IV	1	4,7	18,8	6,4	14	0,56
IV	2	5,4	18,5	6,5	27,3	81
IV	3	6,3	22,5	5,5	48,3	47,14
IV	4	6,4	24,1	6,2	57,1	46,67
IV	5	6,4	24,7	7,3	61,2	60
IV	6	6,1	24,6	6,1	59,4	62
IV	7	6,9	25,5	6,4	55,9	42,33
IV	8	6,9	25,4	6,2	61,7	35,62
IV	9	6,8	25,7	6,7	59,4	39,71
IV	10	7	25,4	5,8	56,7	49,75
IV	11	6,5	25,5	7,2	55,5	48,04
IV	12	6,60	25,70	5,40	54,00	46,48

* Parâmetros físico-químicos: pH, temperatura em (TE), oxigênio dissolvido (OD), condutividade (CO), turbidez (TU). Os números romanos I e IV correspondem às campanhas no período chuvoso; os números II e III correspondem às campanhas no período seco. Os números de 1 a 12 correspondem aos trechos de coleta no rio Pardo.

APÊNDICE D – Resultados dos testes realizados com os valores dos parâmetros do PAR para verificação de diferença estatística entre os períodos de coleta de dados.

Table Analyzed	SU período chuvoso e período seco
Mann Whitney test	
P value	0.3269
Exact or approximate P value?	Gaussian Approximation
P value summary	Ns
Are medians signif. different? ($P < 0.05$)	No
One-or-two-tailed P value?	Two-tailed
Sum of ranks in column A,B	540, 636
Mann-Whitney U	240.0

Table Analyzed	VE período chuvoso e período seco
Mann Whitney test	
P value	0.8522
Exact or approximate P value?	Gaussian Approximation
P value summary	Ns
Are medians signif. different? ($P < 0.05$)	No
One-or-two-tailed P value?	Two-tailed
Sum of ranks in column A,B	578.5, 597.5
Mann-Whitney U	278.5

Table Analyzed	DE período chuvoso e período seco
Mann Whitney test	
P value	0.4028
Exact or approximate P value?	Gaussian Approximation
P value summary	Ns
Are medians signif. different? ($P < 0.05$)	No
One-or-two-tailed P value?	Two-tailed
Sum of ranks in column A,B	547, 629
Mann-Whitney U	247.0

Table Analyzed	ES período chuvoso e período seco
Mann Whitney test	
P value	0.0005
Exact or approximate P value?	Gaussian Approximation
P value summary	***
Are medians signif. different? ($P < 0.05$)	Yes
One-or-two-tailed P value?	Two-tailed
Sum of ranks in column A,B	420.5, 755.5
Mann-Whitney U	120.5

Table Analyzed	AL período chuvoso e período seco
Mann Whitney test	
P value	0.2027
Exact or approximate P value?	Gaussian Approximation
P value summary	Ns
Are medians signif. different? (P<0.05)	No
One-or-two-tailed P value?	Two-tailed
Sum of ranks in column A,B	650, 526
Mann-Whitney U	226.0

Table Analyzed	SI período chuvoso e período seco
Mann Whitney test	
P value	0.0155
Exact or approximate P value?	Gaussian Approximation
P value summary	*
Are medians signif. different? (P<0.05)	Yes
One-or-two-tailed P value?	Two-tailed
Sum of ranks in column A,B	705.5, 470.5
Mann-Whitney U	170.5

Table Analyzed	EM período chuvoso e seco
Mann Whitney test	
P value	0.6794
Exact or approximate P value?	Gaussian Approximation
P value summary	Ns
Are medians signif. different? (P<0.05)	No
One-or-two-tailed P value?	Two-tailed
Sum of ranks in column A,B	608.5, 567.5
Mann-Whitney U	267.5

Table Analyzed	PV período chuvoso e período seco
Mann Whitney test	
P value	0.5845
Exact or approximate P value?	Gaussian Approximation
P value summary	Ns
Are medians signif. different? (P<0.05)	No
One-or-two-tailed P value?	Two-tailed
Sum of ranks in column A,B	615, 561
Mann-Whitney U	261.0

Table Analyzed	CV período chuvoso e seco
Mann Whitney test	
P value	0.7490
Exact or approximate P value?	Gaussian Approximation
P value summary	Ns
Are medians signif. different? ($P < 0.05$)	No
One-or-two-tailed P value?	Two-tailed
Sum of ranks in column A,B	572, 604
Mann-Whitney U	272.0

Table Analyzed	SF período chuvoso e período seco
Mann Whitney test	
P value	0.6435
Exact or approximate P value?	Gaussian Approximation
P value summary	Ns
Are medians signif. different? ($P < 0.05$)	No
One-or-two-tailed P value?	Two-tailed
Sum of ranks in column A,B	565.5, 610.5
Mann-Whitney U	265.5

APÊNDICE E – Resultados dos testes realizados com os valores dos parâmetros físico-químicos para verificação de diferença estatística entre os períodos de coleta de dados.

Table Analyzed	pH período chuvoso e período seco
Mann Whitney test	
P value	0.9506
Exact or approximate P value?	Gaussian Approximation
P value summary	Ns
Are medians signif. different? (P<0.05)	No
One-or-two-tailed P value?	Two-tailed
Sum of ranks in column A,B	584.5, 591.5
Mann-Whitney U	284.5

Table Analyzed	Temperatura período chuvoso e seco
Mann Whitney test	
P value	P<0.0001
Exact or approximate P value?	Gaussian Approximation
P value summary	***
Are medians signif. different? (P<0.05)	Yes
One-or-two-tailed P value?	Two-tailed
Sum of ranks in column A,B	830, 346
Mann-Whitney U	46.00

Table Analyzed	OD período chuvoso e período seco
Mann Whitney test	
P value	0.0030
Exact or approximate P value?	Gaussian Approximation
P value summary	**
Are medians signif. different? (P<0.05)	Yes
One-or-two-tailed P value?	Two-tailed
Sum of ranks in column A,B	443.5, 732.5
Mann-Whitney U	143.5

Table Analyzed	Condutividade período chuvoso e seco
Mann Whitney test	
P value	0.7493
Exact or approximate P value?	Gaussian Approximation
P value summary	Ns
Are medians signif. different? (P<0.05)	No
One-or-two-tailed P value?	Two-tailed
Sum of ranks in column A,B	604, 572
Mann-Whitney U	272.0

Table Analyzed	Turbidez período chuvoso e período seco
Mann Whitney test	
P value	$P < 0.0001$
Exact or approximate P value?	Gaussian Approximation
P value summary	***
Are medians signif. different? ($P < 0.05$)	Yes
One-or-two-tailed P value?	Two-tailed
Sum of ranks in column A,B	804, 372
Mann-Whitney U	72.00

Anexo I - Dados elementares do Projeto “Herramienta de gestión ambiental para la evaluación de riesgos en cuencas hidrográficas”, do Lab. de Ecotoxicologia e Parasitologia Ambiental EERP/USP e Grupo Tecnatox da URV/Espanha. Apoio da Agência Espanhola de Cooperação Internacional, Programa de Cooperação Inter-Universitária e Pesquisa Científica.

DATOS DEL COORDINADOR IBEROAMERICANO

Apellidos: SEGURA MUÑOZ Nombre: SUSANA
Departamento o Centro de Investigación: INFERMERIA MATERNO-INFANTIL Y SALUD PUBLICA
Universidad: Universidade de São Paulo

Dirección del departamento:

Dirección: Avenida BANDERANTES 3900 País: Brasil (Grupo C) Cod. postal: 14040-502
Localidad: RIBEIRÃO PRETO Teléfono: +55-16-3602-0530 Fax: +55-16-3602-0518
Correo electrónico: SUSIS@EERP.USP.BR

Resumen curriculum académico profesional

FORMACIÓN ACADÉMICA:
Bióloga, Universidad Nacional, Costa Rica, 1989. Doctor en Enfermería en Salud Pública Universidad de São Paulo, 2002

SITUACIÓN PROFESIONAL ACTUAL:
Universidad de São Paulo, Profesor Doctor/Investigador desde 2003.

PUBLICACIONES RECIENTES:
Nikaido, M., Tenant, K.A.A., Juliao, F.C., Trevilato, T.M.B., Takayanagui, A.M.M., Sanches, S.M., Domingo, J.L., Segura-Muñoz, S.I. Analysis of Bacteria, Parasites, and Heavy Metals in Lettuce (*Lactuca sativa*) and Rocket Salad (*Eruca sativa* L.) Irrigated with Treated Effluent from a Biological Wastewater Treatment Plant (2008) Biological Traces Element Research, en prensa.
Ferreira, P.C., Tenant, K.A.A., Juliao, F.C., Cupo P., Domingo, J.L., Segura-Muñoz, S.I. Aluminum Concentration in Water of elderly People's Houses and Retirement Homes and its relation with elderly health (2008) Bulletin of Environment Contamination and Toxicology, 83: 565-570.
Ferreira, P.C.; Piai, K.A.; Takayanagui, A.M.M.; Segura-Muñoz, S.I. Aluminium as a risk factor for Alzheimer's Disease (2008) Nursing Latin American Journal, 16: 151-157.
Oliveira, A.D.S., Bocio, A., Beltrami Trevilato, T.M., Magosso Takayanagui, A.M., Domingo, J.L., Segura-Muñoz, S.I. Heavy metals in untreated/reated urban effluent and sludge from a biological wastewater treatment plant (2007) Environmental Science and Pollution Research, 14: 483-489.
Celere, M.S.; Oliveira, A.S.; Trevilato, T.M.B.; Segura-Muñoz, S.I. Metais presentes no chorume coletado no aterro sanitário de Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil, e sua relevância para saúde pública. (2007) Cadernos de Saúde Pública, 23(4): 939-947.
Sanches, S.M.; Takayanagui, A.M.M.; Prado, E.L.; Segura-Muñoz, S.I.; Vieira, E.M. Determinação de subprodutos clorados formados durante a etapa de oxidação da água com cloro. (2007) Revista Brasileira de Ciências Ambientais, 5: 15-19.
Segura-Muñoz, S.I., Oliveira A.S., Nikaido, M., Trevilato T.M.B., Bocio, A., Takayanagui, A.M.M., Domingo, J.L. Metal levels in sugar cane (*Saccharum spp.*) samples from an area under the influence of a municipal landfill and a medical waste treatment system in Brazil (2006) Environment International, 32: 52-57.

PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN RECIENTES:
-*Cryptosporidium* spp., *Giardia* spp. y virus patógenos en aguas residuales sometidas a tratamiento por fangos activados y su impacto en la salud pública. Programa: Apoyo a la Investigación. Entidad financiadora: FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – Proceso: 09/50145-0. Importe: 20.000,00 € (R\$ 50.038,80). Duración: 2009-2011.
-Evaluación de las condiciones microbiológicas y físico-químicas de agua de reservorios domiciliarios y prediales: importancia y dimensión en el contexto de la salud pública. Programa: Apoyo a la Investigación. Entidad financiadora: FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – Proceso: 09/50144-3. Importe: 15.000,00 € (R\$ 37.950,00). Duración: 2009-2011.
-Remoción de parásitos, bacterias y metales pesados en aguas residuales sometidas a Tratamiento Biológico. Programa de Incentivo a la Investigación. Entidad financiadora: Pró-Reitoria de Pesquisa da Universidade de São Paulo-FROIP. - Proceso Nº 2008.1.24348-01.9. Importe: 10.000,00 € (R\$ 26.000,00). Duración: 2008-2008.
- Remoción de parásitos, bacterias y metales pesados en aguas residuales sometidas a Tratamiento Biológico. Programa: Apoyo a la Investigación. Entidad financiadora: FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – Proceso: 06/55788-8. Importe: 55.000,00 € (R\$ 145.837,00). Duración: 2008-2008.

Antecedentes

A día de hoy, el recurso que supone la diversidad biológica se está perdiendo a una tasa acelerada a causa principalmente de la desaparición de los ambientes naturales como consecuencia del desarrollo mal planificado. La protección de estos ambientes naturales se sustenta en una apropiada gestión integral del agua, como se reconoce en la Directiva Marco del Agua, en la que se manifiesta que todas las aguas deberían tener un estado ecológico bueno. Una de las causas primordiales de la pérdida en la calidad ecológica es la presencia de sustancias tóxicas en las aguas. Ante esta situación, se hace necesario proteger fragmentos significativos de los ecosistemas naturales –principalmente los que destacan por su riqueza biológica– y así garantizar la continuidad de los procesos vitales de poblaciones naturales de un número importante de organismos. La cuenca del Río Pardo, en el estado de São Paulo, Brasil, tiene una superficie de 10.694 km², y abarca un contingente poblacional de cerca de 1.042.000 habitantes. El curso total del Río Pardo, principal afluente de la cuenca, es de 573 km. La economía de la cuenca está centralizada en el sector agrícola, con una fuerte predominancia de la agroindustria destinada a la producción de azúcar y alcohol, seguida de la citricultura y otras actividades agropecuarias, no menos importantes. Los sectores de oferta de servicios y comercio ocupan un importante puesto en la economía local. La Cuenca del Pardo presenta una disponibilidad hídrica superficial razonable, comparativamente con otras cuencas del estado. Sin embargo, la calidad del agua de un modo general es considerada más bien regular, como reflejo de los impactos ambientales derivados de la contaminación de las aguas fluviales provocada por los complejos agroindustriales que han causado alteraciones significativas en los recursos hídricos de esa región. La concentración de la población en los municipios bañados por la cuenca hidrográfica del Pardo es uno de los principales aspectos a ser considerados en la gestión integrada de los recursos hídricos, dada la demanda tanto para la disponibilidad de agua para abastecimiento público como para la disminución de los contaminantes urbanos. En ese contexto, se torna evidente la necesidad de apropiación de metodologías para la evaluación y gestión de riesgos por la presencia de sustancias químicas peligrosas en las aguas y sus efectos sobre la salud de los ecosistemas y de las personas. En este proyecto, se pretende establecer un mecanismo de transferencia de conocimiento, por medio del cual, se transfieran y adapten al entorno brasileño, algunas de las lecciones aprendidas en el proyecto de evaluación del riesgo ambiental, que se lleva a cabo en la cuenca del río Ebro, en el cual, se están evaluando los impactos sobre la salud de los ecosistemas. Asimismo, se hace necesaria una estrategia para la gestión de las aguas que involucre su estado ecológico, aspecto que se viene desarrollando con gran éxito a nivel Europeo y que debe ser adaptado a las necesidades y contexto Latinoamericano.

Viabilidad y Objetivos

El grupo Tecnatox de la Universidad Rovira i Virgili viene desarrollando un modelo metodológico para la evaluación ambiental de ríos que reciben altas cargas contaminantes. El modelo involucra técnicas innovadoras provenientes de la inteligencia artificial (redes neuronales artificiales, lógica difusa, etc.), para el tratamiento de la información imprecisa e incompleta, lo cual es común en este tipo de estudios. El modelo se ha aplicado con éxito en la evaluación de la calidad ambiental de la cuenca del río Ebro. En Latinoamérica, y en particular en Brasil, es común encontrarse con carencias en la información ambiental, debido a limitaciones económicas y de gestión. Por tanto, la viabilidad de aplicar el modelo al contexto brasileño es alta, toda vez que entre el río Ebro y el río Pardo (que se seleccionará como caso de estudio local) existen muchas similitudes de tamaño de cuenca, de causal y de importancia económica. Con el presente proyecto se pretende investigar la factibilidad técnica para la adaptación de un modelo para la Evaluación del riesgo ambiental en ríos que presentan altas cargas contaminantes, aplicable a la toma de decisiones relacionadas con la gestión del agua, al contexto colombiano. Para ello se proponen los siguientes objetivos específicos:

1. Identificar los agentes de presión y las causas principales de la contaminación de las aguas;
2. Cuantificar los niveles de contaminación ambiental mediante el uso de información histórica disponible;
3. Evaluar los efectos adversos producidos por los contaminantes en la salud de los ecosistemas;
4. Hacer una cuantificación del riesgo por análisis comparativo de las causas y los efectos, y proponer algunas medidas de reducción del riesgo;
5. Aplicar la metodología desarrollada en España a un río brasileño de características similares.