



DIEGO JAVIER PEREZ ORTEGA

**IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DA PRESSÃO ANTRÓPICA NO
RESERVATÓRIO ENGENHEIRO PAULO DE PAIVA CASTRO: REPERCUSSÃO
SOBRE AS ÁGUAS SUPERFICIAIS DA BACIA DO RIO JUQUERI NO MUNICÍPIO
DE MAIRIPORÃ – SP**

SOROCABA
2017

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO em

Ciências Ambientais

DIEGO JAVIER PEREZ ORTEGA

**IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DA PRESSÃO ANTRÓPICA NO
RESERVATÓRIO ENGENHEIRO PAULO DE PAIVA CASTRO: REPERCUSSÃO
SOBRE AS ÁGUAS SUPERFICIAIS DA BACIA DO RIO JUQUERI NO MUNICÍPIO
DE MAIRIPORÃ – SP**

Tese apresentada como requisito para a obtenção do título de Doutor em Ciências Ambientais da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” na Área de Recursos Hídricos, Manejo e Monitoramento Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. **Marcelo Luís Martins Pompêo.**

Coorientador: Prof. Dr. **Roberto Wagner Lourenço**

SOROCABA
2017

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO em
ciências ambientais

unesp
Sorocaba

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da Unesp
Instituto de Ciência e Tecnologia – Câmpus de Sorocaba

Ortega, Diego Javier Pérez.

Identificação e avaliação da pressão antrópica no Reservatório Barragem Engenheiro Paulo de Paiva Castro: repercussão sobre as águas superficiais da Bacia do Rio Juqueri, no Município de Mairiporã - SP / Diego Javier Pérez Ortega, 2017.

229 f.: il.

Orientador: Marcelo Luiz Martins Pompêo.

Coorientador: Roberto Wagner Lourenço

Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Instituto de Ciência e Tecnologia (Câmpus de Sorocaba), 2017.

1. Água - Qualidade. 2. Ecossistemas aquáticos. 3. Geoprocessamento. I. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Instituto de Ciência e Tecnologia (Câmpus de Sorocaba). II. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: **IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DA PRESSÃO ANTRÓPICA NO RESERVATÓRIO BARRAGEM ENGENHEIRO PAULO DE PAIVA CASTRO: REPERCUSSÃO SOBRE AS ÁGUAS SUPERFICIAIS DA BACIA DO RIO JUQUERI, NO MUNICÍPIO DE MAIRIPORÃ – SP.**

AUTOR: DIEGO JAVIER PEREZ ORTEGA
ORIENTADOR: MARCELO LUIZ MARTINS POMPÊO
COORIENTADOR: ROBERTO WAGNER LOURENCO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em CIÊNCIAS AMBIENTAIS, área: Diagnóstico, Tratamento e Recuperação Ambiental pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. MARCELO LUIZ MARTINS POMPÊO
Ecologia / UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO



Prof. Dr. MANUEL ENRIQUE GAMERO GUANDIQUE
Engenharia Ambiental / UNESP Sorocaba



Dra. SHEILA CARDOSO DA SILVA
Programa de Pós-Graduação Ciências Ambientais / ICTS - UNESP



Prof. Dr. EMERSON MARTINS ARRUDA
Departamento de Geografia, Turismo e Humanidades - DGTH / UFSCar/Sorocaba (SP)



Prof. Dr. DARLLAN COLLINS DA CUNHA E SILVA
Coordenadoria do Curso de Engenharia Ambiental / Universidade de Sorocaba (UNISO)



Sorocaba, 27 de abril de 2017

AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS por toda sua Misericórdia, amor e infinitas bênçãos na minha vida.

A minha mãezinha Clarita Ortega pelos sacrifícios, dedicação, ensino, confiança e amor que só acrescentou sempre na minha vida pessoal, profissional e acadêmica e espiritual.

Aos meus irmãos Jorge Andrés e David Alexander por sempre contar com eles em todos os momentos.

Agradeço á família Teixeira Callado “Juliana, Julinha, Gabriela, Eduardo, Samuel, João, Patrícia e sobre tudo ao meu *Grande amigo Eliel Teixeira Callado*”, sempre me lembrarei de vocês! Obrigado por me fazer parte da sua família.

Aos meus amigos: Renata Viotto, Alex, Isaias, Diego Cola, Eva, Darllan, Daniele, Sheila, Lilian, e aos meus companheiros (as) da UNESP Sorocaba que não escrevo os nomes aqui, porque não alcançariam nestas folhas, amigos que fizeram minha estadia feliz e proveitosa neste período no Brasil, meus sinceros desejos de felicidade e muito sucesso para cada um de vocês.

Aos Professores Marcelo Luís Martins Pompêo. Roberto Wagner Lourenço e Viviane Moschini Carlos, pelas suas orientações muito pertinentes, sua ajuda e confiança.

Aos Professores: André Henrique Rosa, Leonardo Fernandes Fraceto e Valquiria de Campos, por sua colaboração em todos os momentos que eu precisei da sua ajuda na área pessoal e intelectual.

A todos os funcionários da Biblioteca, da Secretaria de Pós Graduação em ciências ambientais pela dedicação e apoio sempre me dado.

E a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo patrocínio dos recursos para a realização e culminação desta pesquisa.

Y estoy convencido de que nada podrá jamás separarnos del amor de Dios. Ni la muerte ni la vida, ni ángeles ni demonios, ni nuestros temores de hoy ni nuestras preocupaciones de mañana. Ni siquiera los poderes del infierno pueden separarnos del amor de Dios.

ROMANOS 8: 23

Pérez-Ortega, D.J. Identificação e avaliação da pressão antrópica no reservatório Engenheiro Paulo de Paiva Castro: Repercussão sobre as águas superficiais da Bacia do rio Juqueri, no município de Mairiporã – SP [Tese de Doutorado]. Sorocaba (SP): Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, UNESP – Univ Estadual Paulista; 2017.

RESUMO

As mudanças no uso do solo provocadas pelas atividades antrópicas têm gerado grandes impactos na Bacia do rio Juqueri no município de Mairiporã no estado de São Paulo. Esses impactos foram identificados mediante informações espaço-temporais da classificação de imagens de satélite sensor LANDSAT 5, 7 e 8 dos anos de 1986, 1992, 2003, 2011 e 2016. A bacia se caracterizou por ter 6 classes (área urbana, agrícola, pastagens, floresta, solo exposto e corpos d'água). Além do mais foram utilizados dois índices para as análises da pressão ambiental da bacia. O Índice de Qualidade da Água (IQA) e o Índice de Transformação Antrópica (ITA), onde segundo a Resolução CONAMA 357/2005 os recursos hídricos foram enquadrados com *Regular* e segundo o ITA a bacia foi catalogada *Regularmente Degrada*. Referente à disponibilidade hídrica apresentaram-se os meses de julho, agosto e setembro no período de estiagem com a maior pressão nos recursos hídricos, diminuindo sua disponibilidade nos rios, córregos e no reservatório Paiva Castro. As ferramentas estatísticas utilizadas permitiram identificar correlações entre o pH e a DBO com a área urbana, outra correlação entre os sólidos totais e o nitrogênio com as áreas de solo exposto e entre as coliformes, a temperatura e o IQA. Outras correlações se deram entre a área Urbana e os teores de Pb junto com o Cr. Fazendo da área urbana e solos expostos os classes mais influentes nos teores de metais nos pontos da barragem e captação por apresentar o maior número de correlações. O Cu é o mais móvel dos metais, pois tem a capacidade para interagir quimicamente com os componentes minerais e orgânicos onde se estabeleceu incrementos nos teores dos sedimentos nos últimos 30 anos. Determinou-se que as declividades entre o 3 e 12% são as mais suscetíveis à erosão e as de maiores aportes de sedimentos. Com estes dados conclui-se que o uso do solo tem uma forte influência sobre a qualidade dos recursos hídricos indicando um alto risco de degradação na Bacia, ainda assim, no reservatório Paiva Castro, identificou-se certa eficiência na autodepuração dos recursos hídricos, pois obteve os melhores resultados segundo o IQA.

Palavras chave: Qualidade de água, efeitos antrópicos, ecossistemas aquáticos, geoprocessamento.

Pérez-Ortega, D.J. Identification and evaluation of the anthropic pressure in the reservoir Engineer Paulo de Paiva Castro: Repercussion on the surface waters of the Juqueri river basin, in the municipality of Mairiporã – SP [PhD thesis]. Sorocaba (SP): Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, UNESP – Univ Estadual Paulista; 2017.

ABSTRACT

The changes in the use of the soil caused by the anthropic activities have generated great impacts in the Juqueri river basin in the municipality of Mairiporã in the state of São Paulo. These impacts were identified using information spatial-temporal the classification of satellite sensor images LANDSAT 5, 7 and 8 of the years 1986, 1992, 2003, 2011 and 2016. The basin was characterized by 6 classes (urban, agricultural, pasture, Forest, exposed soil and bodies of water). In addition, two indices were used to analyze the basin environmental pressure. The Water Quality Index (WQI) and the Anthropic Transformation Index (ATI), where according to CONAMA Resolution 357/2005, the water resources were classified as *Regular* and according to the ATI, the basin was classified as *Regularly Degraded*. About the water availability presented in the months of July, August and September in the period of drought has the greatest pressure on the water resources, decreasing its availability in the rivers, streams and in the Paiva Castro reservoir. The statistical tools used allowed to identify correlations between the pH and the BOD with the urban area, between total solids and nitrogen with areas of soil exposed and between coliforms, temperature and WQI. And correlations of the urban area and the Pb contents together with Cr. Making of the urban area and exposed soils being the most influent in the contents of metals in the points of the dam and capitation because it presents the highest number of correlations. The Cu is the most mobile of the trace metals, since it has the capacity to interact chemically with the mineral and organic components where it has been established increases in sediment contents in the last 30 years. It was determined that the gradients between 3 and 12% are the most susceptible to erosion and those of highest contributions of sediment. With these data it is concluded that land use has a strong influence on the quality of water resources indicating a high risk of degradation in the Basin, even though, in the Paiva Castro reservoir, a certain efficiency was identified in the self-purification of water resources, Because it obtained the best results according to the WQI.

Keywords: Water quality, anthropogenic effects, aquatic ecosystems, geoprocessing

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Problemas ambientais em bacias hidrográficas.	8
Figura 1.2 - Curvas médias de variação dos parâmetros de qualidade das águas.	14
Figura 1.3 - Representação dos Planos de Abordagem Espacial e Temporal.	21
Figura 1.4 - Estação de Tratamento de Esgotos de Mairiporã.....	27
Figura 1.5 - Esquema gráfico do perfil dos reservatórios do Sistema Cantareira.	30
Figura 2.1 - Localização da Bacia do rio Juqueri (a) no Brasil e no Estado (b).....	42
Figura 2.2 - Precipitação média mensal para o município de Mairiporã 1992-2007	43
Figura 2.3 - Porcentagens da distribuição média sazonal das precipitações para o Município de Mairiporã 1992-2007.	43
Figura 2.4 - Precipitação total anual (mm), para o município de Mairiporã 1992-2007.....	44
Figura 2.5 - Precipitação média mensal, precipitação máxima em 24 horas e precipitação máxima em 1 hora para o município de Mairiporã 1992-2007.	44
Figura 2.6 - Distribuição da precipitação no Sistema Cantareira e no município de Mairiporã com seus respectivos períodos de observação anual e linha de tendência.	45
Figura 2.7 - Pontos de amostragem Bacia do rio Juqueri.....	46
Figura 2.8 - Valores parâmetro do IQA da Bacia do rio Juqueri 2015	53
Figura 2.9 - Diferença de cobertura vegetal dos pontos de amostragem P1 e P3	56
Figura 2.10 - localização P2 no Município de Mairiporã.....	57
Figura 2.11 - IQA dos pontos das coletas dos meses de Julho e dezembro de 2015.....	70
Figura 3.1 - Filtro DEM, e Direção de Fluxo da área da bacia Juqueri.	89
Figura 3.2 - Acumulação de Fluxo, e Direção delimitação Automática de Bacias.	90
Figura 3.3 - Drenagem de acumulação de fluxo, e resultado da delimitação da Bacia do rio Juqueri.	91
Figura 3.4 - Mapa da Hidrologia Bacia do rio Juqueri.....	93
Figura 3.5 - O método de classificação de máxima verossimilhança.....	95
Figura 3.6 - Ocupação de solos da Bacia do rio Juqueri no ano de 1986.....	99
Figura 3.7 - Ocupação de solos da Bacia do rio Juqueri no ano de 1992.....	101
Figura 3.8 - Ocupação de solos da Bacia do rio Juqueri no ano de 2003.....	105
Figura 3.9 - Ocupação de solos da Bacia do rio Juqueri no ano de 2011.....	107
Figura 3.10 - Uso e ocupação de solos do município de Mairiporã 2006	109
Figura 3.11 - Ocupação de solos da Bacia do rio Juqueri no ano de 2016.....	110
Figura 3.12 - Mudanças no uso e ocupação de solos da bacia do Juqueri.....	112
Figura 3.13 - Valores do ITA da Bacia do rio Juqueri no ano de 2016.....	115
Figura 4.1 - Estações meteorológicas localizadas pelo software ArcGIS, para aplicação do modelo de balanço hídrico superficial.....	126
Figura 4.2 - Variação dos dados mensais meteorológicos de precipitação (P), evapotranspiração real (ETR) e precipitação – evapotranspiração potencial (P - ETP).	129
Figura 4.3 - Extrato do balanço hídrico mensal da Bacia do rio Juqueri.	130
Figura 4.4 - Mapa de isoietas da Bacia do rio Juqueri	131
Figura 4.5 - Mapa de isotermas da Bacia do rio Juqueri	132
Figura 4.6 - Balanço hídrico climático superficial da Bacia do rio Juqueri	133
Figura 5.1 - Componente do espaço rotado e Cluster de componentes.	149
Figura 5.2 - Correlações canônicas das variáveis de uso de solos e os parâmetros do IQA dos eixos 1 e 2.....	154
Figura 5.3 - Correlações canônicas das variáveis de uso de solos e os parâmetros do IQA dos eixos 2 e 3.....	155
Figura 6.1 - Pontos de amostragem no Reservatório Paiva Castro.....	167
Figura 6.2 - Mapa Geológico mostrado a composição de rochas Bacia do rio Juqueri	169

Figura 6.3 - Site CPRM - GEOBANK - Download de arquivos vetoriais.....	171
Figura 6.4 - Site EMBRAPA.....	172
Figura 6.5 - Site EMBRAPA - Download imagens SRTM de São Paulo.....	172
Figura 6.6 - Mapa Litológico da bacia do Juqueri.....	176
Figura 6.7 - Componentes no espaço rotado do Ponto S1 no rio	179
Figura 6.8 - Componentes no espaço rotado do Ponto S2 captação.....	180
Figura 6.9 - Componentes no espaço rotado do Ponto S3 barragem.....	180
Figura 6.10 - Componentes no espaço rotado rio Santa - Peru.	181
Figura 6.11 - Correlação canônica dos metais e o uso do solo no ponto barragem.	185
Figura 6.12 - Correlação canônica dos metais e o uso do solo no ponto rio.	189
Figura 6.13 - Correlação canônica dos metais e o uso do solo no ponto captação.....	193
Figura 7.1 - Mapa de declividade da Bacia do rio Juqueri.....	213

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 - Parâmetros e pesos para determinação de IQA	12
Tabela 1.2 - Escala de qualidade da água indicada pelo IQA.	13
Tabela 1.3 - Limites dos parâmetros de qualidade de água segundo Resolução CONAMA 357/2005 adotados.....	16
Tabela 2.1 - Coordenadas dos pontos de amostragem par o IQA.....	46
Tabela 2.2 - Síntese dos métodos e equipamentos empregados para análises Físicas- Químicas e Microbiológicas e Limites de Detecção. Variáveis para serem analisadas nas amostras da bacia do Juqueri.	47
Tabela 2.3 - Valores obtidos do IQA da água da Bacia do rio Juqueri 2015	48
Tabela 2.4 - Valores médios obtidos do OD e da MO da água, em ordem decrescente	51
Tabela 2.5 - Dados de temperatura, 2014, na bacia Romão dos Reis.	52
Tabela 2.6 - Características e informações hidrológicas do Sistema Cantareira.....	57
Tabela 2.7 - pH, Temperatura, NT (nitrogênio total), PT (fósforo total), OD (oxigênio dissolvido), DBO (demanda bioquímica de oxigênio), ST (resíduos totais), Coliformes.....	59
Tabela 2.8 - Valores médios alcançados da OD e DBO Nascentes do Rio Caveiras.....	61
Tabela 2.9 - Número de Núcleos Urbanos e População e suas estimativas de Fósforo e Nitrogênio em algumas das Sub-Bacias do Reservatório de São Simão (GO/MG).....	62
Tabela 2.10 - Turbidez da água da bacia do córrego do Romão dos Viçosa-MG.....	65
Tabela 2.11 - Valores de Sólidos totais.	66
Tabela 2.12 - Valores de sólidos totais da água do Córrego Três Barras, Marinópolis.	67
Tabela 2.13 - Valores obtidos de IQA da água da Bacia do rio Juqueri no ano de 2015.....	69
Tabela 2.14 - Valores permitidos pela Resolução CONAMA 357/2005 classe I.	71
Tabela 2.15 - Valores dos parâmetros avaliados na Bacia do rio Juqueri no mês de julho de 2015.	72
Tabela 2.16 - Valores dos parâmetros avaliados na Bacia do rio Juqueri no mês de Dezembro de 2015.	72
Tabela 3.1 - Imagens de satélite utilizadas para caracterizar o uso ocupação dos solos Bacia do rio Juqueri.....	84
Tabela 3.2 - Especificação de bandas e espectros para combinações.	85
Tabela 3.3 - Uso do solo para Execução no ArcGIS e padrão de interpretação.....	86
Tabela 3.4 - Avaliação de imagens de satélite Landsat 5, 7 e 8.	87
Tabela 3.5 - Pesos dados a cada tipo de uso a nível geral.	89
Tabela 3.6 - Valores em % do uso do solo da bacia Juqueri.	99
Tabela 3.7 - Valores em hectares do uso do solo da Bacia do rio Juqueri	100
Tabela 3.8 - Dinâmica do uso do solo em % das classes resultantes do uso de solo na Bacia do rio Juqueri.	103
Tabela 3.9 - Distribuição das categorias de uso do solo por bacias formadoras do Sistema Cantareira 2003.....	106
Tabela 3.10 - Validação mapa 2011 com o Atlas de Uso e Ocupação do Solo de Mairiporã.	108
Tabela 3.11 - Valores finais do ITA.	115
Tabela 4.1 - Estações meteorológicas.....	125
Tabela 4.2 - Balanço hídrico climatológico da Bacia do rio Juqueri	127
Tabela 5.1 - Estadística Descritiva da ACP.....	141
Tabela 5.2 - Matriz de Correlações.	143
Tabela 5.3 - parâmetros e pesos do IQA.	144
Tabela 5.4 - Variância total explicada	147

Tabela 5.5 - Diferenças entre componentes.....	148
Tabela 5.6 - Matriz de coeficiente de pontuação de componente.	149
Tabela 5.7 - Matriz de transformação de componente.	150
Tabela 5.8 - Matriz de correlações ACP.....	153
Tabela 5.9 - Correlações canônicas Bacia do rio Juqueri	156
Tabela 6.1 - Correlação entre componentes em espaço rotado no uso do solo e metais.....	177
Tabela 6.2 - Correlações canônicas dos teores de metais no Ponto S3 na barragem com o uso do solo da Bacia do rio Juqueri	184
Tabela 6.3 - Correlações canônicas dos teores de metais no Ponto S1 no rio com o uso do solo da Bacia do rio Juqueri	188
Tabela 6.4 - Correlações canônicas dos teores de metais no Ponto S2 na captação com o uso do solo da Bacia do rio Juqueri	191
Tabela 6.5 - Correlações canônicas dos metais e os usos de solo da bacia Juqueri.	192
Tabela 6.6 - Número de correlações entre os metais e os usos de solo da bacia Juqueri.	194
Tabela 7.1 - Variáveis utilizadas na aplicação do índice de resiliência.....	207
Tabela 7.2 - Pesos dados a cada variável para aplicação do índice de resiliência.....	209
Tabela 7.3 - Valores para sua classificação pelo índice IR.	210
Tabela 7.4 - Valores obtidos de IQA da água da Bacia do rio Juqueri no ano de 2015.....	211
Tabela 7.5 - Valores uso do solo e ITA da Bacia do rio Juqueri.....	212
Tabela 7.6- Classes de declividade na bacia do Juqueri.....	214
Tabela 7.7 - Dados obtidos para a aplicação do IR.	215

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação brasileira de normas técnicas
ACP - Análises de componentes principais
ANA - Agência nacional de águas
APA - Áreas de Proteção Ambiental
ARM - armazenamento hídrico
BHC - Balanço hídrico climático
CBH-AT - Comitê da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê
CCA - Análises de correlação canônica
CETESB – Companhia ambiental do estado de São Paulo.
CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DAEE - Departamento De Águas e energia elétrica do estado de São Paulo
DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio
DBO – Demanda bioquímica de oxigênio
DEF - Déficit hídrico
DEM - Modelo digital de elevação
EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EMPLASA - Empresa paulista de planejamento metropolitano
ET - espaço-tempo
ETE - Estação de tratamento
ETP - Evapotranspiração potencial
ETR – Evapotranspiração real
EVA - Estudo de Viabilidade Ambiental
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IQA - Índice de qualidade da água
IR - Índice de resiliência para águas superficiais
ITA - Índice de transformação antrópica
OD - Oxigênio Dissolvido
PIB - Produto interno bruto
RMSP - Região Metropolitana de São Paulo
SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SIG - Sistema de Informação Geográfica
SIGT - Sistema de Informação Geográfica Temporal
SRTM - Missão Topográfica Radar Shuttle
USGS - Serviço Geológico dos Estados Unidos.
VRQ - Valores de referência de qualidade

SUMARIO

1.1	INTRODUÇÃO.....	1
1.2	JUSTIFICATIVA.....	4
1.3	HIPÓTESES DA PESQUISA.....	5
1.4	OBJETIVOS.....	6
1.4.1	Objetivo geral.....	6
1.4.2	Objetivos específicos.....	6
1.5	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
1.5.1	As bacias hidrográficas como unidade de estudo.....	7
1.5.2	Atividades antrópicas.....	7
1.5.3	Relações entre o uso e ocupação de solos e a qualidade da água.....	8
1.5.4	A água como um indicador da qualidade ambiental.....	10
1.5.5	Monitoramento da qualidade da água.....	10
1.5.6	Índices de qualidade da água (IQA).....	11
1.5.6.1	Parâmetros de Avaliação da Qualidade da Água.....	12
1.5.7	Legislação das águas superficiais - Resolução CONAMA 357/2005.....	14
1.5.8	Padrões de qualidade de água.....	16
1.5.9	Índice de transformação antrópica - ITA.....	17
1.5.10	Geotecnologias e geoprocessamento.....	18
1.5.11	Classificação de imagens através de sensoriamento remoto.....	19
1.5.12	Dinâmica sócio espacial e ambiental.....	19
1.5.13	Escalas espaço-temporais.....	20
1.5.14	Sedimentos.....	21
1.5.14.1	Sedimentos como transportadores e armazenadores de poluentes.....	23
1.5.15	A Ocupação da Bacia do rio Juqueri e impactos sobre os recursos hídricos.....	25
1.5.15.1	Distribuição da população e núcleos urbanos.....	25
1.5.15.2	Caracterização da problemática ambientais da Bacia do rio Juqueri.....	25
1.5.15.3	Importância da Bacia do rio Juqueri e do reservatório Paiva Castro.....	29
1.5.16	Estatística multivariada.....	30
1.5.17	Correlações canônicas (CCA).....	31
1.6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32
	CAPÍTULO 2.....	39
	AVALIAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA DO RIO JUQUERI E DO RESERVATÓRIO PAIVA CASTRO DE ACORDO COM A RESOLUÇÃO CONAMA Nº 357/2005 POR MEIO DO ÍNDICE DA QUALIDADE DE ÁGUA (IQA).....	39
2.1	INTRODUÇÃO.....	40
2.2	MATERIAIS E MÉTODOS.....	41
2.2.1	Caraterização da Área de Estudo.....	41
2.2.1.1	Localização da bacia do Juqueri no município de Mairiporã-SP.....	41
2.2.1.2	Condições climáticas.....	41
2.2.2	Amostragem de águas superficiais.....	45
2.2.3	Pontos de amostragem.....	45
2.2.4	Variáveis escolhidas para monitoramento de águas superficiais (IQA):.....	46
2.2.4.1	Seleção de parâmetros e metodologias analíticas para águas superficiais.....	47
2.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	48
2.3.1	Avaliação dos recursos hídricos da bacia Juqueri mediante o IQA.....	48
2.3.1.1	Oxigênio dissolvido.....	48

2.3.1.2 Temperatura da água.....	51
2.3.1.3 Coliformes termotolerantes	56
2.3.1.4 Potencial hidrogeniônico (pH)	58
2.3.1.5 Demanda bioquímica de oxigênio (DBO).....	60
2.3.1.6 Nitrogênio total.....	61
2.3.1.7 Fósforo total.....	63
2.3.1.8 Turbidez.....	64
2.3.1.9 Sólidos totais	66
2.3.1.10 Índice de qualidade da água (IQA).....	68
2.3.2 Comparativas dos valores resultantes nos diferentes parâmetros avaliados na Bacia do rio Juqueri e os permitidos pela legislação ambiental CONAMA 357/2005.	71
2.4 CONCLUSÕES	73
2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
CAPÍTULO 3	80
DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL NO USO DO SOLO DA BACIA DO RIO JUQUERI E AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DAS ATIVIDADES ANTRÓPICAS MEDIANTE O ÍNDICE DE TRANSFORMAÇÃO ANTRÓPICA (ITA).....	80
3.1 INTRODUÇÃO.....	81
3.2 METODOLOGIA.....	82
3.2.1 Caracterização da área de estudo.....	82
3.2.1.1 Bacia do rio Juqueri.....	82
3.2.1.2 Vegetação e solo.....	83
3.2.1.3 Caracterização do uso e ocupação do solo da Bacia do rio Juqueri	83
3.2.2 Índice de transformação antrópica.....	87
3.2.2.1 Classificação das bacias quanto ao índice de transformação antrópica.....	89
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	89
3.3.1 Delimitação automática da Bacia do rio Juqueri.....	89
3.3.2 Características da rede de drenagem da Bacia do rio Juqueri	91
3.3.2.1 Extração de rede de drenagem.....	91
3.3.2.2 Álgebra de mapas para extração da rede de drenagem.....	91
3.3.2.3 Processamentos da informação.....	92
3.3.2.4 Formulação de expressões algébricas no SIG	92
3.3.3 Classificação supervisionada do uso solos da Bacia do rio Juqueri.....	94
3.3.3.1 Uso dos solos anos 1986, 1992, 2003, 2011 e 2016.....	94
3.3.3.1.1 Uso dos solos no ano 1986	96
3.3.3.1.2 Uso e ocupação dos solos no ano 1992	100
3.3.3.1.3 Uso e ocupação dos solos no ano de 2003.....	102
3.3.3.1.4 Uso e ocupação dos solos no ano de 2011.....	106
3.3.3.1.5 Uso e ocupação dos solos no ano de 2016.....	110
3.3.3.2 Degradação Ambiental no uso de solos da Bacia do rio Juqueri.....	111
3.3.4 Aplicação do índice de transformação antrópica (ITA)	113
3.4 CONCLUSÕES	116
3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	117
CAPÍTULO 4	120
OBTENÇÃO E ESPACIALIZAÇÃO DO BALANÇO HÍDRICO DA BACIA DO RIO JUQUERI PARA A DETERMINAÇÃO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUPERFICIAL.....	120
4.1 INTRODUÇÃO.....	121
4.2 METODOLOGIA.....	122
4.2.1 Método do balanço hídrico de Thornthwaite & Mather	123

4.2.2 Procedimentos para espacialização do balanço hídrico na Bacia do rio Juqueri.....	124
4.2.3 Metodologia de determinação do balanço hídrico.....	125
4.2.4 Construção de Isoietas e Isotermas da Bacia do rio Juqueri.....	125
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	126
4.3.1 Espacialização do balanço hídrico climático da Bacia do rio Juqueri.....	130
4.4 CONCLUSÕES	133
4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA	134
CAPÍTULO 5	137
DETERMINAÇÃO DAS CORRELAÇÕES ENTRE OS PARÂMETROS DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQA) E O USO DO SOLO.....	137
5.1 INTRODUÇÃO.....	138
5.2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	139
5.2.1 Análises estatísticas	139
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	140
5.3.1 Análises de fatores ambientais	150
5.3.2 Correlações canônicas entre IQA e uso do solo da Bacia do rio Juqueri.....	151
5.3.2.1 Correlação entre a temperatura e a área de pastagem e solo exposto.....	151
5.3.2.2 Correlação entre a DBO e as áreas urbanas.....	156
5.3.2.3 Correlação entre a turbidez e as áreas dos corpos de água.....	158
5.3.2.4 Correlação entre o fósforo total e as áreas de floresta.....	158
5.3.2.5 Correlação entre o IQA e as áreas de pastagem	159
5.4 CONCLUSÕES.....	160
5.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	161
CAPÍTULO 6	164
INFLUÊNCIA DO USO DO SOLO NO TEOR NOS METAIS-TRAÇO DOS SEDIMENTOS DO RESERVATÓRIO PAIVA CASTRO.....	164
6.1 INTRODUÇÃO.....	165
6.2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	166
6.2.1 Área de estudo	166
6.2.2 Caracterização da bacia do Juqueri	167
6.2.2.1 Caracterização do uso e ocupação do solo	167
6.2.2.2 Geologia da Bacia do rio Juqueri	168
6.2.2.2.1 Base de dados da litologia da bacia Juqueri	171
6.2.3 Amostragem de Sedimentos	173
6.2.4 Análises de laboratório	174
6.2.5 Análise de correlações canônicas (CCA)	174
6.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	175
6.3.1 Características geológicas da área de estudo.....	175
6.3.2 Correlações canônicas dos metais-traço nos sedimentos do reservatório Paiva Castro com o uso do solo da bacia.....	177
6.3.2.1 Análises dos componentes principais (ACP)	178
6.3.2.2 Correlações entre uso de solos e teores de metais no sedimento.....	182
6.3.2.2.1 Barragem	182
6.3.2.2.2 Rio.....	186
6.3.2.2.3 Captação	190
6.4 CONCLUSÕES.....	194
6.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	195
CAPÍTULO 7	200

PROPOSTA METODOLÓGICA “DESENVOLVIMENTO DO ÍNDICE PARA A DETERMINAÇÃO DA RESILIÊNCIA EM ÁGUAS SUPERFICIAIS PARA BACIAS HIDROGRÁFICAS”	200
7.1 INTRODUÇÃO.....	201
7.2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	202
7.2.1 Geração do mapa de declividade	206
7.2.2 Classificação de bacias segundo o índice de resiliência para águas superficiais	209
7.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	210
7.3.1 Aplicação da metodologia proposta “índice de resiliência”	210
7.3.2 IQA	210
7.3.2.1 Área urbana (AU)	211
7.3.2.2 Vazão/habitantes.....	211
7.3.2.3 Índice de transformação Antrópica (ITA)	211
7.3.2.4 Declividade (D)	212
7.3.2.4.1 Mapa de declividade da Bacia do rio Juqueri.....	212
7.4 CONCLUSÕES	216
7.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	216
CAPÍTULO 8	218
8.1 CONCLUSÕES GERAIS	218
8.2 DISCUSSÃO GERAL.....	219
8.3 RECOMENDAÇÕES.....	221

CAPÍTULO 1

1.1 INTRODUÇÃO

A água é essencial para a manutenção de todas as formas de vida e fundamental para a sustentabilidade do desenvolvimento produtivo da humanidade, tornando-se a matéria prima e de entrada de muitos processos e produtos. Além disso, atua como um receptor em alguns casos de esgotos, e resíduos líquidos da dinâmica socioeconômicos estabelecidos pela sociedade.

Portanto, a questão dos recursos hídricos tem sido abordada de diferentes perspectivas que estabeleceram principalmente alguns pontos de vista referidos na lei Nº 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997 no seu Artigo 1º da Política Nacional Brasileira dos Recursos Hídricos que se baseia nos seguintes fundamentos:

I - a água é um bem de domínio público; II - a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico; III - em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e pecuária irrigada; IV - a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas; V - a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento; VI - a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

O primeiro artigo refere-se à água como um direito de cada ser humano, lei que ainda não é cumprida satisfatoriamente devido às muitas limitantes em todo o território brasileiro. Isso tem gerado uma série de discussões teóricas que criam a necessidade de encontrar um terreno comum que permita a implementação de políticas e estratégias de conservação sustentável da água como um elemento fundamental da vida e adicionalmente como um bem que é considerado para uso público.

Neste sentido, a caracterização da pressão antrópica adquire grande importância nas regiões de maior população. Região onde se encontra a Bacia do rio Juqueri, a qual segundo Giatti (2000) teve o segundo maior crescimento econômico do Estado de São Paulo, o que tem como decorrência também um risco ambiental devido ao aumento de efluentes e aumento também na poluição nos seus recursos hídricos.

Geralmente, este crescimento econômico vem acompanhado de um uso e ocupação do solo indevido e um uso irregular e indiscriminado da água, diminuição das áreas com floresta,

erosão de solos, assoreamento, sedimentação, canalização de cursos de água, eutrofização, poluição por esgotos, compactação e impermeabilização de solos, diminuição da matéria orgânica no solo e aumentos desta na água, etc. Tudo isto tem contribuído para o desaparecimento de rios e lagos (GUIATTI, 2000).

Os anteriores processos afetam profundamente o ciclo da água e o clima. Mostrando dessa forma o importante papel das bacias hidrográficas como referencial nas tomadas de decisões para formulação de políticas públicas (LEI Nº 9.433, Artigo 1-V), planejamento e de gestão territorial. (GIATTI, 2004)

Muitos reservatórios são desejados e construídos com diversas finalidades, como a produção de água para o abastecimento no caso do Cantareira, ou energia ou para usos múltiplos.

No caso do sistema Cantareira de configuração de cascata, onde sua construção com certeza implicou uma interrupção da natureza nos comportamentos típico desta produziram impactos, modificações e alterações nos ecossistemas aquáticos ainda não são completamente conhecidos.

Segundo a teoria de reservatórios em cascata segundo Henry et al., (2000), nos reservatórios que se encontram na montante tem um tempo de residência relativamente elevado em comparação aos reservatórios localizados na Jusante, provavelmente com elevada retenção de sedimentos e nutrientes no primeiro ambiente da sequência em "cascata", mais mesmo assim com transporte de estes para o reservatório final do sistema.

Entretanto segundo a hipótese Henry et al., (2000), o reservatório Paiva Castro se encontra é o último reservatório do sistema Cantareira, que recebe por gravidade a água proveniente dos demais reservatórios, além da poluição das áreas urbanas não só das bacias que fazem parte deste sistema, mais também a do município de Mairiporã, evidenciando uma forte pressão antrópica (GIATTI, 2000).

Sendo assim, ao analisar este reservatório por meio do monitoramento ambiental, pode-se diagnosticar a qualidade da água que chega à Estação de Tratamento de Guaraú, e as repercussões que a pressão ambiental das atividades antrópicas ocasiona nela.

Atualmente os processos crescentes de ocupação do solo no entorno do reservatório Paiva Castro sem o devido planejamento, está acarretando impactos negativos para a qualidade da água deste. O ineficiente planejamento da ocupação pode ser comprovado pela baixa cobertura de serviços de coleta e principalmente o não tratamento de esgoto nos municípios da Bacia do rio Juqueri (GIATTI, 2000).

Para entender essas influências precisa-se de indicadores que quantifiquem os efeitos do desequilíbrio nos ecossistemas e as interações dos respectivos componentes da Bacia do rio Juqueri, onde o impacto das atividades antrópicas começa com o uso e ocupação do solo e sua forte influência sobre a qualidade dos recursos hídricos, na qual as interações e influências nos corpos hídricos são causadas pela pressão e ocupação do espaço, criando uma modelagem da paisagem de natureza antrópica. Neste ponto o Índice de Transformação Antrópica (ITA) apresenta um papel importantíssimo para entender a dinâmica do uso e ocupação dos solos no transcorrer do tempo, e ainda ajuda a reconhecer as áreas a serem trabalhadas no futuro para melhorar a qualidade ambiental da bacia em estudo.

A crescente nas áreas urbana, solo exposto e diminuição das áreas de mata ciliar e corpos hídricos, são as consequências do desenvolvimento econômico da região, estes processos gerados pelas atividades antrópicas vem acompanhados com uma continua e forte degradação nos ecossistemas naturais na Bacia do rio Juqueri e no reservatório Paiva castro.

Quanto à qualidade da água, esta é uma excelente ferramenta ou indicador para testar os efeitos antrópicos nos recursos hídricos com base nos parâmetros analisados mediante o Índice de qualidade da água (IQA).

O monitoramento dos recursos hídricos do reservatório e da bacia também cumpre um objetivo importante, pois avalia o estado de conservação, sua qualidade da água e a disponibilidade desta a sua população.

Essas informações se tornam instrumentos de vital importância na tomada de decisão para sua proteção. Portanto, considerando os aspectos estratégicos da Bacia do rio Juqueri, o monitoramento hídrico subsidia estratégias e ações que contribuam para deter e se possível reverter situações degradantes atualmente encontradas em busca de uma melhoria socioeconômica e ambiental.

1.2 JUSTIFICATIVA

Os recursos hídricos são muito importantes para a manutenção da vida não só dos ecossistemas aquáticos, mas também para os terrestres, pois fazem parte dos processos de produção do ser humano. Lamentavelmente as águas da Bacia do rio Juqueri vêm sendo objeto de uma grande pressão pelas ações humanas chamadas de antrópicas (REBOUÇAS, 2002).

Tudo isto graças ao desenvolvimento econômico desta região com uma população que apresenta aumento contínuo nos últimos anos, aumentando assim a degradação dos seus recursos hídricos. Os resultados destes processos são tanto a deterioração física quanto a química e biológica das qualidades inerentes da água da bacia em estudo (AZEVEDO, 2000). Além da diminuição da quantidade desta que está sendo afetada nos últimos anos pelo desequilíbrio hidrológico.

Todas as atividades realizadas na procura do desenvolvimento econômico vêm ligadas aos impactos ambientais. Problemas conhecidos como o aumento da área urbana e da população, trazem consigo a impermeabilização de solos e efluentes domésticos que contribuem com o processo de eutrofização, erosão, desflorestamentos, perda de flora e fauna, e altas produções de resíduos sólidos entre outras (ALVES, 2003).

O reservatório Paiva Castro está localizado dentro da Bacia do rio Juqueri, o qual vem sofrendo pressão pelo contínuo desmatamento de duas áreas de APAs, e pelos impactos dos esgotos provenientes das vivendas construídas no seu perímetro.

O presente trabalho procurou determinar como a pressão antrópica sobre os recursos hídricos devido às mudanças no uso do solo na Bacia do rio Juqueri mediante o índice de transformação antrópica, o geoprocessamento e a modelagem ambiental. Além mediante o índice de qualidade da água se pretendeu reconhecer as consequências no reservatório Paiva Castro e na bacia.

1.3 HIPÓTESES DA PESQUISA

A Bacia do rio Juqueri é susceptível à pressão ambiental das atividades antrópicas, com o crescimento populacional que fez aumentar a área urbana e diminuir as porções de floresta na bacia, também fez aumentar as áreas com solos expostos e desprotegidos contribuindo nos processos de erosão, provendo maiores quantidades de sedimentos ao reservatório Paiva castro. Além disso, existe esgoto não tratado que vem degradando paulatinamente a qualidade da água do rio Juqueri e do reservatório.

Sabe-se que o uso do solo influencia fortemente a qualidade ambiental da bacia sobretudo nos recursos hídricos, pelo qual ao identificar as mudanças nos últimos anos no uso do solo se pretendeu avaliar quais dessas mudanças exerce maior pressão antrópica.

Geralmente na literatura encontramos que as classes de maior impacto são a área urbana pela poluição que traz consigo e a área agrícola que levam ao desflorestamento, pelo qual se acreditou que no caso da Bacia do rio Juqueri estas também seriam as principais classes que impactam qualidade da água da bacia.

Com base nesses fatores, pretendeu-se identificar se de fato essas duas classes vêm aumentar a degradação ambiental da bacia, além de identificar a principal classe de uso de solo para ser trabalhada no futuro que paralise o deterioro ambiental na bacia. Falar no final do documento.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo geral

- Identificar a pressão antrópica no reservatório Barragem Engenheiro Paulo de Paiva Castro e avaliar sua repercussão sobre as águas superficiais da Bacia do rio Juqueri no município de Mairiporã – SP.

1.4.2 Objetivos específicos

- Caracterizar os recursos hídricos superficiais e do reservatório Paiva Castro mediante o Índice da Qualidade da Água (IQA).
- Classificar de acordo com a resolução CONAMA nº 357/2005, mediante o IQA os recursos hídricos da Bacia do rio Juqueri e do reservatório Paiva Castro.
- Determinar a dinâmica das modificações ambientais através do tempo no uso do solo na Bacia do rio Juqueri mediante SIG e geoprocessamento.
- Determinar os efeitos das atividades antrópicas no uso do solo da Bacia do rio Juqueri mediante o Índice de Transformação Antrópica (ITA).
- Determinar as correlações existentes entre os parâmetros do IQA e as modificações ambientais causadas pelo uso do solo.
- Determinar as correlações existentes entre os teores dos metais traço contidos no sedimento do reservatório e as modificações ambientais causadas pelo uso do solo da Bacia do rio Juqueri.
- Avaliar a degradação ambiental nos recursos hídricos da Bacia do rio Juqueri provocada pelas mudanças no uso do solo.
- Avaliar a degradação ambiental do reservatório Paiva Castro provocadas pelas mudanças no uso dos solos da Bacia do rio Juqueri.

1.5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.5.1 As bacias hidrográficas como unidade de estudo

As bacias hidrográficas são o elemento fundamental de análise do ciclo hidrológico, principalmente na sua fase terrestre, que engloba a infiltração e o escoamento superficial. Ela pode ser definida como uma área limitada por um divisor de águas, que a separa das bacias adjacentes e que serve de captação natural da água de precipitação através de superfícies vertentes. (ROCHA et al., 2000)

A bacia hidrográfica mediante a rede de drenagem, formada pelos cursos de água faz convergir os escoamentos para a seção de exutório, sendo este seu único ponto de saída (LINSLEY; FRANZINI, 1978; TUCCI, 1997). Isso significa que a bacia é o resultado das interações da água e de outros recursos naturais como: material de origem geológico, topografia, vegetação e o clima. Assim, um curso de água, independentemente de seu tamanho, é sempre o resultado da contribuição de determinada área topográfica, que é a sua bacia hidrográfica (BRIGANTE; ESPINDOLA, 2003).

1.5.2 Atividades antrópicas

Estas são ações do ser humano sobre o meio ambiente ou a natureza. Também pode ser a ação, o ato ou o resultado da atuação humana sobre a natureza, com intencionalidade de modificação (PIRES; SANTOS, 2005). As ações humanas são, pelo menos, de duas classes, sob a ótica da modificação: 1. ações humanas estritamente vegetativas: referentes, *sine qua non*, à sobrevivência do ser humano; 2. ações humanas estritamente volitivas: referentes à natureza empreendedora do ser humano. (PEREZ, 2011)

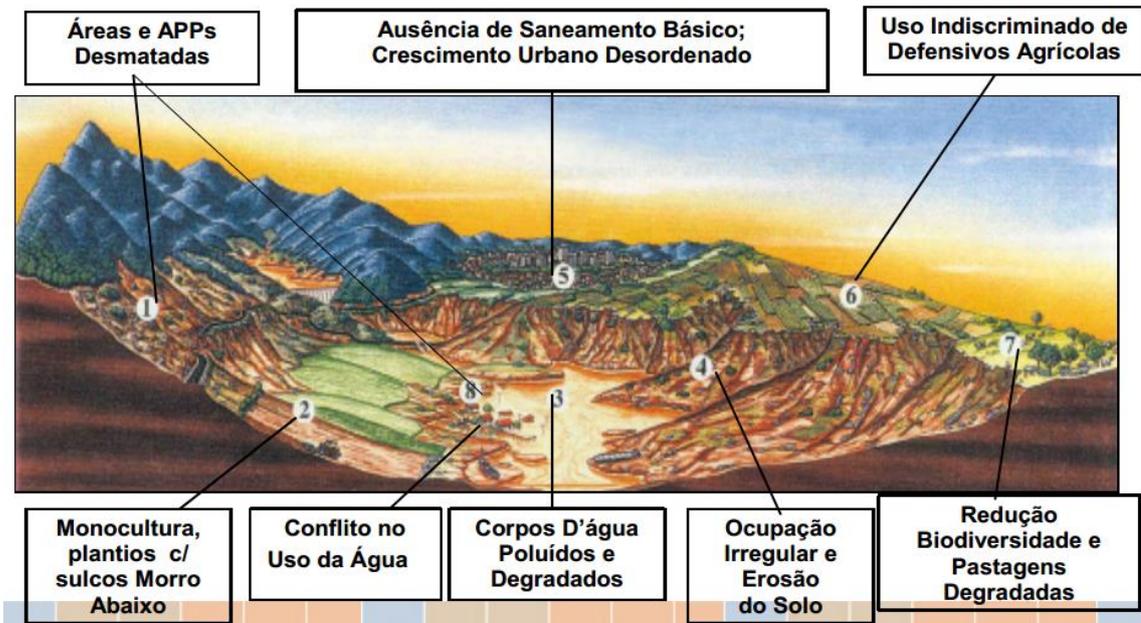
A utilização desordenada dos solos, o crescimento populacional e a escassez de solos férteis e água de qualidade determinam a necessidade de gerar estratégias, atividades e diretrizes fundamentais que proporcionem a certa capacidade aos ecossistemas naturais de manter a resiliência sem perder uma produção sustentável a longo prazo. (Figura 1.1)

Sendo assim, a utilização dos recursos naturais deve ser moldada para aumentar e melhorar as condições económicas e o progresso social da população afetada por estes processos nocivos. No entanto, para a utilização permanente, sustentável e eficiente do

ambiente, é necessário caracterizar as circunscrições físicas, biológicas e espaciais para da ocupação e a identificação de possíveis sensibilidades dos ecossistemas aos impactos ambientais futuros (PIRES, 2008).

- Problemas ambientais em bacias hidrográficas.

Figura 1.1 - Problemas ambientais em bacias hidrográficas.



Fonte: <http://www.abas.org/educacao.php>

1.5.3 Relações entre o uso e ocupação de solos e a qualidade da água

Os pesquisadores usaram uma variedade de ferramentas analíticas, escalas e perspectivas para examinar modelos e processos em bacias (MALLIK, 1999). A relação entre a frequência de uso da terra e a qualidade da água tem sido examinada, e alguns estudos mostraram que o uso da terra tem uma forte influência na qualidade ambiental de uma bacia hidrográfica (OMETO et al., 2000).

Um dos passos mais importantes na gestão dos recursos hídricos é estabelecer os efeitos de diferentes usos da terra nas bacias. Esse tipo de pesquisa que relaciona atributos ambientais pode ser usado para melhorar a proteção dos recursos hídricos (FREITAS, 2008). Qualquer tipo de uso de solo na bacia afeta o ciclo hidrológico, independentemente do grau de uso, isto afetará a qualidade da água (ROCHA et al., 2000).

Segundo Castro (2006) a retirada simples e direta de água de um manancial, ou a presença de uma intervenção, como a implementação de projetos de habitação, indiretamente interfere os processos de erosão, com escoamento crescente e consequente a sedimentação nas

massas de água, reduzindo a taxa de infiltração de água no solo, abaixamento do lençol freático, padrão de mudança no fluxo de córregos, riachos, rios, etc.

Por isso, se enfatiza a importância de se estudar a relação entre o uso do solo e a qualidade da água, devido à forte pressão para ocupar o espaço (MACHADO, 2001).

Uma vasta variedade de fatores a serem considerados e a quantidade de informações trabalhadas no estabelecimento dessas relações apontam para o sistema de informações geográficas como uma ferramenta essencial para o aprofundamento da análise espaço-temporal (TEIXEIRA et al., 2003).

A qualidade e quantidade de acesso à informação de forma rápida e fácil são requisitos obrigatórios dos sistemas de gestão. Neste contexto, os sistemas de informação geográfica desempenham um papel importante no sentido de servir o trabalho através da exploração em vez da simples amostragem (ARONOFF, 1995).

A utilização de instrumentos como o sistema de informação geográfica proporciona um avanço na gestão, permitindo a adoção de critérios técnicos como base para decisões de uso do solo e estruturação espaciais das bacias hidrográficas (CRHISTOFOLETTI, 1999).

Um exemplo é a pesquisa inserida na linha chamada "indicadores de poluição antrópica", vinculada ao grupo de pesquisa "Meio Ambiente, ecossistemas e sustentabilidade" (CNPq), a Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca (ENSP/FIOCRUZ) está associado ao estudo da relação entre o processo de "colonização" do espaço, a degradação do meio ambiente e seu impacto na saúde. Nesse sentido, dirige seu estudo de caso do Canal de Cunha, os colaboradores da Baía de Guanabara, que atravessa a parte extremamente pobre da cidade do Rio de Janeiro, com predominância de favelas.

Portanto, mediante o manancial como um testemunho entendemos o impacto do processo de ocupação sobre a "base natural", que inclui a partir do estudo das condições de saúde atuais, é possível definir propostas de intervenção que são justificadas pela melhoria dos padrões de qualidade da água do canal, o que permite um monitoramento e, conseqüentemente, tornar efetivas mudanças positivas na qualidade de vida da população local e melhorias no ambiente urbano como um todo.

1.5.4 A água como um indicador da qualidade ambiental

A água é um recurso natural, que serve numa vasta gama de utilizações, mas também tem a qualidade de atuar como uma substância indicativa dos resultados da manipulação do solo. A qualidade de cada massa de água está relacionada à geologia, tipo de solo, clima, tipo e quantidade de cobertura vegetal e ao grau e tipo de atividade humana dentro da bacia (SAMPAIO, 2003). Portanto, o uso e a ocupação das bacias hidrográficas refletem, em última instância, na qualidade e a quantidade das águas superficiais e subterrâneas (MOREIRA, 2006).

1.5.5 Monitoramento da qualidade da água

Entre os recursos naturais, os recursos hídricos são um dos elementos mais importantes e também um dos mais suscetíveis aos impactos decorrentes de atividades antrópicas. A constante utilização deste recurso tem requerido um grande número de estudos para avaliar e manter sua qualidade. Segundo Chiappetta et.al (2003), o monitoramento do ambiente, além de fornecer informações importantes sobre a extensão da poluição e seus prováveis impactos, também avalia a eficiência de ações mitigadoras, adotadas com o propósito de diminuir ou mesmo eliminar sua origem. Além de importantes para a avaliação do grau de degradação ambiental, tais estudos são passos necessários para se conhecer o funcionamento destes ecossistemas.

Segundo a Norma NBR 9896 ABNT (2002), a qualidade da água é o resultado do conjunto de características físicas, químicas, biológicas e organolépticas dessa água, relacionado para com o seu uso para um fim específico. Água pura no sentido rigoroso do termo, não existe na natureza; a água possui uma série de impurezas, que vão imprimir as características das quais depende sua qualidade. As características das águas naturais, bem como aquelas que devem possuir a água fornecida para cada uso pretendido, vão influir no grau de tratamento que venha a ser dado às águas captadas.

O controle da qualidade da água é uma medida de grande necessidade, em face da sua importância sanitária e econômica e é uma atividade que envolve os seguintes aspectos:

- Exame e inspeção sanitária;

- Controle da qualidade da água nas fases de projeto, construção, operação e manutenção;
- Aspectos diversos - controle da poluição das águas, ar e solo, implantação do planejamento territorial e de programa de educação sanitária, dada a influência destes na qualidade da água, bem como no meio ambiente em geral.

Se o uso da água for o consumo humano, sua qualidade deve atender aos padrões de potabilidade estabelecidos em legislação. Para tanto, a legislação vigente é a Portaria do Ministério da Saúde n.º 2.914/2011. Assim, o valor de referência representa a qualidade natural da água superficial e subterrânea, que deve ser mantida por meio do controle das fontes potenciais de poluição (CETESB, 2011), enquanto que a água captada para consumo humano deve atender aos padrões de potabilidade - cuja fiscalização é de atribuição do Centro de Vigilância Sanitária da Secretaria da Saúde.

Considera-se que concentrações abaixo dos valores de referência de qualidade (VRQ) indicam que a águas superficiais e subterrâneas tem qualidade excelente, os padrões de potabilidade indicam que a água tem qualidade boa. Em concentrações acima desses padrões, a água poderá ter qualidade aceitável se a substância em desacordo for removida por tratamentos convencionais. Para as substâncias antrópicas carcinogênicas e para aquelas tóxicas que não podem ser removidas por tratamentos convencionais, sua presença em concentrações acima dos padrões indica qualidade ruim e uma possível contaminação local, cuja origem deve ser investigada.

1.5.6 Índices de qualidade da água (IQA)

Os indicadores são elementos que assinalam, que comunicam, indicam e informam sobre algum assunto em específico. A necessidade de um número cada vez maior de informações e em diferentes graus de complexidade, decorrentes da crescente preocupação social com os aspectos ambientais, associados com o desenvolvimento, criou a necessidade da elaboração de índices e/ou indicadores de toda a natureza. O índice de qualidade da água (IQA) inicialmente utilizado pela CETESB incluía a informação de nove parâmetros básicos em sua formação. Seu objetivo é facilitar a comunicação com um público não técnico, reunindo diversos parâmetros, em escalas diferentes, em um único número que representava a qualidade do corpo de água (CETESB, 2000).

1.5.6.1 Parâmetros de Avaliação da Qualidade da Água

O Índice de Qualidade das Águas foi criado em 1970 nos Estados Unidos, pela National Sanitation Foundation (NSF). A partir de 1975 começou a ser utilizado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). Nas décadas seguintes, outros estados brasileiros adotaram o IQA, que hoje é o principal índice de qualidade da água utilizado no país.

O IQA foi desenvolvido para avaliar a qualidade da água bruta visando seu uso para o abastecimento público, após tratamento. Os parâmetros utilizados no cálculo do IQA são em sua maioria indicadores de contaminação causada pelo lançamento de esgotos domésticos.

A avaliação da qualidade da água obtida pelo IQA apresenta limitações, já que este índice não analisa vários parâmetros importantes para o abastecimento público, tais como substâncias tóxicas (ex: metais pesados, pesticidas, compostos orgânicos), protozoários patogênicos e substâncias que interferem nas propriedades organolépticas da água.

O IQA é composto por nove parâmetros, com seus respectivos pesos (w), que foram fixados em função da sua importância para a conformação global da qualidade da água, como se observa na Tabela 1.2.

Tabela 1.1 - Parâmetros e pesos para determinação de IQA

PARÂMETRO DE QUALIDADE DA ÁGUA		PESO (w)
Oxigênio dissolvido (OD)	% de saturação	0,17
Coliformes termotolerantes	UFC/100 ml	0,15
Potencial hidrogeniônico - pH	-	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO _{5,20}	ml l ⁻¹	0,10
Temperatura da água	°C	0,10
Nitrogênio total	ml l ⁻¹	0,10
Turbidez	NTU	0,08
Resíduo total	ml l ⁻¹	0,08

Fonte: <http://pnqa.ana.gov.br/IndicadoresQA/IndiceQA.aspx>

Além de seu peso (w), cada parâmetro possui um valor de qualidade (q), obtido do respectivo gráfico de qualidade em função de sua concentração ou medida observada na Figura 1.2. O IQA apresentado neste trabalho refere-se ao índice adotado pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB).

O IQA utilizado pela CETESB é determinado pelo produto ponderado de nove parâmetros indicadores da qualidade das águas, correspondentes aos parâmetros: temperatura da amostra, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (5 dias, 20°C), coliformes termotolerantes, nitrogênio total, fósforo total, resíduo total e turbidez. (Equação 1.1)

$$IQA = \prod_{i=1}^n qi^{wi} \quad \text{Equação 1.1}$$

Onde:

Figura 0.1. Curvas médias de variação dos parâmetros de qualidade das águas.

IQA: Índice de Qualidade das Águas;

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

wi : peso correspondente ao i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade. Sendo *n* o número de parâmetros que entram no cálculo do IQA.

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

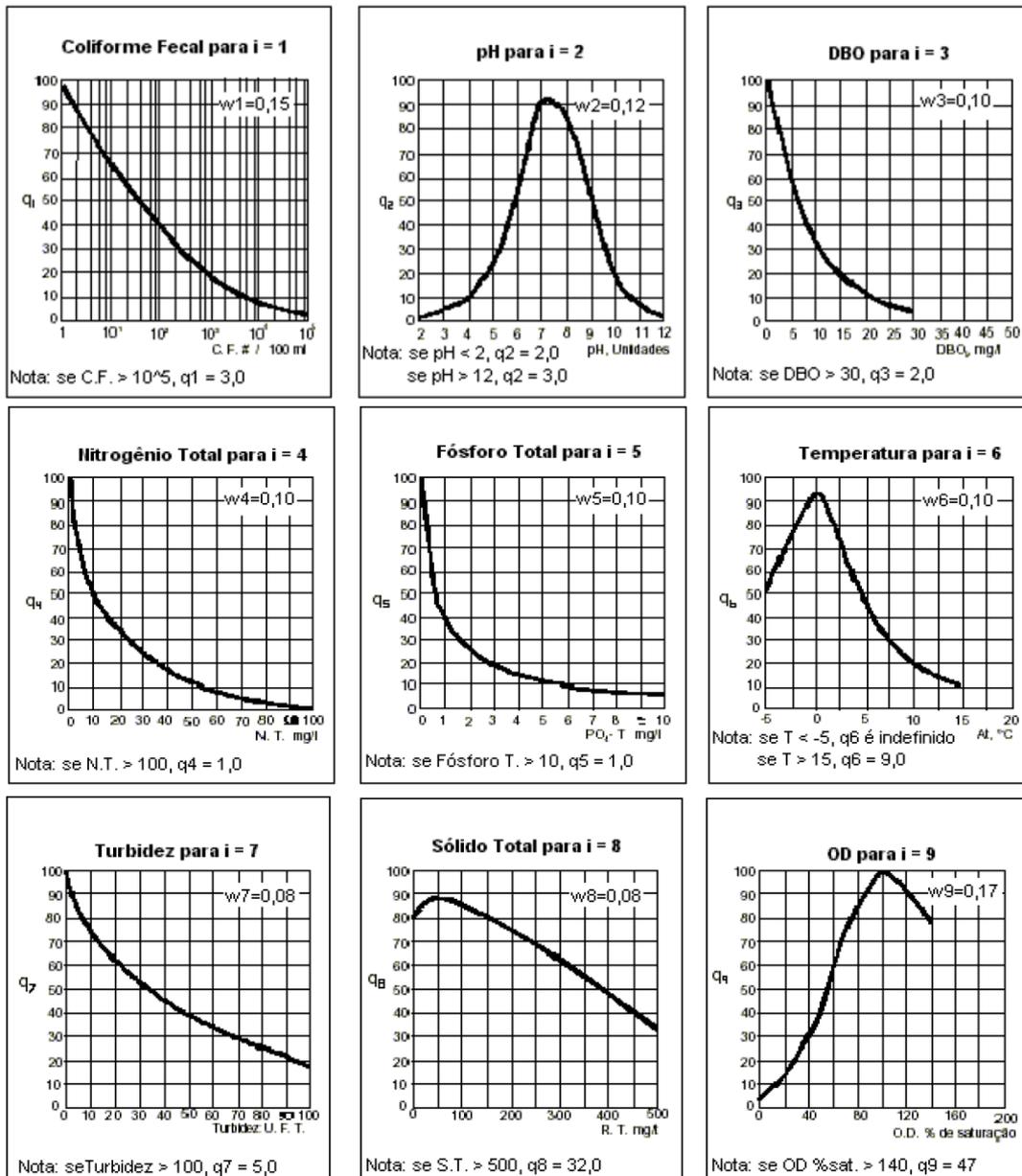
No caso de não se dispor do valor de algum dos 9 parâmetros, o cálculo do IQA é inviabilizado. A qualidade das águas brutas, indicadas pelo IQA, numa escala de 0 a 100, pode ser classificada, para abastecimento público, segundo a escala apresentada pela Tabela 1.3.

Tabela 1.2 - Escala de qualidade da água indicada pelo IQA.

Qualidade	Valor do IQA
Ótima	79 < IQA ≤ 100
Boa	51 < IQA ≤ 79
Regular	36 < IQA ≤ 51
Ruim	19 < IQA ≤ 39
Péssima	IQA ≤ 19

Fonte: CETESB (2004)

Figura 1.2 - Curvas médias de variação dos parâmetros de qualidade das águas.



Fonte: CETESB (2009) Disponível em:
<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/rios/publicacoes.asp>. Acesso em: 01 maio, 2017.

1.5.7 Legislação das águas superficiais - Resolução CONAMA 357/2005

Esta resolução dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos d'água superficiais e estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Esta resolução estabelece que águas doces possuam um teor salino inferior a 5000. As águas de melhor qualidade podem ser aproveitadas em uso menos

exigente, desde que este não prejudique a qualidade da água, além de outros critérios pertinentes. A Tabela 1.1 apresenta os limites para as Classes I, II, III e IV da Resolução CONAMA 357/2005, para alguns parâmetros.

O enquadramento dos corpos d'água se faz de acordo com as normas e procedimentos definidos pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos-CNRH e Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos, sendo que o enquadramento do corpo hídrico será definido pelos usos preponderantes mais restritivos da água, atuais ou pretendidos.

Nas bacias hidrográficas em que a condição de qualidade dos corpos d'água esteja em desacordo com os usos preponderantes pretendidos, deverão ser estabelecidas metas obrigatórias, intermediárias e finais, de melhoria da qualidade da água para efetivação dos respectivos enquadramentos, excetuados nos parâmetros que excedam aos limites devido às condições naturais.

No caso de uma bacia hidrográfica ou córrego que não especifique a classe a que pertence seu recurso hídrico, segundo o Conselho Nacional de Recursos Hídricos-CNRH e Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos, este será automaticamente enquadrado na classe II. N

No caso da Bacia do rio Juqueri em como todos seus efluentes até a barragem da SABESP enquadram-se na Classe I da legislação estadual paulista referente aos recursos hídricos superficiais (lei no 997/76, regulamentada pelo decreto 8.468&76), isto significa que suas águas são destinadas ao abastecimento doméstico sem tratamento prévio ou com simples desinfecção; também determinando que qualquer tipo de lançamento de esgoto, mesmo tratado é proibido em corpos d'água desta categoria (CETESB, 1982)

Tabela 1.3 - Limites dos parâmetros de qualidade de água segundo Resolução CONAMA 357/2005 adotados.

Parâmetro		Unidade	Classe CONAMA 357/2005.			
			I	II	III	IV
Sólidos Dissolvidos		mg L ⁻¹	<500	<500	<500	Sem Limite**
Fósforo Total		mg L ⁻¹ P	<0.020	<0.030	<0.050	Sem Limite**
Nitrato		mg L ⁻¹ N	<10,0	<10,0	<10,0	Sem Limite**
Nitrogênio amoniacal Total	p/ pH≤7.5	mg L ⁻¹ N	<3,7	<3,7	<13,3	Sem
	p/ 7,5pH≤8.0		<2,0	<2,0	<5,6	Limite**
	p/ 8,0pH≤8.5		<1,0	<1,0	<2,2	Sem
	p/ pH>8,5		<0,5	<0,5	<1,0	Limite**
						Sem Limite**
DQO		mg L ⁻¹	<3,0	<5,0	<10,0	Sem Limite**
OD		mg L ⁻¹	≥6,0	≥5,0	≥4,0	≥2,0
Turbidez		UNT	<40	<100	<100	Sem Limite**
pH		6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0
Coliformes Totais		#/100 ml	<200*	<1000*	<2500*	Sem Limite**
Coliformes Termotolerantes		#/100 ml	<100	<500	<1000	Sem Limite**

Fonte: http://artigocientifico.uol.com.br/uploads/artc_1172606439_41.pdf

* Valores adotados (estimados, por não estarem definidos pela resolução CONAMA 357/2005).

** = valor mínimo para o parâmetro.

1.5.8 Padrões de qualidade de água

No Brasil existem legislações específicas para definir os padrões de qualidade das águas - a principal Legislação Federal é a Resolução CONAMA 357/2005 e a Estadual é o Decreto 8468/76, os quais estabelecem que os usos preponderantes dos recursos hídricos são prioritariamente para o abastecimento público e a preservação do equilíbrio das comunidades aquáticas, dentre outros.

Como consequência, a representação da qualidade da água pelo índice IQA apresenta algumas limitações, dentre elas, de considerar o abastecimento público como único uso.

Mesmo considerando este uso como de finalidade específica, ele não contempla outros parâmetros importantes, tais como: metais pesados, compostos orgânicos com potencial mutagênico, hormônios artificiais, substâncias que afetam as propriedades organolépticas da água e o potencial de formação de trihalometanos, entre outras substâncias tóxicas.

1.5.9 Índice de transformação antrópica - ITA

O Índice de Transformação Antrópica (ITA) foi desenvolvido por Lèmechev (1982) e aplicado por Mateo (1984), Vicens (1998), Teixeira (2003) e Richter (2004) em estudos geocológicos com o objetivo de quantificar a pressão antrópica sobre algum componente do meio ambiente, como áreas de proteção ambiental, bacias hidrográficas ou parques nacionais. Neste trabalho, o ITA será utilizado para quantificar a pressão antrópica sobre a bacia do Juqueri no município de Mairiporã-SP (PÉREZ-ORTEGA, 2011).

O ITA faz o diagnóstico ambiental para impactos causados pela ocupação não planejada do espaço, já que a magnitude ou grau em que a paisagem é modificada pode ser utilizado na avaliação da qualidade ambiental. (SANCHES; VICENS, 1997). Para quantificar tal magnitude, faz-se uso de indicadores, como é o caso do (ITA) proposto por Lèmechev (1982) e modificado por Mateo (1991) e Pérez-Ortega (2011), Equação 1.2, onde:

$$ITA = \sum_{i=1}^n (ri \cdot pi) / 100 \quad \text{Equação 1.2}$$

ri = nível de transformação antrópica da paisagem para um determinado tipo i de uso da terra;

pi = área (em %) do tipo de uso da terra nas sub-bacia;

n = quantidades máximas de tipos de uso da terra.

O nível de transformação antrópica é determinado pelos pesquisadores e especialistas que o utilizam, os quais avaliam cada classe atribuindo um peso em relação ao grau de antropização - de acordo com o conhecimento que o autor tem sobre as mesmas. Esta é uma determinação numérica da carga antropogênica a que se encontra submetida a paisagem - que neste caso é a bacia hidrográfica.

O relacionamento dos resultados obtidos com a qualidade das águas e as áreas de sensibilidade da bacia hidrográfica dão uma determinada classificação temática quanto ao uso

do solo para toda a bacia, funcionando como um peso para cada tipo de uso, em um valor que pode variar de 1 a 10, que representa uma maior modificação antrópica quanto maior for o seu valor.

Sanchez (1997) ponderou estes níveis em intervalos de valores, de modo a permitir uma diferenciação subjetiva que possibilitasse o atendimento às particularidades de cada área de estudo. Neste caso, considerando o tipo de uso da terra encontrado na bacia hidrográfica, ficam estabelecidos os pesos anotados no Anexo 1.

1.5.10 Geotecnologias e geoprocessamento

Segundo Haddad (2007) conforme evidenciado, alguns estudos necessitam do espaço e do tempo integrados para a realização de inferências sobre determinada problemática. Para apoiar tais estudos, desenvolveram-se metodologias que pudessem combinar diferentes visões. Desta forma, a junção de duas abordagens complementares, quantitativa e qualitativa, orienta a construção de cenas (a partir de técnicas digitais e analógicas fornecidas pelo aparato das Geotecnologias) auxiliadas com princípios de História Ambiental que alicerça o estabelecimento de narrativas para formulação de cenários espacializados pretéritos, atuais e futuros.

O anterior autor também afirma que fundamentalmente, o meio de organização e análise é representado por um Sistema de Informação Geográfica Temporal (SIGT), tecnologia de análise dinâmica do espaço geográfico e de sua configuração em *softwares* de SIG, onde hoje já estão sendo implementadas possibilidades de ferramentas computacionais de reconstituição do passado, análises espaciais do presente e funcionalidades para previsões futuras.

Para o estabelecimento das narrativas, a base utilizada foi aquela fornecida pela História Ambiental e intituladas aqui como *história do ambiente* (do passado, presente e futuro), envolvendo aspectos políticos e ambientais. Procurando, a partir desse ponto de partida, definir alguns aspectos de aplicação da metodologia proposta como o tema, o espaço e o tempo de estudo, algumas questões problemáticas previstas, e finalmente, a hipótese da pesquisa e o objetivo principal. (HADDAD, 2007).

1.5.11 Classificação de imagens através de sensoriamento remoto

Sensoriamento remoto é a ciência que lida com a obtenção de imagens mediante plataformas remotas orbitais (satélites) ou aéreas (sobrevoos). Este tem como princípio básico o fato de as imagens serem formadas a partir da radiação refletida pelos diferentes materiais que compõe a superfície da Terra, que é então coletada por sensores colocados tanto em aeronaves como em satélites (ROCHA, 2015).

Segundo Haddad (2007) cada material responde diferentemente em cada faixa do espectro eletromagnético. As interações acontecem em função do tipo de estruturas químicas e físicas de cada tipo de material, com maior reflexão ou absorção para cada objeto. Com isso, é possível identificar diferentes objetos, ou diferenças de estados desses objetos a partir de assinaturas espectrais, usando sensores para diferentes faixas espectrais.

Acoplando um conjunto desses sensores em uma plataforma orbital é possível obter imagens de diferentes regiões do planeta com certa frequência, e fornecer essas imagens para muitos tipos de aplicação. É importante salientar, portanto, que quanto mais faixas espectrais o satélite possuir, maior será a quantidade de informações sobre o objeto alvo (HADDAD, 2007).

Segundo Rocha (2015) o geoprocessamento é o nome dado ao conjunto de procedimentos utilizados em dados georreferenciados. Estes dados podem ser apresentados tanto no formato matricial (imagem) como no formato vetorial (pontos, linhas e polígonos). As imagens podem ser geradas em ambiente computacional ou obtidas por sensoriamento remoto aéreo ou orbital.

Quando oriundas de satélites estas imagens precisam ser interpretadas de modo a gerar mapas temáticos que mostrem aspectos significativos do terreno estudado. Quando oriundas de geoprocessamento, é comum utilizar-se um Sistema de Informações Geográficas (SIG) para analisá-las, combinando informações de diferentes fontes (ROCHA, 2015).

1.5.12 Dinâmica sócio espacial e ambiental.

O espaço e o tempo são elementos importantes para compreender os fenômenos de mudança. Existem várias aplicações e estudos de demanda que precisam destes dois conceitos, na realidade, são integrados. Em Planejamento Ambiental, por exemplo, o espaço e

o tempo, visíveis a partir de escalas, são responsáveis para a compreensão da dinâmica espacial e socioambiental. Portanto, estudos dentro desse viés espaço-tempo (ET) são essenciais para consolidar a compreensão e materializar a integração de forma que estes dois termos que muitas vezes são tratados de forma pouco integrada e muitas vezes incoerente (BESER, 2013)

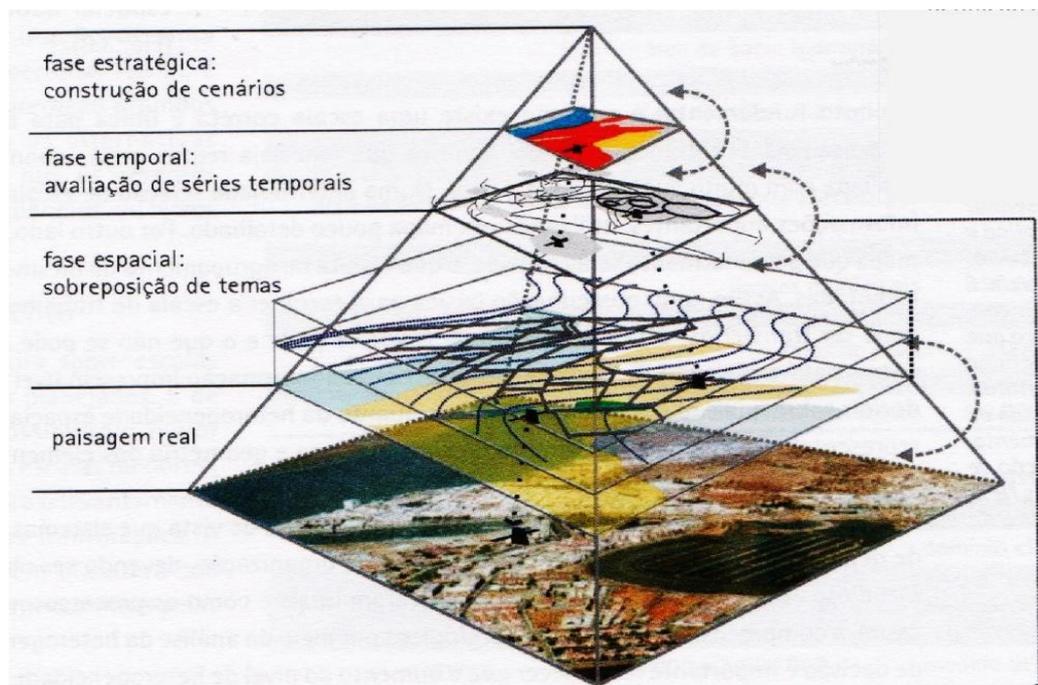
1.5.13 Escalas espaço-temporais

Segundo Santos (2004), o planejamento ambiental costuma interpretar um conjunto de informações regionais referenciadas no espaço e aprendidas de maneira holística, que ao classificarem e ordenarem por unidades de área, ajuda na compreensão das interações e pressões sobre os sistemas naturais criados pelo homem, algo fundamental para o planejamento ambiental. Estes trabalham as informações em diferentes graus de organização e complexidade, que devem ser estudados como um sistema em si mesmo. Para cada abordagem há um aprofundamento de fenômenos e de seus elementos constitutivos, normalmente representados por dados.

Isso quer dizer que existe uma representação da dimensão ‘espacial’ e da dimensão ‘temporal’, dos dados e informações sobre o meio ambiente caracterizado bem chamado de escala. Este ambiente espacializado geograficamente deve permitir o entendimento das transformações através do tempo pelas mudanças nos usos do solo. Todo isto para facilitar a tomada das decisões, ações e os processos para um ótimo gerenciamento (SANTOS, 2004).

O autor Santos, (2004), também afirma que um estudo do espaço-tempo ambiental, dada a sua complexidade, pressupõe um modelo integrado, conforme supracitado, que evidencia não somente formas, como também processos e conteúdos, quase sempre não considerados e integrados na teoria e na prática. Portanto, para o tratamento do espaço-tempo é necessário que se conheça o conceito de escala, responsável pela sua visibilidade, dimensão onde se dará tal integração. Então, espaço e tempo, juntos, são capazes de orientar alguns estudos realizados e podem proporcionar um maior entendimento sobre os fenômenos ambientais em foco (Figura 1.3).

Figura 1.3 - Representação dos Planos de Abordagem Espacial e Temporal.



Fonte: SANTOS (2004).

O que interessa de fato em relação às escalas espaço-temporais são as velocidades dos processos de degradação ambiental, que ajudam no entendimento fundamental para um planejamento efetivo no presente e a futuro. (PEREIRA & QUINÁIA, 2007)

Segundo Pereira e Quináia (2007) os autores afirmam que a integração material do espaço e do tempo precisa ser considerada nas suas escalas espaço-temporais para analisar as velocidades dos processos representados em determinada área de estudo, logrando assim, entender a complexidade da utilização integrada do espaço e do tempo a partir destas escalas que podem prever no futuro algum impacto, mas ainda representa desafios nos estudos e aplicações ambientais.

1.5.14 Sedimentos

A água é um dos recursos naturais essenciais para a manutenção da vida no planeta e sua qualidade nada mais é do que o reflexo do efeito combinado de muitos processos que ocorrem ao longo do curso d'água. Parte significativa dos impactos negativos à qualidade da água é causada pelos sedimentos erodidos, especialmente daqueles originados em áreas que sofreram modificações antrópicas e apresentam poluentes, como no caso de áreas agrícolas, áreas onde ocorrem atividades de mineração e centros urbanos (POLETO; MERTEN, 2006).

Os principais fatores que podem influenciar a produção de sedimentos na área de drenagem de uma bacia hidrográfica são: a precipitação, tipo e formação geológica, uso e ocupação do solo, topografia, natureza da rede de drenagem, escoamento superficial, características dos sedimentos e hidráulica dos canais (CARVALHO et al., 2000).

Uma vez na calha fluvial, os poluentes adsorvidos poderão ser transportados por longas distâncias e, quando presente em altas concentrações, poderão causar graves problemas ambientais (POLETO, 2005).

Os sedimentos atuam como vetores que transferem nutrientes e poluentes dos ecossistemas terrestre para os aquáticos. Uma vez presentes no ecossistema aquático, os sedimentos passam a ter papel importante para a biota através do fornecimento de nutrientes e energia. Além disso, os sedimentos também cumprem uma função na regulação da qualidade da água por sua capacidade de reter e liberar poluentes (POLETO; MERTEN, 2006).

Além da conhecida toxicidade, outras propriedades dos metais são importantes para a avaliação dos seus efeitos nos ecossistemas, como fatores de degradação e bioacumulação, bem como a variação de sua biodisponibilidade em função das condições do meio (CHRISTOFARO, 2009).

Nos ambientes aquáticos, geralmente a distribuição de metais nas fases sólida e aquosa está em equilíbrio, com os principais teores, em geral concentrados nos sedimentos de fundo (AZEVEDO et al., 2012).

Entretanto, os efeitos tóxicos dos metais pesados aos seres vivos dependem destes estarem assimiláveis pelos organismos. Assim, a presença de elevados teores totais de metais na água e/ou sedimentos não significa necessariamente que haverá danos aos organismos vivos, mas certamente indicam a possibilidade de toxicidade do meio (FORTIER, 2001).

Contudo, os estudos voltados à quantificação destes poluentes encontram limitações quanto a valores e limites que representariam risco à saúde humana e à biota aquática. Neste contexto, para que se consigam avaliar as concentrações de poluentes encontrados em uma determinada área e, assim, classificá-las como elevadas ou não, podem ser utilizados valores de referência (POLETO, 2005).

1.5.14.1 Sedimentos como transportadores e armazenadores de poluentes

Para uma avaliação dos níveis de contaminação de um sistema aquático é importante estudar os sedimentos, devido a capacidades que estes têm de transportar e armazenar compostos poluentes, tais como metais (POLETO, 2005).

Sedimentos e solos são conhecidos pela sua capacidade em remover/liberar íons por meio de adsorção (transferência de íons da fase aquosa para a sólida) e dessorção (transferência de íons da fase sólida para a aquosa).

Esta liberação ou fixação de elementos nos sedimentos dependerá das características físico-químicas do sedimento, poluente e do meio em que se encontram (POLETO; MERTEN, 2006).

As condições ambientais e físico-químicas, tais como: pH; potencial redox, ação microbiana, presença de quelantes orgânicos, entre outras, são responsáveis pela permanência ou não dos metais no sedimento, isto é, os componentes deste sedimento podem ser predispostos à coluna de água afetando a qualidade da água e originando bioacumulação e transferência na cadeia trófica (FÖRSTNER & WITTMANN, 1983). Aliás, podem também degradar-se ou reagir com outros, transformando-se em formas solúveis ou potencialmente mais tóxicas (HOROWITZ, 1991).

Segundo Belo (2010), os poluentes metálicos podem estar nos sedimentos adsorvidos à superfície de partículas (óxidos de Fe/Mn, argilas, substâncias húmicas), como compostos inorgânicos (carbonatos, sulfetos) ou associados à matéria orgânica (microrganismos, detritos, húmicos).

Os metais traço são elementos químicos (inclui metais e alguns semimetais) que possuem densidade superior a 4g/cm^3 , relativamente estáveis e não degradáveis. São geralmente tóxicos aos seres vivos, mesmo em baixas concentrações, sendo considerados poluentes (GUEDES, 2011).

Do ponto de vista químico, a denominação “metal pesado” não é muito adequada, sendo mais frequentemente denominados como metais traço ou elementos traço, devido as suas baixas concentrações no meio ambiente (POLETO; MERTEN, 2006).

Do ponto de vista toxicológico, podem-se classificar os metais em essenciais ou não essenciais aos seres vivos, sendo os essenciais encontrados como elementos-traços e apresentando-se em equilíbrio. Dentre esses estão os micronutrientes essenciais às plantas

(Cu, Fe, Mn, Ni e Zn), às bactérias fixadoras de N (Co) e aos animais (Co, Cr, Cu, Fe, Mn, e Zn) (ABREU et al., 2002).

Os metais não essenciais são aqueles elementos não necessários para as atividades metabólicas normais e são tóxicos para célula, mesmo em baixas concentrações. Os mais estudados são: o chumbo, o mercúrio, o cádmio e o arsênio. Estas substâncias químicas (metais) originam-se de atividades antrópicas ou de processos naturais (TUNDISI; TUNDISI, 2008), e a origem natural dos metais ocorre principalmente como componentes traços de minerais detríticos (BELÓ, 2010). O teor de um dado metal numa determinada região depende da sua abundância nas rochas desta determinada região (ASHLEY, 1996).

Dentre as principais origens antrópicas de metais no ambiente estão a agricultura, a indústria, o setor urbano, a água de irrigação contaminada e a queima de biomassa, a combustão a carvão e óleo, as emissões veiculares, a incineração de resíduos urbanos e industriais e, principalmente a mineração, fundição e refinamento (PEREIRA et al., 2007).

Alloway e Ayres (1996) destacam que uma das mais importantes fontes não pontuais de poluição por metais é a agricultura, através de: impurezas em fertilizantes (Cd, Cr, Mo, Pb, U, V, Zn); pesticidas (Cu, As, Hg, Mn); preservativos de madeira (As, Cu, Cr); dejetos de produção intensiva de porcos e aves (Cu, As, Zn). Pinto (2005) cita ainda os lixiviados dos resíduos de baterias (Pb, Zn, Cd, Ni), pigmentos e tintas (Pb, Cd, Zn), uso médico (Cu, Zn,) e aditivos em combustíveis e lubrificantes (Pb).

Por exemplo, entre uma das muitas práticas dos setores agrícolas, pode ser destacada a aplicação a longo prazo de lodo de esgoto em jardins e plantações, o que aumenta os níveis de Cr, Ni, Cu, Zn, Hg e Pb (COTTA, 2003). Entretanto, alguns metais encontrados no meio ambiente podem ter origem natural. Conforme Tortora (2006), um dos elementos mais abundantes na crosta terrestre é o Fe, por isso, pode-se encontrar seus compostos em todos os corpos hídricos, mesmo em concentrações reduzidas. Outro elemento que também é comum de se encontrar nos ambientes aquáticos é Zn. Devido a sua importância toxicológica e ecológica, os metais que geralmente são monitorados são: alumínio, cádmio, crômio, cobre, ferro, mercúrio, manganês, níquel, chumbo e zinco. Incluem-se também arsênio e selênio (que não são estritamente metais), além de outros metais tóxicos, como berílio, vanádio e molibdênio (TUNDISI; TUNDISI, 2008).

Hg, Cd, Pb, Au, Cu, Ni e Cr são os elementos-traço mais tóxicos para a maioria dos organismos, incluindo o homem (FÖRSTNER; MÜLLER, 1974).

O monitoramento dos parâmetros físico-químicos da água, como temperatura, pH, condutividade elétrica e potencial de oxirredução, são importantes subsídios para a

interpretação do equilíbrio termodinâmico dos metais pesados em meio hídrico (PEREIRA, 1995).

1.5.15 A Ocupação da Bacia do rio Juqueri e impactos sobre os recursos hídricos

1.5.15.1 Distribuição da população e núcleos urbanos

A problemática de recursos hídricos da bacia do Alto Juqueri decorre, principalmente, na disponibilidade desta para a RMSP, pois é uma das áreas de maior adensamento urbano do mundo, a área urbanizada nesta metrópole ocupa aproximadamente 37% da área da bacia e, apesar das taxas de crescimento populacional estarem sofrendo diminuição isto não reflete na contenção da expansão da mancha urbana (Plano da Bacia do Alto Tietê, 2006).

A RMSP é a mais importante área produtora de bens industriais do país, e seu Produto Interno Bruto (PIB) em 1997 atingiu U\$ 235 bilhões, correspondendo a cerca 7,39 % do total brasileiro. O setor industrial é bastante significativo, tanto em termos de geração de emprego como de renda. Cresce também o setor de serviços, que nos últimos anos passou a ser o setor de maior desenvolvimento e de geração de novos empregos da região. (IBGE, 2017).

Os mananciais que compõem o sistema Cantareira se encontram em situações de grade pressão antrópica, já que o conjunto dos cinco reservatórios que compõem o sistema é um dos principais sistemas fornecedores de água para esta região de intensas demandas e geradora de grandes impactos ambientais, devido à poluição das regiões urbanas e industrializados por metais e metaloides nos ambientes aquáticos. (BEGHELLI, 2016)

1.5.15.2 Caracterização da problemática ambientais da Bacia do rio Juqueri

A caracterização física é necessária para o reconhecimento dos impactos que as empresas, indústrias, produtores (grande, média e pequena escala) e os habitantes com exercem na bacia do Juqueri, fazendo as análises do diagnóstico do meio físico, incluindo o uso e ocupação de solos e águas (MANZATTO, 2008).

O autor Kronka (1974) afirmou que o crescimento demográfico na região já havia sido previsto por estudos socioeconômicos realizados pelo na região, indicando crescimento

acentuado da população para os municípios situados na região da Cantareira, com tendências de expansão no sentido Leste-Oeste, portanto, paralelamente ao maciço da Cantareira, incluindo aí o município de Mairiporã. Além de manancial extremamente importante para a Grande São Paulo, o reservatório Paiva Castro também constitui uma opção de lazer para diversos moradores de Mairiporã, Guarulhos, Caieiras e da zona norte do município de São Paulo.

A área da represa e do canal do rio Juqueri chega a receber entre 7.000 e 15.000 visitantes aos finais de semana, sendo que a “prainha”, situada no canal do rio, é o local mais visitado, capaz de atrair cerca de 5.000 pessoas nos finais de semana ensolarados (MANZATTO, 2008). Por ser o receptor final do sistema, o reservatório Paiva Castro pode refletir a qualidade final da água bruta a ser enviada à ETA do Guaraú.

A EMPLASA, (1999), determinou que o reservatório alojado entre a crista da Serra da Cantareira e a da Serra do Juqueri, se torna passível da recepção das cargas poluidoras, principalmente de origem doméstica, do município de Mairiporã. É importante ressaltar que os principais problemas do município são relativos a saneamento básico, além do déficit de 2.000 casas e de infraestrutura básica.

Grande parte da população não é beneficiada com água encanada e parte dos esgotos - devido à precariedade da rede de captação, é lançada diretamente no reservatório Paiva Castro. As ligações de água atendem 82%, enquanto as de esgoto contemplam 50% das residências (EMPLASA, 1999).

Segundo Azevedo (2000), existem 7.500 ligações de água no município e apenas 3.000 ligações de esgoto. Neste município não existem serviços básicos suficientes e infraestrutura adequada. O crescimento demográfico e a falta de um plano diretor geram dificuldades para a população.

O município de Mairiporã conta com uma estação de tratamento de esgotos (Figura 1.4) do tipo lagoa de estabilização operada pela SABESP. Este sistema é composto por duas lagoas anaeróbias (somando 15.336 m³ de volume) e duas lagoas facultativas (somando 23.312 m³ de volume), perfazendo um total de 38.648 m³ de volume (CETESB, 1974).

Figura 1.4 - Estação de Tratamento de Esgotos de Mairiporã.



Fonte: Modificado de http://www.espaco.org.br/site_mananciais/?attachment_id=173

No entanto, há algumas ressalvas com relação à capacidade de tratamento desta estação de tratamento de esgotos, tendo em vista o assoreamento das lagoas ocorrido em função do tempo de operação sem contar com manutenção e desassoreamento. De acordo com informações obtidas com a Engenheira Paula Rosolino, gerente do Setor de Sistemas Isolados Norte – MNED.3 da SABESP de Mairiporã, apenas uma das lagoas anaeróbias passou por um processo de desassoreamento, cuja data não foi possível precisar. No entanto, haveria um projeto, com orçamento previsto pela SABESP em vias de licitação, com a finalidade de adequar tal estação de tratamento de esgotos às demandas do município.

Este projeto consiste de duas etapas, sendo a primeira a construção de dois reatores anaeróbios de fluxo ascendente mais um filtro biológico no intuito de atender a uma vazão de 60 litros de esgotos domésticos por segundo; a segunda etapa deste projeto corresponde à construção de estrutura equivalente objetivando duplicar a vazão da ETE para 120 l s^{-1} . A SABESP adota o processo de cloração do efluente da estação de tratamento de esgotos como medida contínua a fim de oxidar os elementos orgânicos e destruir organismos patogênicos remanescentes do tratamento. Este processo de cloração não é uma medida muito recomendável para a desinfecção dos esgotos, devendo ser utilizado apenas em situações emergenciais. (Plano Municipal De Saneamento Básico De Mairiporã, 2013)

Nessas situações, é comum que partículas grandes contendo microrganismos protejam estes da ação do cloro. Outro fato importante é que o cloro provoca efeitos adversos nos ecossistemas aquáticos dos corpos d'água receptores (PIVELI, 1998).

Segundo a CETESB (2008) este afirmam que as ligações de esgoto atendidas pela estação de tratamento, situam-se na região central da cidade e que diversos bairros afastados não são contemplados por tais ligações, sendo que seus esgotos correm em direção ao manancial sem qualquer tipo de tratamento prévio. Ainda nas proximidades da região central da cidade, o bairro conhecido como Barreiro, não possui drenagem dos esgotos para a estação de tratamento e, portanto, destina grande quantidade de cargas poluidoras para o reservatório Paiva Castro.

Estas informações foram verificadas em campo com o auxílio da Equipe de Proteção aos Mananciais, na pessoa do Sr. Márcio Monteiro da Paixão. Os efluentes da estação de tratamento de esgotos do município são lançados no córrego Itaim, afluente do rio Juqueri à montante do reservatório Paiva Castro (Figura 1.4) (CETESB, 2008).

Segundo a CETESB (2008), o rio Juqueri, bem como todos os seus afluentes até a barragem da SABESP enquadram-se na Classe I da legislação estadual paulista referente aos recursos hídricos superficiais (lei no 997/76, regulamentada pelo decreto 8.468/76), isto significa que suas águas são destinadas ao abastecimento doméstico sem tratamento prévio ou com simples desinfecção; também determinando que qualquer tipo de lançamento de esgoto, mesmo tratado, é proibido em corpos d'água desta categoria, e onde na atualidade esta lei não está sendo cumprida.

A captação de água para o município de Mairiporã é feita no próprio reservatório, portanto, o lançamento do efluente da estação de tratamento de esgotos do município se encontra do outro extremo do reservatório.

A CETESB (2006), em relatório de inspeção sanitária e amostragem no sistema de abastecimento de água do município, verificou que a estação de tratamento de água é abastecida em maior volume pelo reservatório, sendo assim é urgente adotar um procedimento de pré-cloração e aumento na dosagem da aplicação de cloro no final do tratamento. Estes procedimentos foram sugeridos em função dos altos índices de bactérias coliformes encontrados nas águas tratadas. Vale registrar que este processo de pré-cloração permanece como regra operacional para esta estação de tratamento de água até a atualidade.

Depois de caracterizar a grande vale da área da bacia onde se concentram a maioria das vertentes, vegetação ciliar, crescente ampliação da área de ocupação urbana, principais tributários, fisiografia, grau de conservação caracterizada por vegetação secundária, floresta nativa e uso e ocupação de solos “agricultura de subsistência a diferentes escalas” precisamos saber e conhecer a dinâmica e mudanças através do tempo, que o uso e ocupação dos solos da bacia Juqueri tem sofrido.

1.5.15.3 Importância da Bacia do rio Juqueri e do reservatório Paiva Castro

Referente aos números registrados da população do município de Mairiporã para o ano 1970 a cidade tinha uma população de 4.000 habitantes (AB'SÁBER, 1978), depois passou a ter 49.893 habitantes no ano de 2005 (IBGE, 2008), e mais recentemente passou a ter 80.956 habitantes (IBGE, 2016).

Grande parte dos moradores trabalha em outros municípios, caracterizando Mairiporã como cidade dormitório. Isso ocorre pela sua proximidade com a capital, fato que aliado ao baixo preço dos lotes incentivou diversas pessoas a comprarem terrenos para construir moradias. Neste caso, inúmeras parcelas em área de proteção de mananciais passaram a ser loteadas e ocupadas irregularmente gerando novos bairros e em áreas passíveis que comprometer o reservatório Paiva Castro e, conseqüentemente, as águas do Sistema Cantareira. (BORN, 2000)

A degradação ambiental é significativa pela inexistência de redes de esgotos e seu tratamento na maioria das vivendas da, a descarga pouco controlada dos dejetos tóxicos industriais e comerciais, além dos problemas de destinação do lixo e da contaminação do ar que incidem na qualidade da água dos mananciais. (Plano Municipal de Saneamento Básico de Mairiporã, 2013)

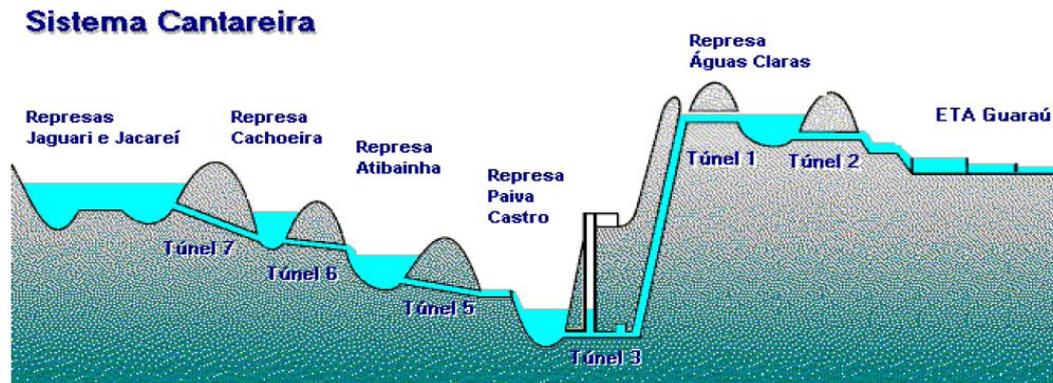
Ainda com a determinação de Áreas de Proteção Ambiental, como a da Bacia do rio Piracicaba e da Bacia do rio Juqueri-Mirim e com a crescente restrição e maior fiscalização sobre as atividades produtivas impactantes no Estado de São Paulo, surgem dificuldades do ponto de vista político provenientes da permissividade das responsabilidades entre órgãos diversos, gerando incapacidade de atuar no contexto global de uma bacia hidrográfica que ultrapassa os limites estaduais e exige uma integração de visão e ação entre várias instituições e níveis de sociedade (HOEFEL & VIANA, 1996).

Estudos do DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo, 1966) sobre as possibilidades de implantação do Sistema Cantareira na região fizeram previsões relativas ao desenvolvimento econômico, onde já se encontravam estabelecidos núcleos urbanos e industriais de grande expressão e que no futuro apresentariam importante crescimento.

Estes elementos deveriam ser suficientes para alertar sobre os riscos de poluição aos qual o sistema seria exposto, porém, nas condições atuais, o reservatório Paiva Castro, bem

como todos os reservatórios do Sistema Cantareira, está sobre constante ameaça pelas atividades antrópicas impactantes nas suas bacias respectivas (Figura 1.5).

Figura 1.5 - Esquema gráfico do perfil dos reservatórios do Sistema Cantareira.



Fonte: Comitê das Bacias Hidrográficas do Piracicaba, Capivari e Jundiaí, s/d. (<http://aguasdobrasil.org/edicao-06/sistema-cantareira.html>).

1.5.16 Estatística multivariada

Neto et al., (2008) afirma que quando se estabelecem relações e inter-relações, se deve encontrar ou propor também com explica-as. Para isso é necessário controlar, manipular e medir as variáveis que são consideradas relevantes ao entendimento dos fenômenos analisados. Esta é a maneira correta de fazer ciência, procurando reduzir a poucas variáveis. Foi assim que se desenvolveu o ramo da estatística que olha as variáveis de maneira isolada (estatística univariada).

De acordo com Ladim (2000), a análise estatística univariada pode resolver problemas que se relacionam com uma única variável para a amostra, já que para valores de diversas variáveis é necessário usar aplicações de técnicas de estatística multivariada. Tal análise estatística de mensurações múltiplas efetuadas sobre uma amostra permite considerar simultaneamente a variabilidade existente nas diversas propriedades envolvidas.

Segundo Gondar (2003), a estatística multivariada é dividida em dois grupos: um sobre as análises de técnicas exploratórias de sinterização, ou simplificação da estrutura de variabilidade dos dados (análise de agrupamento, discriminante, correspondência e correlações canônicas) enquanto que o segundo estuda as inferências estatísticas (estimativas de parâmetros, testes e hipóteses, análises de variância, covariância e regressão multivariada).

1.5.17 Correlações canônicas (CCA)

Segundo Ashley (1996), o objetivo da correlação canônica é determinar uma combinação linear para cada grupo de variáveis (dependentes e independentes) que maximize a correlação entre os dois grupos. Funções adicionais não correlacionadas com o grupo dependente podem ser calculadas, sendo limitadas pelo número de variáveis do menor grupo. A matemática utilizada para o cálculo da função canônica não será descrita neste trabalho. Uma forma de expressar uma correlação canônica pode ser: determine uma combinação linear entre x e y . O cálculo de uma correlação canônica pode ser definido em seis passos para a interpretação de uma correlação canônica. São eles:

1. Especificação dos objetivos da análise: como já demonstrado, a análise canônica trata de uma associação entre dois grupos de variáveis. Ao especificar os objetivos da análise, estes dois grupos devem ser identificados, e vários objetivos podem ser perseguidos, como: determinar se existe alguma correlação entre os grupos, ou, explicar a natureza da relação entre estes grupos, medindo a contribuição de cada variável em cada equação.
2. Desenvolvimento do plano de análise: especificar o tamanho da amostra e forma de obtenção destes dados. O tamanho mínimo recomendado da amostra é de 10 vezes o número de variáveis a serem analisadas.
3. Premissas: testar cada uma das variáveis para linearidade da correlação, normalidade, homocedasticidade, e multicolinearidade.
4. Cálculo do modelo: calcular os autovetores e autovalores, como descrito anteriormente, e os outros resultados, como 'loadings' e 'cross-loadings'.
5. Interpretação dos resultados: testar a significância das relações e de cada um dos índices, como: pesos, 'loadings' e 'cross-loadings'.
6. Validação do modelo: testar o modelo em outra amostra e verificar se o mesmo reage de acordo com o esperado.

A técnica de correlação canônica pode ser muito útil em problemas que possuam mais de uma variável métrica dependente. O uso da correlação canônica pode simplificar o problema e determinar quais variáveis são mais importantes na análise. Desta forma, podemos realizar a análise em duas etapas, primeiro determinando os fatores relevantes, e posteriormente realizando regressões simples entre os mesmos. Pode haver uma significativa

redução de complexidade e conseqüente facilidade na interpretação do problema (ASHLEY, 1996).

Segundo Azevedo, (2000), os objetivos de utilizar as correlações canônicas são analisar a magnitude da relação ente os dois conjuntos de variáveis, geralmente um grupo contém as variáveis dependentes (uso do solo), e outro grupo de variáveis independentes (teores de metais, ou parâmetros do IQA).

1.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, C. A.; ABREU, M. F. e BERTON, R. S. Análise química de solo para metais pesados. In: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. (Ed) Tópicos em Ciência do Solo. Volume 2 - 2002. Viçosa. SBCS, 2002. p. 645 – 692

AB'SÁBER AN. O Reservatório Juqueri, na área de Mairiporã: Estudos básicos para defesa ambiental e ordenação dos espaços evolvntes. *Georg. E Planej.* 1978.32: 1-28p.

ALDO, REBOUÇAS; BENEDITO BRAGA. Águas Doces no Brasil - Capital Ecológico, Uso e Conservação. 2.º Edição Revisada e Ampliada. São Paulo - 2002. Organização e Coordenação Científica: Capítulo 06 - Limnologia de Águas Interiores. Pag 1.

ALLOWAY, B.J; AYRES, D.C. Chemical principles of environmental pollution. 2 ed. CRC. Press, 395p. 1996.

ALVES L. MARIA. EXPANSÃO URBANA E QUALIDADE AMBIENTAL NO LITORAL DE JOÃO PESSOA-PB. Dissertação de Mestrado para obtenção do título de Mestre em Geografia. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal da Paraíba. 2009.

ALVES, J. E. D.; CORRÊA, S. Demografia e ideologia: trajetos históricos e os desafios do Cairo+10. *Revista Brasileira de Estudos de População*, v. 20, n. 2, jul./dez. 2003

AREND, K. SUBSTÂNCIAS HÚMICAS E FORMAS DE COBRE EM SOLOS DE ÁREAS DE VIDEIRA. Tese de Doutorado apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS) 2010. 113p.

ARONOFF, S. *Geographic Information Systems: A Management Perspective*, WDL Publications (1995).

ASHLEY, D.A. 1996. Canonical Correlation Procedure for Spreadsheets, 27th Annual Meeting of Decision Sciences Institute USA.

AZEVEDO F. C., Qualidade da Água e dos Sedimentos do Rio lajeado Pardo No Reservatório de Captação de Água para Abastecimento. Trabalho de Conclusão de Curso

apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Ambiental, da Universidade Federal de Santa Maria. 2012.

AZEVEDO, W. A idade de Mairiporã em números. Mairiporã On line (pagina de internet) 2000. Disponível em [URL:http://www.mairiporã.com.br/cidade/dados.htm](http://www.mairiporã.com.br/cidade/dados.htm)> Acesso:13/02/2000.

BEGHELLI, F. G. S. As relações de organismos bentônicos bioindicadores com a poluição por metais e metaloides em represas do Sistema Cantareira, São Paulo. 2016. 184f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) – Instituto de Ciências e Tecnologia de Sorocaba, UNESP – Univ. Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Sorocaba, 2016.

BELÓ, A. Diagnóstico da Concentração de Metais em Sedimentos. 25f. 2008. TCC (Graduação em Química). Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2008.

BELO, A., QUINÁIA, S., PLETSCH, P. Avaliação da Contaminação de Metais em Sedimentos Superficiais das Praias do Lago de ITAIPU. REVISTA QUIMICA NOVA, Vol. 33, No. 3, 613-617, 2010.

BESER DE DEUS, B. “Conceptual Basis for Time Usage in Gis”. In: Anais do XXII International Cartographic Conference, 2005b. Tempo em Sistemas de Informações Geográficas. Dissertação de Mestrado. IME, 2005.

BESER de DEUS, L. A.; NUNES, R.; ROGÉRIO, J. “Análise Espacial da Criticidade dos Eventos Hidrológicos Extremos no Estado do Rio de Janeiro”. In: Vulnerabilidade dos Recursos Hídricos no Âmbito Regional e Urbano. 1 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2009.
BESER L. A. Ensaio para Estimativa do Custo do Desmatamento em APP para um Cenário Futuro. UFRRJ, 2013.

BORN GCC. Levantamento sobre a população usuária do Reservatorio Paiva Castro e do Canal do Rio Juqueri. São Paulo. Vitae Civilis: 2000.

BRIGANTE, J. & ESPÍNDOLA, E. L. G. Limnologia Fluvial: Um Estudo no Rio Mogi-Guaçu. São Carlos: Editora RiMa. 278p. 2003.

CARVALHO, N. O. Cálculo da Descarga Sólida Total pelo Método de Colby. In: Simpósio Brasileiro de Hidrologia e Recursos Hídricos, 4, 2000, Fortaleza, Anais... Fortaleza: Associação Brasileira de Recursos Hídricos - ABRH, 1981, p. 737-743.

CARVALHO, N. O. Hidrossedimentologia Prática. Rio de Janeiro, CPRM/ ELETROBRÁS. 2013.

CASTRO, L. G.; COGO, N. P.; VOLK, L. B. S. Alterações na rugosidade superficial do solo pelo preparo e pela chuva e sua relação com a erosão hídrica. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.30, p.339-352, 2006.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. Água subterrânea e poços tubulares. 3 ed. São Paulo: CETESB, 2004. 483p. Subsídios para uma política de controle de poluição das águas na Bacia do rio Juqueri. São Paulo. 1982 (Relatório Técnico)

CETESB. Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo - 2007. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. São Paulo: CETESB, 2008. 537 p. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/rios/publicacoes.asp>. Acesso em: 29 fev. 2012.

CHIAPPETTA CHIAPPETTA D, SZELIGA M.E, FERNÁNDEZ A, BREGNI C. Micropartículas de alginato conteniendo paracetamol. *Ars Pharmaceutica*,44:4;333-342, 2003.

CHRISTOFARO, C. Avaliação probabilística de risco ecológico de metais nas águas superficiais da Bacia do Rio das Velhas – MG. 2009. 311f. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, 2009.

CHRISTOFOLETTI, A. Modelagem de Sistemas Ambientais. São Paulo: Edgar Blücher Ltda, 1999.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. Índice de qualidade das águas– IQA. São Paulo: Programa de engenharia civil – COPE, 1976. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Água/rios/indice_iap_iqa.asp>. Acesso em: 6 Dezembro. 2014.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. CETESB. Subsídios para uma política de controle de poluição das águas na sub-bacia do Rio Juqueri. São Paulo; 1982. (relatório técnico)

CONAMA 355/2005. (Pagina internet). Acesso: 12/11/2015 <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>.

COTTA, J. A. de O. Diagnóstico ambiental do solo e sedimento do Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR). Dissertação de Mestrado (Graduação de Química). Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, 130 p. 2003.

DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo, 1966)
EMPLASA – Empresa Metropolitana de Planejamento da Grande São Paulo. Banco de dados sobre o Município da Região Metropolitana de São Paulo. 1999.

EPA, N. VALENTE, O.F. e CASTRO, P.S. Manejo de bacias hidrográficas. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 7, n. 80, p. 40-45, mar. 1987.

FÖRSTNER, O.; WITTMANN, G. T. H. Metal pollution in the aquatic environment. Springer-Verlag, 1983.

FÖRSTNER, V.; MÜLLER, G. Schwermetalle in Flüssen und seen. Berlin: Springer – Verlag, 1974. 225p.

FORTIER, A.H. Contaminação por metais e elementos-traços. In: FERRAZ, E.S.B.; MARTINELLI, L.A. ; VICTÓRIA, R.L., coord. Coletânea do “Notícias Pira Cena”: a bacia do rio Piracicaba. Piracicaba: C.N. Editoria, 2001. p.123-127

FOSTER, S., HIRATA, R. Determinação do risco de contaminação das águas subterrâneas: um método baseado em dados existentes. São Paulo: Instituto Geológico, 2003. 92p.

FREITAS, F. R. S. Eutrofização do Reservatório Cruzeta na Bacia Representativa do Rio Seridó-RN. Dissertação de Mestrado UFRN. 80p.Natal/RN 2008.

GALETTI, P. A., Conservação do solo; Reflorestamento; clima. 2. Ed. Campinas, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1993.

GIATTI, L. Reservatório Paiva Castro – Mairiporã – SP Avaliação da Qualidade da Água Sobre Alguns Parâmetros Físicos, Químicos e Biológicos. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. 2004.

GIATTI, L. Reservatório Paiva Castro – Mairiporã – SP Avaliação da Qualidade da Água Sobre Alguns Parâmetros Físicos, Químicos e Biológicos. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. 2000.

GONDAR, J.E. Metodología de la investigación estadística con SPSS. Madrid: Data Mining Institute. 2003.

GUEDES, C. D. Avaliação da presença do inseticida metamidófico em águas superficiais da região de Sorocaba, São Paulo: uma proposta de metodologia analítica. 2011. 122f. Dissertação (Mestre em Saúde Pública) – Universidade de São Paulo. 2011.

HADDAD, E. Influências antrópica na qualidade da água da bacia hidrográfica do rio São Miguel, Carste do alto São Francisco, Minas Gerais. 2007. 156 f. Dissertação (Mestrado em Geografia)- Programa de pós-graduação em geografia, Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Belo Horizonte, 2007.

HENRY, R. 1999. Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais. Botucatu: FAPESP, FUNDIBIO.

HENRY, R. et al., (1995). The Jurumirim reservoir: In: Henry, R & Senna, P. C. A.(Eds.). Mid-Congress Excursions. XXVI SIL Congress (São Paulo, Brazil), p. 13-33.

HENRY-SILVA, G.G., CAMARGO, A.F.M. 2000. Impacto do lançamento de efluentes urbanos sobre alguns ecossistemas aquáticos do município de Rio Claro (SP). Revista Ciências Biológicas e do Ambiente. 2(3):317-330.

HOEFEL, J.L. & VIANNA, R.M. Impactos de Barragens e Transformação Regional: considerações sobre a implantação dos reservatórios do Sistema Cantareira na Região Bragançana. Gestão e Desenvolvimento. Bragança Paulista, v 1, n 1, 87-102, 1996.

HOROWITZ, A.J. A primer on sediment trace element chemistry. 2 edição. Chelsea, Lewis, 1991. 136p.

IBGE. Produto interno bruto. Dados disponíveis em Novembro de 2014. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=355030&search=sao-paulo|sao-paulo>. Acesso em 01.05.2017.

KRONKA, F. Inventário florestal do Estado de São Paulo. São Paulo: Instituto Florestal, 1974.

LADIM, B. Análise estatística de dados geológicos multivariados. DGA, IGGE, UNESP/Rio Claro. Laboratório. Geomatemática. Texto Didático 03,96p. 2000.

LÉMECHEV, T. On hydrological heterogeneity catchment morphology and catchment response. *Journal of Hydrology*, v.100, p.357- 375, 1982. Apud Mateo, J. *Geocologia de los Paisajes*. Monografía Universidad Central de Caracas. 1991.

LINSLEY, R. K. Jr. & FRANZINI, S. B. *Engenharia de Recursos Hídricos*. Tradução e adaptação de Luiz Américo Pastorino. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1997.

LOPES, L. F. D. *Análise de componentes principais à confiabilidade de sistemas complexos*. 2001. Tese (Doutorado Engenharia de Produção) – Universidade Federal Santa Catarina, 2001.

MACHADO, P. A. L. *Direito Ambiental Brasileiro*. 9 ed. SP, Malheiros, 2001, p. 697.

MACHADO, S.L.O. et al., Determinação do consumo de água em cinco sistemas de cultivo do arroz irrigado. In: Congresso da Cadeia Produtiva de Arroz; Reunião Nacional De Pesquisa De Arroz, 7., 2002, Florianópolis, SC. Anais... Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2002. p.336-339.

MALLIK, A. U. Soil respiration following site preparation treatments in boreal mixedwood forest. *Forest Ecology and Management*, v. 97, n. 3, p. 265-275, 1999.

MANZATTO, A. (2008) Identificação de conflito no uso da terra em uma microbacia hidrográfica. *diamante*. v.28, n. 2 p.10 Março 2008. Congreso internación de Cuencas Hidrograficas.

MATEO, J. *Apuntes de Geografía de Los Paisajes*. La Habana: Universitaria, 1984. 194p.

MOREIRA, W.S. Condições sanitárias del água em Granjas Lecheras em un Município em Brasil. *Boletim Oficina Sanitaria Panamericana*.v.75,n5.p.450, 2006.

NETO, I. A. S. O.; TEIXEIRA, L. A.; SILVA, J. T. M. (2008) "A imagem de Belo Horizonte: um estudo para sua identificação por meio da técnica de configuração de imagem de produto". *Observatório de Inovação do Turismo - Revista Acadêmica*, v. III, n. 2, Junho

OMETO, J. P. H. B. et al., Effects of land use on water chemistry and macroinvertebrates in two streams of the Piracicaba river basin, south-east Brazil. *Freshwater Biology*, v.44, NUMERO, p.327-337, 2000.

PEREIRA, C. D. QUINÁIA, S. P. Estudo do coeficiente de distribuição do Cr em águas naturais. *Ambiência*, Guarapuava, v. 3, n. 1, p. 27-37, 2007 .

PEREIRA, R.M., ÁVILA, C.A., MENDES, J.C., NEUMANN, R., CASTRO, C.C. 2007. Granito Desembarque: exemplo de corpo a metais raros (Nb, Zr, Hf) e estanho no Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Geociências*.

PEREIRA, S. R. F. *Metais pesados nas sub-bacias hidrográficas de Poconé e Alta Floresta*. Rio de Janeiro. 2009

PÉREZ-ORTEGA, D. J. Avaliação dos efeitos das atividades antrópicas na bacia hidrográfica do Córrego do Ipê, município de Ilha Solteira-SP. 2011. 151 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São Paulo, 2011.

PIRES, A. São os cemitérios a melhor solução para a destinação dos mortos?. In: ENCONTRO NACIONAL DA ANPPAS, 4., 2008, Brasília. Anais. Brasília : [s.n.], 2008.

PIRES, J.S.R. & SANTOS, J.E. Bacias Hidrográficas - Integração entre meio ambiente e desenvolvimento. CIÊNCIA HOJE, Rio de Janeiro, v. 19, n. 110, p. 40-45, 2005.

PIVELI. RP. Qualidade das águas. São Paulo; 1998 [Apostila da disciplina Qualidade Ambiental do departamento de Saúde Ambiental da Faculdade de Saúde Pública - USP]

PLANO DA BACIA DO ALTO TIETÊ. Relatório Final. Versão 2.0. Setembro de 2006. Disponível em: <http://www.comiteat.sp.gov.br/pdf/plano_bacia/Sumario_Executivo_digital.pdf>. Acesso em 06.05.2015.

PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO DE MAIRIPORÃ. Volume I. Plano Municipal dos Sistemas de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário. NOVENBRO, 2013.

POLETO, C. Fontes potenciais e qualidade dos sedimentos fluviais em suspensão em ambiente urbano. Porto Alegre. 2005. 137f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2005.

POLETO, C.; MERTEN, G. H. (Org.) Qualidade dos sedimentos. Porto Alegre: ABRH, 2006. 397p.

REBOUÇAS, A. C. *Água Doce no Mundo e no Brasil*. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Org.) *Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação*. 2. ed. São Paulo, Escrituras Editora, 703p. 2002.

RICHTER, B. D. (2004). How much water does a river need. *Freshwater Biology*. 37:231-249.

ROCHA, A. Análise Morfométrica da Bacia do Rio Vieira, Montes Claros – MG. In: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 25-29 abr. 2014, João Pessoa. Anais... São José dos Campos: INPE. p. 6595-6601. Disponível em: Acesso em junho de 2015.

ROCHA, O.; PIRES, J. S. R.; SANTOS, J. E. A bacia hidrográfica como unidade de estudo e planejamento. In: ESPÍNDOLA, E. L. G.; SILVA, J. S.V.; MARINELLI, C. E.; ABDON, M. M. A bacia hidrográfica do rio Monjolinho: uma abordagem ecossistêmica e a visão interdisciplinar. 1. ed. São Carlos: Rima, 2000. p. 1-16.

SAMPAIO, F.J.M. Responsabilidade Civil e reparação de danos ao meio ambiente. Rio de Janeiro, Renovar, 2003, p.293.

SANCHEZ VICENS, R. (1997): “O transporte de sedimentos em suspensão como parte da análise ambiental da bacia hidrográfica do rio Mazomba”, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Tese de Mestrado, 117 p.

SANCHEZ, R.; MATEO, J.; ALFONSO, A. Funcionamiento geocológico de los paisajes de la Ciénaga de Zapata. Ciénaga de Zapata. In A. Alfonso, & M. Gutierrez (Ed.), *Memorias del Segundo Simposio Internacional “Humedales 94”* (p. 200). La Habana: Editorial Academia, 1997.

SANTOS, DIAS, SILVA E MACEDO, Análise Hidrológica e Socioambiental da Bacia Hidrográfica do Córrego Romão dos Reis, Viçosa-MG. Revista Sociedade de Investigações Florestais. 2004. v.31, n.5, p.931-940

TEIXEIRA, A. J. A. Classificação de bacias de drenagem com o suporte do Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento – O caso da Baía de Guanabara. 2003. 156 f. Revista Brasileira de Ciências Ambientais – Número 32 - Junho de 2014 64 ISSN Impresso 1808-4524 / ISSN Eletrônico: 2176-9478 Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2003.

TEIXEIRA, M.G., BARRETO, M.L., COSTA, M.C.N., FERREIRA, L.D.A. E VASCONCELOS, P. (2003). Dinâmica de circulação do vírus do dengue em uma área metropolitana do Brasil. Epidemiologia e Serviços de saúde de Brasília, DF., 12(2), 87-97.

TORTORA, G.; FUNKE, B.; CASE, C.; *Microbiology: An Introduction*, 5th ed., Addison Wesley Longman: San Francisco, 2006.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. Limnologia. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 631p.

TUNDISI, J. G.; SCHEUENSTUHL, M. (Ed.) Bridging water research and management: new perspectives for the Americas. IIE, IIBRH, Ianas, Brazilian Academy of Sciences, IAP, 2008.

VICENS, R. S. O transporte de sedimentos em suspensão como parte da análise ambiental da bacia hidrográfica do rio Mazomba. 1998. 117f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1998.

CAPÍTULO 2

AVALIAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA DO RIO JUQUERI E DO RESERVATÓRIO PAIVA CASTRO DE ACORDO COM A RESOLUÇÃO CONAMA Nº 357/2005 POR MEIO DO ÍNDICE DA QUALIDADE DE ÁGUA (IQA).

RESUMO

O Índice de Qualidade da Água (IQA) é uma ferramenta importantíssima para determinar a qualidade de um corpo hídrico. O objetivo desta pesquisa foi avaliar e classificar os recursos hídricos da Bacia do rio Juqueri e do reservatório Paiva Castro de acordo com a resolução CONAMA nº 357/2005 por meio do IQA. Foram selecionados 3 pontos na Bacia, um ponto na montante, na entrada da água no rio Juqueri, outro na metade da bacia no canal e por último na jusante na saída da água localizado dentro do reservatório Paiva castro. Foram coletadas amostras no mês de julho que representaram os meses de estiagem, e de dezembro que representaram o período de chuva. Se realizaram 4 coletas, sendo uma por semana. Referente ao IQA da bacia, o valor obtido para o mês de julho foi de 48,56, e de dezembro foi de 50, onde a média geral classificou a bacia como *Regular*, evidenciando uma urgência de gerenciamento na bacia para melhorar estes valores. Foi determinada uma variabilidade em alguns parâmetros que fazem parte do IQA, onde o OD e a DBO foram os parâmetros com mais valores fora dos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005, e valores dos parâmetros de N e P que no período de estiagem estavam fora, passaram a estar dentro dos padrões da resolução CONAMA na época de chuvas, mostrando uma dinâmica dos nos valores dos parâmetros nestes dois períodos no ano. Os maiores valores registrados referentes ao IQA se deram no mês de dezembro. Os piores valores se deram no P2 o qual fica localizado muito próximo da área urbana. Este ponto mostrou altas concentrações de coliformes provenientes do esgoto não tratado. Por ultimo identificou-se que o reservatório Paiva Castro obteve bons resultados referente ao IQA a nível geral, demonstrando a eficiência dos seus recursos hídricos, reconhecendo a existência de uma autodepuração hídrica.

Palavras chave: Contaminação, parâmetro, autodepuração, variabilidade.

2.1 INTRODUÇÃO

A Bacia do rio Juqueri tornou-se muito importante devido à construção de reservatório Paiva Castro e da estrada Fernão Dias. Esta maior parte da bacia está contida no município de Mairiporã, porém outros municípios como: Atibaia, Nazaré Paulista, Guarulhos, Caieiras e Franco da Rocha, fazem parte desta. Onde 80,1% da área total situam-se dentro da área preservada pela lei de Proteção aos Mananciais (EMPLASA, 2000).

O perímetro urbano do município de Mairiporã cresceu muito devido ao crescimento demográfico da cidade de Mairiporã onde atualmente conta com 80.956 habitantes (IBGE, 2016).

Este fenômeno acompanhado do incremento no número de projetos de investimento e construção de prédios e moradias vem acrescentando a pressão ambiental na bacia e diminuindo as áreas de proteção de mananciais. Já que este crescimento econômico geralmente acarreta um uso do solo indevido que degrada os recursos hídricos.

A água é uma substância indicadora dos resultados da manipulação do uso do solo, pois a qualidade dos corpos hídricos está relacionada às atividades antrópicas exercidas dentro da bacia (PÈREZ-ORTEGA, 2011).

Os recursos hídricos são muito suscetíveis aos impactos pelas atividades antrópicas, por isso a importância da avaliação, classificação e monitoramento dos recursos hídricos da bacia e do reservatório mediante o índice da qualidade da água que fornece informações importantes sobre a poluição e seus impactos, sendo necessário conhecer estes, para posteriormente conhecer a degradação nos ecossistemas aquáticos.

O conhecer a qualidade da água da Bacia e do reservatório Paiva Castro, provê a importância de classificar os seus recursos hídricos.

Obtendo os valores do IQA, identifica-se, se os recursos hídricos estão fora ou dentro dos padrões de referência da Resolução CONAMA N° 357/2005, que indicam se de fato as águas superficiais da bacia, têm a qualidade excelente de potabilidade para sua distribuição à população da RMSP.

Sendo assim, precisa-se gerar uma necessidade na gestão dos recursos hídricos da bacia a futuro em função de fatores políticos, económicos, sociais e tecnológicos para o controle da poluição e contaminação ambiental dos recursos hídricos da Bacia e do reservatório Paiva Castro.

2.2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.2.1 Caracterização da Área de Estudo

2.2.1.1 Localização da Bacia do Juqueri no município de Mairiporã-SP

A localização geográfica da Bacia do rio Juqueri se encontra na latitude S 23°21'25" e longitude W 45°52'40". Contendo a Maioria da sua área no município de Mairiporã. Além possui partes dos municípios como: Atibaia, Nazaré Paulista, Guarulhos, Caieiras e Franco da Rocha (EMPLASA, 2000).

A área da Bacia do rio Juqueri é de 307,0 km² dos quais 114 km² representam a área urbana, sendo que 80,1% do total situam-se dentro da área da lei de Proteção aos Mananciais (EMPLASA, 2000) (Figura 2.1).

2.2.1.2 Condições climáticas

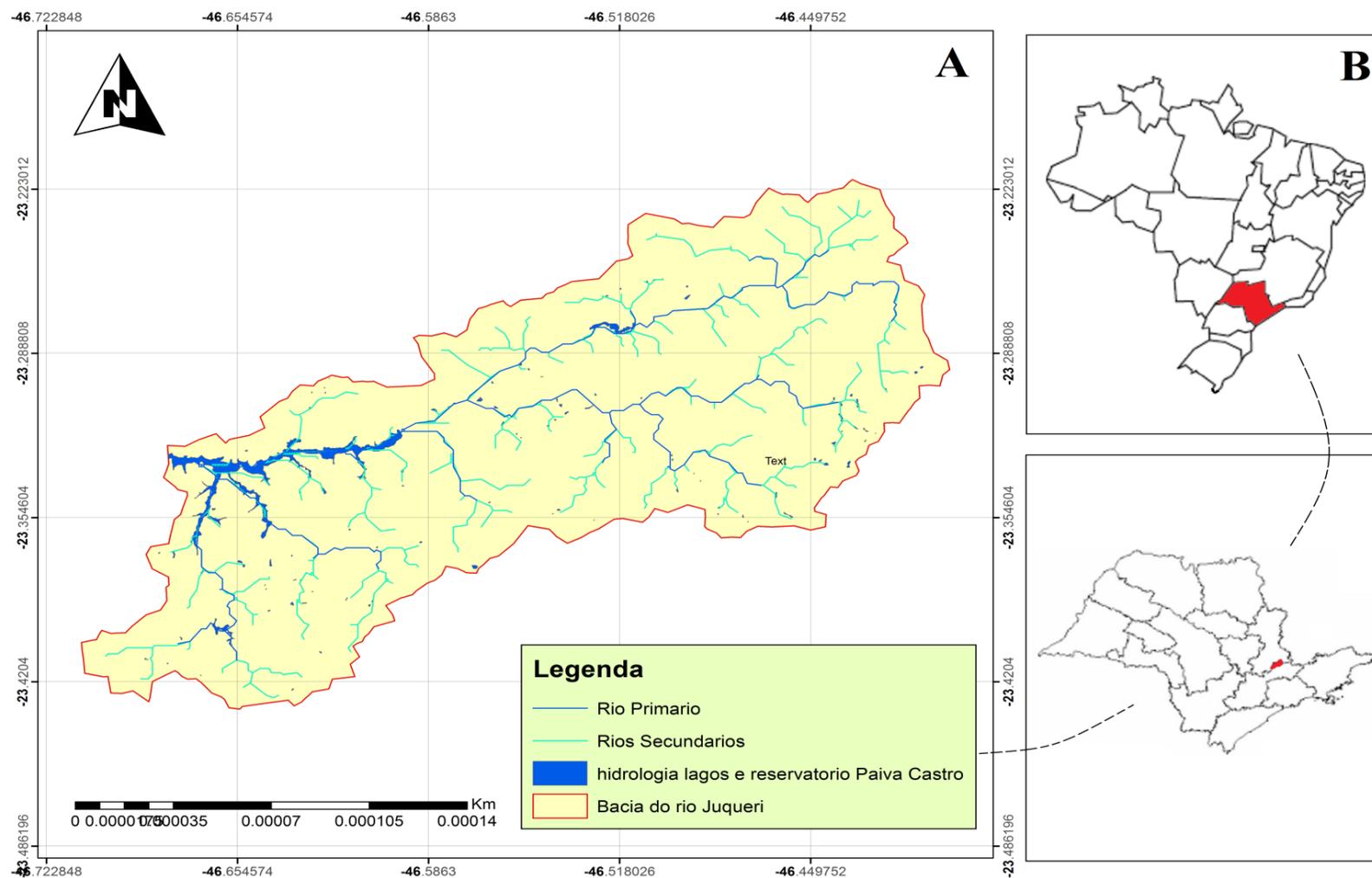
A caracterização climática dos Parques Estaduais Cantareira e Alberto Löfgren, onde se encontra inserida a Bacia do rio Juqueri, foi realizada em conjunto tendo em vista a localização contígua das duas unidades de conservação. Esta caracterização foi desenvolvida com base nas orientações propostas por Monteiro (2000).

A média de pluviosidade dos Parques Estaduais da Cantareira e Alberto Löfgren apresenta, numa primeira aproximação, as isolinhas das precipitações nos Parques e seus entornos variando entre 1550 e 1750 mm, com os maiores índices médios de chuva nos Núcleos do Engordador e Cabuçu.

A evapotranspiração potencial, ou seja, a evaporação da água pelo solo e transpiração pela cobertura florestal, aliada a outros fatores como a altitude elevada, a direção e velocidade dos ventos, contribuem para a elevação dessa pluviosidade.

Já na parte oeste, nos bairros de Perus e Anhanguera, bem como na parte leste, nos bairros de Vila Jacuí, Ponte Rasa e Itaquera, a pluviosidade possui valores médios bem menores, entre 1150 a 1250 mm (SILVA, 2000).

Figura 2.1 - Localização da Bacia do rio Juqueri (a) no Brasil e no Estado (b).

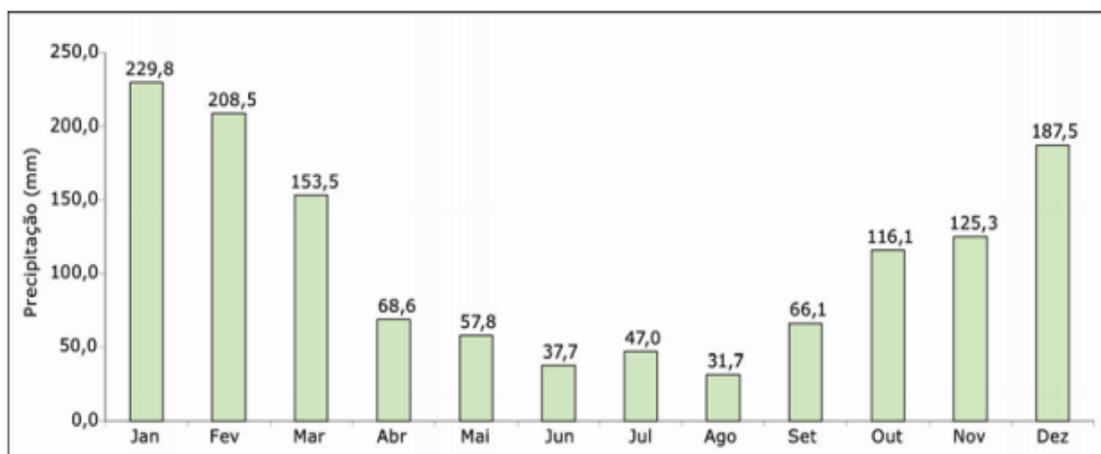


Fonte: Autoria própria.

A análise dos dados sistematizados da estação meteorológica instalada no Instituto Florestal (Latitude 23°45'S - Longitude 46°36' W - Altitude 775m), referente a uma série de 1992 a 2007, indica uma precipitação média de 1322 mm por ano.

As médias mensais mostram que janeiro é o mês mais chuvoso, com 229,8 mm, e agosto é o mês menos chuvoso, com 31,7 mm (Figura 2.2).

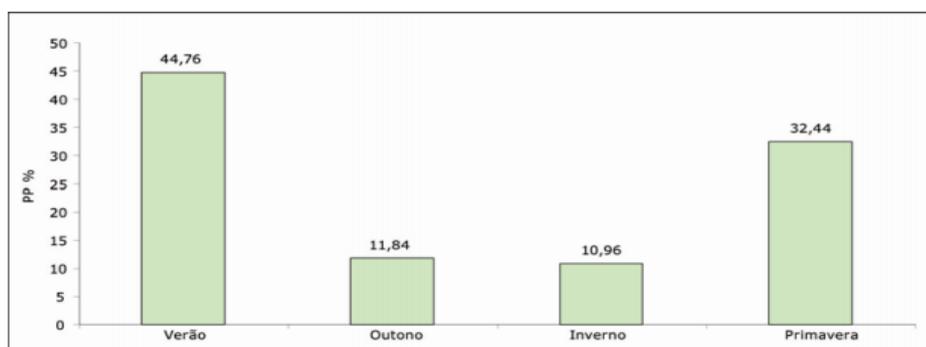
Figura 2.2 - Precipitação média mensal para o município de Mairiporã 1992-2007



Fonte: Prefeitura Municipal de Mairiporã, e SABESP (2007).

A variação das precipitações indica sazonalidade bem definida para a região, com um 77,20% do total da precipitação ocorrendo nos meses que compreendem as estações de primavera e verão (Figura 2.3).

Figura 2.3 - Porcentagens da distribuição média sazonal das precipitações para o Município de Mairiporã 1992-2007

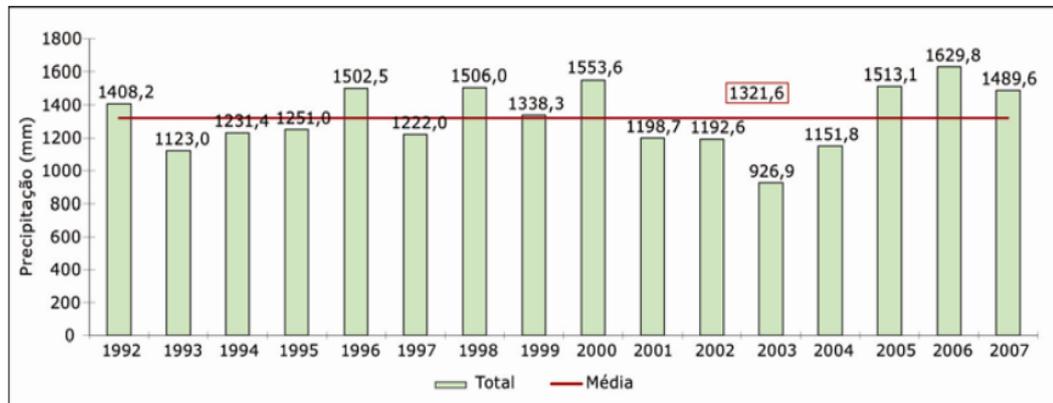


Fonte: Prefeitura Municipal de Mairiporã, e SABESP (2007).

A Figura 2.4 apresenta os totais anuais de precipitação para a estação meteorológica do PEAL.

Para a série histórica analisada, o ano de 2003 foi considerado o menos chuvoso, com um total de 926,9 mm. Este valor está cerca de 30% abaixo da média para o período, que é de 1.321,6 mm. O ano com o total de precipitação mais elevado é o de 2006, com 1.629,8 mm, o que representa 23,31% acima da média para o período.

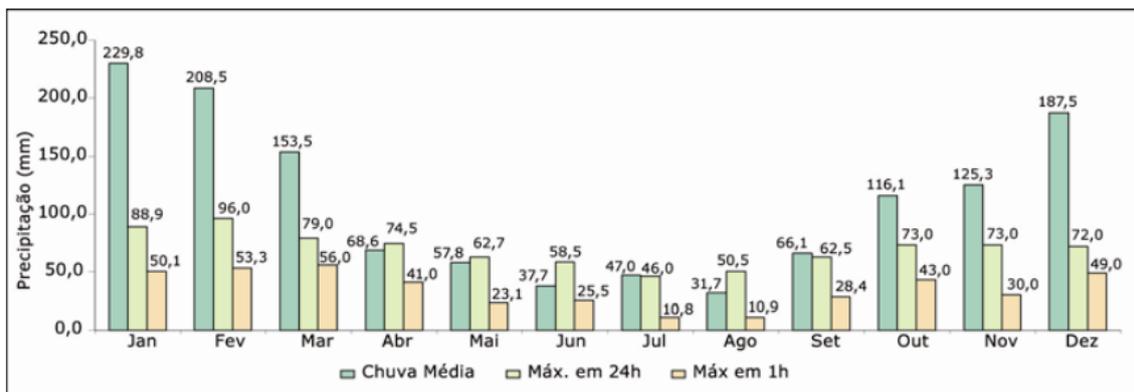
Figura 2.4 - Precipitação total anual (mm), para o município de Mairiporã 1992-2007.



Fonte: Prefeitura municipal de Mairiporã, e SABESP (2007)

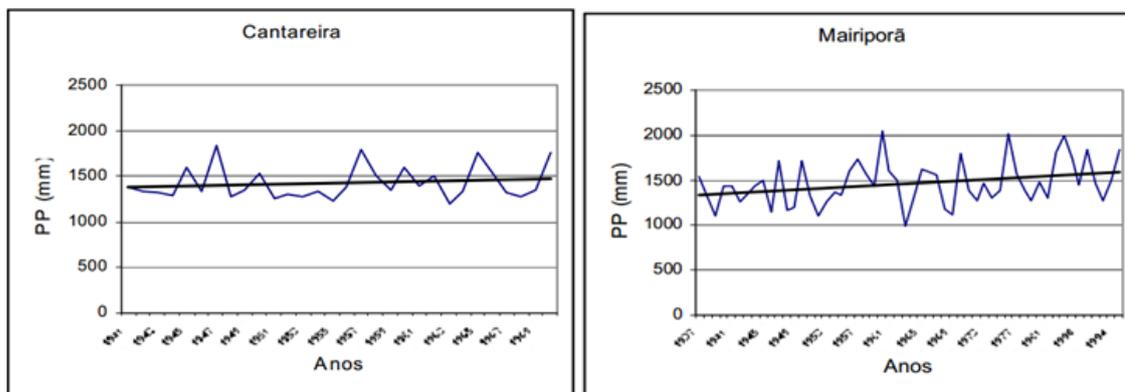
Para a precipitação máxima em 24 horas, o valor mais elevado ocorreu em 26 de fevereiro de 1999, com 96 mm. As Figuras 2.5 e 2.6 evidenciam que os meses com as maiores médias mensais de precipitação, nessa série, são janeiro, fevereiro, dezembro, novembro e março, os quais também possuem as maiores máximas em 24 horas.

Figura 2.5 - Precipitação média mensal, precipitação máxima em 24 horas e precipitação máxima em 1 hora para o município de Mairiporã 1992-2007.



Fonte: Prefeitura municipal de Mairiporã e SABESP (2007).

Figura 2.6 - Distribuição da precipitação no Sistema Cantareira e no município de Mairiporã com seus respectivos períodos de observação anual e linha de tendência.



Fonte: Prefeitura municipal de Mairiporã e SABESP (2007).

2.2.2 Amostragem de águas superficiais

Este monitoramento forneceu informações sobre a qualidade natural das águas superficiais, subsidiando o estabelecimento dos valores de referência para o reservatório Paiva Castro. Geralmente, se faz a primeira amostragem de águas nas nascentes dos rios, para assim obter uma linha-base sobre a pureza da água a estudar, posteriormente se realizam as análises nos pontos meios da bacia para identificar as modificações temporais e no final da bacia na jusante, para conhecer os níveis de poluição que chegam a ser depositados nos recursos hídricos da bacia

2.2.3 Pontos de amostragem

Estes foram escolhidos pelas seguintes condições.

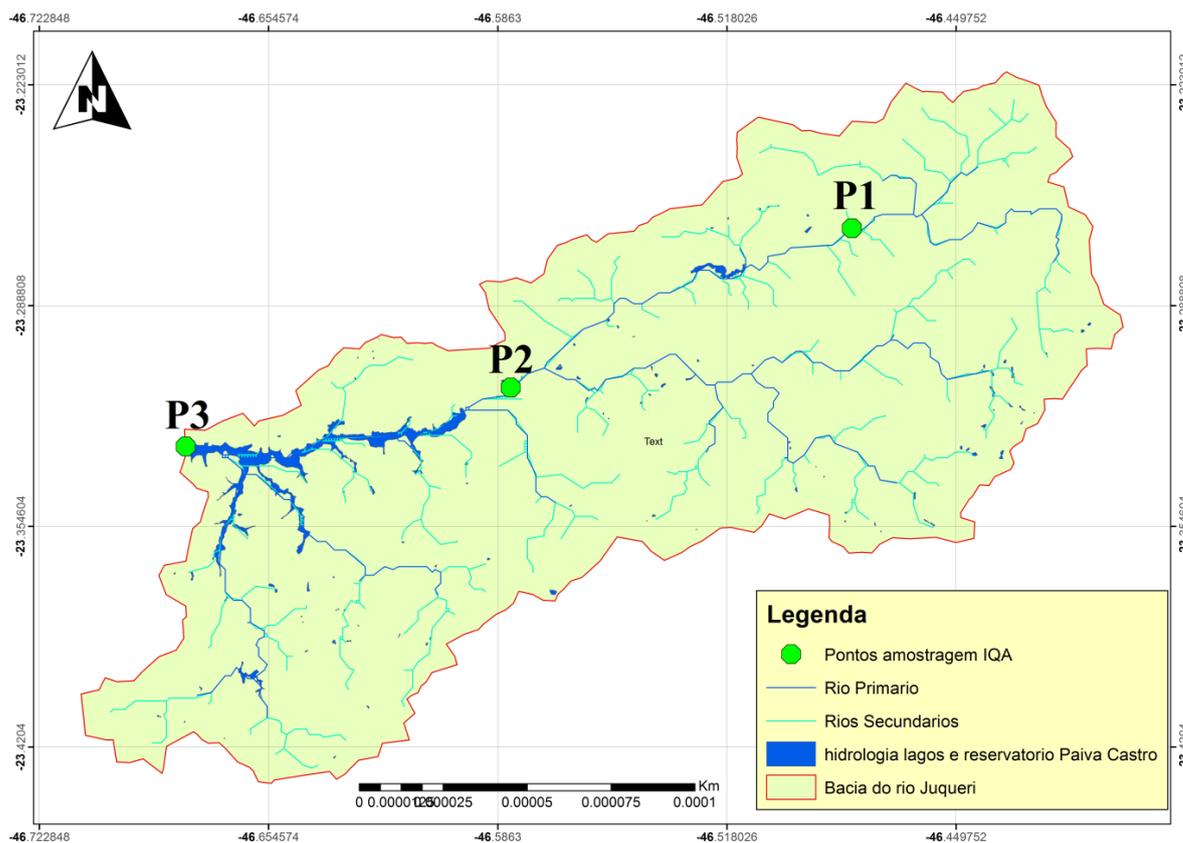
- A facilidade para o acesso com os equipamentos (turbidímetro, oxímetro, pH e termômetro) para fazer as respectivas leituras.
- Para caracterizar a qualidade da água que entra da Bacia do rio Juqueri dos reservatórios: Jaguari e Jacaré, Cachoeira e Atibainha. No ponto meio: perto da estação de tratamento de esgoto da SABESP, do centro urbano do município de Mairiporã e no reservatório Paiva Castro.
- As amostras foram tomadas no período da manhã às 08:00 nas datas de 1,9,16 e 30 de julho de 2015 e 2,9,16 e 21 de dezembro de 2015 (Tabela 2.1) (Figura 2.7).

Tabela 2.1 - Coordenadas dos pontos de amostragem par o IQA.

Coordenadas	Águas Superficiais		
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto3
Latitude	23°15'54.51"S	23°18'53.59"S	23°19'51.93"S
Longitude	46°28'51.77"W	46°35'0.77"W	46°40'40.22"W

Fonte: Autoria própria.

Figura 2.7 - Pontos de amostragem Bacia do rio Juqueri.



Fonte: Autoria própria.

2.2.4 Variáveis escolhidas para monitoramento de águas superficiais (IQA):

- Parâmetros físicos: Turbidez (NTU), e Temperatura (°C);
- Parâmetros químicos: pH, Nitrogênio Total (mg l^{-1}), Fósforo Total (mg l^{-1}), Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO (mg l^{-1}), Oxigênio Dissolvido – OD (mg l^{-1}), Sólidos Totais (mg l^{-1});
- Parâmetros biológicos: Coliformes termotolerantes (NMP l^{-1}).

2.2.4.1 Seleção de parâmetros e metodologias analíticas para águas superficiais

Para realizar as análises laboratoriais e determinar a qualidade da água superficial, foi utilizado o Standard Methods for Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WPCF (1995) e, também o método espectrofotométrico. O descritivo das análises laboratoriais da água coletada foi agrupado na Tabela 2.2.

Tabela 2.2 - Síntese dos métodos e equipamentos empregados para análises Físicas- Químicas e Microbiológicas e Limites de Detecção. Variáveis para serem analisadas nas amostras da bacia do Juqueri.

Variável	Método	Limite de Detecção	Equipamentos e Materiais
Turbidez (NTU)	Nefelométrico	0,01	Turbidímetro/Hach/2100ANv1.2
Cor (uH)	Espectrofotométrico	1	Espectrofotômetro Odyssey/Hach/DR-2500
Temperatura da água (°C)	Eletrométrico	0,1	pHmetro de membrana/Hanna/ HI8314
pH	Eletrométrico	0,01	pHmetro de membrana/Hanna/ HI8314
Nitrogênio Total (mg l ⁻¹ N)	Digestão por Persulfato e Espectrofotométrico	0,1	1. COD Reactor/ Hach 2. Espectrofotômetro Odyssey/Hach/DR-2500
Fósforo Total (mg l ⁻¹ P)	PhosVer 3, Digestão por Ácido Persulfato e Espectrofotométrico	0,01	1. COD Reactor/ Hach 2. Espectrofotômetro Odyssey/Hach/DR-2500
OD (mg l ⁻¹)	Método de Winkler Modificado	0,1	Oxímetro
DBO	Método das Diluições, Incubado a 20°C, 5 dias	0,1	Oxímetro
Sólidos Totais	Gravimétrico	1,0	1. Cápsula de Porcelana 3. Balança eletrônica de precisão de 0,1 µg/Bel Mark/ U210A 3. Estufa/Marconi/MA033/ temp.120°C 4. Dissecador/Pyrex/200mm
Coliformes termotolerantes (NMP l ⁻¹)	Contagem de <i>Escherichia Coli</i>	1,0	1. Metodo colilert. Teste simples de 24 horas para coliformes totais e E. coli

Fonte: Adaptado de Poletto (2002).

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1 Avaliação dos recursos hídricos da bacia Juqueri mediante o IQA

2.3.1.1 Oxigênio dissolvido

Na Bacia do rio Juqueri, foram encontrados valores do OD nas amostras da primeira semana de julho nos três pontos superiores a 9 mg l^{-1} , estes valores mostraram uma boa qualidade na estrada da água nesse período da coleta.

É interessante ver como no mesmo mês de julho nas datas 9, 16 e 30, os valores diminuem em todos os pontos, demonstrando poluição por esgoto com matéria orgânica.

Geralmente as águas poluídas por esgotos apresentam baixa concentração de oxigênio dissolvido, pois o mesmo é consumido nos processos de decomposição da matéria orgânica (ANA, 2011) (Tabela 2.3).

As médias para cada ponto foram: para o P1, um valor de $6,63 \text{ mg l}^{-1}$, para o P2 foi de $6,24 \text{ mg l}^{-1}$ e para o P3 foi de $6,38 \text{ mg l}^{-1}$, mostrando valores muito parecidos no transcurso da Bacia do rio Juqueri. Denota-se que os menores valores foram encontrados no P2, isso implica que existe uma influência antrópica direta no OD pela área urbana pelo esgoto.

Tabela 2.3 - Valores obtidos do IQA da água da Bacia do rio Juqueri 2015

Parâmetro	Datas Julho	P1	P2	P3	Datas Dez	P1	P2	P3
OD (mg l^{-1})	1/2015	9,34	9,35	9,37	2/2015	5,82	5,66	5,15
	9/2015	6,54	5,34	6,18	9/2015	5,38	5,52	6,03
	16/2015	5,16	5,32	5,61	16/2015	3,71	4,01	4,28
	30/2015	5,48	4,98	4,36	21/2015	4,65	4,03	4,23
	Média	6,63	6,24	6,38	Média	4,89	4,805	4,92
Temp, ($^{\circ}\text{C}$)	1/2015	24	25	24,7	2/2015	24,2	24,4	24,7
	9/2015	22	18,4	18,6	9/2015	24,7	26,9	27,7
	16/2015	18,2	18,7	19	16/2015	25,7	26,6	27
	30/2015	16,6	18	20,5	21/2015	27,3	27,8	31,3
	Média	20,2	20,02	20,7	Média	25,47	26,42	27,67
Colf. (NMP 100 ml^{-1})	1/2015	101	142	41	2/2015	460	40	70
	9/2015	243	108,6	10,6	9/2015	3256,5	586,5	178
	16/2015	99	152	41	16/2015	562	3837	89
	30/2015	52	2081,1	315	21/2015	269	5061	410
	Média	123,7	620,9	101,9	Média	1136,87	2381,12	186,75

Continuação página seguinte

Tabela 2.3 - Valores obtidos do IQA da água da Bacia do rio Juqueri 2015

Parâmetro.	Datas Julho	P1	P2	P3	Datas Dez	P1	P2	P3
pH	1/2015	5,62	6,24	5,64	2/2015	6,6	5,98	5,61
	9/2015	5,62	5,62	6,18	9/2015	6,74	6,56	6,93
	16/2015	6,05	6,02	8,16	16/2015	7	6,21	6,61
	30/2015	8,69	8,07	8,26	21/2015	6,47	5,88	6,32
	Média	6,495	6,48	7,06	Média	6,70	6,15	6,36
DBO (mg l ⁻¹)	1/2015	3,32	3,12	2,67	2/2015	5,02	3,97	6,08
	9/2015	1,58	1,33	0,11	9/2015	5,65	2,72	5,78
	16/2015	3,32	3,12	5,06	16/2015	5,96	3,48	5,86
	30/2015	4,9	3,98	2,7	21/2015	4,73	3,21	5,43
	Média	3,28	2,88	2,63	Média	5,34	3,34	5,78
NT (mg l ⁻¹)	1/2015	1	1,4	0,7	2/2015	0,4	0,2	0,6
	9/2015	4,6	14,4	2,3	9/2015	1,3	0,8	0,8
	16/2015	0,6	4,3	1,5	16/2015	0,2	0,8	0,1
	30/2015	0,2	0,4	0,9	21/2015	0,4	0,8	0,8
	Média	1,6	5,12	1,35	Média	0,57	0,65	0,57
P (mg l ⁻¹)	1/2015	0,06	0,37	0,09	2/2015	0,05	0,07	0,08
	9/2015	0,07	0,52	0,32	9/2015	0,05	0,06	0,06
	16/2015	3,46	4,49	0,12	16/2015	0,06	0,07	0,06
	30/2015	0,52	0,38	0,11	21/2015	0,05	0,07	0,15
	Média	1,027	1,44	0,16	Média	0,05	0,067	0,087
Turb, (UNT)	1/2015	1,27	2,56	1,71	2/2015	1,94	2,8	1,64
	9/2015	1,61	3,13	3,9	9/2015	4,34	8,7	3,62
	16/2015	1,61	4,18	4,9	16/2015	7,96	11	4,4
	30/2015	4,78	4,14	5,63	21/2015	7,23	11,2	5,04
	Média	2,31	3,50	4,03	Média	5,36	8,42	3,67
ST (mg l ⁻¹)	1/2015	74	69	59	2/2015	113,7	232	76
	9/2015	51	77	69	9/2015	97	88	64
	16/2015	94	79	46	16/2015	91,3	102	81
	30/2015	62	45	53	21/2015	83,8	142	96
	Média	70,25	67,5	56,75	Média	96,45	141	79,25
IQA	1/2015	52	55	52	2/2015	56	52	50
	9/2015	51	45	51	9/2015	55	54	56
	16/2015	39	38	54	16/2015	49	47	51
	30/2015	46	50	51	21/2015	50	46	49
	Média	45,7	47,7	52,3	Média	51,7	48,3	50

Fonte: Autoria própria.

A Figura 2.8 indica uma diminuição decrescente dos valores de oxigênio dissolvido no transcurso do mês de julho, o que pode ser decorrência da baixa quantidade de água pelo período prolongado de estiagem, fator que poderia ter alterado os teores de OD.

Uma explicação dessa variação nos teores de OD foi dada por Palma-Silva (2009) que afirma que a quantidade de oxigênio dissolvido presente no meio aquático, está sujeita às

variações diárias e sazonais em função da temperatura, da atividade fotossintética, da turbulência da água e da vazão do rio. Isto sim contar com a influência antrópica.

Bueno et al., (2005), concluem que, a partir de análise decorrente de um monitoramento de variáveis de qualidade da água do Horto Ouro Verde – SP, organismos de respiração aeróbica utilizavam materiais orgânicos como fonte de alimento, oxidando-os na respiração a fim de liberar energia neles contida, consumindo, assim, o oxigênio dissolvido.

Poderia se afirmar que na Baía do rio Juqueri se identificaram no mês de dezembro valores de OD baixos, a partir da terceira e quarta semana de amostragem pois as médias foram no P1 de 4,89 mg l⁻¹, no P2 de 4,80 mg l⁻¹ e no P3 de 4,92 mg l⁻¹.

Isto indica que novamente uma liberação maior neste mês de materiais orgânicos provenientes dos esgotos nos recursos hídricos como o confirma (BUENO; GALBIATTI; BORGES, 2005).

Os anteriores autores realizaram uma comparação entre os pontos de coleta em áreas de mata nativa, onde se obtiveram os maiores valores médios de OD e, nas áreas de eucalipto.

Onde os maiores valores médios de matéria orgânica, tendo em conta a diferença entre as duas condições de uso de solo, mostrou que o excesso de matéria orgânica na água ocasiona uma diminuição nos teores do OD, e que no processo de decomposição, dentro do ambiente aquático, há consumo de oxigênio.

Observa-se a Tabela 2.4, que os valores médios de OD variaram de 3,11 a 4,47 mg l⁻¹ e de 2,78 a 3,61 mg l⁻¹ para os trechos de mata nativa e eucalipto, respectivamente.

Comparando-se as médias obtidas para as variáveis OD e matéria orgânica, obtiveram-se diferenças significativas entre os pontos de coleta de água P1 e P5 para OD e entre P3 e P6 para matéria orgânica (BUENO; GALBIATTI; BORGES, 2005). Mostrando que o uso do solo tem influência sobre o este parâmetro.

Tabela 2.4 - Valores médios obtidos do OD e da MO da água, em ordem decrescente

Pontos de Coleta	OD (mg l ⁻¹)	Pontos de Coleta MO	(mg l ⁻¹)
P1	4,47 a	P6	4,47 a
P4	3,61 ab	P1	3,23 ab
P6	3,42 ab	P5	2,87 ab
P2	3,35 ab	P4	2,85 ab
P3	3,11 ab	P2	2,78 ab
P5	2,78 b	P3	1,40 b

Fonte: Bueno, Galbiatti; Borges (2005)

Para cada coluna, médias seguidas com a mesma letra não diferem entre si, de acordo com o teste de Duncan (taxa global de erro $\alpha = 0,05$). P1, P2, P3 - áreas de mata nativa e P4, P5, P6 - áreas de eucalipto. (MO = Matéria orgânica).

2.3.1.2 Temperatura d'água.

Os valores médios referentes à temperatura para o mês de dezembro na bacia deram como resultados valores de 25,4°C para o P1, 26,4°C para o P2 e 27,6 °C no P3, que em comparação ao mês de julho, estão perto dos 20 °C e os valores são menores.

Os valores do mês de dezembro são maiores devido aos aumentos na temperatura ambiente no fim de ano, que também faz aumentar os valores da temperatura d'água da bacia (Tabela 2.3) (Figura 2.8).

O menor valor se registrou no ponto P1 depois de transpor a água acumulada no reservatório Atibainha com um valor de 16,6 °C no mês de julho, e o maior valor de 31,3 °C se obteve no P3 localizado no reservatório Paiva Castro no mês de dezembro.

As médias para o mês de julho na temperatura foram 20,2 °C para o P1, 20°C para o P2 e 20,7 °C para o P3, ao se comparar estes valores com os obtidos por Santos (2009) na bacia Romão dos Reis localizada em Viçosa – MG, encontrou-se valores parecidos com o mês de novembro (Tabela 2.5).

Tabela 2.5 - Dados de temperatura, 2014, na bacia Romão dos Reis.

Dia/ Outubro	Temperatura (°C)	Dia/ Novembro	Temperatura (°C)
3	20,2	1	21,2
4	16,8	2	22,1
5	19,7	7	19,5
6	19,2	8	18,3
12	21,1	13	22,4
13	22	15	19,3
15	22,8	17	21,3
16	21,8	18	22,2
26	22,6	19	21,6
27	23,4	20	21,3
Media	21.0	Media	20.8

Fonte: Adaptado de Santos (2009)

Santos (2009) afirmam que as diferenças da temperatura na bacia Romão dos Reis têm altitudes diferentes que influencia nas diferenças de valores dentro da bacia, o que pode acontecer também na Bacia do rio Juqueri.

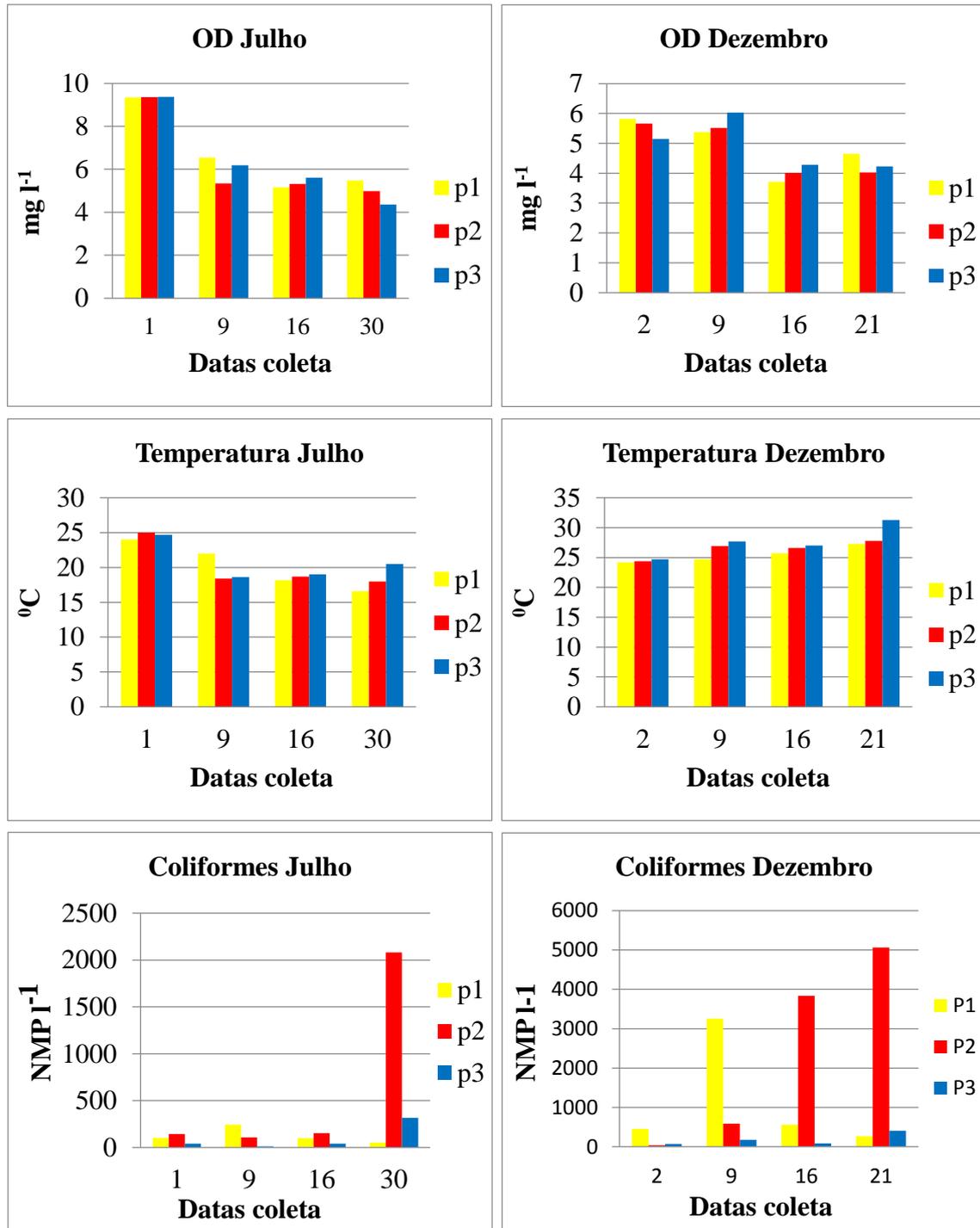
Segundo Santos (2009), este mesmo fenômeno de diferentes valores na temperatura que acontece na Bacia do rio Juqueri, se deve aos vários mecanismos de evaporação e da forma com que a precipitação é captada, onde outra influência está relacionada com as altas altitudes é a retenção maior de umidade, com formação de neblinas gerando microclimas.

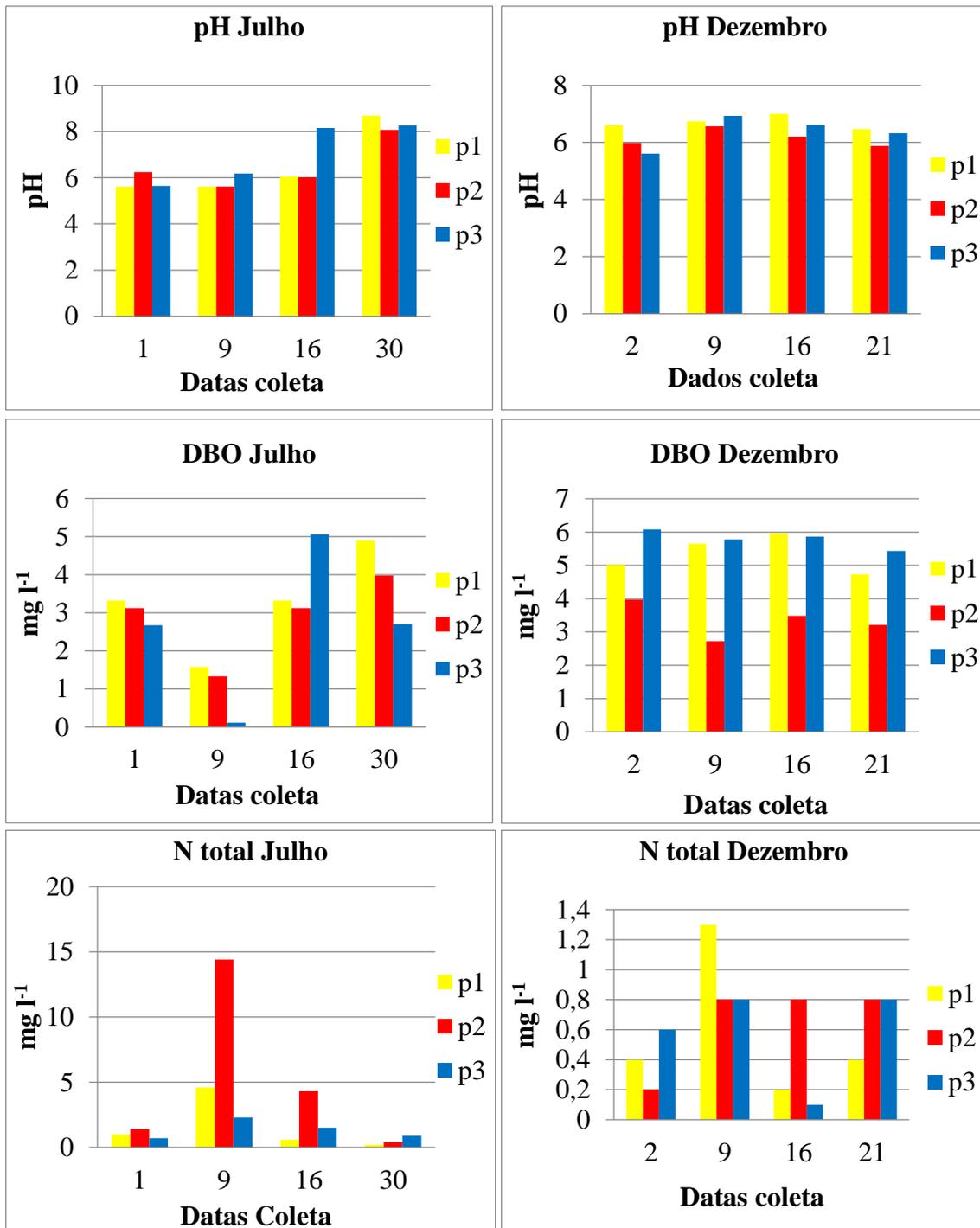
Os maiores valores de temperatura deram-se no P3, no reservatório, pode-se inferir que estes possíveis valores altos se devem à área ampla do reservatório e do tempo de exposição dos recursos hídricos à exposição solar e a não ter por perto coberturas por mata ciliar.

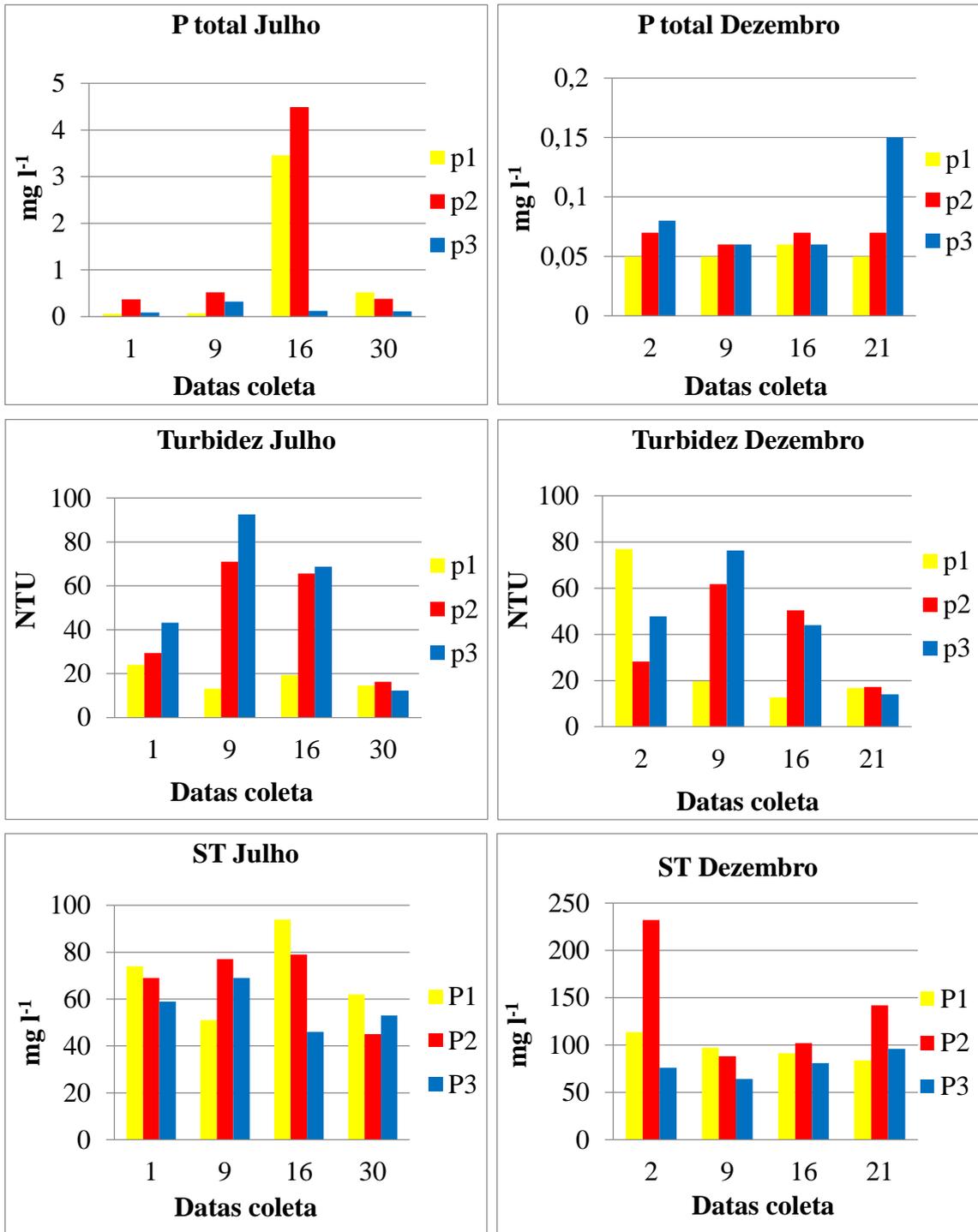
Para Sringuetti (2010) este fenômeno se observou nos valores médios da temperatura obtidos na água do rio Mogi Guaçu – SP. Que variaram de 20,4 até 23,7 °C e de 20,0 até 22,7 °C, respectivamente, para os trechos de mata nativa e eucalipto, indicando menores valores na temperatura onde existem camadas de floresta.

Estudando os córregos no médio Rio Doce - MG, Sringuetti (2010), encontrou valores de temperatura da água variando de 17,1 a 26,6 °C em plantios florestais de eucalipto e de 14,2 a 25,8 °C, em pastagens e agricultura, concluindo que o comportamento da temperatura da água é afetado pelo uso do solo, com tendência de apresentar menores valores nas áreas florestais, provavelmente pela condição de cobertura dos córregos, enfatizando o papel significativo da vegetação ciliar.

Figura 2.8 - Valores parâmetro do IQA da Bacia do rio Juqueri 2015







Fonte: Autoria própria.

Denota-se provavelmente que os menores valores nos pontos P1 e P2 de temperatura na Bacia do rio Juqueri sejam precisamente pela cobertura vegetal existente no transcurso do mesmo (Figura 2.9).

Figura 2.9 - Diferença de cobertura vegetal dos pontos de amostragem P1 e P3



Fonte: Modificado de SAS Planet (2016).

2.3.1.3 Coliformes termotolerantes

Os valores obtidos neste estudo de coliformes para a Bacia do rio Juqueri variaram de 41 NMP l⁻¹ no P3 sendo o valor mais baixo encontrado no mês de julho, até um valor de 3256,5 NMP l⁻¹ no P1 no mês de dezembro. O qual foi o valor mais alto, indicando novamente poluição.

Segundo Ashbolt (2010), as coliformes se consideram um indicador de contaminação fecal para os programas de monitoramento e verificação, incluídos os de vigilância da qualidade d'água para consumo humano como no caso do reservatório Paiva Castro.

Cabe ressaltar que os valores do P1 para o mês de julho se encontram dentro dos valores de referência da CONAMA 357/2005 com exceção da última amostra no P2 que deu como resultado 2081,1 NMP l⁻¹ o qual é o ponto mais próximo da área urbana da Bacia o que indica poluição por esgoto (Tabela 2.3).

Nota-se que os valores no reservatório Paiva Castro encontrassem com menores valores a nível geral.

Este seria um indicativo de que a água no reservatório tende a se depurar, mesmo tendo um período de retenção muito curto (de 10,7 dias) quando comparado aos outros

reservatórios do Cantareira (Tabela 2.6). Ainda assim é suficiente para fazer diminuir a presença de microrganismos patogênicos associada à poluição por esgoto, eliminando a transmissão de doenças por coliformes (Figura 2.6).

Tabela 2.6 - Características e informações hidrológicas do Sistema Cantareira.

Informações	Jaguari/Jacareí	Cachoeira	Atibainha	Paiva Castro
Área de drenagem (km ²)	1027/203	392	312	369
Início de operação	1982	1974	1975	1973
Volume útil (hm ³)	808,12	69,75	95,26	7,61
Vazão média (m ³ /s)	25,2	8,5	6,0	4,6
Cota altimétrica (m)	844	821,88	786,72	745,61
Tempo de retenção (dias)	368,5	40,1	105,8	10,7

Fonte: Adaptado de ANA (2013).

Referente a valores médios só no mês de dezembro o ponto P2 ficou fora da CONAMA 357/2005 que admite 2000 NMP l⁻¹.

Isto mostra que o uso do solo tem influência sobre os coliformes já que o água amostrada no P2 tem uma influência direta da área urbana da cidade de Mairiporã no rio Juqueri, como o indica a Figura 2.10.

Figura 2. 10 - localização P2 no Município de Mairiporã



Fonte: Modificado de SAS Planet (2016).

Esta influência pelo uso do solo na quantidade de coliformes na água foi corroborada por Casarin et al., (2008), onde avaliaram a presença de coliformes em várias bacias.

Uma delas é a bacia hidrográfica do córrego Salobra, localizada à margem esquerda do Rio Paraguai, em áreas da planície e terras acidentadas da Província Serrana, com 802,00 Km² de área territorial.

Nessas áreas os usos do solo predominante são de pastagens e lavouras de subsistência, onde o parâmetro de coliformes termotolerantes resultou no valor de 1.200 NMP l⁻¹.

Ao comparar o valor obtido na bacia do córrego Salobra de 1.200 NMP l⁻¹ com os valores das médias de cada ponto amostrado na Bacia do rio Juqueri, se identifica uma forte poluição por coliformes devido a que este valor é sobre passado no P2 (Tabela 2.3).

Os autores Casarin et al., (2008), chegaram à conclusão que as atividades humanas são responsáveis pela degradação ambiental bacia do córrego Salobra, onde a concentração de coliformes termotolerantes e coliformes totais na água são decorrentes dos aglomerados populacionais humanos e de criação de animais, associados à falta de tratamento do esgoto e resíduos produzidos fenômenos que também estão acontecendo na Bacia do Rio Juqueri.

2.3.1.4 Potencial hidrogeniônico (pH)

O pH afeta o metabolismo de várias espécies aquáticas. Agora a Resolução CONAMA 357/2005 estabelece que para a proteção da vida aquática o pH deve estar entre 6 e 9.

Alterações nestes valores de pH também podem aumentar o efeito de substâncias químicas que são tóxicas para os organismos aquáticos, tais como os metais traço (ANA, 2011).

O monitoramento do pH é um importante indicador sobre a qualidade d'água: uma água de boa qualidade deve ter um pH compreendido entre 7,0 e 7,5.

Nesta pesquisa o valor de pH da Bacia do rio Juqueri variou de 5,62 até 8,69 no mês de julho e de 5,61 até 7 no mês de dezembro, fazendo com que este último mês seja o mais estável em valores de pH (Figura 2.8).

Segundo Cohesp (2010), hoje no Brasil, quem determina todos os padrões de potabilidade em todo o território nacional é a Portaria 2914 do Ministério da Saúde.

Esta Portaria recomenda que o valor do pH da água destinada ao consumo humano como é a água do reservatório Paiva Castro que é fornecida pela rede pública de abastecimento esteja na faixa entre 6.0 a 9.5.

Sendo assim, os valores médios encontrados no reservatório no P3 foram de 7,06 para o mês de Julho e de 6,36 para o mês de dezembro, mostrando um valor razoável para o pH dos recursos hídricos para a população da RMSP.

Na Tabela 2.7 Leite & Matsumoto (2008) observaram valores de pH menores que 6 em todos os pontos nas diferentes datas de suas amostragens, mesmo assim os valores médios variaram de 5,56 até 6,09.

Com alguns valores fora dos padrões da CONAMA 357/2005. A diferença radica que nesse estudo os recursos hídricos na são utilizados para abastecimento público.

Tabela 2.7 - pH, Temperatura, NT (nitrogênio total), PT (fósforo total), OD (oxigênio dissolvido), DBO (demanda bioquímica de oxigênio), ST (resíduos totais), Coliformes.

Pontos	pH	Turbidez NTU	Temp. °C	NT mg/L	PT mg/L	OD mg/L	DBO mg/L	ST mg/L	Coliformes UFC
1	5,95	15,3	28,3	0,37	59,33	6,74	1,37	32	0
2	5,56	1,6	28,2	0,42	41,15	5,74	0,2	16	0
3	5,77	9,7	28,7	0,37	55,03	5,91	1,17	28	0
4	5,71	11	29,2	0,33	57,55	5,61	0,3	28	0
5	5,82	10,4	30,2	0,28	47,91	5,78	0,24	16	0
6	6,09	9,7	31,7	0,28	48,80	6,62	1,38	36	0

Fonte: LEITE & MATSUMOTO (2008).

Já para os valores de pH da Bacia do rio Juqueri nas amostras do mês de julho só alguns valores no P1 e no P2 ficaram fora da CONAMA, mesmo assim valores das médias, estão dentro dos parâmetros aceitáveis pela CONAMA para águas de abastecimento público.

Para o mês de dezembro, se obtiveram valores das médias de pH, onde o valor para o P1 foi de 6,7, para o P2 de 6,15 e para o P3 de 6,36. Obtendo-se valores estáveis e próximos a pH 7, além de ficar dentro dos padrões da CONAMA.

Mostra-se certa variabilidade nos valores de pH na Baía do rio Juqueri, onde os valores no mês de dezembro nunca sobre passaram o valor de pH 8, e onde no mês de julho vários valores sobre passaram este valor.

Simões (2010) deu uma possível explicação desse fenômeno, ao afirmar que vários fatores podem levar a essa variação: A composição química d'água natural, que é obtida a

partir de uma fonte enorme de solutos onde se incluem os gases e aerossóis da atmosfera; ou os produtos do arrastamento e da erosão de rochas e de solos.

Outro fator são as dissoluções e as reações de precipitação que ocorrem abaixo da superfície terrestre, assim como os produtos resultantes das atividades antrópicas que vem sendo exercidas na bacia de estudo.

Todos estes acontecimentos poderiam mudar o pH em pequenos períodos de tempo.

2.3.1.5 Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)

Os valores da DBO na Bacia do rio Juqueri variaram de 1,33 até 5,06 no mês de julho e no mês de dezembro de 3,21 até 6,08, sendo que as médias mais altas se deram no mês de dezembro (Tabela 2.3).

O teste de DBO estabelece a quantidade de oxigênio utilizado por microrganismos aquáticos durante um período de 5 dias para que estes possam oxidar a matéria orgânica, pelo qual, pode-se concluir que no mês de dezembro existe maior poluição por matéria orgânica, já que os valores maiores de DBO se deram neste mês.

Segundo Souto et al., (2001), os microrganismos contidos na água de degradem com matéria orgânica, demoram neste processo, pois a degradação ocorre de forma lentamente nos ambientes aquáticos, isto poderia explicar que no mês de julho os microrganismos tem menos fluxo de esgoto para sua disponibilidade e por isso os valores da DBO são menores, ou que no mês de dezembro assim como aumentam as precipitações, aumentando a quantidade de recurso hídrico para ser depurado pelos microrganismos.

Os anteriores autores afirmaram também que nos locais onde o valor de DBO foi alto, se deveu provavelmente a que os valores de oxigênio dissolvido foram reduzidos pela alta concentração de matéria orgânica.

Neste caso, o meio pode tornar-se anóxico, limitando a vida aquática. Os maiores aumentos em termos de DBO num corpo d'água são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica o que explica os incrementos na DBO na Bacia do rio Juqueri.

Por outra parte a Resolução CONAMA 357/2005 estabelece diversos critérios para o enquadramento das águas superficiais em Classes, sendo as enquadradas as da Bacia como águas de Classe I, que são destinadas para abastecimento público, como também no caso do reservatório Paiva Castro. Já que após do tratamento simplificado os valores da DBO devem ser no máximo ou igual a 3 mg l⁻¹ de O₂.

Isto implicou que muitos dos valores obtidos na bacia extrapolaram os valores permitidos pela CONAMA, sendo que os valores médios encontrados no mês de dezembro variam de 3,34 mg l⁻¹ de O₂ até 5,78 mg l⁻¹ de O₂.

Tal dado é preocupante, pois demonstra uma forte pressão ambiental, devido à matéria orgânica que está sendo disponibilizada via esgoto e que sendo degradada por microrganismos que, nesse processo, diminuem o oxigênio dissolvido na água (Figura 2.8).

Ao se comparar os valores de DBO obtidos na Bacia do rio Juqueri com valores encontrados por Schein et al., (2014), no estudo realizado nas Nascentes do Rio Caveiras – SC, para 6 pontos amostrados.

Identificou-se que são maiores os valores encontrados na Bacia do rio Juqueri, pois os valores encontrados por Schein et al., (2014) variam de 1 mg l⁻¹ de O₂ até 1,6 mg l⁻¹ de O₂ (Tabela 2.8) e nesta pesquisa variaram de 1,58 mg l⁻¹ de O₂ até 6,08 mg l⁻¹ de O₂ devido á poluição proveniente da área urbana.

Tabela 2.8 - Valores médios alcançados da OD e DBO Nascentes do Rio Caveiras.

Parâmetro	Pontos de Coleta					
	1	2	3	4	5	6
Oxigênio dissolvido (mg/L)	8,81	8,70	8,62	8,68	8,60	8,18
DBO (mg/L)	1,4	1	1	1,4	1,4	1,6

Fonte: Modificado de Schein *et al.* (2014).

2.3.1.6 Nitrogênio total

Os valores de nitrogênio para a Bacia do rio Juqueri variaram de 0,2 mg l⁻¹ até 14,4 mg l⁻¹ para o mês de julho, e de 0,2 mg l⁻¹ até 1,3 mg l⁻¹ para o mês de dezembro, sendo este último com menores valores médios.

Por outro lado, o alto valor encontrado no P2, que é o ponto mais impactado pela área urbana da Bacia do rio Juqueri é quem registrou um valor de 14,4 mg l⁻¹, o que faz supor uma liberação de esgoto não tratado rico em nitrogênio no dia da coleta (Tabela 2.3 - Figura 2.8)

Alguns valores do reservatório Paiva castro no P3 foram similares aos valores do reservatório de Ilha Solteira para as datas de dezembro, estes valores não ultrapassando o valor de 1 mg l⁻¹ em média (LEITE & MATSUMOTO, 2008).

No entanto, para o mês de julho, os valores são muito mais altos, tendo médias de 1,6 mg l⁻¹ para o P1, de 5,12 mg l⁻¹ para o P2 e para o P3 um valor de 1,35 mg l⁻¹, mostrando que os recursos hídricos não possuem fortes impactos por poluição de compostos nitrogenados ou feitos à base de nitrogênio como os fertilizantes (LEITE & MATSUMOTO, 2008).

Segundo Leite e Matsumoto (2008), os valores de nitrogênio do reservatório de Ilha Solteira apresentaram-se mais elevados nos pontos 1 e 2 (rios Paranaíba e Grande respectivamente), com posterior decaimento ao longo do reservatório, com o menor valor (0,28 mg l⁻¹) no ponto 6. Este padrão de decaimento também foi observado por Dornfeld (2006) no reservatório de Salto Grande, onde o valor na entrada do reservatório foi de 2,53 mg l⁻¹ e no ponto próximo à barragem foi de 1,24 mg l⁻¹.

Os valores observados no reservatório de Ilha Solteira mostraram-se bem semelhantes aos valores de nitrogênio total no reservatório do Lobo (Broa), que apresentou variações de 0,34 a 0,55 mg l⁻¹ no período de 1989 a 1997, respectivamente (LEITE; ESPÍNDOLA, 2001).

Todos estes valores indicam quase nenhuma poluição de substâncias feitas à base de nitrogênio que geralmente são fertilizantes nos reservatórios anteriormente nomeados.

Mais é de aclarar que existiu um ponto com um valor 14,4 mg l⁻¹ valor muito alto achado na Bacia do rio Juqueri.

Na Tabela 2.9 observa-se que a bacia do Rio Meia Ponte apresentou a maior quantidade de nutrientes provenientes de esgoto doméstico, seguida do Rio dos Bois e em comparação ao rio Juqueri.

Onde em relação ao entorno, nota-se que pode assumir um potencial maior de poluição devido à menor possibilidade de ter uma “autodepuração do rio”, seja pela captura dos nutrientes pelo sedimento ou devido à incorporação pela biota VON SPERLING, M. (2005).

Tabela 2. 9 - Número de Núcleos Urbanos e População e suas estimativas de Fósforo e Nitrogênio em algumas das Sub-Bacias do Reservatório de São Simão (GO/MG).

Bacia	Número de Núcleos Urbanos	População	Fósforo (kg/ano)	Nitrogênio (kg/ano)
Rio Meia Ponte (GO)	22	1673,515	1527,919	4886,664
Rio dos Bois (GO)	36	397,464	362,885	1160,595
Rio Tijuco (MG)	07	114,146	104,215	333,306
Rio Bom Jesus (GO)	01	14,746	13,463	43,058

Fonte: modificado de Pinto (2003).

Quando encontramos altos valores de nitrogênio nos corpos d'águas, estes teores poderiam causar doenças pelo fato dos compostos de nitrogênio ser um dos nutrientes dos processos biológicos.

Geralmente seu lançamento em grandes quantidades nos corpos d'água junto com outros nutrientes tais como o fósforo, causa um crescimento excessivo das algas, processo conhecido como eutrofização que causa um crescimento excessivo das algas e que pode prejudicar o abastecimento público como no caso do reservatório Paiva Castro.

Além dos valores baixos registrados de nitrogênio nesta pesquisa, quer se enfatizar no P2 o qual obteve um valor de $14,4 \text{ mg l}^{-1}$, pelo qual pode-se afirmar que existem alguns lançamentos de compostos ricos em nitrogênio, além da matéria orgânica que contem nitrogênio e fosforo, o que faz com que o reservatório Paiva Castro evidencie alguns inconvenientes com a proliferação de algas que diminuem qualidade e a potabilidade da água do reservatório.

Daí a necessidade de utilizar o sulfato de cobre para controle destas algas e onde segundo Cardoso-Silva et al., (2016), se vem apresentando aumentos nos teores de cobre nos sedimentos no reservatório.

2.3.1.7 Fósforo total

Do mesmo modo que o nitrogênio, o fósforo é um importante nutriente para os processos biológicos e seu excesso pode causar a eutrofização das águas, porem referente aos valores de fósforo achados na Bacia do Rio Juqueri obteve médias nos pontos amostrados relativamente baixos.

Onde para o mês de julho variaram de $0,06 \text{ mg l}^{-1}$ até $4,49 \text{ mg l}^{-1}$ e para o mês de dezembro variaram de $0,05 \text{ mg l}^{-1}$ até $0,15 \text{ mg l}^{-1}$, sendo o mês de julho com as médias mais altas em comparação ao mês de dezembro com os valores médios mais baixos (Tabela 2.3).

Segundo Leite & Matsumoto, (2008), estes autores obtiveram informação sobre o fósforo, sendo o menor valor de $41,15 \text{ mg l}^{-1}$ e o maior valor $59,33 \text{ mg l}^{-1}$.

Valores muito altos em comparação aos valores dos recursos hídricos da Bacia do rio Juqueri, pois as médias variaram entre $0,05 \text{ mg l}^{-1}$ como o valor menor e $1,44 \text{ mg l}^{-1}$ como o valor maior médio de fosforo na Bacia.

Entre as fontes de fósforo destacam-se os esgotos domésticos, pela presença dos detergentes superfosfatados e da própria matéria fecal, essas poderiam ser as fontes na Bacia do rio Juqueri.

Outras fontes proveem da drenagem pluvial de áreas agrícolas e urbanas que também são uma fonte significativa de fósforo para os corpos d'água (LEITE & MATSUMOTO, 2008).

2.3.1.8 Turbidez

A principal fonte de turbidez é a erosão dos solos, quando na época das chuvas as águas pluviais trazem uma quantidade significativa de material sólido para os corpos d'água (VON SPERLING, 1996).

Este fenômeno foi corroborado por esta pesquisa onde ao comparar as médias dos resultados do mês de Julho com as de dezembro se identifica um aumento da turbidez nos períodos de chuvas na Bacia do rio Juqueri.

Pelo qual, os valores das médias do mês de julho foram para o P1 de 2,31 UNT, para o P2 de 3,50 UNT e para o P3 de 4,03 UNT, sendo os valores menores os de julho que os de dezembro, pois seus resultados foram para o P1 de 5,36 UNT, para o P2 de 8,42 UNT e para o P3 de 3,67 UNT.

A turbidez indica o grau de atenuação que um feixe de luz sofre ao atravessar a água. Esta atenuação ocorre pela absorção e espalhamento da luz causada pelos sólidos em suspensão (silte, areia, argila, algas, detritos, etc.) (ANA, 2011).

Entretanto se identificam valores na Bacia do rio Juqueri não muito altos nas duas épocas do ano, já que os valores encontrados estão dentro dos parâmetros permitidos pela CONAMA 357/2005 são até 40 UNT.

Mesmo assim, estes valores relativamente baixos, se caracterizaram por ter menor o valor de 1,27 UNT no P1 no mês de julho e o maior valor de 11,2 no P2 UNT no mês de dezembro; indicam certa poluição, sobre todo no P2 que fica muito próximo da área urbana do município de Mairiporã, e onde poderiam ter variações os valões de turbidez por causa da erosão ou o lançamento de esgotos e microrganismos.

As anteriores poderiam ser as fontes que causem os aumentos nos valores da turbidez das águas da Bacia do rio Juqueri.

Ao comparar valores de turbidez da Bacia do rio Juqueri com os valores da bacia hidrográfica do córrego do Romão, se identificou que nestas bacias nenhuma amostra sobrepassou o valor disposto pela CONAMA 357/2005.

Pelo qual, na Bacia do rio Juqueri o maior valor se deu no P2 com valor de 11,2 NTU que não sobrepasso o parâmetro indicado pela CONAMA 357/2005 para águas classe I ao igual que na bacia hidrográfica do córrego do Romão na qual o maior valor se foi de 21,6 NTU, que quase duplicando o valor da Bacia do rio Juqueri (Tabela 2.10).

Tabela 2.10 - Turbidez da água da bacia do córrego do Romão dos Viçosa-MG.

Local/sub-bacias	Turbidez UNT
0	21,6
1	5,11
2	4,67
3	3,05
4	10,9

Fonte: (SANTOS et al., 2009)

Um fenômeno a ressaltar identificado na Bacia do rio Juqueri é que a turbidez aumenta no P2 sobre todo no mês de dezembro tendo a maior média com valor de 8,42 UNT (Tabela 2.3).

Segundo Von Sperling (1996), a turbidez define a alteração na penetração da luz numa amostra d'água, causada por partículas em suspensão, material coloidal, plâncton e outros organismos microscópicos.

Entretanto, a cor da água é função tanto da presença de íons metálicos (principalmente Fe e Mn) quanto de húmus (ácidos húmicos) e pequenas partículas (argilas e coloides), algas e resíduos, parte dos quais pode ser removida por filtração.

Segundo Santos et al., (2009), os locais que apresentaram maiores índices de turbidez geralmente são locais com áreas urbanas e com áreas de maior atividade agrícola.

Este tipo de uso de solo foi encontrado na Bacia do rio Juqueri mostrando a influência dos usos de solo sobre a turbidez nos seus recursos hídricos.

2.3.1.9 Sólidos totais

Os resultados obtidos nesta pesquisa apresentam valores que variaram de 45 mg l⁻¹ no P2 no mês de julho até 232 mg l⁻¹ no mesmo P2 no mês de dezembro.

Isto, mostrando uma quantidade razoável de sólidos totais que provê o uso do solo da Bacia aos recursos hídricos e ao reservatório Paiva Castro.

Para o mês de dezembro, os valores variaram de 64 mg l⁻¹ até 232 mg l⁻¹, com as seguintes médias mensais para o P1 de 96,45 mg l⁻¹, para o P2, 141 mg l⁻¹ e para o P3 um valor de 79,25 mg l⁻¹, com a média mais alta para o P2 localizado no perímetro urbano do município de Mairiporã (Tabela 2.11).

Os valores das médias de cada ponto na Bacia do rio Juqueri, indicam que existe uma contribuição contínua de sedimentos no transcurso do rio, isto devido à existência de áreas com solos desnudos e susceptíveis à erosão.

Referente aos valores do desvio padrão, do mês de julho deu com resultado 14,58 e para dezembro 30,26. Ao serem comparados estes valores, identificou-se que o mês de julho é o mais estáveis no ano.

Agora, o mês de dezembro por causa das precipitações, obteve os valores dos sólidos muito variáveis e instáveis, ressaltando-se que o mês de dezembro teve o maior valor que foi de 232 mg l⁻¹ no P2.

Tabela 2.11 - Valores de Sólidos totais.

Datas julho	P1	P2	P3	Datas dezembro	P1	P2	P3
1	74	69	59	2	113.7	232	76
9	51	77	69	9	97	88	64
16	94	79	46	16	91.3	102	81
30	62	45	53	21	83.8	142	96
Média	70,25	67,5	56,75	Média	96,45	141	79,25
Des Pd.	18.40	15.60	9.74	Des Pd.	12.70	64.83	13.25
Media Des Pd.			14.58	Media Des Pd.			30.26

Fonte: Autoria própria.

A Bacia do rio Juqueri possui poucas áreas destinadas à produção agrícola, mais tem muitas áreas com solos expostos.

Porém, esses solos expostos e as áreas agrícolas sem um devido manejo conservacionista se tornam grandes fontes potenciais de sedimentos, fato este já foi observado por Gomes et al., (2007) em lavoura de milho localizada na área de recarga de duas nascentes.

Além disso, Bertol et al., (2007), afirmaram que o preparo convencional do solo por arações e gradagens é caracterizado pela quase completa ausência de cobertura vegetal, baixa rugosidade superficial e aumento na quantidade de partículas prontamente disponíveis para o transporte.

Além de uma maior susceptibilidade do solo à erosão em sulcos, agora tanto os sólidos totais contidos na água, quanto a acumulação de sedimentos no reservatório Paiva Castro afirmam uma degradação de solos na Bacia do rio Juqueri.

Ao se compararem os valores dos sólidos totais obtidos na Bacia do rio Juqueri com os valores obtidos por Vanzela et al., (2010), explica-se que a qualidade de água do Córrego Três Barras, Marinópolis, mostrou um aumento na concentração dos sólidos na água do manancial, que tem origem nas áreas agrícolas (culturas perenes, irrigadas e culturas anuais), nas áreas habitadas (área urbana e moradias rurais) e nas matas degradadas, em função das correlações positivas verificadas.

Segundo Vanzela et al., (2010), é preocupante olhar valores que chegaram até 170,6 mg l⁻¹ da média dos sólidos totais, esses resultados são muito altos em comparação com os obtidos nesta pesquisa, pois o valor maior das médias obtidas na Bacia do rio Juqueri, obteve como resultado 64.83 mg l⁻¹.

O que significar que a bacia do Córrego Três Barras, Marinópolis, está muito mais degradada que a Bacia do rio Juqueri, por ter maiores porções de floresta e menos áreas agrícolas (Tabela 2.12).

Tabela 2.12 - Valores de sólidos totais da água do Córrego Três Barras, Marinópolis.

Parâmetro	Resultado	P1	P 2	P 3	P 4	P 5
SS (mg l ⁻¹)	Média	21,4	33,3	43,6	26,4	38,8
	Valor máximo	112	95	78	73	126
	Valor Mínimo	3	5	11	0	7
SD (mg l ⁻¹)	Média	94,2	110,1	163,4	144,2	119,1
	Valor máximo	153	176	281	194	158
	Valor Mínimo	2	61	45	76	1
ST (mg l ⁻¹)	Média	115,6	143,3	207	170,6	157,9
	Valor máximo	167	188	359	255	201
	Valor Mínimo	59	98	77	83	127

Fonte: modificado de Vanzela et al., (2010).

SS (sólidos suspensos), SD (sólidos dissolvidos), ST (sólidos totais)

2.3.1.10 Índice de qualidade da água (IQA)

Segundo Lopes (2007), o IQA é uma grande fonte de informação importantíssima sobre o estado de qualidade da água de um manancial.

Para o seu cálculo, são usados os parâmetros OD, pH, Temperatura, Turbidez, DBO, Coliformes termotolerantes, Nitrogênio total, fósforo total e Sólidos totais.

Uma vez determinado, ele serve de referência no gerenciamento ambiental, meio de divulgação da qualidade da água à sociedade civil e um mecanismo de reunião de parâmetros em uma única variável de fácil divulgação e interpretação (LOPES, 2007).

Mediante o IQA se identificou algumas questões sobre a qualidade da água da Bacia, onde a classificação da água da média geral para o mês de julho teve como resultado um valor de 48,6 classificando a água deste mês segundo o IQA como *regular*.

Já para o mês de dezembro teve-se como resultado 51,25 classificando a água para este mês como *boa*.

O maior número de valores regulares deu-se no mês de julho entre (36<51) que a classificam como regular em comparação ao mês de dezembro.

Por último a média geral dos dois meses deu como resultado 49,95 que classificou a água da Bacia do rio Juqueri como regular (Tabela 2.13).

Cabe ressaltar que segundo a CONAMA 357/2005, as águas da Bacia do rio Juqueri e do reservatório Paiva castro, são utilizadas para abastecimento público, e está deveria de ser classificada segundo o IQA como excelente por este fim, ou ao menos teria que ser boa.

Sendo assim, a pressão ambiental devido às atividades antrópicas está degradando continuamente os recursos hídricos desta bacia tão importante, ao ser classificada como regular.

Já uma vez determinado este valor do IQA da Bacia do rio Juqueri, este deveria servir como referência no seu gerenciamento ambiental, mediante a divulgação da qualidade da água à sociedade civil que usufrua está e para as entidades competentes que precisam urgente solucionar os problemas ambientais que a bacia e seus recursos hídricos vêm suportando (LOPES, 2007).

Referente às variações nos valores do IQA no ano, o mês de julho teve mais classificações no valor regular no P2 e a data de 1 de julho teve sempre uma classificação boa.

No mês de dezembro os valores regulares da classificação foram mais equitativos para todos os pontos, e a data 9 do mês de dezembro foi a que registrou todos os valores acima de 52, o que significou uma classificação boa.

Os valores mais baixos se deram no mês de julho tanto no P1 e no P2, depois estabilizaram-se no mês de dezembro com a chegada das chuvas. (Tabela 2.13)

Tabela 2.13 - Valores obtidos de IQA da água da Bacia do rio Juqueri no ano de 2015.

Datas/ Julho	P1	P2	P3	Datas/ Dezembro	P1	P2	P3
1	52	55	52	2	56	52	50
9	51	45	51	9	55	54	56
16	39	38	54	16	49	47	51
30	46	50	51	21	50	46	49
Media	47	47	52	Media	52,5	49,75	51,5
Media mês			48,6	Media mês			51,25
Media Geral das Amostras na bacia							49,95

Cor amarela classificada como água Regular. - cor verde classificada como Boa segundo CONAMA 357/2005

Fonte: Autoria própria.

Estas características similares encontradas na Bacia do rio Juqueri, também foram encontradas por Oliveira (2009), o qual ao estudar a qualidade da água do Rio Apodi/Mossoró, observou que no geral a qualidade da água do rio do Carmo, nos pontos monitorados, foi boa (exceto de um ponto onde na primeira coleta apresentou uma qualidade regular).

Identificando-se uma diminuição da qualidade quando se examina pontos localizados mais próximos da foz.

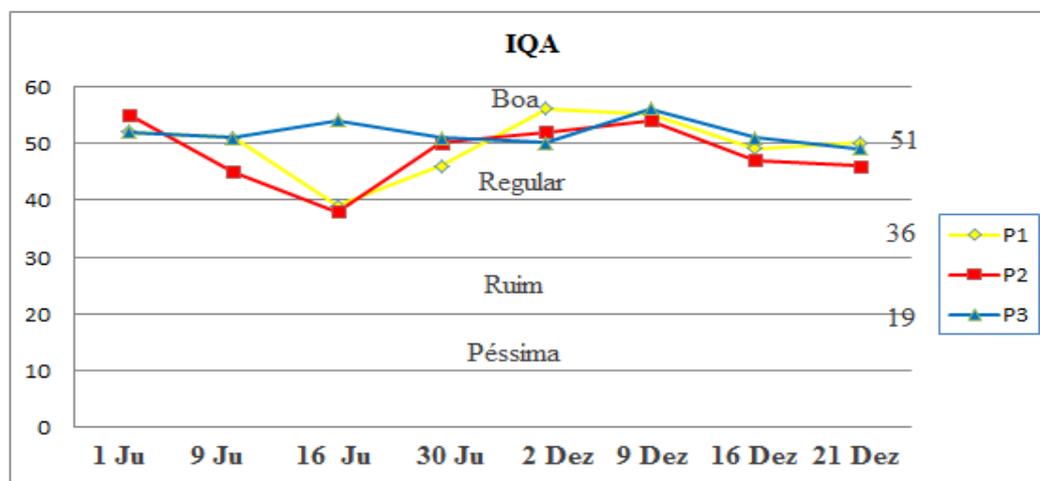
Esta constatação evidencia que em todos os pontos ocorrem influências externas, que juntas colaboram para o decréscimo da qualidade da água no sentido da barragem para a foz do rio.

Pelo qual, Domingos et al., (2015) afirma que as atividades antrópicas alteram a qualidade da água de um ponto para o outro na direção da foz.

Isto também foi corroborado na Bacia do Rio Juqueri de acordo com os valores obtidos do IQA, onde no P1 localizado na montante da bacia, teve quase sempre valores maiores que no P2 localizado na área meia da bacia, e onde se tem uma pressão antrópica na água pela área urbana.

Segundo estes resultados a qualidade da água vai piorando a medida que segue o curso do rio no sentido nascente – foz, sendo o resultado das consequências do incremento de efluentes da cidade de Mairiporã e das atividades econômicas por onde o rio Juqueri passa (Figura 2.11).

Figura 2.11 - IQA dos pontos das coletas dos meses de Julho e dezembro de 2015



Fonte: Autoria própria.

Resultados semelhantes foram encontrados por Araújo (2012), em seus estudos sobre a qualidade do Rio Mossoró.

O autor Lopes (2007), também observou um decréscimo da qualidade da água do Ribeirão de Carrancas, ao observar que os melhores valores de IQA são encontrados em pontos na montante de lançamentos de efluentes urbanos e industriais e de áreas agrícolas.

Um fenômeno se deu no P3, pois existe um ligeiro equilíbrio no reservatório Paiva Castro, já que este mantém certa estabilidade, sobre o valor do IQA 50 (com exceção da amostra do dia 21 que chegou a 49).

Esta estabilidade com altos valores de IQA indicam que o reservatório mantém geralmente uma qualidade de água boa, e que o reservatório tem uma grande capacidade de depurar os recursos hídricos que chegam a seu perímetro (Figura 2.11).

2.3.2 Comparativas dos valores resultantes nos diferentes parâmetros avaliados na Bacia do rio Juqueri e os permitidos pela legislação ambiental CONAMA 357/2005.

A Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, publicada no DOU nº 053, de 18/03/2005, estabelece uma classificação dos corpos d'água.

Segundo o artigo 3º, as águas doces, salobras e salinas do Território Nacional são classificadas, segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes, em treze classes de qualidade.

As águas de melhor qualidade podem ser aproveitadas em uso menos exigente, desde que este não prejudique a qualidade da água, atendendo outros requisitos pertinentes.

A Tabela 2.12 especifica os valores dentro e fora dos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 na Bacia do rio Juqueri para suas águas enquadradas na classe I.

Tabela 2.14 - Valores permitidos pela Resolução CONAMA 357/2005 classe I.

OD (mg l ⁻¹)	Coliformes termotolerantes (NMP 100 ml ⁻¹)	pH	DBO (mg l ⁻¹)	Nitrogênio Total (mg l ⁻¹)	Fósforo Total (mg l ⁻¹)	Turbidez (UNT)
Em qualquer amostra, não inferior a 6	200 coliformes termotolerantes por 100 mililitros. (2000 l ⁻¹)	6,0 a 9,0	A 20°C até 5 mg l ⁻¹ O ₂	(não ultrapassar 1,27 mg l ⁻¹ ambientes lênticos) (2,18 mg l ⁻¹ ambientes lóticos, - vazão de referência).	(ambiente lêntico -0,020 mg l ⁻¹ P). (ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias - 0,025 mg l ⁻¹ P) (ambiente lótico - 0,1 mg l ⁻¹ P)	até 40 UNT

Fonte: Adaptado da Resolução CONAMA 357/2005.

Nas Tabelas 2.15 e 2.16 os valores obtidos que não estão dentro dos parâmetros indicados pela Resolução CONAMA 357/2005 foram ressaltados com a cor vermelha.

Tabela 2.15 - Valores dos parâmetros avaliados na Bacia do rio Juqueri no mês de julho de 2015.

Datas	OD mg l ⁻¹			Condutividade μ S			Temperatura °C			Coliformes NMP 100 ml ⁻¹			pH		
	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
1	9,34	9,35	9,37	0,03	0,05	0,04	24	25	24,7	101	142	41	5,62	6,24	5,64
9	6,54	5,34	6,18	0,01	0,01	0,01	22	18,4	18,6	243	108,6	10,6	5,62	5,62	6,18
16	5,16	5,32	5,61	0,01	0,01	0,01	18,2	18,7	19	99	152	41	6,05	6,02	8,16
30	5,48	4,98	4,36	0,01	0,01	0,01	16,6	18	20,5	52	2081,1	315	8,69	8,07	8,26
Datas	DBO mg l ⁻¹			N Total mg l ⁻¹			P Total mg l ⁻¹			Turbidez UNT			Sólidos Totais mg l ⁻¹		
	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
1	3,32	3,12	2,67	1	1,4	0,7	0,06	0,37	0,09	1,27	2,56	1,71	74	69	59
9	1,58	1,33	0,11	4,6	14,4	2,3	0,07	0,52	0,32	1,61	3,13	3,9	51	77	69
16	3,32	3,12	5,06	0,6	4,3	1,5	3,46	4,49	0,12	1,61	4,18	4,9	94	79	46
30	4,9	3,98	2,7	0,2	0,4	0,9	0,52	0,38	0,11	4,78	4,14	5,63	62	45	53

Fonte: Autoria própria.

Tabela 2.16 - Valores dos parâmetros avaliados na Bacia do rio Juqueri no mês de Dezembro de 2015.

Datas	OD mg l ⁻¹			Condutividade μ S			Temperatura °C			Coliformes NMP 100 ml ⁻¹			pH		
	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
2	5,82	5,66	5,15	0,01	0,01	0,01	24,2	24,4	24,7	460	40	70	6,6	5,98	5,61
9	5,38	5,52	6,03	0,04	0,05	0,05	24,7	26,9	27,7	3256,5	586,5	178	6,74	6,56	6,93
16	3,71	4,01	4,28	0,04	0,05	0,04	25,7	26,6	27	562	3837	89	7	6,21	6,61
21	4,65	4,03	4,23	0,04	0,04	0,03	27,3	27,8	31,3	269	5061	410	6,47	5,88	6,32
Datas	DBO mg l ⁻¹			N Total mg l ⁻¹			P Total mg l ⁻¹			Turbidez UNT			Sólidos Totais mg l ⁻¹		
	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
2	5,02	3,97	6,08	0,4	0,2	0,6	0,05	0,07	0,08	1,94	2,8	113,7	232	76	113,7
9	5,65	2,72	5,78	1,3	0,8	0,8	0,05	0,06	0,06	4,34	8,7	97	88	64	97
16	5,96	3,48	5,86	0,2	0,8	0,1	0,06	0,07	0,06	7,96	11	91,3	102	81	91,3
21	4,73	3,21	5,43	0,4	0,8	0,8	0,05	0,07	0,15	7,23	11,2	83,8	142	96	83,8

Fonte: Autoria própria. Os valores com vermelho estão fora dos padrões da CONAMA 357/2005.

Quando comparamos os parâmetros avaliados nos meses de coleta, nota-se uma variabilidade nos valores destes: no que se refere ao OD no mês de dezembro a maioria dos valores encontram-se fora do padrão estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005, dando a entender que as precipitações trazem consigo um efeito negativo neste parâmetro.

Do mesmo, os valores de coliformes, e DBO aumentam no mês de dezembro quando comparado com o mês de julho.

Segundo Martins (2008), este afirma que nos valores obtidos na qualidade da água do Rio Apodi/Mossoró, existe um efeito de diluição com o período de chuvas, o que faz diminuir os teores de coliformes.

Já na Bacia do rio Juqueri acontece o contrário que na água do Rio Apodi/Mossoró, pois os valores de coliformes aumentaram para o mês de dezembro, possivelmente pelo aumento de esgoto liberado pela área urbana nesta época.

Isto traz consigo um aumento do fluxo de esgoto para a estação de tratamento de Mairiporã, a qual teria que liberar quantidades sem um ótimo tratamento para poder evitar transbordamentos nas lagoas de estabilização neste período, carregando matéria orgânica, coliformes e explicaria o aumento nos valores da DBO.

Sendo assim ao comparar os meses de julho e dezembro quanto aos parâmetros de N e P total, estes valores melhoram no mês de dezembro, pois aqui poderia acontecer o que Martins (2008) afirmou sobre o efeito de diluição.

2.4 CONCLUSÕES

Os altos valores de OD na água da Bacia do rio Juqueri, implicam a existência de uma influência antrópica direta no OD, mostrando que na bacia ao comparar-se os meses de julho e dezembro, os valores de OD aumentam nos 3 pontos de amostragem no último mês.

Referente à temperatura os menores valores médios se deram no mês de julho e os maiores no mês de dezembro que foram superiores a 25°C.

Lembrando que a Bacia do rio Juqueri ainda tem uma importante área de floresta que se mantém com o tempo, e que ajuda no mantimento da temperatura regular entre os 20,02 °C até os 27 °C.

Estes valores de temperatura obtidos nas médias dos pontos amostrados são corroborados por Sringueti (2010), achando também temperatura que variam entre os 20 °C até 28 °C.

Sabe-se que a penetração de radiação solar nos ambientes aquáticos depende da quantidade do material suspenso presente na massa líquida, isto além da extensão da massa de água do reservatório Paiva Castro ajuda a que os maiores valores sejam registrados no P3 localizado no reservatório.

Por outra parte, foram registrados valores de coliformes altos no mês de julho no P2 e no mês de dezembro no P1 e P2, lembrando que P2 fica localizado num ponto muito próximo da área urbana. Estas altas concentrações de coliformes na água provavelmente são provenientes da cidade de Mairiporã, ratificando uma falta de redes de coletoras de esgoto produzido pela cidade.

As concentrações de coliformes foram altas e indicam contaminação fecal. Já no reservatório Paiva Castro obtiveram-se os menores valores a nível geral, demonstrando uma autodepuração dos recursos hídricos.

Referente ao pH os valores médios nos recursos hídricos da Bacia variaram de 5,88 até 8,69, com 4 amostras abaixo de 6 no mês de julho e 3 amostras abaixo de 6 no mês de Dezembro, denotando os maiores valores no mês de julho, e mostrando uma leve acidez da água da Bacia.

As médias variaram de 6,17 até 7,06 mostrando um pH ótimo pois se encontra dentro dos parâmetros da CONAMA 357/2005.

As águas da Bacia do rio Juqueri foram classificadas como Classe I, pois são destinadas ao abastecimento público, o que significa que os valores da DBO devem ser no máximo igual a 3 mg l⁻¹ de oxigênio.

Os valores da DBO ultrapassaram o valor padrão segundo a CONAMA a exceção do P3 no reservatório no mês de julho.

Isto devido a uma maior disposição de matéria orgânica que está sendo degradada pelos microrganismos e que faz diminuir a quantidade de oxigênio para as espécies aeróbias dos ecossistemas aquáticos.

Neste caso o P1 foi onde registrou-se os maiores valores de DBO devido a seus teores de matéria orgânica provenientes das outras bacias que fazem parte do sistema Cantareira.

Ao respeito do N e do P, existem vários compostos a base de nitrogênio ou em formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato e várias fontes de fósforo onde se destacam os esgotos domésticos, pela presença dos detergentes superfosfatados e da própria matéria fecal.

Nesta pesquisa demonstrou-se que os recursos hídricos não possuem fortes impactos por poluição de compostos nitrogenados e fosfatados, mas por outro lado, foi achado um alto valor no P2, que é o ponto mais impactado pela área urbana da Bacia do rio Juqueri.

Referente aos valores tanto de N quanto de P, os maiores valores encontraram-se no mês de julho, ratificando que as precipitações de dezembro poderiam ajudar na diluição para melhorar os valores destes parâmetros.

Os maiores valores de turbidez foram registrados no mês de dezembro, pois se identificou que as precipitações e os processos de erosão hídrica, modificaram os valores de turbidez dos recursos hídricos da Bacia, onde as médias do mês de julho foram de $3,28 \text{ mg l}^{-1}$ e que é superada pela média de dezembro de $5,81 \text{ mg l}^{-1}$.

A principal fonte de turbidez para a Bacia do rio Juqueri, é a erosão dos solos expostos, sobretudo na época das chuvas.

A turbidez faz com que uma quantidade maior de produtos químicos (coagulantes) seja utilizada na estação de Guaraú para o saneamento das águas para a RMSP, aumentando os custos do tratamento.

No caso dos sólidos totais, os maiores valores deram-se no mês de dezembro, registrando a média mais alta no ponto P2, que está localizado na área urbana da bacia.

Os valores médios dos Sólidos totais indicam que existe uma contribuição contínua de sedimentos no transcurso do rio Juqueri que cruza a bacia, confirmando que a erosão das áreas de solos expostos contribui para a formação dos sedimentos no reservatório Paiva castro.

O IQA é uma fonte de informação importante sobre o estado atual da qualidade da água da Bacia, pois ao classificar seus recursos hídricos, mostrou a realidade da pressão ambiental sobre os recursos hídricos.

Os resultados do IQA para o mês de julho foram de 48,56, e dezembro de 50 classificando a água da bacia nos dois meses com *Regular*.

Isto deixa uma importante conclusão; é preciso urgentemente de um gerenciamento da Bacia para melhorar estes valores, lembrando que seus recursos hídricos estão enquadrados como Classe I.

Referente à classificação dos valores resultantes nos diferentes parâmetros avaliados na Bacia do rio Juqueri e os permitidos pela Legislação Ambiental CONAMA, concluiu-se que existe uma variabilidade em alguns parâmetros que fazem parte do IQA, onde o OD é o parâmetro com mais valores fora das categorias estabelecidas pela Resolução CONAMA.

Isto vem acompanhando das diferenças nos valores do parâmetro da DBO que aumentam drasticamente do mês de julho até dezembro, e indicam uma forte poluição por matéria orgânica, confirmada pelos valores das amostras fora do padrão nos meses de julho e dezembro.

Essa dinâmica existente entre as épocas do ano de estiagem e de chuvas, podendo ser um fator negativo para alguns valores dos parâmetros do IQA com a turbidez, mas podem ser positivos para outros valores como no caso de N e P, pois estes se enquadram os seus valores no mês de dezembro quando comparando ao mês de julho.

2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. 2011. Série de dados hidrológicos do Sistema Cantareira (Outorga) de 2004 a 2012.

ARAÚJO DR, SILVA PCM, DIAS NS, LIRA DLC. Estudo da área de preservação permanente do rio Mossoró no sítio urbano de Mossoró-RN por meio de técnicas de geoprocessamento. Revista Caatinga 2012; 25(2): 177-183.

ARAÚJO, V.S; SANTOS, J. P.; ARAÚJO, A. L. C. Monitoramento das águas do Rio Mossoró/RN, no período de abril/2005 a julho/2006. Holus. A. 3, maio de 2007.

ASHBOLT NJ, GRABOW WOK Y SNOZZI M, 2010. Indicators of microbial water quality. En: Fewtrell L, Bartram J, (eds.) Water quality: Guidelines, standards and health –Assessment of risk and risk management for water-related infectious disease. Serie de monografias de la OMS sobre el agua (Wáter Series). Londres (Reino Unido), IWA Publishing, págs.289–315.

BERTOL, O. J.; RIZZI, N. E.; BERTOL, I.; ROLOFF, G. Perdas de solo e água e qualidade do escoamento superficial associadas à erosão entre sulcos em área cultivada sob semeadura direta e submetida às adubações mineral e orgânica. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.31, p:781-792, 2007.

BUENO, L.; GALBIATTI, J.; BORGES, M. MONITORAMENTO DE VARIÁVEIS DE QUALIDADE DA ÁGUA DO HORTO OURO VERDE - CONCHAL – SP. Revista Engenharia Agrícola. Jaboticabal, v.25, n.3, p.742-748, set./dez. 2005.

CARDOSO-SILVA, S.; LIMA, P. A.; MOSCHINI-CARLOS, V.; FIGUEIRA, R. C.; POMPEO, M. Temporal and spatial accumulation of heavy in the sediments at Paiva castro reservoir (São Paulo, Brazil). Journal Environmental Earth Sciences. January 2016.

CASARIN, R.; ALVES, S.; NEVES, R. Uso da Terra e Qualidade da Água da Bacia Hidrográfica Paraguaí/Jauquara-MT. Revista Geográfica acadêmica. Revista Eletrônica de Geografia e Áreas Afins Eletronic Journal of Geography and Correlated Areas ISSN 16787226. Vol 2 No.1 JUNHO/JUNE 2008.

CONTROLE HÍDRICO DE SÃO PAULO - COHESP. 2010. Link: <http://cohesp.com.br/qual-ph-ideal-da-água-para-consumo-humano/> Acesso: (01/03/2016)

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. Índice de qualidade das águas– IQA. São Paulo: Programa de engenharia civil – COPE,1976. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Água/rios/indice_iap_iqa.asp>. Acesso em: 6 Dezembro. 2014.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO – SABESP. Disponível em: <http://www2.sabesp.com.br/mananciais/> Acesso: (16/02/2016)

DOMINGOS, L. A.; SOUZA, W. D.; LIMA, T. B.; FIRMINO, M. L.; DI SOUZA, LUIZ.; TAVARES DE FARIAS, L. Influência antrópica na qualidade da água e sedimentos do rio Apodi-Mossoró no município de Governador Dix-Sept Rosado, RN. Conference: 5º Encontro Regional de Química & 4º Encontro Nacional de Química. November 2015.

EMPRESA METROPOLITANA DE PLANEJAMENTO DA GRANDE SÃO PAULO - EMPLASA S.A. 2000

GOMES, N. M.; FARIA, M. A. DE; SILVA, A. M. DA; MELLO, C. R. DE; VIOLA, M. R. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo associados ao uso e ocupação da paisagem. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.11, n.4, p.427-435, 2007.

GONÇALVES, C. S.; RHEINHEIMER, D. DOS S.; PELLEGRINI, J. B. R.;KIRST, S. L. Qualidade da água numa microbacia hidrográfica de cabeceira situada em região produtora de fumo. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, n.3, p.391-399,2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTADÍSTICA – IBGE. 2016. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=352850>. Acesso: (04/01/2017)

LEITE M, MATSUMOTO T., AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RESERVATÓRIO DE ILHA SOLTEIRA (BRASIL) VISANDO SEU APROVEITAMENTO MÚLTIPLO. Departamento de Engenharia Civil – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – Universidade Estadual Paulista – Processo 03/07355-7.2008.

LEITE, M.A.; ESPÍNDOLA, E.L.G. (2001) Análise do processo de eutrofização entre os reservatórios de Salto Grande e do Lobo. In: Recursos Hidro energéticos: usos, impactos e planejamento integrado. Série Ciências da Engenharia Ambiental - Programa de Pós-graduação em Ciências da Engenharia Ambiental - CRHEA - SHS - EESC - USP. p 107-116.

LOPES, F. W. A.. Avaliação da qualidade das águas e condições de balneabilidade na bacia do Ribeirão de Carrancas-MG. 2007. 96 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007

MONTEIRO, C. A. F. – Geossistemas a história de uma procura. São Paulo: Contexto, 2000.127 p.

OLIVEIRA JÚNIOR, E. T. Bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró: Macroinvertebrados como bioindicadores e a percepção ambiental dos pescadores e marisqueiras do seu entorno.

2009. 141 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2009.

PALMA-SILVA, G.M. Diagnóstico ambiental, qualidade da água e índice de depuração do Rio Corumbataí - SP. 1999. 155 f. Dissertação (Mestrado em Manejo Integrado de Recursos) - Centro de Estudos Ambientais, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1999.

PÉREZ-ORTEGA, D. J. Avaliação dos efeitos das atividades antrópicas na bacia hidrográfica do Córrego do Ipê, município de Ilha Solteira-SP. 2011. 151 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São Paulo, 2011.

PINTO, N.L.S. Introdução. In: SBGE. *Hidrologia de superfície*. 2 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2003.

POLETO, C. Monitoramento e avaliação da qualidade da água de uma microbacia hidrográfica no município de ilha solteira - S.P. 2003. 150 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Civil na área de recursos hídricos e tecnologias ambientais, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Ilha Solteira, 2003.

POLETO, C.; MERTEN, G. H. Qualidade dos sedimentos. Porto Alegre: ABRH, 2006. 397p.

POMPÊO, M. PADIAL, P. R. MARIANI, C. F. CARDOSO, S., S. MOSCHINI, V. VIEIRA D. BRAZIL DE PAIVA, T. BRANDIMARTE A. Biodisponibilidade de metais no sedimento de um reservatório tropical urbano (reservatório Guarapiranga – São Paulo (SP), Brasil): há toxicidade potencial e heterogeneidade espacial?. *Geochimica Brasiliensis* 27(2): 104-119, 2013.

SANTOS, DIAS, SILVA E MACEDO, ANÁLISE HIDROLÓGICA E SOCIOAMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO ROMÃO DOS REIS, VIÇOSA-MG. *Revista Sociedade de Investigações Florestais*. 2009. v.31, n.5, p.931-940

SCHEIN V, NASCIMENTO C, DIAS L, SIEGA Y. ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DAS NASCENTES DO RIO CAVEIRAS. Seminário de Iniciação Científica. UDESC. 2014

SILVA, D.A. da. Evolução do uso e ocupação da terra no entorno dos Parques Estaduais da Cantareira e Alberto Löfgren e impactos decorrentes do crescimento metropolitano. 2000. 186 f. 2 v. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) - Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2000.

SIMÕES, T.S.; QUEIRÓS, M.A.; SIMÕES, M.O. “Química em contexto”. Porto editora. Porto.2010. Pag.76-96. ISBN 972-0-42216-5.

SOUTO, J.; SARMENTO, A.; SILVA, L.; NASCIMENTO, A.;, SANTOS, E. POLUIÇÃO FECAL DA ÁGUA: MICROORGANISMOS INDICADORES. VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Porto Alegre/RS – 23 a 26/11/2015.

SOUZA, L.D.; CASTRO, S. S. L., MARTINS, D. F. F. Qualidade físico-química das águas da bacia do rio Apodi/Mossoró: II variabilidade temporal. *Química no Brasil*. v.2, p.45 - 56, 2012.

SOUZA, L.D.; CASTRO, S. S. L., MARTINS, D. F. F.; OLIVEIRA, T. M. B. F.; BATISTA, R.S. Qualidade físico-química das águas da bacia do Rio Apodi/Mossoró. Química no Brasil, v.2, p.61 – 74. 2008.

SRINGUETTI, A.G. Implantação e avaliação inicial de modelos de recuperação florestal em mata ciliar para proteção de trechos degradados do rio Mogi Guaçu (SP). 2010. 109 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2010.

VANZELA, L. S.; HERNANDEZ, F. B.; FRANCO, R. A. 2010. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.14, n.1, p.55–64, Aprovado em 30/06/2009.

VON SPERLING, E. Qualidade da água. Brasília: Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior; Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Agrícola, 1996. 59 p. (ABEAS – Curso de Gestão de Recursos Hídricos para o Desenvolvimento Sustentado de Projetos Hidroagrícolas. Módulo 3).

VON SPERLING, M. (2005). Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos. Série Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias; v.1. Universidade Federal de Minas Gerais - Belo Horizonte.

CAPÍTULO 3

DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL NO USO DO SOLO DA BACIA DO RIO JUQUERI E AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DAS ATIVIDADES ANTRÓPICAS MEDIANTE O ÍNDICE DE TRANSFORMAÇÃO ANTRÓPICA (ITA)

RESUMO

A dinâmica do uso do solo influencia significativamente nas classes de cobertura vegetal, que caracterizam a paisagem de uma bacia hidrográfica. As mudanças no uso do solo provocadas pelas atividades antrópicas, têm gerado grandes impactos nas paisagens das bacias. Estes podem ser identificados para possíveis mitigações mediante o monitoramento do uso e da cobertura do solo, utilizando informações espaço-temporais das modificações ocorridas na paisagem. Este trabalho apresenta uma análise espaço-temporal da dinâmica do uso do solo da Bacia do rio Juqueri no município de Mairiporã - São Paulo, partindo da classificação de imagens de satélite do sensor LANDSAT 5, 7 e 8 dos anos de 1986, 1992, 2003, 2011 e 2016. A classificação das imagens foi realizada mediante o método de classificação de máxima verossimilhança, associada à álgebra de mapas e o processamento digital das imagens realizado no software ArcGIS 10.3. Os resultados mostraram que durante o período estudado as classes de uso do solo passaram por uma grande transição, com a substituição progressiva das áreas de vegetação para áreas com pastagem, agricultura e solo exposto. Junto com o rápido crescimento da classe de área urbana, a classe predominante é a de floresta nativa devido à existência da Lei de Proteção dos Mananciais (Lei Estadual 9.866/97) que tem ajudado na conservação desta classe. Desafortunadamente, com o transcorrer do tempo, a floresta nativa foi fragmentada e diminuída em 15,88% e a área urbana aumentada em 13,49% quando comparados os valores dos anos de 1986 e 2016. Segundo o ITA, a bacia classificou-se como *Regularmente Degrada*, mantendo o nível de degradação regular nos últimos 30 anos, reconhecendo uma intensificação na pressão e degradação ambiental nos recursos hídricos ao transcorrer do tempo.

Palavras chave: geoprocessamento, degradação ambiental, atividades antrópicas, paisagem.

3.1 INTRODUÇÃO

A ocupação desordenada dos solos, o crescimento demográfico, a escassez dos recursos hídricos e a perda de solos férteis determinam a necessidade de gerar estratégias e diretrizes que proporcionem aptidões (habilidades) dos ecossistemas com os usos e ocupações dos solos para serem capazes de manter a sustentabilidade em longo prazo (LEITE & MATSUMOTO, 2007).

A Bacia do rio Juqueri caracteriza-se por ter um vale definido encaixado em sua área, onde concentram-se a maioria das vertentes, a vegetação ciliar, uma crescente ampliação da área de ocupação urbana, junto aos principais tributários, onde predomina um grau de conservação de vegetação secundária, floresta nativa e um uso de solo de agricultura de subsistência em diferentes escalas (GIATTI, 2000)..

Sendo assim, faz-se necessário saber e conhecer a dinâmica nas mudanças que têm acontecido nos últimos anos.

Sobre os processos de gerenciamento e planejamento em bacias, sempre procura-se as possíveis soluções dos problemas ambientais.

Porém, a dificuldade implica em determinar essas problemáticas que afetam os ecossistemas e as implantações das possíveis medidas integradas que envolvem todos os recursos naturais, sendo o solo, água, vegetação e fauna, que coexistem em permanente interação às interferências naturais e antrópicas, que modelam a sua paisagem natural (LEITE & MATSUMOTO, 2007).

Segundo Santos (2009), a compreensão das interações e pressões sobre os sistemas naturais criados pelo homem, as transformações e seus fatores de mudança e as intervenções técnicas para correção e mitigação desses impactos ambientais negativos que ocorrem nas bacias, são determinadas pelo planejamento integrado do uso e ocupação dos solos.

Tanto em espaços rurais quanto urbanos, tendo em vista o desenvolvimento sustentável no qual se compatibiliza atividades econômicas com a qualidade ambiental.

As análises do espaço e do tempo são fundamentais para compreender as mudanças no uso do solo e os fenômenos ambientais, assim como as velocidades dos processos de degradação ambiental causados nos ecossistemas pelas atividades antrópicas.

Além do mais, inserido na Bacia do rio Juqueri, encontra-se um manancial extremamente importante para a Grande São Paulo, o reservatório Paiva Castro, que também constitui uma opção de lazer para diversos moradores das cidades de Mairiporã, Guarulhos, Caieiras e da zona norte do município de São Paulo.

Esse reservatório recebe cargas poluidoras, principalmente de origem doméstica do município de Mairiporã, aonde se vem observando o crescimento demográfico já previsto por estudos socioeconômicos (INSTITUTO FLORESTAL, 1974).

Para reconhecer a pressão ambiental na bacia foi necessário analisar as informações disponíveis nos diferentes meios de pesquisa.

As imagens de satélite foram de grande ajuda, pois reuniram dados históricos para uma reconstrução ambiental do passado ajudando no diagnóstico das repercussões que as atividades antrópicas exercem na bacia.

Por outro lado, os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), ajudam na análise dessa dinâmica do espaço geográfico e de sua configuração, além do sensoriamento remoto para a obtenção de imagens mediante plataformas remotas orbitais (satélites) e que proporciona uma quantidade de informações sobre a bacia em estudo (HADDAD, 2007).

O objetivo desta pesquisa foi quantificar a pressão antrópica sobre o meio ambiente da Bacia do rio Juqueri, realizando um diagnóstico ambiental dos impactos causados pela ocupação não planejada do espaço.

Isto atribuindo um grau de degradação sobre a paisagem modificada utilizando o Índice de Transformação Antrópica (ITA). Esse grau ou nível de transformação antrópica determinou a sensibilidade da bacia quanto aos problemas ambientais pelo uso do solo.

3.2 METODOLOGIA

3.2.1 Caracterização da área de estudo

3.2.1.1 Bacia do rio Juqueri

Da mesma forma que as outras bacias que compõem o Sistema Cantareira, a Bacia do rio Juqueri possui uma boa parte da sua área urbanizada.

No município de Mairiporã, muitas moradias encontram-se em áreas de proteção de mananciais, caracterizando-se como uma ocupação irregular e comprometendo, assim, suas águas e as do reservatório Paiva Castro.

Observam-se também várias casas de alto padrão localizadas nas margens do reservatório, sendo este espaço, por lei, concedido para a preservação da mata ciliar.

Apesar de serem importantíssimas, pois são as responsáveis por manter a quantidade das águas superficiais ao longo do ano, as áreas que deveriam ser destinadas às matas ciliares são, atualmente, ocupadas por jardins e campos de futebol.

3.2.1.2 Vegetação e solo

A Bacia do rio Juqueri está inserida numa grande área com predominância da Mata Atlântica, a qual é riquíssima em biodiversidade.

Essa área compreende seus gradientes originais de ambientes topográficos e de altitudes.

Apresentam-se como: floresta ombrófila densa de alta montanha ou mata nebulosa, campos naturais (alto-montanhosos ou simplesmente campos), floresta densa e escassa de terras mais baixas de planalto, onde hoje está a cidade de São Paulo (FUSP, 2009).

O comportamento hidrológico referente aos solos, ou seja, quanto à sua maior ou menor capacidade de infiltração ou de escoamento superficial das águas de chuva, depende da própria constituição pedológica, além dos gradientes do relevo.

A constituição pedológica, por sua vez, depende da natureza das rochas que geraram esses solos, e estudos efetuados na bacia permitiram classificar os solos ali presentes nas classes hidrológicas estabelecidas de acordo com os critérios do USSCS – *United States Soil Conservation Service*.

3.2.1.3 Caracterização do uso e ocupação do solo da Bacia do rio Juqueri

Essa análise foi realizada utilizando unidades funcionais da paisagem da área da bacia, dos diferentes tipos de usos do solo, utilizando sensoriamento remoto, geoprocessamento e modelagem ambiental.

Este método foi utilizado para a modelagem espectro espaço-temporal, para a identificação do uso do solo, sendo que foram feitas análises das unidades funcionais da paisagem e da área da Bacia.

Para a elaboração dos mapas de uso de solos dos anos 1986, 1992, 2003, 2011 e 2016, realizaram-se combinações de 3 a 8 bandas multiespectrais obtidas dos satélites Landsat 5, 7 e

8 com suas respectivas assinaturas espectrais das classes de cobertura do solo no site do SERVIÇO GEOLÓGICO DOS ESTADOS UNIDOS (USGS) (Tabela 3.1).

Tabela 3.1 - Imagens de satélite utilizadas para caracterizar o uso ocupação dos solos Bacia do rio Juqueri.

Ano	Satélite /Sensor	Imagem de satélite/ Entity ID	Datum	UTM Zone	Panth
1986	L1-5/MSS	LT52190761986298CUB00	WGS84	23	219
1992	L1-5/MSS	LT52190761992206CUB00	WGS84	23	219
2003	LL-7/ETM	MES-23-20_LL_2003	WGS84	23	219
2011	L1-5/TM	LT52190762011207CUB00	WGS84	23	219
2016	L1-8/OLI_TIRS	LC82190762016206LGIN00	WGS84	23	219

Ano	Row	Data de Aquisição	Data de obtenção	File Format	Bandas
1986	76	25 /10/1986	12/12/2014	Geo TIFF	1 - 4
1992	76	21 /07/1992	12/12/2014	Geo TIFF	1 - 4
2003	76	23 /09/2003	12/12/2014	Geo TIFF	1 - 7
2011	76	26 /07/2011	12/12/2014	Geo TIFF	1 - 7
2016	76	05 /07 /2016	11/11/2016	Geo TIFF	1 - 8

Fonte: Autoria própria.

Para poder utilizar as imagens dos satélites Landsat, foi necessário entender as diferentes composições das bandas obtidas no site USGS.

Cada uma das bandas representa uma porção de diferente espectro eletromagnético.

A continuação enumeram-se as especificações de cada banda segundo Santos (2008), a fim de poder identificar as combinações que foram realizadas no trabalho para facilitar o reconhecimento das classes de uso de solos (Tabela 3.2).

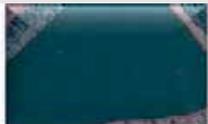
Tabela 3.2 - Especificação de bandas e espectros para combinações.

Bandas	Cor	Utilidade
Banda 1	Azul, B, 0,45 – 0,515 μm , 30 m	É muito útil para mapear corpos d'água e para determinar as diferenças entre solo e vegetação e entre a vegetação conífera e decídua. Sua desvantagem é a susceptibilidade à dispersão atmosférica. É a banda “mais ruidosa”.
Banda 2	Verde, G, 0,525 – 0,605 μm , 30 m	Desenhada para avaliar a densidade da vegetação saudável, diferenciar tipos de rochas e medir a qualidade da água.
Banda 3	Vermelho, R, 0,63 – 0,69 μm , 30 m	Permite determinar a absorção de clorofila, por isso é muito útil para a classificação da cobertura vegetal, agricultura e uso do solo.
Banda 4	Infravermelho perto, NIR, 0,75 – 0,90 μm , 30 m	Muito útil para delimitar corpos d'água, determinar os conteúdos de biomassa e elaborar mapas geológicos e geomorfológicos.
Banda 5	Infravermelho médio, MIR, 1,55 – 1,75 μm , 30 m	Permite avaliar o conteúdo de umidade da vegetação e solo e realizar a diferenciação entre nuvens ou neve.
Banda 6	Infravermelho termal, TIR, 10,40 – 12,50 μm , 60 m	Permite determinar o estresse térmico da vegetação, correntes marinhas e propriedades termais do solo.
Banda 7	Infravermelho, MIR, 2,09 – 2,35 μm , 30 m	Discrimina rochas para o mapeamento hidrotermal e identificação de minerais.
Banda 8	pancromática, pan, 0,52 – 0,90 μm , 15 m	Pela sua resolução permite que as imagens geradas sejam trabalhadas para obter ampliações até 1:25000.

Fonte: (SANTOS, 2008).

Referente à classificação da área estudada, utilizou-se um método supervisionado com o método de interpretação no Programa ArcGIS, utilizando as amostras especificadas na Tabela 3.3

Tabela 3.3 - Uso do solo para Execução no ArcGIS e padrão de interpretação.

C	Padrão de interpretação visual	Amostra	C	Padrão de interpretação visual	Amostra
1	 Florestas (F)	1° e 2°	4	 Áreas Urbanizadas (AU)	Estradas, Vivendas e Infraestrutura Urbana
2	 corpos d'água (CA)	Recursos Hídricos	5	 Culturas Temporais e Permanentes (CTP)	Culturas
3	 Pastagens (P)	Pastos	6	 Solo exposto	Erodabilidade

C= (classes de cobertura de solo).

Fonte: Autoria própria.

Sobre as imagens inseridas no banco de dados, aplicaram-se os procedimentos de pré-processamento, ou seja, realce de imagens, fazendo a correção atmosférica dessas por meio da ferramenta (*Radiance with atmospheric correction*) do ArcGIS 10.3.

Terminada a restituição das imagens, o passo seguinte foi obter os valores de refletância para as seis classes de uso do solo: 1) florestas; 2) corpos d'água; 3) pastagens; 4) solo exposto; 5) áreas urbanas e 6) áreas agrícolas.

Existem erros ao comparar as imagens de diferentes sensores, devido ao tipo de resoluções.

Outra diferença notável é a refletância nas bandas correspondentes que cada sensor produz, já que a classificação visual (supervisionada) cumpre um papel muito importante na hora da classificação do uso do solo para cada imagem, pois por meio de técnicas de interpretação visual geraram-se os resultados procurando a maior veracidade na classificação final (Tabela 3.4).

Apresentam-se certas inconsistências nas imagens dos sensores Landsat dos anos 1986 e 1992, pois essas possuíam um baixo contraste espectral das áreas agrícolas com os solos expostos, dificultando sua correta classificação por sua similaridade.

Dessa forma, foi preciso realizar a delimitação dos polígonos das área agrícolas manualmente.

Tabela 3.4 - Avaliação de imagens de satélite Landsat 5, 7 e 8.

Anos	Amostra	Caraterísticas da imagem
1986		<ul style="list-style-type: none"> • Número de bandas: 3; • Célula (x, y): 60, 60 • Pixel: 8 bit • Colunas e linhas: 284, 397; • Tamanho descompactado: 614,11 KB
1992		<ul style="list-style-type: none"> • Número de bandas: 3; • Célula (x, y): 30, 30 • Pixel: 8 bit • Colunas e linhas: 1054, 792; • Tamanho descompactado: 2,39 MB
2003		<ul style="list-style-type: none"> • Número de bandas: 3; • Célula (x, y): 30, 30 • Pixel: 8 bit • Colunas e linhas: 1054, 792; • Tamanho descompactado: 2,39 MB
2011		<ul style="list-style-type: none"> • Número de bandas: 3; • Célula (x, y): 30, 30 • Pixel: 8 bit • Colunas e linhas: 1054, 792; • Tamanho descompactado: 9,55 MB
2016		<ul style="list-style-type: none"> • Número de bandas: 3; • Célula (x, y): 15, 15 • Pixel: 16 bit • Colunas e linhas: 58062, 40501; • Tamanho descompactado: 1,84 GB

Fonte: Autoria própria.

3.2.2 Índice de transformação antrópica

Este índice precisa de técnicas de geoprocessamento e a utilização de imagens de satélites para sua aplicação satisfatória.

Os resultados das variáveis obtidas das análises das mudanças no uso e do solo fazem parte Índice de Transformação Antrópica (ITA), o qual realizou uma análise espaço-temporal

sistemático, comparativo e qualitativo; que estabeleceu os efeitos das atividades antrópicas sobre os diferentes elementos dos ecossistemas.

Alguns dos cuidados que devem ser levados em conta são: a compatibilização dos dados tomados na área de estudo, o detalhamento estabelecido nos mapas e o objetivo do trabalho.

Os seguintes pontos são parte dos conceitos que se levam em conta para atribuir o valor correspondente a cada uso do solo (Tabela 3.5).

1. **Corpos d'água:** composta por rios, córregos e lagoas;
2. **Afloramento rochoso:** os afloramentos de rocha natural, e não os causados pelo homem (como as pedreiras);
3. **Floresta:** corresponde a toda região ocupada por florestas, seja densa ou, inclusive, em estágio inicial/avançado de recuperação. Quanto à constituição dessa classe, houve uma grande dúvida sobre dividi-la em Floresta Preservada e Alterada, mas chegou-se a conclusão de que devido à temática do trabalho seria mais interessante discriminar áreas antrópicas como áreas de pastagem ou urbanas;
4. **Áreas Agrícolas:** corresponde a áreas de produção agrícola;
5. **Áreas de Pastagem:** caracterizada por vegetação gramínea, são áreas nas quais a floresta foi retirada, servindo, atualmente, de pasto;
6. **Urbano Baixo:** corresponde a uma área urbana de baixa densidade demográfica, rarefeito com casas esparsas, porém já se formando uma pequena vila;
7. **Urbano Médio:** corresponde a áreas com ocupação de maior densidade populacional;
8. **Urbano Alto:** correspondem a áreas urbanizadas em estágio avançado, áreas com construções mais densamente alocadas, com prédios de mais de dois andares em sua maior parcela da área urbana.

Tabela 3.5 - Pesos dados a cada tipo de uso a nível geral.

Uso da Terra	r
Floresta	2
Áreas Agrícolas	8
Áreas inundáveis	4
Pastagens	7
Urbanização menos densa	9
Urbanização mais densa	10

Fonte: (Pérez-Ortega, 2011)

3.2.2.1 Classificação das bacias quanto ao índice de transformação antrópica

Para calcular o índice na Bacia do rio Juqueri, classificam-se as áreas como um todo, dando como resultados os valores e sua avaliação (MATEO, 1984):

- Pouco degradado (0 a 2,5);
- Regular (2,5 a 5);
- Degradado (5 a 7,5);
- Muito Degradado (7,5 a 10).

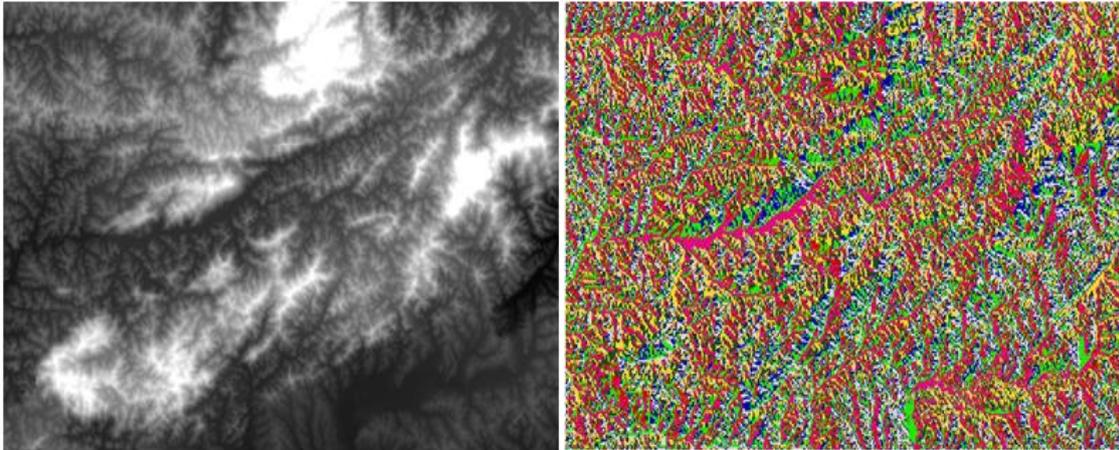
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 Delimitação automática da Bacia do rio Juqueri

Como primeiro passo, as coordenadas WGS84 foram convertidas para um sistema de projeção cartográfica mais adequada aos objetivos desse trabalho, o qual foi o Sistema de Coordenadas SIRGAS 2000 - UTM Zone 23S (que é a zona que corresponde ao estado de São Paulo).

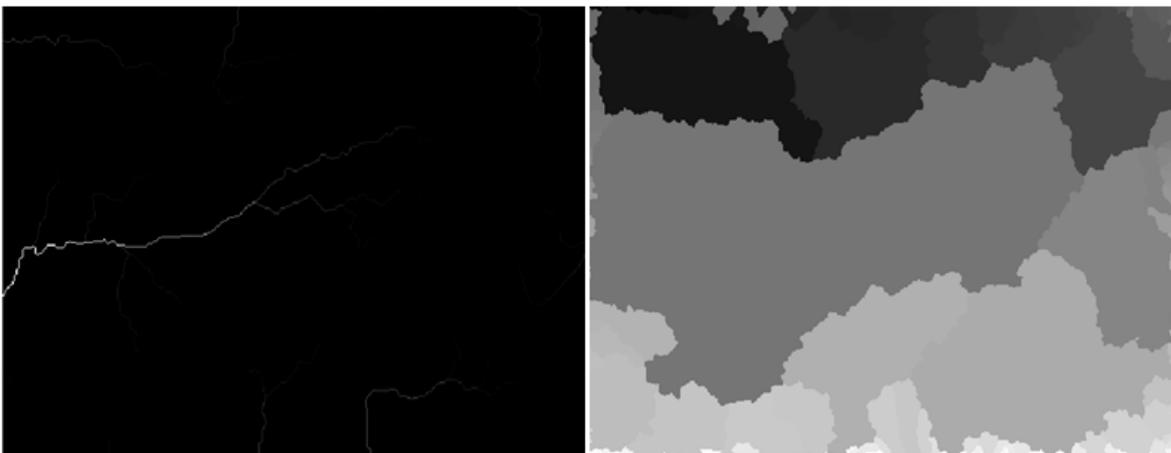
Aplicou-se a ferramenta de ArcGIS, chamado (Hydrology, que faz parte do ArcToolbox) para identificar a direção de fluxo do Modelo Digital de Elevação (DEM) (Figura 3.1) para finalmente delimitar a Bacia do rio Juqueri (Figura 3.2).

Figura 3.1 - Filtro DEM, e Direção de Fluxo da área da bacia Juqueri.



Fonte: Autoria própria.

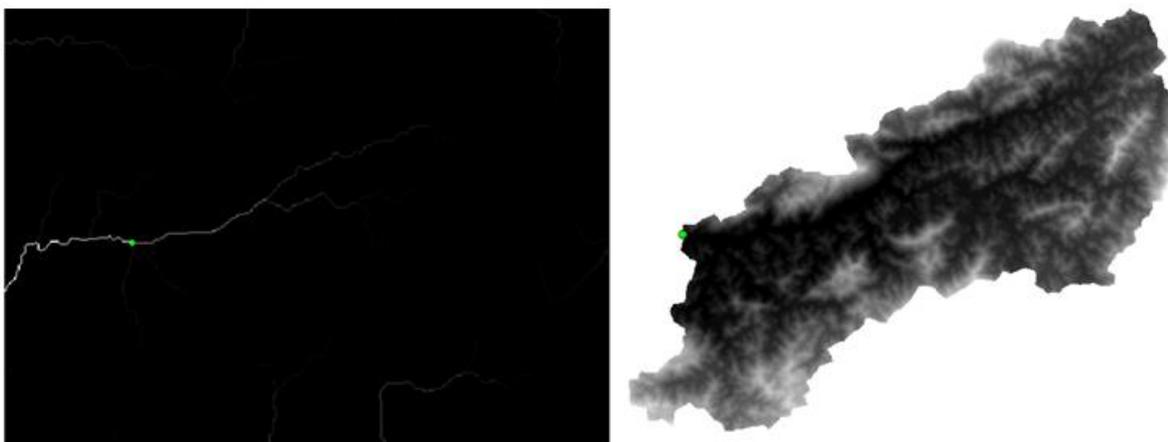
Figura 3.2 - Acumulação de Fluxo, e Direção delimitação Automática de Bacias.



Fonte: Autoria própria.

Por último, a área de estudo foi recortada dos arquivos gerados no ArcGIS utilizando a opção (Clip) e obteve-se a área do raster com o perímetro da Bacia do Juqueri (Figura 3.3).

Figura 3.3 - Drenagem de acumulação de fluxo, e resultado da delimitação da Bacia do rio Juqueri.



Fonte: Autoria própria.

A partir do DEM, foi gerada a base hidrográfica referente à rede de drenagem; a imagem SRTM e o DEM, que serviram de base para a confecção do mapa de declividade e das curvas de nível, permitiram obter informações em três dimensões espaciais (x, y, z).

A rede de drenagem foi obtida também no *site* do Serviço Geológico do Brasil – CPRM, onde se realizou o download dos arquivos vetoriais. As imagens SRTM foram obtidas do site da EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias, Brasil em Relevo.

3.3.2 Características da rede de drenagem da Bacia do rio Juqueri

3.3.2.1 Extração de rede de drenagem

A rede de drenagem é utilizada para identificar o acúmulo das águas precipitadas na bacia, referente ao procedimento para a extração da rede de drenagem utilizou-se diferentes algoritmos contidos na caixa de ferramentas *Hydrology*, que são algoritmos do *Spatial Analyst* para análise hidrológica no ArcGIS. Essas ferramentas fizeram a extração da rede de drenagem a partir de um DEM - SRTM para a Bacia do rio Juqueri.

3.3.2.2 Álgebra de mapas para extração da rede de drenagem

Para criar uma rede de drenagem é preciso estabelecer um limiar para descobrir quantos pixels adjacentes devem formar os rios. Neste caso, o valor limiar depois de experimentar com 500, 400, 300, 200 e 100, foi o valor de 300 pixels que deu os melhores resultados.

3.3.2.3 Processamentos da informação

- Primeiramente criou-se um *raster* identificando todas as depressões, áreas de drenagem internas e vazias, erros do SRTM ou outro *raster* de superfície;
- Preencheram-se algumas pequenas imperfeições nos dados e removeu-se todos os *sinks* do *raster* de superfície;
- Deste modo, gerou-se um *raster* contendo a direção do fluxo de cada célula. No “*Flow Direction*”, cada pixel é potencialmente cercado por oito pixels vizinhos. A inclinação de cada uma destas oito direções foi calculada tomando-se a diferença de elevação indicada pelo valor de DEM para cada um destas oito localidades vizinhas e do valor no pixel a ser examinado;
- Por último, ao *raster* criado, determinou-se a acumulação de fluxo a partir do “*Flow Direction*”.

3.3.2.4 Formulação de expressões algébricas no SIG.

A expressão matemática foi criada com base em proposições que podem surgir no decorrer da pesquisa. A função CON (*CONDITIONAL*) determina um teste lógico e retorna um resultado. Em relação à rede de drenagem, poderíamos estabelecer uma condição para criar o limiar, filtrando apenas os pixels significativos. A *conditinal* do limiar torna-se intuitiva quando é lida desta maneira.

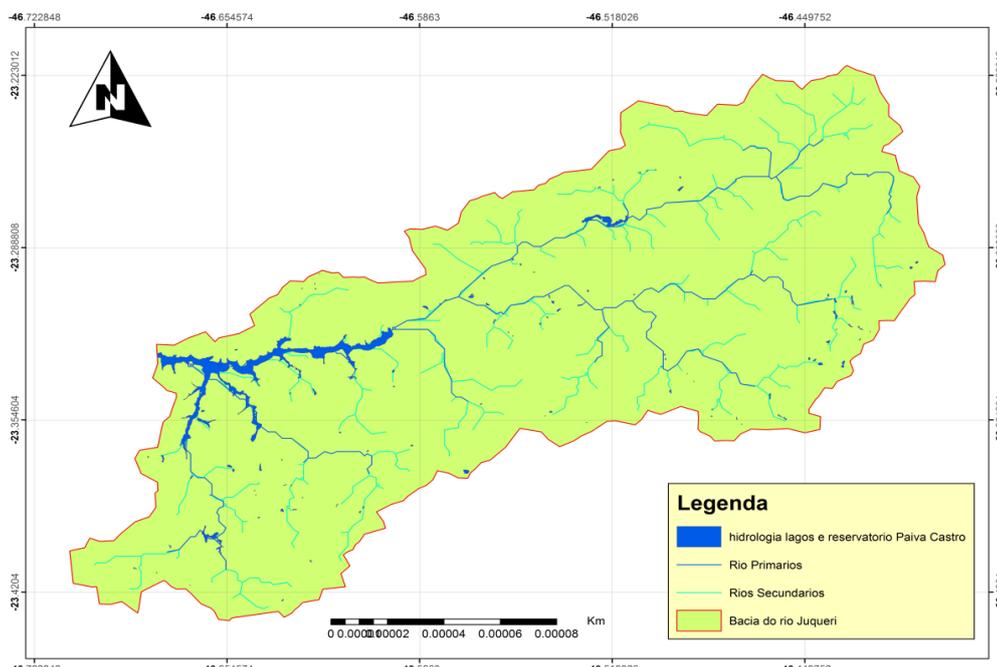
Se o valor dos pixels do *raster Flow Accumulation* for superior a 500, deve-se substituí-los pelo valor 1. Caso contrário, será necessário transformar em NODATA.

Com esta condição, todas as células do raster com valor superior a 500 serão consideradas durante a criação de um novo mapa *raster*. As demais células serão transformadas em NODATA. Esta é a questão lógica: o anterior IF > ELSE.

O próximo passo consiste em dirigir essa informação na linguagem do computador (expressão matemática), onde o último passo foi converter a rede de drenagem para um formato *Shapefile* (Figura 3.4).

A descrição geral do relevo da Bacia do rio Juqueri caracterizou-se pelos topos arredondados, vertentes com perfis convexos a retilíneos, drenagem de alta densidade, padrão dendrítico a retangular, vales abertos a fechados, planícies aluviais interiores desenvolvidas (FUSP, 2009).

Figura 3.4 - Mapa da Hidrologia Bacia do rio Juqueri.



Fonte: Autoria própria.

Conforme descrito no Plano de Bacia (FUSP, 2009), também caracterizou-se pela configuração de morros médios e altos de topos convexos, com altimetria compreendida entre 7500 até 1189m e declividades entre 3 a 35%. Essa unidade apresenta solos do tipo podzólico vermelho-amarelo e cambissolos, estando sujeito a fortes atividades erosivas, envolvendo movimentos de massa e erosões lineares em voçorocas.

3.3.3 Classificação supervisionada do uso solos da Bacia do rio Juqueri

Para determinar a pressão ambiental na bacia, foram utilizadas imagens dos sensores Landsat 5, 7 e 8, onde foi necessário utilizar o sensoriamento remoto para gerar os mapas de uso e cobertura do solo da bacia dos períodos dos anos 1986, 1992, 2003, 2011 e 2016.

Estas imagens mostraram as modificações das classes de uso de solo em relação à área ocupada.

Já que para essas análises realizou-se um cruzamento entre os mapas de uso e cobertura do solo para, assim, identificar a dinâmica espacial-temporal que tiveram as alterações dessas classes nos períodos estabelecidos.

Atualmente, foi possível verificar o surgimento de empreendimentos imobiliários residenciais e de lazer destinados aos turistas de fim de semana ou aos que desejam morar em locais com maior qualidade de vida e manter o emprego nos centros urbanos, principalmente na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP).

Esses empreendimentos têm consolidado um processo crescente de ocupação do solo no entorno do reservatório Paiva Castro.

Essa ocupação está acontecendo sem o devido planejamento e já se percebem os impactos negativos para a qualidade e quantidade dos recursos hídricos, devido à perda de área destes na Bacia do rio Juqueri.

3.3.3.1 Uso dos solos anos 1986, 1992, 2003, 2011 e 2016.

Os anos não foram escolhidos ao acaso e nem em função de um critério técnico específico.

Mas foram selecionados em virtude do material disponível que apresentou a melhor qualidade e as melhores imagens do satélite Landsat 5, 7 e 8.

A partir das imagens obtidas foi possível identificar as possíveis mudanças na cobertura do solo para a Bacia do rio Juqueri.

As imagens obtidas pelo satélite são de fácil acesso, pois estão disponíveis gratuitamente no site USGS.

Sendo assim, sabe-se que ao comparar imagens do satélite Landsat 5, 7 e 8, teremos alguns inconvenientes que produzem certos erros como: órbita que se encontra o

satélite/ponto adquirido, data da imagem, as bandas espectrais, elevação solar, azimute solar e a resolução.

Porém, o que procurou-se foi utilizar uma ferramenta gratuita que ajudasse a entender a dinâmica nas mudanças do uso dos solos da Bacia em determinados períodos de tempo e identificar a degradação ambiental por essas mudanças.

As análises para essa pesquisa foram realizadas utilizando unidades funcionais da paisagem do software ArcGIS 10.3.

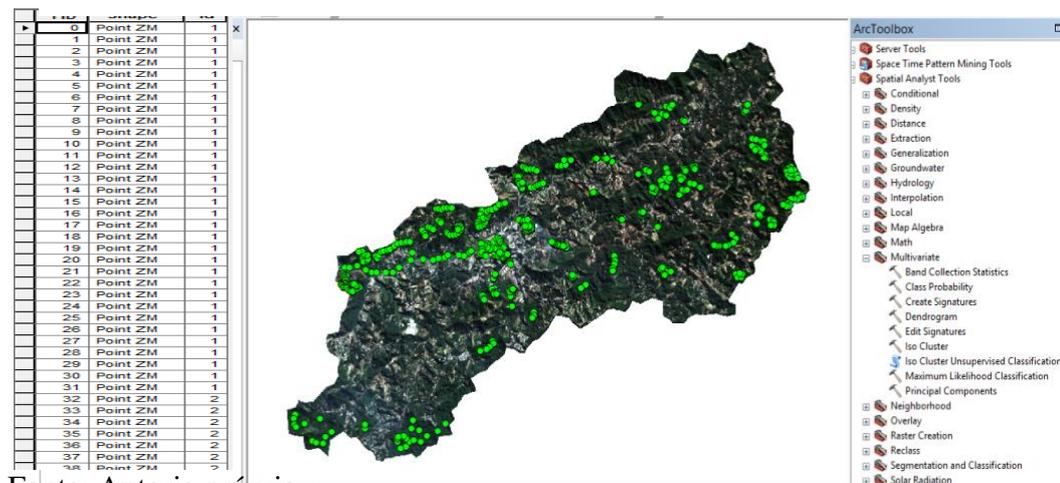
Realizou-se uma classificação inicial não supervisionada para ver quantas classes o software conseguia distinguir com facilidade e qualidade.

Foram realizados ensaios com 10 e 7 classes, porém sem resultados satisfatórios e com problemas para a classificação, onde os melhores resultados foram obtidos ao classificar 6 classes.

O método utilizado foi o (*Iso Cluster*) que utiliza um algoritmo de agrupamento de isodatos para determinar as características dos agrupamentos naturais de células no espaço.

Os atributos multidimensionais armazenaram os resultados num arquivo de assinatura ASCII de saída para posteriormente ser realizada a classificação pelo método (*Maximum Likelihood Classification*) que executa uma classificação de máxima verossimilhança com as 6 classes : 1) corpos d'água; 2) floresta; 3) pastagem; 4) áreas urbanas; 5) solo exposto e 6) áreas agrícolas, em um conjunto de bandas raster e cria um raster classificado como produto (Figura 3.5).

Figura 3.5 - O método de classificação de máxima verossimilhança.



Fonte: Autoria própria.

Visando que as classes de floresta e corpos d'água não mostraram uma variação de valores de refletância nas imagens obtidas, em função das mesmas apresentarem igualdades espectrais nas diferentes cores de verde e azul (que em alguns locais eram muito semelhantes).

Optou-se pela utilização do filtro (*Reflectance with atmospheric correction* - Reflexão com correção atmosférica), ferramenta adicionada aos aplicativos de ArcGIS, o que gerou imagens mais nítidas e detectáveis,

Nas classes de pastagens, áreas urbanas e solos expostos os valores de refletância não diferiram.

Com o intuito de melhorar a visualização das classes de ocupação no mapa definitivo, utilizou-se o mesmo filtro aplicado nas classes de floresta e corpos d'água, melhorando ainda mais os valores de cada pixel, além de ser realizada a correção atmosférica das imagens, no qual gerou mapas do uso de solos de boa qualidade.

3.3.3.1.1 Uso dos solos no ano 1986

Segundo Fadini (2005), ao longo de anos, a paisagem natural da região onde está inserida a Bacia do rio Juqueri, vem se transformando para dar lugar a usos considerados mais viáveis economicamente, ao mesmo tempo em que a maioria da população foi distanciada dos processos decisórios.

Segundo a mesma autora, os períodos econômicos desta região foram marcados por momentos sucessivos de crescimento e estagnação, como na expectativa de industrialização que se contrapõe ao perfil ambiental regional, nos impactos provocados pela construção das rodovias, na problemática ambiental causada pela construção do Sistema Cantareira, na implantação e na ausência de regulamentação das Áreas de Proteção Ambiental (APA) e no turismo que ainda não contemplou de forma efetiva um planejamento participativo.

A ocupação e posterior povoamento dessa região originaram-se no século XVI com o movimento dos Bandeirantes em busca de riquezas nos municípios paulistas e mineiros.

Em decorrência desse movimento, durante os séculos XVI e XVII, teve início um processo de formação de pequenos núcleos nos quais era possível encontrar abrigo e alimentação durante as viagens dos bandeirantes (IBITU, 1998 *apud* FADINI, 2005).

Esse processo histórico influenciaram a constituição da população, que caracterizou-se por uma cultura rústica e que vivia, basicamente, de uma agricultura de subsistência através da produção de milho, feijão, arroz, mandioca, algodão e tubérculos.

As técnicas utilizadas na lavoura eram rudimentares e as estradas eram poucas e de difícil acesso, o que contribuía para limitar o movimento do comércio de gêneros (FADINI, 2005).

Neste período, os impactos ambientais ainda eram pouco significativos, embora já existentes, pois a abertura de caminhos, trilhas e estradas, a agricultura e a pecuária de subsistência implicavam na derrubada de trechos de floresta e desgaste do solo.

Apesar de não ter sido tão intensa quanto em outras áreas do estado, atividades mercantis açucareiras e pecuárias contribuíram para o desenvolvimento inicial da região na segunda metade do século XVIII e início do século XIX, já que antes a economia era basicamente de subsistência.

Ainda, o período da cana de açúcar na região foi curto e essa atividade já se encontrava em decadência no início do século XIX (SEDAE, 2005 apud FADINI, 2005).

Entretanto, a cultura deixou como herança o aumento da degradação ambiental, consequência de um manejo inadequado dos recursos naturais (FADINI, 2005).

Segundo a mesma autora, o início da industrialização na região, a partir de 1930 e intensificada em torno de 1960, permitiu que bairros rurais regionais se tornassem importantes áreas no atendimento das atividades complementares aos núcleos urbanos, como o incremento do gado, da batata e o trabalho em olarias.

Sendo esta última à propulsora da introdução de uma espécie exótica, o eucalipto, para a produção de lenha e carvão.

Este quadro impulsionou uma silvicultura itinerante ou uma “agricultura da lenha”, que se mantém até os dias atuais, na qual o eucalipto vem ocupando áreas de pasto, de matas em regeneração e antigas áreas de produção agrícolas já desgastadas (FADINI, 2005).

A industrialização também constituiu-se como um novo período de formação econômica para a região.

Este período (décadas de 1960 e 1970) possibilitou maior investimento em infraestrutura, que foi muito evidente no município de Nazaré Paulista com a construção da rodovia Dom Pedro I, em Mairiporã com a rodovia Fernão Dias e dos reservatórios do Rio Atibainha e Paiva Castro por parte do Sistema Cantareira de abastecimento.

Este último trouxe com ele o aumento do êxodo rural, como consequência de grandes desapropriações de terras que foram necessárias para construção dos reservatórios, desemprego, pobreza e alterações dos recursos hídricos disponíveis.

Embora essas duas intervenções antrópicas ocorridas nesta época na região tenham facilitado a comunicação com grandes centros urbanos, conferindo um maior dinamismo econômico, os problemas ambientais também vieram junto como o desmatamento, desvio de rios, supressão de nascentes e alteração do relevo devido aos taludes (HOEFFEL et al., 1999).

O autor Fadini (2005), também identificou outro aspecto da presença das rodovias na região.

O acesso facilitou e intensificou o tráfego de mercadorias e pessoas despertaram interesse de novos moradores por estas localidades, atraídos por terrenos com baixos preços, tranquilidade ainda maior do que a de seus locais de origem e, sobretudo, pelas belezas naturais ainda existentes.

Segundo as imagens de satélite estudadas nessa pesquisa, a Bacia do rio Juqueri ainda apresenta uma boa porcentagem de floresta, com 67,25% do total da área da bacia.

Há que se considerar, no entanto, que a mata ciliar foi substituída por culturas de eucaliptos para a obtenção de lenha, utilizada para suprir as necessidades das olarias que produziam uma quantidade significativa de tijolos para a grande metrópole de São Paulo.

Acredita-se que por este motivo, a imagem satélite do Landsat 5 referente ao ano de 1986, mostrou boa quantidade de floresta, já que a silvicultura, com a introdução do eucalipto (por seu fácil e rápido crescimento) ocupou as áreas de pastagem e antigas áreas de produção agrícolas de baixa produtividade.

Segundo Mantovani (2003), na bacia existiam áreas e loteamento com pastos para a criação de gado em pequena escala, com pastagem e pequenos rastros de vegetação de Mata Atlântica (Tabela 3.6 e Figura 3.7).

De acordo com os autores, as pastagens representavam 19,45% da área total da bacia, no ano referido.

Nessa pesquisa foi encontrada uma área de 24,45% da área total segundo a imagem de satélite.

Tabela 3.6 - Valores em % do uso do solo da bacia Juqueri.

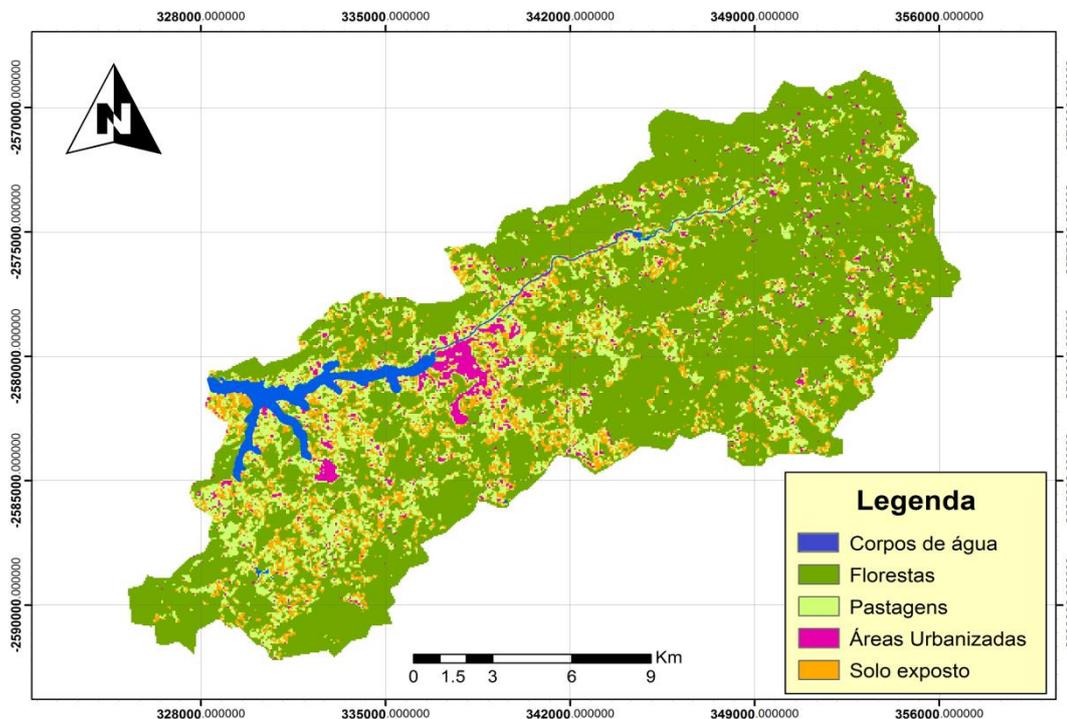
% Classes	Anos				
	1986	1992	2003	2011	2016
Corpos d'água	1,1	1,08	1,01	0,96	0,68
Floresta	67,25	63,85	61,92	60,75	51,37
Pastagem	24,45	9,28	7,88	15,7	15,22
Áreas Urbanas	4,02	7,19	9,99	13,04	17,51
Solo exposto	2,68	17,8	18,2	7,05	11,26
Área agrícola	0,5	0,8	1	2,5	3,96
Total	100	100	100	100	100

Fonte: Autoria própria.

Encontra-se também uma boa parte da área (904 ha) da bacia com problemas de solos expostos.

Estes são muito susceptíveis a qualquer tipo de erosão, e pode ter sido consequência das necessidades de solo para a produção de tijolos das olarias que eram muito comuns nessa época (Tabela 3.6).

Figura 3.6 - Ocupação de solos da Bacia do rio Juqueri no ano de 1986



Fonte: Autoria própria.

Tabela 3.7 - Valores em hectares do uso do solo da Bacia do rio Juqueri

hectares Classes	Anos					Total área 1986 - 2016
	1986	1992	2003	2011	2016	
corpos d'água	371	364	341	324	229	-142
Floresta	22673	21526	20876	20481	17319	-5354
Pastagem	8243	3129	2657	5293	5131	+3112
Áreas Urbanas	1355	2424	3368	4396	5903	+4548
Solo exposto	904	6001	6136	2377	3796	+2893
Áreas agrícolas	169	270	337	843	1335	+1167
Total	33714	33714	33314	33714	33714	

Os valores em vermelho são as áreas que tem sido áreas estão sendo diminuídas.

Fonte: Autoria própria.

3.3.3.1.2 Uso e ocupação dos solos no ano 1992

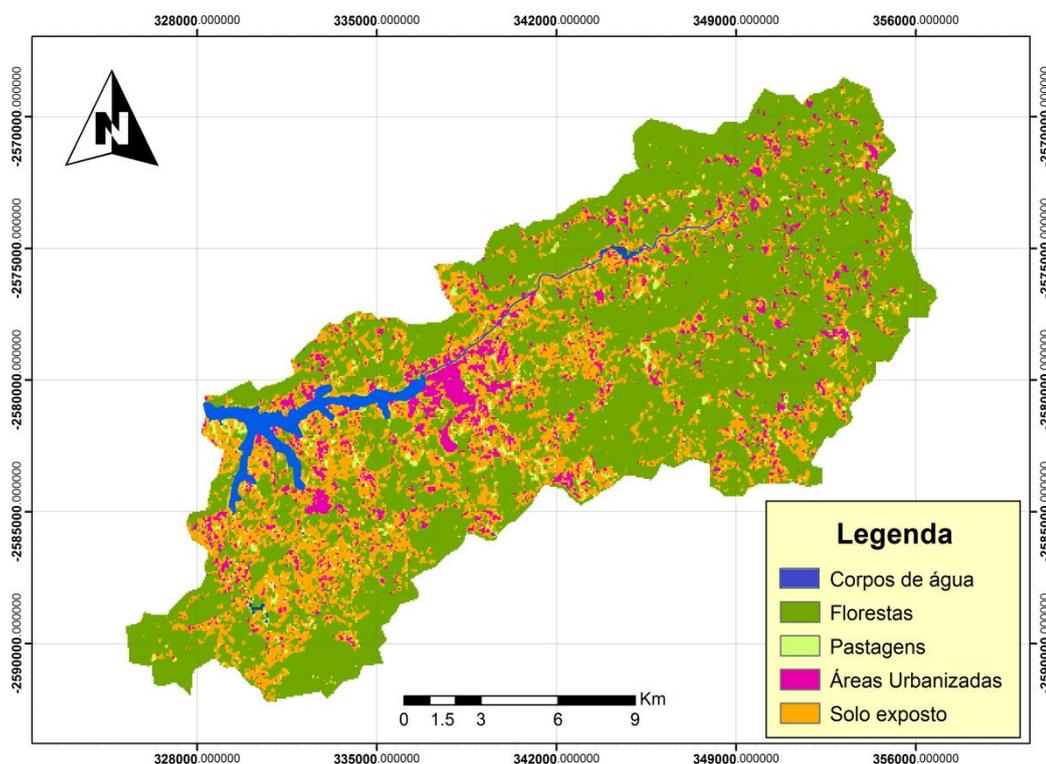
Apesar da desarticulação das atividades econômicas anteriormente existentes (pecuária, reflorestamento com eucalipto e produção de carvão) à construção da rodovia e do reservatório Paiva Castro subsiste ainda vestígios e impactos destas obras na região.

Ao mesmo tempo, pessoas provenientes da Região Metropolitana de São Paulo encontram-se no meio rural do município em busca de maior tranquilidade, em propriedades de finais de semana ou mesmo em residências fixas ou então, proprietários rurais que moram nas cidades próximas e que utilizam a propriedade rural para a produção agrícola e pecuária.

Este último caso, ocorre em grande parte pela espera de valorização das terras para loteamento e venda (FADINI, 2005).

Desta forma, as áreas onde essas atividades mais tradicionais eram desenvolvidas misturam-se às áreas de lazer, de turismo e de propriedade de novos moradores, provocando interações complexas e, às vezes, tensas entre populações com interesses, visões de mundo e estilos de vida muito diferentes (HOEFFEL, 2004) (Figura 3.7).

Figura 3.7 - Ocupação de solos da Bacia do rio Juqueri no ano de 1992



Fonte: Autoria própria.

Segundo Hoeffel et al., (2004) a existência de atividades, como o reflorestamento (com eucalipto) para a produção de carvão, além da construção da rodovia e do reservatório, fez com que São Paulo visasse o município de Mairiporã como um grande potencial para o setor imobiliário, pois com o reservatório esse teria uma grande beleza cênica.

Isso teve como consequência um aumento no valor dos terrenos, bem como na multiplicação de loteamentos para a venda, o que gerou um aumento populacional na área urbana da região, que de 4,02 % da área total da bacia no ano de 1986, quase duplicou em 6 anos, passando a 7,19 % da área total para o ano 1992.

Obviamente, isso foi o começo da diminuição crescente das classes como floresta, a qual retraiu-se em 3,4 % sua área ; da classe corpos d'águas, decresceu 0,02%; e o solo exposto, aumentaram em 15,12 % nos mesmos anos.

Acredita-se que os terrenos passaram a serem destinados à construção de casas e demais edificações urbanas (Tabela 3.8)

3.3.3.1.3 Uso e ocupação dos solos no ano de 2003

Todas as intervenções antrópicas que ocorreram na região, como a construção da rodovia Fernão Dias e do reservatório Paiva Castro na década de setenta, provocaram significativas mudanças econômicas e ambientais no município de Mairiporã (HOEFFEL et al., 1999).

A construção dessa rodovia destinava-se a interligar a grande São Paulo com Belo Horizonte e a construção do reservatório Paiva Castro tinha o objetivo de garantir o suprimento de água potável à Grande São Paulo.

A Bacia hidrográfica do rio Juqueri estava sendo inserida em uma área de intensos conflitos socioambientais em função de diversas características.

Segundo Hoeffel et al., (2004), dentre estas características podem-se destacar o fato dessa bacia integrar-se com outra bacia hidrográfica de grande importância econômica, pois essa faz parte fundamental do Sistema Cantareira de abastecimento de água.

O mesmo autor ainda coloca que, embora a região venha consolidando um importante polo turístico e com um intenso processo de urbanização, a população local parece não perceber ou não ter conhecimento das peculiaridades ambientais da região que impulsionam em grande parte o turismo que se desenvolve atualmente.

Tabela 3.8 - Dinâmica do uso do solo em % das classes resultantes do uso de solo na Bacia do rio Juqueri.

	1986	1992 - 1986	1992	2003 - 1992	2003	2011 - 2003	2011	2016 - 2011	2016	TOTAL	ÁREA
Corpos d'água	1,1	-0,02	1,08	-0,07	1,01	-0,05	0,96	-0,28	0,68	-0,42	-141,599
Floresta	67,25	-3,4	63,85	-1,93	61,92	-1,17	60,75	-9,38	51,37	-15,88	-5353,783
Pastagem	24,45	-15,17	9,28	-1,4	7,88	7,82	15,7	-0,48	15,22	-9,23	-3111,802
Áreas Urbanas	4,02	3,17	7,19	2,8	9,99	3,05	13,04	4,47	17,51	13,49	4548,019
Solo exposto	2,68	15,12	17,8	0,4	18,2	-11,15	7,05	4,21	11,26	8,58	2892,661
Área agrícola	0,5	0,3	0,8	0,2	1	1,5	2,5	1,46	4	3,46	1166,504

Fonte: Autoria própria.

Outro fator importante à ordenação histórica da paisagem foi o fato de diversas porções de propriedades rurais terem sido inundadas pela construção do reservatório, sendo seus proprietários, na ocasião, indenizados pelo Estado.

Entretanto, a falta de alternativas de subsistência fez com que grande parte da população acabasse migrando para os centros urbanos da região, entre eles Bragança Paulista, Atibaia e Guarulhos.

Alguns dos proprietários permaneceram ao redor do reservatório e vêm encontrando no turismo uma opção de atividade remunerada para ser desenvolvida nas suas propriedades.

Outra atividade que ganhou muita força na região foi à silvicultura, que hoje ocupa extensas áreas no Sistema Cantareira e continua em expansão (WHATELY; CUNHA, 2007).

Esta situação evidencia enormes riscos existentes para a qualidade da água do reservatório Paiva Castro, bem como a necessidade de intensificar os procedimentos que podem garantir a conservação e a recuperação dos seus recursos hídricos.

De acordo com os dados obtidos, no ano de 2003, novamente os corpos d'água perderam 0,07 % da sua área em relação ao ano de 1992, a floresta perdeu 1,93 % e as áreas de pastagem perderam 1,4%. As classes de áreas urbanas e solo exposto aumentaram suas áreas em 2,8 % e 0,4% (Tabela 3.8).

Portanto, os aspectos da ocupação de solos da Bacia do rio Juqueri para o ano 2003 apresentam uma paisagem formada por mosaicos, onde apenas casualmente há continuidade de aparência entre uma propriedade rural e outra, o que revela intervenção humana e a descontinuidade dos ecossistemas (ALMEIDA JR et al., 2008) (Figura 3.8).

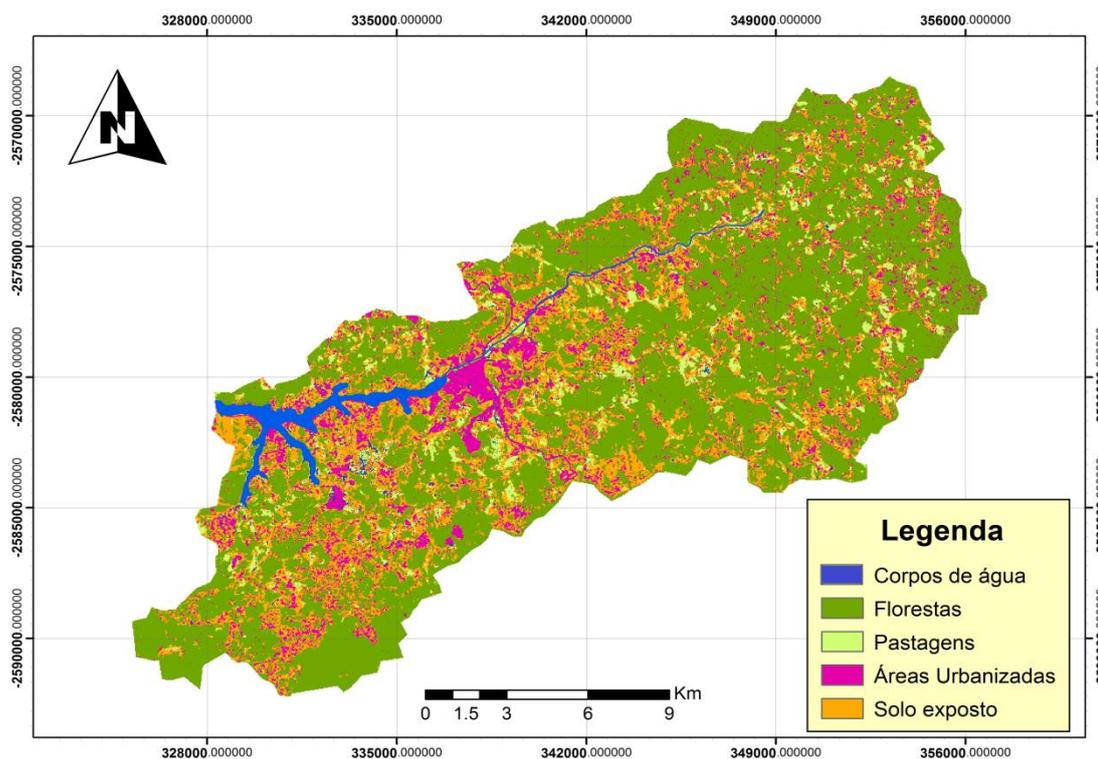
Cabe ressaltar que dados presentes na tabela construída a partir de Whately e Cunha (2007) a qual visa explicar o uso do solo da Bacia do rio Juqueri para o ano de 2003, mostra dados coerentes com os dados obtidos nesta pesquisa.

A Tabela 3.8 apresenta distribuição das categorias de uso do solo por bacias formadoras do Sistema Cantareira para o ano 2003, onde a área de usos urbanos representou 9,3% da área total da Bacia do rio Juqueri.

Já o resultado da imagem analisada para o ano de 2003 no presente estudo representou o 9,99 % da área Urbana.

Os dados referentes aos corpos d'água também resultaram semelhantes: representam o valor de 1,4 % no estudo de Whately e Cunha (2007), similar ao dessa pesquisa que apresentou um valor de 1,01% (Tabelas 3.8 e 3.9).

Figura 3.8 - Ocupação de solos da Bacia do rio Juqueri no ano de 2003



Fonte: Autoria própria.

Assumindo que para Whately e Cunha (2007) os usos antrópicos e a vegetação natural seriam os pastos e a floresta, novamente encontramos um valor coerente com os obtidos em nossa análise, visando que, de acordo com os referidos autores, essas classes somadas dariam o resultado de 89,2%, e na nossa pesquisa encontramos um valor de 85,8% para a Bacia do rio Juqueri no ano de 2003.

Por último, as diferenças entre os usos de solo achados pelos autores e os encontrados nesse estudo, podem ser explicadas pelo tamanho da imagem de satélite analisada, já que os autores anteriormente nomeados utilizaram imagens para caracterizar a distribuição das categorias de uso do solo, para as bacias formadoras de todo o sistema Cantareira no ano de 2003. O que acarretaria alguma variação nos valores obtidos para essa pesquisa.

No presente estudo, foi analisada apenas a Bacia do rio Juqueri, o que daria muito mais precisão nos dados obtidos no uso de solos para esse ano.

3.3.3.1.4 Uso e ocupação dos solos no ano de 2011

Segundo o Plano Diretor do município de Mairiporã, a cobertura natural antigamente era dominada por formações florestais, que hoje em dia vêm sendo substituídas gradativamente por núcleos urbanos, reflorestamentos e agroecossistemas.

Em decorrência do desmatamento, a fauna desses ambientes, outrora essencialmente hilófila (de ambiente florestal), sofreu redução expressiva da diversidade original e da distribuição espacial, resultante da perda de habitat.

A substituição de florestas por áreas antrópicas favoreceu o desenvolvimento e predomínio de espécies hemerófilas, ou seja, que habitam em áreas antropizadas, de hábitos alimentares generalistas e oportunistas (IPT, 2011)

A Bacia do rio Juqueri, segundo Whately e Cunha (2007), é a antepenúltima bacia com menor porcentagem de usos antrópicos e segunda maior bacia (depois de Jaguari) com vegetação natural em comparação com as outras bacias formadoras deste Sistema (Tabela 3.9).

Tabela 3.9 - Distribuição das categorias de uso do solo por bacias formadoras do Sistema Cantareira 2003.

Bacia	Usos Antrópicos ¹		Usos Urbanos ²		Vegetação Natural ³		Corpos d'águas		Outros	
	Área ha	%*	Área ha	%*	Área ha	%*	Área ha	%*	Área ha	%*
Atibainha	20,683,70	65,7	895,40	2,8	7,871,10	25	1,832,00	5,8	194,70	0,6
Cachoeira	31,097,40	79,4	310,10	0,8	6,867,20	17,5	672,00	1,7	220,60	0,6
Jacarei	14,026,70	69,1	598,50	2,9	2,352,40	11,6	3,227,20	15,9	85,80	0,4
Jaguari	74,757,10	72,41	2,490,90	2,4	18,285,20	17,7	515,10	0,5	7,195,20	7
Juqueri	17,638,90	52,2	3,140,20	9,3	12,488,30	37	472,80	1,4	30,80	0,1

Fonte: Modificado de Whately e Cunha (2007)

Uso do solo obtido a partir de interpretação de imagem de satélite Landsat (Fonte: ISA, 2003). *Em relação à área total de cada bacia formadora do Sistema Cantareira em 2003.

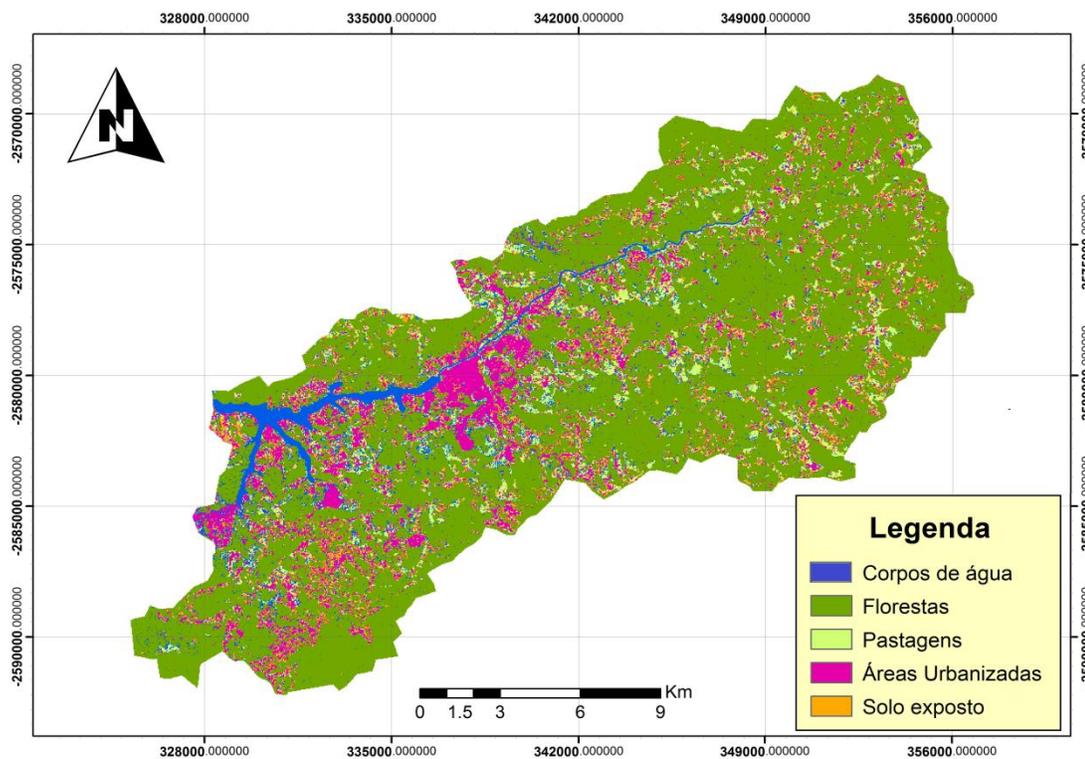
1. Agricultura, campo antrópico, indústria, lazer, mineração, reflorestamento e solo exposto;
2. Ocupação urbana de alta e média densidade, ocupação dispersa e condomínios;
3. Campo de altitude, campo cerrado, várzea, Mata Atlântica secundária em estágio médio ou inicial, e mata atlântica secundária em estágio avançado ou primária.

Ditt (2008) afirma que a grande proporção de floresta ainda presente na região, em comparação aos 7% de Mata Atlântica existente em todo país, deve-se à limitação da expansão agrícola pelo relevo local acidentado e as restrições legais para uso do solo em função da presença dos reservatórios de água.

Além se identifica um aumento na área de pastagem para este ano, que passou de 7,88% no ano de 2003 para um 15,7 % para o ano 2011.

Este fenômeno poderia ter acontecido devido ao crescimento de pastagem de algumas áreas de solo exposto, já que a classe diminuiu de 18,2 % do ano 2003 para um valor de 7,05 % no ano de 2011, protegendo os solos susceptíveis à erosão (Figura 3.9).

Figura 3.9 - Ocupação de solos da Bacia do rio Juqueri no ano de 2011



Fonte: Autoria própria.

Muitos dos valores obtidos nessa pesquisa dos mapas de uso do solo da bacia, foram confrontados, avaliados e validados segundo os resultados obtidos no documento “Atlas de Uso e Ocupação do Solo do Município de Mairiporã” de 2006, que mostrou resultados de mapas de áreas urbanas.

Lembrando que, para a classe de floresta, juntaram-se as classes do Atlas (Mata, Capoeira, Vegetação de várzea, e Reflorestamento) com valores de 49,7 %, 11%, 0,22% e 8,52%, respectivamente, dando um total de 69,64% de floresta (Tabela 3.10).

Tabela 3.10 - Validação mapa 2011 com o Atlas de Uso e Ocupação do Solo de Mairiporã.

Classes	Atlas de Uso e Ocupação do Solo de Mairiporã	Uso solo 2011	
Floresta	Mata	49,7	
	Capoeira	11	
	Vegetação de várzea	0,22	
	Reflorestamento	8,52	Total 60,75
	Total	69,64	
Agricultura,	Hortifrutigranjeiro	0,39	Total 2,5
Solo exposto	Loteamento desocupado	0,22	
	Mineração	0,28	
	Movimento terra	0,25	
	Campo	10,20	Total 7,05
	Total	10,95	
corpos d'água	Espelhos de água	1,27	Total 0,96
Pastagens	Chácara	15,04/2	
	Metade área urbana	7,02	Total 15,7
Área Urbana	Favela	0,001	
	Área urbana	2,04	
	Equipamento urbano	0,36	
	Indústria	0,25	
	Rodovia	0,15	
	Outros usos	0,05	Total 13,04
	Total	2,85 + 7,02 = 9,87	

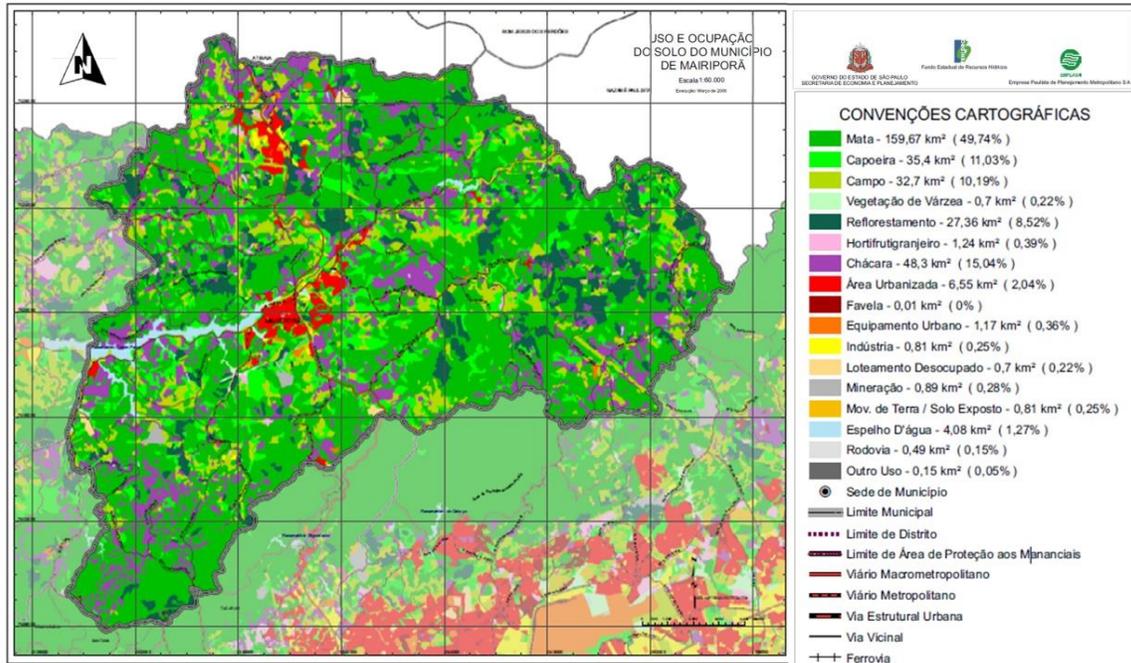
Fonte: Modificado de Atlas de Uso e Ocupação do Solo de MAIRIPORÃ (2006).

É necessário afirmar que este valor de floresta é maior, quanto comparado aos dados desta pesquisa, pois os valores do atlas disponibilizam simplesmente o valor do município de Mairiporã (Figura 3.8 - II), e nesta pesquisa foi estudada a Bacia do rio Juqueri que contém outros municípios.

Com o intuito de melhorar esses valores, incorporou-se e georeferenciou-se a imagem do Atlas do uso de solo do município de Mairiporã no software ArcGIS 10. Para ser classificada,

essa imagem obteve valores similares com os obtidos no mapa de uso dos solos para o ano 2011 (Figura 3.10).

Figura 3.10 - Uso e ocupação de solos do município de Mairiporã 2006



Fonte: Modificado de Atlas de Uso e Ocupação do Solo de Mairiporã (2006).

Para o ano de 2011, a dinâmica no uso dos solos da Bacia do rio Juqueri mostrou novamente aumentos nas classes de uso antrópico.

A classe de áreas urbanas evidenciou um incremento de 3,05% e a classe área agrícola 1,5 %, mostrando degradação contínua de a bacia no transcorrer do tempo.

Já a classe de corpos d'água diminuiu 0,05%, e a de floresta 1,17%, evidenciando a pressão ambiental.

A área da classe de solo exposto diminuiu em 11,15 %, podendo-se afirmar que essa porcentagem foi distribuída no incremento de áreas de pastagem que aumentou em 7,82% e na área urbana (Tabela 3.8).

3.3.3.1.5 Uso e ocupação dos solos no ano de 2016

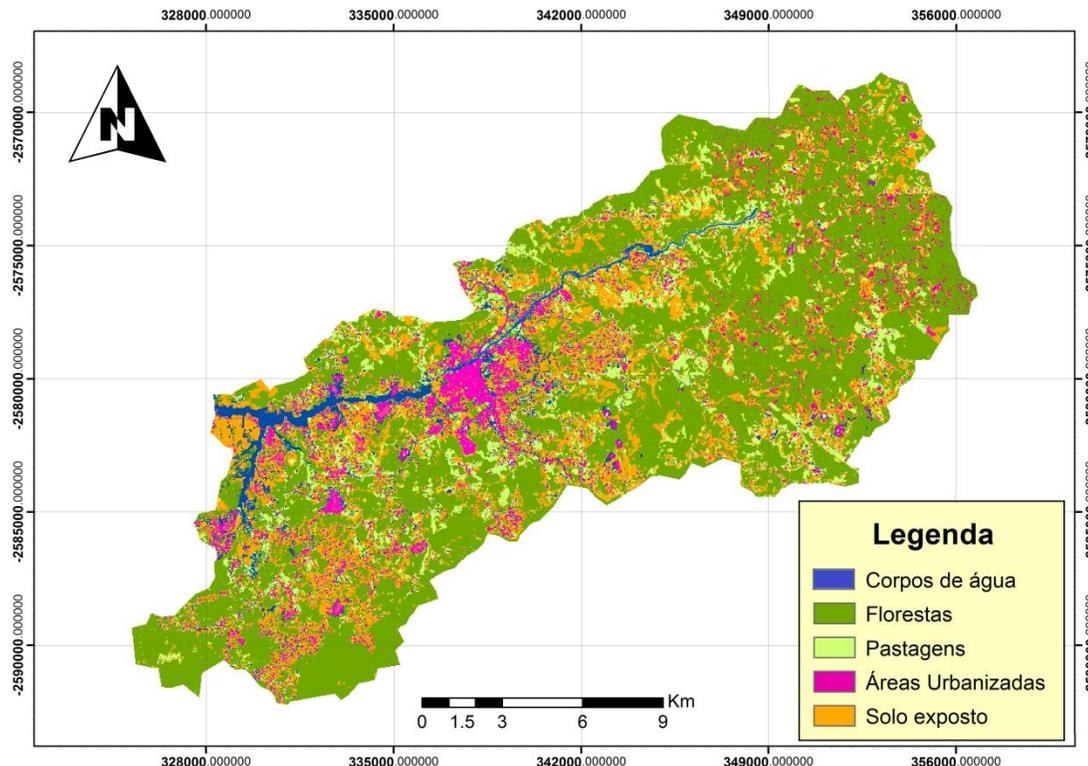
A situação da Bacia do rio Juqueri para o ano de 2016 é o resultado de longos processos de mudanças no uso do solo.

De certa forma, a distribuição da rede de drenagem, os diferentes processos erosivos, a formação do reservatório Paiva Castro e sua dinâmica com os aquíferos subterrâneos, além da distribuição da vegetação e outros elementos físicos que interferem na organização e ocupação da área urbana e pastos, relacionam-se ao uso do solo da bacia.

Sendo de grande importância entender as interações dos usos e a estruturação paisagística, sua degradação e a pressão ambiental atual.

Sendo assim, esta Bacia está passando por processos degradantes de ocupação antrópica nos últimos 30 anos, o que está causando graves reflexos ambientais, como a diminuição de floresta e degradação dos recursos hídricos em quantidade e qualidade (Figura 3.11).

Figura 3.11 - Ocupação de solos da Bacia do rio Juqueri no ano de 2016



Fonte: Autoria própria.

O reservatório Paiva Castro sofre uma contínua degradação, pois sua área diminui paulatinamente.

De acordo com os dados obtidos por esta pesquisa, o reservatório conta agora com menos de 0,28% de área de todos os recursos hídricos da bacia (Tabela 3.9).

Reconhecendo que o reservatório é uma das maiores riquezas da Bacia, questiona-se a construção de casas ao seu redor construídas recentemente, atraindo muitos turistas e fazendo com que a área urbana cresça sem um devido planejamento.

3.3.3.2 Degradação Ambiental no uso de solos da Bacia do rio Juqueri

Os mapas evidenciam resultados do progressivo aumento de áreas urbanas e diminuições de áreas florestais e áreas ocupadas pelos recursos hídricos, que de fato demonstram uma degradação ambiental no transcurso dos anos.

Valores na área da classe corpos d'água diminuíram 142 ha desde 1986 até 2016, ou seja, foi perdida uma área de 0,42%.

A classe de floresta diminuiu 5354 ha nos mesmos 24 anos, o que em porcentagem representa uma perda de 15,88%, valor relevante para este estudo (Tabela 3.9) (Figura 3.7).

A área coberta por pastagem diminuiu 3111 ha, o que em porcentagem seria 9,23%.

O contrário ocorreu para a área urbana e o solo exposto, que aumentaram sua área em 4548 ha e 2893 ha, respectivamente, o que em porcentagem representa um aumento de 13,49% e 2,9%.

Estas duas classes são as mais impactantes, ao se ampliar a área urbana, e no caso da industrialização, aumentam os problemas de gerenciamento de recursos (água, solos e ar).

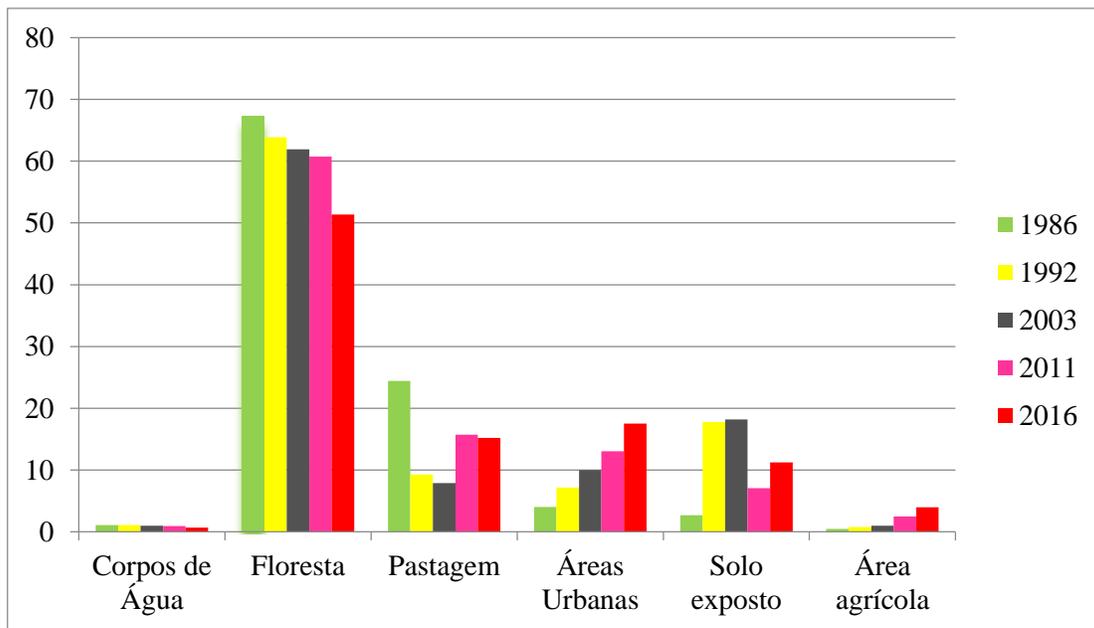
Ao aumentar a classe do solo exposto aumenta-se também o risco de perda de solo, que, no final, afetará o reservatório Paiva Castro na quantidade, disponibilidade e características dos sedimentos como aporte de possíveis erosões hídricas (Tabela 3.9).

Por mais que o valor da diminuição da área dos corpos d'água seja só 0,42 %, o uso de solos tem uma relação direta com o fluxo de água da área do Parque Estadual Juqueri e da bacia Juqueri, que é drenada pelo rio Juqueri e seus afluentes, além de abranger um fluxo de águas provenientes do Sistema Cantareira, composto pelas Bacias Atibainha, Cachoeira, Jacarei,

Jáguari e Juqueri, responsável por 56,70% do abastecimento de água da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP).

O uso da área da Bacia do rio Juqueri na barragem é regida pela Lei de Proteção dos Mananciais – Lei Estadual nº 9.866, de 28/11/1997. Mas, mesmo assim, está sendo comprimida (Figura 3.12).

Figura 3.12 - Mudanças no uso e ocupação de solos da bacia do Juqueri



Fonte: Autoria própria.

Ressalta-se que, assim como vem acontecendo uma diminuição das áreas dos corpos d'água, vem aumentando a bioacumulação e biodisponibilidade de determinados poluentes no reservatório Paiva Castro.

O que ocasiona impactos sobre a saúde dos seres vivos, incluindo os invertebrados e as pessoas usuárias do abastecimento por esse reservatório, pois o nível atual desse é de 19,9 % do nível total do reservatório (CEMADEN, 2016).

3.3.4 Aplicação do índice de transformação antrópica (ITA)

O ITA tem o objetivo de quantificar a pressão antrópica sobre as bacias hidrográficas.

Ao aplicar o ITA identificou-se impactos causados pelo uso de solos e a ocupação desses não planejadas, determinando-se um grau de deterioração na sua paisagem e ajudando na identificação de áreas sensíveis à degradação ambiental.

Os pesos dados se deram a partir do Anexo 1 para aplicar o ITA para as classes do uso do solo da bacia foram:

- **Corpos d'água (CA):** o peso dado foi de 3, devido a problemas de enchentes e a permanência de áreas alagadas os quais podem propiciar a proliferação de mosquitos e doenças; se aclara que este peso não tira a importância de ter grandes áreas de recursos hídricos.
- **Floresta (F):** o peso dado foi de 2, devido a possíveis queimadas que podem acontecer acidentalmente emitindo carbono, erosão de solos com teores de metais, e aportes de matéria orgânica;
- **Pastagens (P):** o peso dado foi de 7, devido à expansão de áreas para gado, o que possibilita o desmatamento. Essas áreas, progressivamente, passam a serem áreas de solo exposto além de apresentarem outros problemas, como sobrepastoreio, compactação e erosão criada pela ação do gado e produção de metano;
- **Áreas Urbanas (AU):** o peso dado foi de 9, devido à expansão urbana desordenada, instalação de indústrias, avenidas asfaltadas e impermeabilização de solos;
- **Solo Exposto (SE):** o peso foi de 8, devido à perda de solo e camada fértil desse, além da perda de nutrientes e matéria orgânica, poluição de recursos hídricos por assoreamento e sedimentação, erosão, disponibilidade de N, P, metais e outros elementos;
- **Área agrícola (AA):** peso 7, devido à perda de solo, perda de nutrientes e matéria orgânica, poluição de recursos hídricos por assoreamento e sedimentação, erosão, disponibilidade de nutrientes, pesticidas e agrotóxicos.

Referente aos valores finais da aplicação do ITA, afirma-se que quanto maior o valor, maior o impacto, ou seja, nota-se que as classes como área urbana, solo exposto e áreas agrícolas aumentaram seu valor no transcorrer do tempo, significando que a degradação tem sido contínua.

Esse incremento mostra a prioridade das classes da bacia que precisam ser trabalhadas para, futuramente, diminuir os impactos pelas atividades antrópicas.

A Tabela 3.11 mostra os resultados do ITA, que variou de 3,7, no ano de 1986 e foi para 4,87, no ano de 2016, evidenciando que ocorreu a degradação 76 % a partir do ano de 1986.

A Figura 3.11 identifica a dinâmica sofrida pela bacia nos anos estudados e, novamente, fica muito nítida a diminuição da classe floresta.

Observou-se, também, um aumento na classe de pastagem. Existiu também variabilidade na classe de solo exposto, que tendo sofrido inicialmente uma diminuição, aumentou no ano de 2016 ultrapassando, inclusive, os valores apresentados em 1986 e 2011.

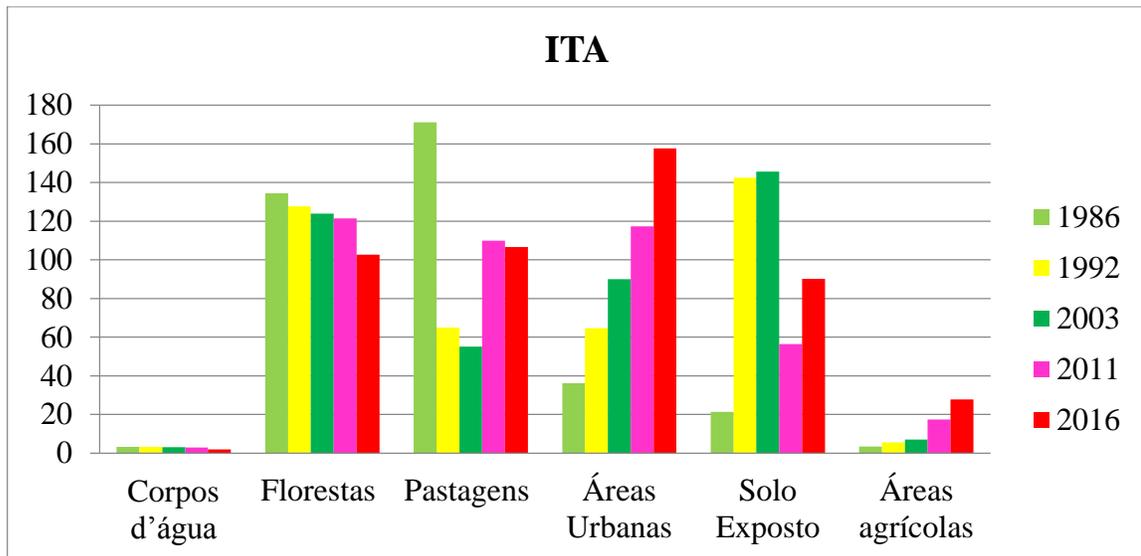
Pelo qual, existe uma leve diminuição consecutiva dos valores da classe nos corpos d'águas através dos anos.

É alarmante identificar a pressão ambiental nas mudanças no uso dos solos, pois os maiores impactos foram registrados no período dos anos de 2011 até 2016, período no qual obtiveram-se os maiores valores de perdas em áreas de classes muito importantes com os corpos d'água e as florestais em qualquer bacia. (Figura 3.15)

Em específico as perdas aconteceram nas classes de floresta, pastagem e corpos d'água, processo acompanhado de aumentos nos valores do ITA de áreas degradantes de classes de solo exposto que passou do ano de 2011 de 56,4 para 90,08 em 2016 e onde a área urbana passou de 117,36 no ano de 2011 para 157,59 nos anos de 2016. Isto mostrando uma clara e progressiva degradação ambiental da bacia (Tabela 3.13).

Cabe ressaltar que o ITA identificou a classe mais importante com um valor de 171,15 no ano de 1986, sendo esta classe muito relevante no planejamento a futuro da bacia para sua gestão e melhoramento ambiental (Figura 3.13).

Figura 3.13 - Valores do ITA da Bacia do rio Juqueri no ano de 2016



Fonte: Autoria própria.

Sendo assim, classificou-se, segundo o ITA, a Bacia do rio Juqueri como uma bacia *Regularmente Degradada*, mantendo-se nesse nível de degradação regular nos últimos 30 anos.

Porém, os valores de ITA vêm aumentando, o que demonstra uma intensificação na pressão e degradação ambiental que a bacia e seus recursos hídricos estão suportando (Tabela 3.11).

Tabela 3.11 - Valores finais do ITA.

Classes	1986	1992	2003	2011	2016
Corpos d'água	3,3	3,24	3,03	2,88	2,04
Florestas	134,5	127,7	123,84	121,5	102,74
Pastagens	171,15	64,96	55,16	109,9	106,54
Áreas Urbanas	36,18	64,71	89,91	117,36	157,59
Solo Exposto	21,44	142,4	145,6	56,4	90,08
Áreas agrícolas	3,5	5,6	7	17,5	27,72
Total	370	409	425	426	487
Classificação ITA	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular

Fonte: Autoria Própria.

O resultado do ITA é dividido por 100 segundo equação proposta por Lèmechev (1982) que quantificando o grau de antropização na Bacia do rio Juqueri.

3.4 CONCLUSÕES

O aumento populacional da área urbana, acompanhada de diversas interferências antrópicas ligadas ao mau uso do espaço urbano, fazem com que a Bacia do rio Juqueri esteja submetida a uma forte pressão ambiental.

A Bacia do rio Juqueri é uma área que passou por um processo degradante de ocupação antrópica nos últimos 30 anos, que está causando graves reflexos ambientais, como a diminuição de floresta e degradação dos recursos hídricos em quantidade e qualidade.

O reservatório Paiva Castro é uma das maiores riquezas desta bacia e também está sofrendo impactos devido às construções de prédios e condomínios ao seu redor, processo que acelera o crescimento da área urbana sem o devido planejamento.

Esse fenômeno de crescimento urbano vem acompanhado de redes de esgotos que não são tratados e serão despejados no reservatório.

Atualmente, na bacia, os terrenos são considerados de menor preço quando comparados aos valores da RMSP, além da tranquilidade da zona e da beleza natural que o reservatório oferece. Este fenômeno está aumentando exponencialmente as áreas urbanas nos últimos anos.

As evidências nos mapas resultantes desta pesquisa demonstram progressivas diminuições nas áreas com camada florestal, pastagens e das áreas ocupadas pelos recursos hídricos, que demonstram uma pressão e degradação ambiental no transcurso dos anos.

Acompanhado de perdas da cobertura natural que está sendo substituída gradativamente por núcleos urbanos e agroecossistemas.

Foram identificadas várias consequências por estas mudanças no uso de solos, como: a impermeabilização do solo que limita a infiltração de água para recarga subterrânea, a propensão às enchentes nas zonas vizinhas a deságues, rios e córregos, problemas nos sistemas de drenagem, mau planejamento urbano com invasão na área urbana do leito necessário para amortizar as enchentes, carregamento de poluentes persistentes, veiculação hídrica de doenças, e o depósito de metais persistentes nos sedimentos do reservatório Paiva Casto.

Infelizmente, o crescimento das áreas urbanas tem influenciado muito na diminuição dos corpos hídricos da bacia e no reservatório Paiva Castro, que sofre paulatinamente uma contínua degradação.

Quando referimo-nos sobre os aumentos nos valores nos últimos 30 anos das áreas urbanas, das áreas de solo exposto e das áreas agrícolas, vemos também incrementos nos problemas por processos erosivos que, no final, afetam o reservatório Paiva Castro na quantidade, disponibilidade e características dos sedimentos.

Geralmente, esses solos erodidos contêm agroquímicos, pois foram, anteriormente, utilizados para produção agrícola, além de conter defensivos químicos empregados no controle de pragas.

Muitos dos valores obtidos nessa pesquisa a partir dos mapas de uso do solo da Bacia do rio Juqueri foram confrontados, avaliados e validados segundo os resultados obtidos no documento “Atlas de Uso e Ocupação do Solo do Município de Mairiporã” de 2006, que mostrou resultados similares para as classes adotadas para esta pesquisa mostrando um bom uso de técnicas de geoprocessamento para estudos ambientais.

Isso garantiu verdadeiros valores sobre as mudanças que aconteceram nas classes de uso dos solos da Bacia do rio Juqueri nos últimos 30 anos e uma ótima aplicação do ITA.

Conclui-se que, segundo o ITA, a Bacia do rio Juqueri é uma bacia *Regularmente Degrada*, mantendo nesse nível de degradação regular nos últimos 30 anos.

Porém, os valores de ITA vêm aumentando com os anos, mostrando uma forte intensificação da pressão e degradação ambiental na Bacia e em seus recursos hídricos.

3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA CE, FOLLY-RAMOS E, PETERSON AT, LIMA-NEIVA V, GUMIEL M, DUARTE R, LIMA MM, LOCKS M, BELTRÃO M, COSTA J. 2009. Could *Triatoma sherlocki* be vectoring Chagas disease in small mining communities in Bahia, Brazil? *Med Vet Entomol*, in press.

ALMEIDA CE, PACHECO RS, HAAG K, DUPAS S, DOTSON E, COSTA J. 2008. Inferring from the *cyt B* gene the *Triatoma brasiliensis* Neiva, 1911 (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae). Genetic structure and domiciliary infestation in the state of Paraíba, Brazil. *Am J Trop Med Hyg* 78: 791-802.

ALMEIDA CE, VINHAES MC, ALMEIDA JR, SILVEIRA AC, COSTA J. 2000. Monitoring the domiciliary and peridomiciliary invasion process of *Triatoma rubrovaria* in the state of Rio Grande do Sul, Brazil. *Mem Inst Oswaldo Cruz* 95: 761-768.

ATLAS DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DE MAIRIPORÃ 2006. https://www.emplasa.sp.gov.br/Cms_Data/Sites/EmplasaDev/Files/Documentos/Cartografia/Atlas/RMSP/Atlas_Mairipora.pdf. Acesso: 10/10/2016.

DITT, E. H. et al., Defying legal protection of Atlantic Forest in the transforming landscape around the Atibainha reservoir, south-eastern Brazil. *Landscape and Urban Planning*, v. 86, p. 276-283, jun. 2008.

DITT, E. H. Integration of ecosystem services and policy to manage forest and water resources around the Atibainha Reservoir in Brazil. London: Centre for Environmental Policy, Imperial College London. PhD (Doctor Degree) 196p., 2008.

FADINI, A. A. B. Impactos do Uso das Terras na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiá (SP). Rio Claro: Universidade Estadual Paulista (UNESP), Dissertação de Mestrado em Geociências e Meio Ambiente, 141 p., 2003.

FADINI, A. A. B. Sustentabilidade e identidade local: pauta para um planejamento ambiental participativo em sub-bacias hidrográficas da região Bragantina. Rio Claro: Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Tese de Doutorado, 204p., 2005.

FUNDAÇÃO DE APOIO À UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – FUSP. Plano de Bacia Hidrográfica do Alto Tietê. 2009.

GIATTI, L. Reservatório Paiva Castro – Mairiporã – SP Avaliação da Qualidade da Água Sobre Alguns Parâmetros Físicos, Químicos e Biológicos. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. 2000.

HADDAD, E. Influências antrópica na qualidade da água da bacia hidrográfica do rio São Miguel, Carste do alto São Francisco, Minas Gerais. 2007. 156 f. Dissertação (Mestrado em Geografia)- Programa de pós-graduação em geografia, Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Belo Horizonte, 2007.

HOEFFEL et al., Concepções Sobre a Natureza e Sustentabilidade. Um Estudo sobre Percepção Ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Atibainha—Nazaré Paulista/SP. *II Encontro da ANPPAS*. Indaiatuba, Brasil: ANPPAS (CD-ROM), 2004. ALMEIDA JR *et al.*, 2008)

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - IPT. Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo. São Paulo: IPT/ Pró- Minério, 1981. (Publicação, 1 183; Monografias, 5).

INSTITUTO FLORESTAL – IF. 1974, <http://iflorestal.sp.gov.br/publicacoes-if/revista-do-if/> acesso: 23/07/2016

LEITE M, MATSUMOTO T., AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RESERVATÓRIO DE ILHA SOLTEIRA (BRASIL) VISANDO SEU APROVEITAMENTO MÚLTIPLO. Departamento de Engenharia Civil – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – Universidade Estadual Paulista – Processo 03/07355-2007

MANTOVANI, W. 2003. Delimitação do bioma Mata Atlântica: implicações legais e conservacionistas. *Ecosistemas Brasileiros: Manejo e Conservação*. 1º ed. Expressão Gráfica e Editora, Fortaleza, p.287-295.

MATEO, J. *Apuntes de Geografía de Los Paisajes*. La Habana: Universitaria, 1984. 194p.

PÉREZ-ORTEGA, D. J. Avaliação dos efeitos das atividades antrópicas na bacia hidrográfica do Córrego do Ipê, município de Ilha Solteira-SP. 2011. 151 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São Paulo, 2011.

SANTOS, DIAS, SILVA E MACEDO, ANÁLISE HIDROLÓGICA E SOCIOAMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO ROMÃO DOS REIS, VIÇOSA-MG. *Revista Sociedade de Investigações Florestais*. 2009. v.31, n.5, p.931-940

SANTOS, DIAS, SILVA E MACEDO, ANÁLISE HIDROLÓGICA E SOCIOAMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO ROMÃO DOS REIS, VIÇOSA-MG. *Revista Sociedade de Investigações Florestais*. 2009. v.31, n.5, p.931-940.

SEDAE. Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados. Perfil Municipal. 2008. Disponível em: <<http://www.seade.gov.br/produtos/perfil/perfil.php>>. Acesso em: 04/10/2016.

USGS. <http://earthexplorer.usgs.gov/> Acesso: 20/11/2016

WHATELY, M., CUNHA, P. Cantareira 2006: um olhar sobre o maior manancial de água da Região Metropolitana de São Paulo. Instituto Socioambiental, São Paulo, 2007.

CAPÍTULO 4

OBTENÇÃO E ESPACIALIZAÇÃO DO BALAÇO HÍDRICO DA BACIA DO RIO JUQUERI PARA A DETERMINAÇÃO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUPERFICIAL

RESUMO

Os recursos hídricos da Bacia do rio Juqueri estão sendo afetados pela pressão humana, a qual vem limitando, a cada dia mais, sua qualidade e disponibilidade. O objetivo deste trabalho foi determinar o estado atual da oferta e disponibilidade dos recursos hídricos da Bacia do rio Juqueri, identificando a pressão antrópica pela demanda dos mesmos, tendo em vista a distribuição espacial na bacia. Conhecer o Balanço Hídrico Climático (BHC) ajuda na caracterização atual da bacia no que se refere às entradas e saídas de água, mediante a precipitação e a evapotranspiração. O método escolhido para determinar o BHC foi o de Thornthwaite & Mather (1955), construído a partir da evapotranspiração potencial (ETP) e a precipitação (P) das médias mensais para um período em anos. Neste caso, utilizou-se uma série de dados dos últimos 17 anos (1999-2016). A bacia tem uma precipitação média mensal de 130 mm mês⁻¹, totalizando 1.559 mm ao ano, concentrando-se nos meses de dezembro a fevereiro. Além disso, identificou-se que o mês de agosto foi o único que apresentou déficit, onde a precipitação média foi de 47 mm. A evapotranspiração real (ETR) apresentou uma média mensal de 91 mm, significando que, entre os meses de julho, agosto e setembro no período de estiagem, a pressão sobre os recursos hídricos é a mais alta, diminuindo a disponibilidade hídrica dos rios e córregos do reservatório Paiva Castro. Identificaram-se áreas com déficit na bacia com valor de 7,45%, áreas de estabilidade hídrica com 55,12% e um excesso hídrico de 37,42%, localizado na maior área urbana e nas partes com maiores declividades. Isto implica incrementos na suscetibilidade aos processos erosivos nos meses de maiores precipitações.

Palavras chave: Precipitação, evapotranspiração, pressão ambiental, déficit hídrico.

4.1 INTRODUÇÃO

Segundo Lima & Santos (2009), o balanço hídrico é uma das bases para dimensionar qualquer forma de manejo integrado dos recursos hídricos, pois esse permite as primeiras avaliações numa escala macro, seja regional ou local, no caso das bacias hidrográficas, da disponibilidade hídrica nos solos ao longo do tempo.

O balanço hídrico é uma ferramenta de planejamento que permite classificar o clima de determinado local de estudo, realizando um zoneamento climático e ambiental, além de caracterizar os períodos de disponibilidade e necessidades hídricas no solo (LIMA e SANTOS, 2009).

A medição de água numa determinada camada do solo permite identificar os períodos secos (deficiência hídrica) e úmidos (excedente hídrico) nas bacias hidrográficas (REICHARDT, 2000).

De acordo com Pereira et al, (2008), os principais componentes que fazem parte do balanço hídrico procurando definir a demanda e disponibilidade hídrica são a precipitação (P), a evapotranspiração real (ETR), a evapotranspiração potencial (ETP), o armazenamento de água no solo (ARM), a deficiência hídrica (DEF) e o excedente hídrico (EXC).

O conhecimento desses componentes ajuda no planejamento das fragilidades climáticas que prevejam no futuro suprir possíveis deficiências e escassez hídrica nos rios e reservatórios.

O balanço hídrico é um sistema contábil de monitoramento da água no solo (TUCCI, 2001) e resulta da aplicação do princípio da conservação de massa para a água num volume de solo (PEREIRA et al., 1997). Permite observar a dinâmica da água a partir do armazenamento, deficiência e excedentes hídricos (THORNTHWAITE, 1955; CAMARGO, 2000).

O balanço hídrico é o método mais eficiente para quantificar o potencial hídrico de uma região ou bacia, pois considera a interação entre os fatores edáfico e climático.

O fator edáfico interfere no armazenamento de água do solo e o climático, por sua vez, é representado pela precipitação pluvial e evapotranspiração (AMORIM, 2003).

De acordo com Tucci (2002), o balanço hídrico de bacias hidrográficas, geralmente, visa estimar a evapotranspiração baseando-se em dados de precipitação, evaporação e escoamento superficial e profundo.

É considerado, teoricamente, preciso para a estimativa da evapotranspiração de lagos ou represas, relacionando as dimensões do reservatório, vazão e precipitação pluvial em uma equação de continuidade.

No contexto de manejo de bacias hidrográficas é necessário conhecer a precipitação de uma bacia, pois é um dos fatores determinantes para se realizar qualquer planejamento, visando à disponibilidade hídrica para suprir as necessidades de irrigação e/ou abastecimento doméstico e industrial.

Além disso, a determinação da precipitação máxima é de grande importância em estudos que visem o controle de enchentes e a minimização da ocorrência de erosão hídrica.

Quando conhecemos a dinâmica da precipitação da bacia do Juqueri, podemos identificar os períodos de ocorrência de estiagem, que, segundo os dados históricos da Prefeitura Municipal de Mairiporã e da SABESP (2014), são os meses de julho e agosto, e os meses de possíveis enchentes são os de dezembro e fevereiro.

Esta informação pode ajudar na atenuação de escassez hídrica, a qual tem sido um problema atual no reservatório Paiva Castro, que abastece uma grande porcentagem da população de São Paulo.

Aliás, esses dados podem identificar também cenários de precipitações abundantes que contribuem com processos de erosão hídrica de solo em áreas rurais e urbanas (TUCCI, 2001).

Assim, essa pesquisa teve como objetivo identificar e quantificar os meses com excedente e deficiência hídrica no solo através da elaboração de um balanço hídrico, além de espacializar esse na Bacia do rio Juqueri, sendo uma ferramenta para um bom planejamento e gerenciamento dos seus recursos hídricos superficiais que sirvam como ponte na gestão de situações de risco como: inundações, secas, contaminação pontual ou difusa, falências nos serviços de provisão de água potável, saneamento e a disponibilidade de água para irrigação em qualquer período do ano.

4.2 METODOLOGIA

O balanço hídrico médio mensal foi elaborado a partir do método desenvolvido por Thornthwaite e Mather (1955) apresentado por Pereira, Angelocci e Sentelhas (2008).

Para a determinação, foram utilizados dados históricos de precipitação e temperatura média mensal dos anos de 1999 a 2016, considerando as características encontradas na Bacia do rio Juqueri.

A partir dos dados iniciais (P , ETP), foi possível determinar o balanço hídrico médio mensal, determinando os períodos de excesso hídrico, os mais críticos de deficiência hídrica e os de estabilidade na bacia.

4.2.1 Método do balanço hídrico de Thornthwaite & Mather

Para a aplicação do Método de Thornthwaite & Mather (1955), foram utilizados os dados de temperatura e da precipitação média mensal da estação meteorológica no Município de Mairiporã dos últimos 17 anos obtidos no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Segundo Amorim (1989), o procedimento para a execução do balanço hídrico obedece as seguintes etapas:

- I. Precipitação (P): para um determinado ano, utiliza-se a precipitação total mensal.
- II. Evapotranspiração Potencial (ETP): calculada através do método de Thornthwaite a partir de dados de temperatura média mensal.
- III. Determinar a diferença entre a precipitação e a evapotranspiração potencial ($P - ETP$): essa diferença indica quando as plantas, culturas e florestas tem as suas exigências hídricas plenamente satisfeitas, ($P - ETP > 0$) e há excesso da água ou quando há deficiências hídricas ($P - ETP < 0$) que prejudicam o seu desenvolvimento potencial.
- IV. Negativa acumulada ($NEG. ACUM.$): corresponde ao somatório dos valores de $P - ETP < 0$. Essa coluna deve ser preenchida simultaneamente com a do armazenamento (ARM) porque quando existirem valores de $P - ETP > 0$ somam-se estes ao do ARM que se encontram na tabela de retenção de umidade, o valor de umidade o valor de correspondente a $NEG.ACUM.$
- V. O preenchimento desta coluna deve ser iniciado a partir do primeiro mês que apresente $P - ETP > 0$ após o período chuvoso, quando este existir ($P > ETP$), ou quando a diferença $P - ETP$ for mínima.

- VI. Armazenamento (*ARM*): representa a quantidade de água que o solo comporta na sua profundidade efetiva ou, no caso da planta, na profundidade equivalente a 80% do comprimento do seu sistema radicular. Esse parâmetro é também denominado de Água Disponível (*AD*) ou Capacidade de Água Disponível (*CAD*). Já no modelo BALSEQ é denominado de *AGUT*;
- VII. Alteração (*ALT*): representa os ganhos (valores positivos) e perdas de água (valores negativos) do solo em função das alterações do armazenamento;
- VIII. Evapotranspiração Real (*ETR*): é obtida em dois casos distintos: \Rightarrow Quando a $P \geq ETP$, a evapotranspiração real é igual à evapotranspiração potencial ($ETR = ETP$). \Rightarrow Quando a $P \leq ETP$, a evapotranspiração real é igual à soma da precipitação mais o valor absoluto da alteração negativa ($ETR = P + |ALT|$);
- IX. Déficit hídrico (*DEF*): é dado pela diferença entre a evapotranspiração potencial e a evapotranspiração real ($DEF = ETP - ETR$). Excesso hídrico (*EXC*): ocorre nos casos em que a precipitação é maior do que a evapotranspiração potencial. É obtido através da relação $EXC = (P - ETP > 0) - ALT$;
- X. Elaboração da figura do balanço hídrico a partir dos valores de precipitação, evapotranspiração potencial e real, possibilitando visualizar, além da deficiência e excedente hídrico, as áreas de retirada de água do solo (alteração negativa, *ALT-*), de reposição de água no solo (alteração positiva, *ALT+*) e da variação do *ARM* ao longo do ano.

O excedente hídrico representa a recarga potencial que pode infiltrar no solo sem alcançar, necessariamente, o nível de água no aquífero.

Apesar de ser um método clássico do balanço hídrico, tem-se apenas um valor limitado para a estimativa da recarga efetiva. O seu valor é mais qualitativo, indicando assim regiões que são mais afetadas pelos processos hidroclimatológicos.

4.2.2 Procedimentos para espacialização do balanço hídrico na Bacia do rio Juqueri

O balanço hídrico é composto dos seguintes componentes: precipitação, evaporação, evapotranspiração, escoamento superficial e subterrâneo (TUCCI, 2002).

Neste trabalho, utilizou-se os dados de precipitação e temperatura para gerar os dados de evapotranspiração e de evapotranspiração potencial, a fim de gerar um mapa do balanço hídrico superficial.

4.2.3 Metodologia de determinação do balanço hídrico

Foram identificadas as estações meteorológicas mais próximas à bacia de estudo, as quais foram obtidas no site de Clima data Brasil. As estações estão especificadas na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 - Estações meteorológicas.

Estações.	Mesorregião	Município	Identificação / Link
1	Campinas	Aguai	Fazenda São Manoel
2	Campinas	Mococa	Schiavon Agro
3	Campinas	Valinhos	PSJ
4	Campinas	Aguai	Fazenda São Manoel
5	Campinas	Cosmópolis	Coplacana - Amgarten
6	Campinas	Campinas	UNISAL - Campus São José - Campinas
7	Campinas	Paulínia	DuPont do Brasil
8	Metrop. de São Paulo.	Mairiporã	Pedreira Concremix
9	Metrop. de São Paulo.	Mogi das Cruzes	EMBU PI

Fonte: IBGE (2016).

4.2.4 Construção de Isoietas e Isotermas da Bacia do rio Juqueri

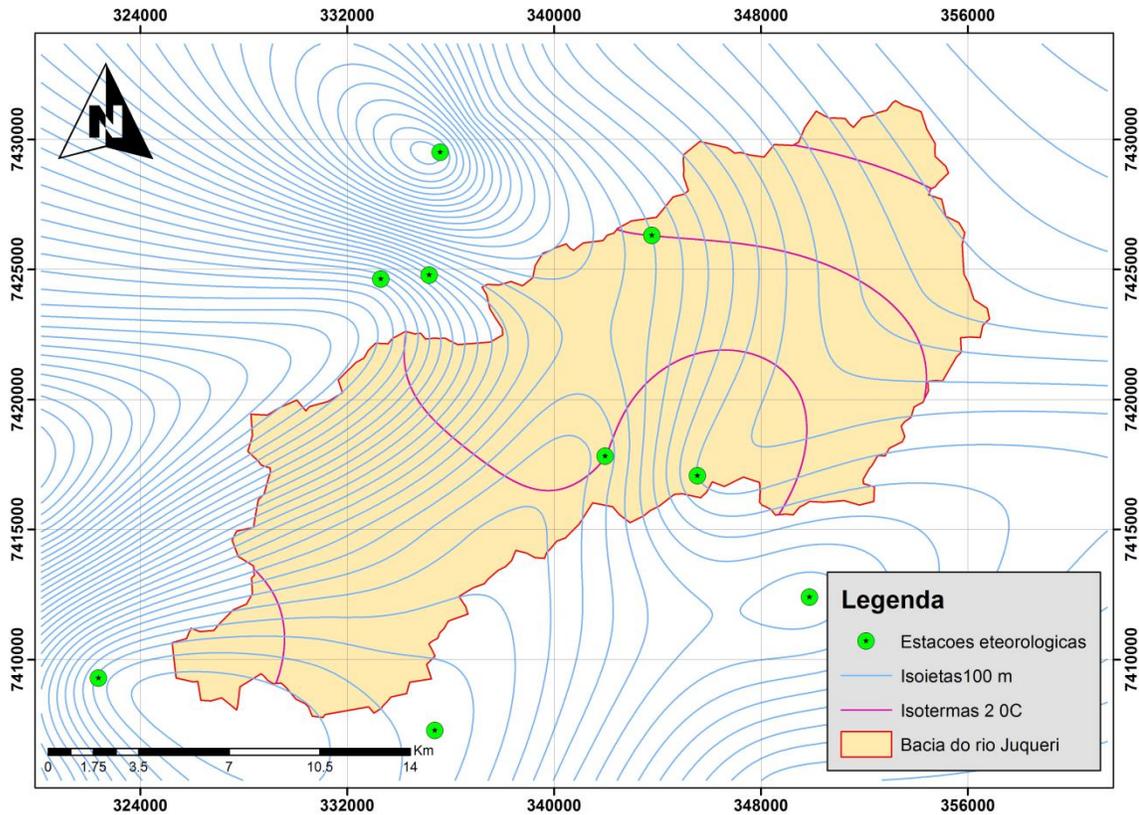
Utilizando a caixa de ferramentas do ArcGis realizou-se uma interpolação no formato *Raster* chamado de “*Raster interpolation*”.

Posteriormente, aplicou-se o “Método Splin” utilizando valores da precipitação das estações.

Estes valores geraram o mapa de Isoietas, com pixel de valor de 100 metros.

Devido ao tamanho da bacia e o tipo de *Spline* (interpolação) se utilizou o método tensionado, pois os valores variam de acordo ao tipo de localização das estações as quais foram interpoladas pelo mesmo *software* (Figura 4.1).

Figura 4.1 - Estações meteorológicas localizadas pelo software ArcGIS, para aplicação do modelo de balanço hídrico superficial.



Fonte: Autoria própria.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do balanço hídrico médio mensal da Bacia do rio Juqueri estão apresentados na Tabela 4.2 e pelas Figuras 4.2 e 4.3, permitindo uma melhor visualização da variabilidade dos principais dados mensais hidroclimatológicos ao longo do ano.

Tabela 4.2 - Balanço hídrico climatológico da Bacia do rio Juqueri

Mês	PP	ETP	PP-ETP	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
Janeiro	255	105	150	100	0	105	0	150
Fevereiro	204	97	107	100	0	97	0	107
Março	168	108	60	100	0	108	0	60
Abril	82	97	-15	85	-15	97	0	0
Mai o	80	88	-8	78	-8	88	0	0
Junho	53	82	-29	48	-29	82	0	0
Julho	47	85	-38	10	-38	85	0	0
Agosto	35	93	-58	0	-58	45	47	0
Setembro	161	92	69	69	69	92	0	0
Outubro	122	98	24	93	24	98	0	0
Novembro	140	97	43	100	7	97	0	37
Dezembro	212	103	109	100	0	103	0	109
Total	1559	1143	416	883		1096	47	463
Média	130	95	35	74		91	4	39

(PP) = Precipitação média mensal, (ETP) = Evapotranspiração potencial, (ARM) = Armazenamento de água no solo, (ALT) = Alteração de água no solo, (ETR)= Evapotranspiração real, (DEF) = Deficiência hídrica, (EXC) = Excedente hídrico. Dados apresentado em milímetros
 Fonte: Autorial própria.

Na bacia de estudo identificou-se a precipitação média mensal de 130 mm mês⁻¹, totalizando 1,559 mm ao ano, concentrando-se nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro com 43% do total precipitado (671 mm). Os meses de janeiro (255 mm) e agosto (35 mm) foram identificados como os meses de maior e menor precipitação média, respectivamente.

A evapotranspiração potencial anual foi de 1143 mm, representando média mensal de 95 mm, sendo os meses com maior e menor evapotranspiração potencial março (108 mm) e junho (82 mm), respectivamente.

O armazenamento de água no solo foi determinado pela capacidade de água disponível, onde adotou-se o valor de 40 mm.

A evapotranspiração real apresentou um total médio anual de 1096 mm, com média mensal de 91 mm.

Numa pesquisa realizada na região de Marinópolis, noroeste do Estado de São Paulo, Oliveira et al., (2010) encontraram no balanço hídrico médio mensal os períodos mais críticos de deficiência hídrica no solo com total acumulado de 490 mm.ano⁻¹, possibilitando a determinação

de quanto e quando irrigar com base em um monitoramento histórico, isto na procura de melhores produções nas culturas agrícolas.

Essa região apresentou oito meses de deficiência hídrica nos meses de junho a setembro, meses que representaram 65,7% (322 mm) da deficiência anual.

Já na Bacia do rio Juqueri, foi só no mês de agosto com total acumulado de 47 mm.ano⁻¹, muito menor que na região de Marinópolis, fazendo a Bacia do rio Juqueri muito mais apta para a agricultura.

No balanço hídrico da Bacia do rio Juqueri foram encontrados cinco meses com excedente hídrico nos meses de novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março, com total de 463 mm (100%).

A reposição de água no solo (ARM) após o período de estiagem ocorreu no mês de novembro, período em que apresentou precipitação superior à evapotranspiração, dando restituição da água no solo que fica de forma disponível para a vegetação.

Assim que a capacidade de armazenar água no solo se encontra saturado, dando início ao escoamento superficial, sendo estas precipitações as de maiores riscos de erosão hídrica (Figura 4.2).

Já Oliveira et al., (2010) encontraram um período de quatro meses com excedente hídrico nos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março, com total de 179 mm (100%).

Esse resultado foi muito menor que na Bacia do rio Juqueri, por isso a necessidade da instalação e usos de sistemas de irrigação na região.

Hernandez (2009) concluíram que existem altas probabilidades de ocorrência de veranicos críticos na região norte do Estado de São Paulo, o que coloca em risco a disponibilidade hídrica não só para as culturas agrícolas, mas também na produção de água potável para os centros urbanos.

O período de junho a setembro, onde se concentra no mês de agosto a deficiência hídrica, faz com que diminua a disponibilidade de água para as plantas e aumente força de retenção da mesma no solo, além de diminuir a disponibilidade hídrica para a longevidade dos rios e córregos e do reservatório Paiva Castro.

A vegetação da bacia responde de diversas maneiras à deficiência hídrica no solo, como o decréscimo da produtividade e da produção da vegetação, má distribuição no desenvolvimento do sistema radicular nas culturas estabelecidas na área de estudo (SANTOS & CARLESSO, 2006).

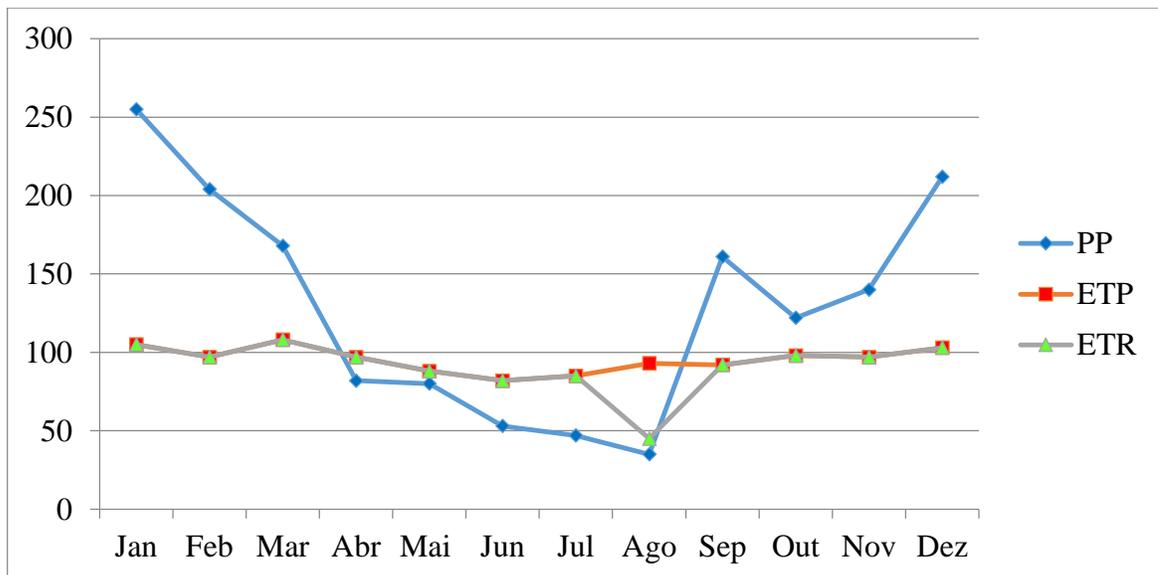
A Bacia do rio Juqueri possui poucos hectares cultivados com soja, cana de açúcar, milho, café, mandioca, arroz, laranja, feijão, algodão, banana, fumo, batata inglesa, tomate, trigo, uva, cebola, cacau, amendoim e pimenta do reino (IBGE, 2014).

Isso, no contexto da necessidade de irrigação, torna o manejo do balanço hídrico fundamental para a redução de riscos na agricultura de subsistência que se vê na bacia atualmente. Geralmente a produção de alimentos fora de época (entressafras) tem grandes dificuldades devido à escassez hídrica, os pequenos produtores rurais são os que mais sofrem por estas limitações.

É aqui onde o balanço hídrico mensal e anual possibilita determinar um planejamento integrado dos recursos hídricos da bacia, identificando os menores e maiores meses de deficiência hídrica.

Além disso, o balanço hídrico permite um bom manejo na irrigação com base nos dados históricos de evapotranspiração (Figura 4.3).

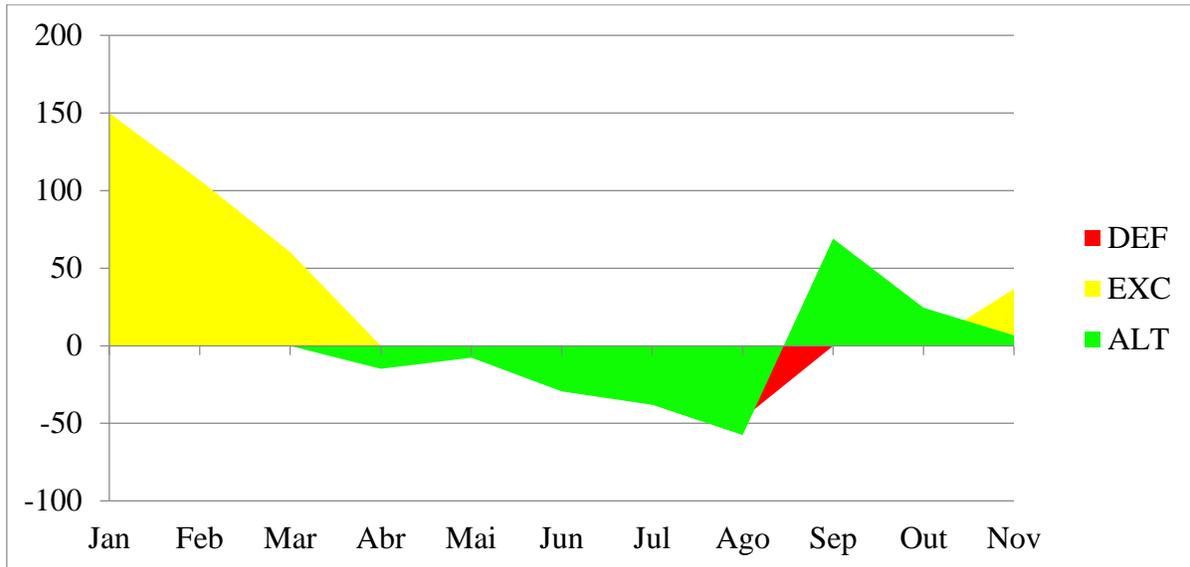
Figura 4.2 - Variação dos dados mensais meteorológicos de precipitação (P), evapotranspiração real (ETR) e precipitação – evapotranspiração potencial (P - ETP).



(PP) = Precipitação média mensal, (ETP) = Evapotranspiração potencial e (ETR) = Evapotranspiração real, (DEF).

Fonte: Autoria própria.

Figura 4.3 - Extrato do balanço hídrico mensal da Bacia do rio Juqueri.



(DEF) = Deficiência hídrica, (EXC) = Excedente hídrico e (ALT) = Alteração de água no solo.
 Fonte: Autoria própria.

4.3.1 Espacialização do balanço hídrico climático da Bacia do rio Juqueri

A representação espacial do balanço hídrico climatológico superficial da Bacia do rio Juqueri foi realizada utilizando as médias mensais da precipitação, temperatura e da ETP.

Para espacializar o balanço hídrico climático, primeiramente, foi preciso homogeneizar as áreas onde, possivelmente, seriam encontradas as mesmas precipitações.

A partir do DEM da bacia onde criaram-se linhas de contorno a cada 100 metros.

Especifica-se que os lugares vermelhos são os lugares onde a precipitação é baixa e os lugares de cor azul representam altos valores de precipitação, de acordo com as estações meteorológicas (Figura 4.4).

Para realizar o mapa de isotermas empregou-se, novamente, o “*Metodo Splin*”, o qual utiliza os valores de temperatura das estações para gerar o produto final.

Para esse mapa utilizou-se, novamente, o valor de 100 metros para cada pixel, sendo tudo pelo método tensionado.

As isotermas mostram as áreas com as mesmas características referentes às temperaturas, divididas mediante linhas de contorno cada 2 °C. Especifica-se que os lugares vermelhos são os

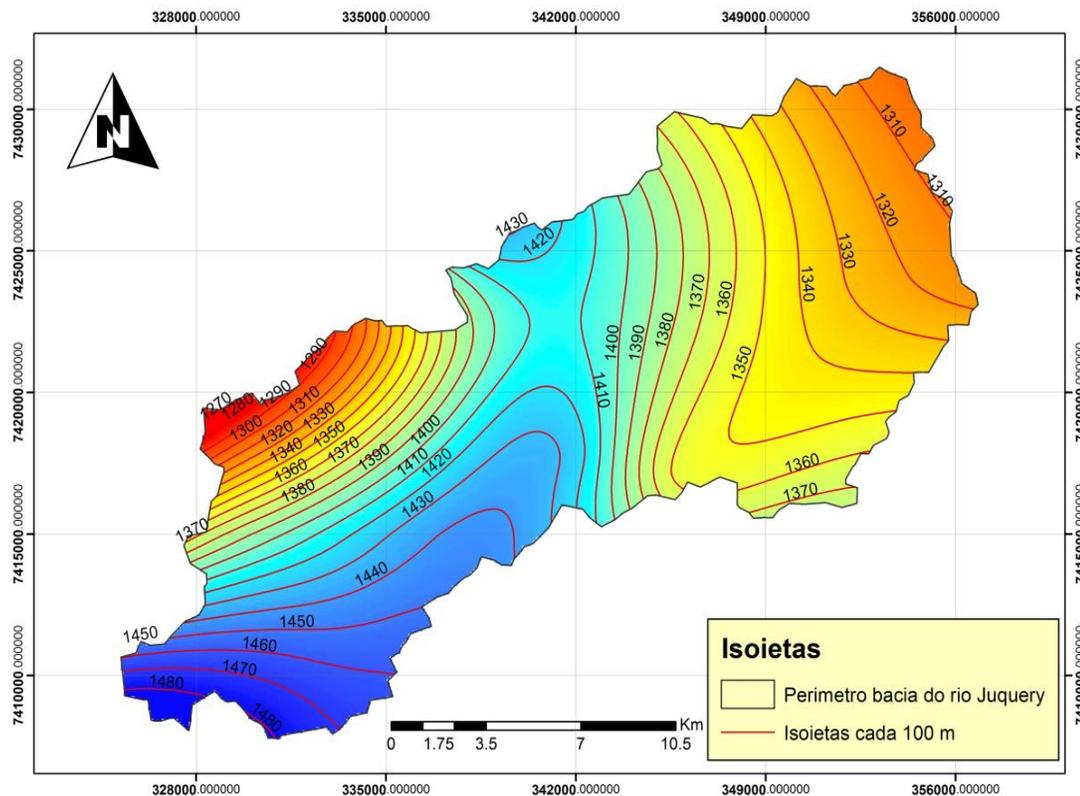
lugares onde existem as maiores temperaturas e os lugares de cor azul representam os lugares com as temperaturas mais baixas, de acordo com as estações meteorológicas (Figura 4.5).

O produto é um mapa raster da ETP (Evapotranspiração potencial), que representa o cálculo do balanço hídrico climático realizado para a conversão da precipitação/evapotranspiração potencial para obter o resultado final.

As variações do balanço hídrico na área da bacia, em porcentagem, mostram um excesso hídrico de 37,42%, uma estabilidade hídrica de 55,12% e um déficit de 7,45% quanto à espacialização do balanço hídrico.

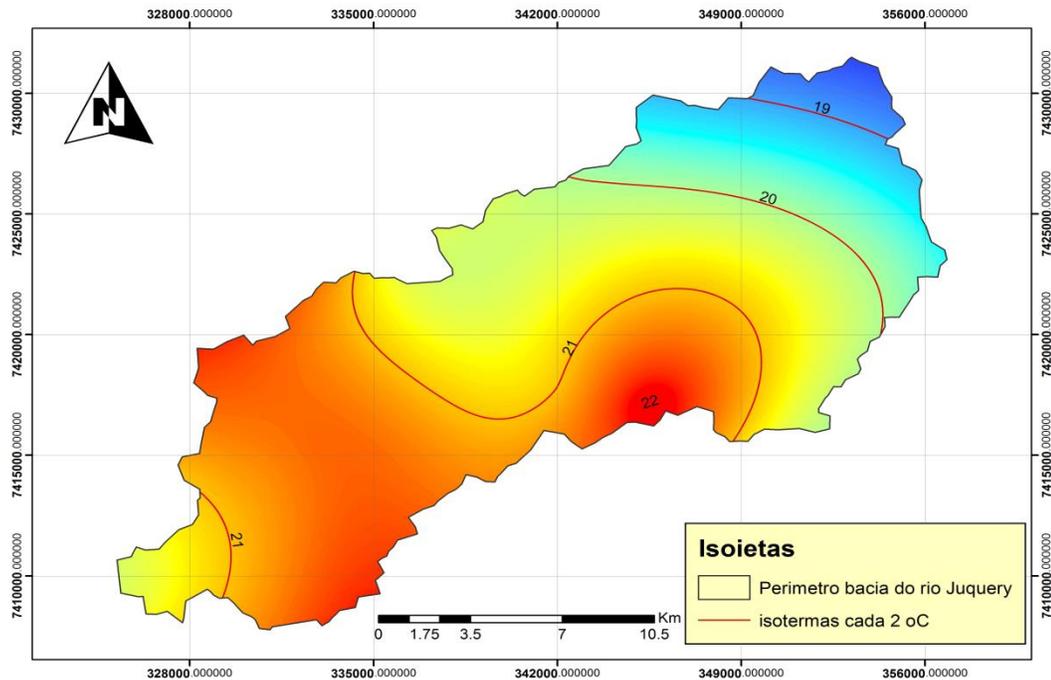
A variação espacial do balanço hídrico anual na bacia tem como característica específica o déficit na região oeste, tomando grande parte do reservatório Paiva Castro para sua área.

Figura 4.4 - Mapa de isoietas da Bacia do rio Juqueri



Fonte: Autoria própria.

Figura 4.5 - Mapa de isotermas da Bacia do rio Juquery



Fonte: Autoria própria.

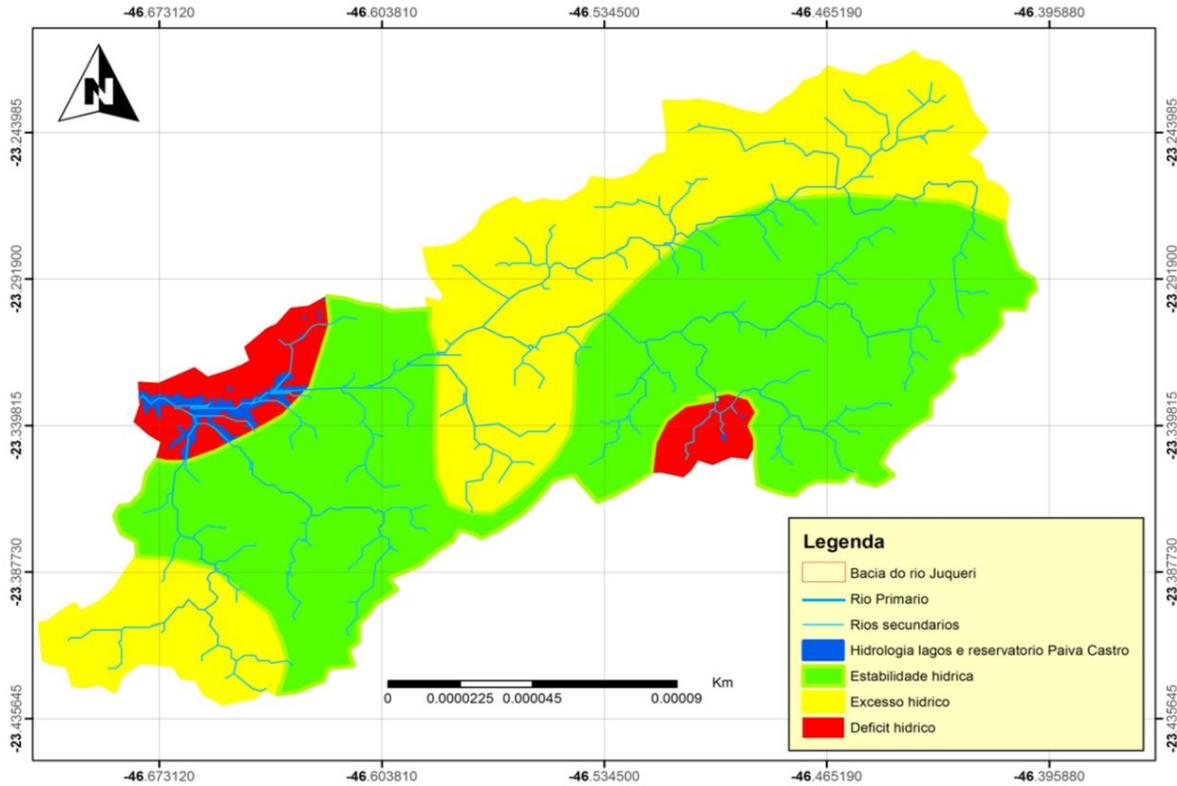
A região central da Bacia onde encontra-se instalada a área urbana, denota uma estabilidade, mas também um excesso hídrico, o que pode ser prejudicial nos meses de maiores precipitações, tanto por enchentes, quanto por diminuição de infiltração de água no solo.

É preocupante que o excesso hídrico localiza-se nas partes de maiores declividades na bacia, o que garante maior influência dos processos erosivos nos meses de maiores precipitações e que o déficit se encontra no local onde se situa o reservatório Paiva castro além de mostrar as maiores temperaturas o que ajuda na perda do recurso hídrico por evaporação.

Contudo, surge a necessidade de planejar-se possíveis soluções para o aumento e restauração das áreas degradadas com vegetação florestal para a proteção de solos, e para uma maior retenção das quantidades excedentes da água precipitada.

Isto procurando melhorar a infiltração para abastecimento subterrâneo e eliminando no máximo possível erosão hídrica que leva sedimentos aos recursos hídricos e ao reservatório (Figura 4.6).

Figura 4.6 - Balanço hídrico climático superficial da Bacia do rio Juqueri



Fonte: Autoria própria.

4.4 CONCLUSÕES

A situação atual da Bacia do rio Juqueri sobre o uso dos solos destaca uma contínua diminuição das camadas florestais nos últimos anos, além de um crescimento urbano, o qual exerce uma pressão na utilização e na extração dos recursos hídricos da bacia diminuindo, cada vez mais, sua disponibilidade.

A importância na utilização do balanço hídrico como um fator de avaliação consolida-se em possibilitar informação do ano hidrológico da bacia, além de fornecer dados específicos sobre a deficiência e a estabilidade hídrica, procurando os equilíbrios entre as necessidades antrópicas e as necessidades dos ecossistemas naturais.

A Bacia do rio Juqueri tem uma precipitação média mensal de 130 mm mês⁻¹, totalizando 1559 mm ao ano, concentrando-se nos meses de dezembro a fevereiro. Identificou-se que o mês de maior déficit é o mês de agosto.

Sabendo-se que a evapotranspiração real apresentou uma média mensal de 91 mm, significa que entre os meses de julho, agosto e setembro, no período de estiagem são os de maior pressão ambiental sobre os recursos hídricos, uma vez que a demanda de água para a população e os processos de produção agrícola e industrial se mantêm nestes meses de estiagem.

A Bacia do rio Juqueri possui poucos hectares cultivados, mesmo assim, precisa de irrigação para suas culturas nos períodos de estiagem, fazendo-se indispensável para as famílias de escassos recursos que praticam a agricultura a pequena escala e que procuram uma segurança alimentar durante todo o ano.

A principal dificuldade dos pequenos produtores rurais é determinar quanto e quando irrigar suas culturas, de forma que, o balanço hídrico mensal ajudaria na determinação de um planejamento integrado dos recursos hídricos da bacia, pois permite um manejo na irrigação com base nos dados históricos da evapotranspiração.

O balanço hídrico espacializado representa o cálculo das variações do balanço hídrico aplicado na área da bacia, no qual essa espacialização é importantíssima, já que permite-se localizar o déficit da bacia, além de determinar uma aptidão baixa destas áreas para a agricultura.

Identificou-se uma boa estabilidade hídrica na bacia com um valor do 55,12% da sua área total representando mais da metade do seu território e permitindo a localização das melhores áreas para produção agrícola.

Por último, o excesso hídrico localizou-se nas partes com maiores declividades, o que incrementaria os processos erosivos nos meses de maiores precipitações. Esse fato indica a necessidade de manterem-se as camadas florestais para uma maior proteção dos solos e amortização dos processos erosivos.

4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

AMORIM, M. C.; ROSSATO, L.; TOMASELLA, J. Determinação da evapotranspiração potencial do Brasil aplicando um modelo de Thornthwaite a um sistema de informação geográfica. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 4, n. 3, jul.-set. 2003.

CAMARGO, A. P. An analysis of the criticism of Thornthwaite's equation for estimating potential evapotranspiration. **Agriculture Forest Meteorological**, 2000.

HERNANDEZ, F.B.T. et al., Aproveitamento hidro agrícola no Estado de São Paulo - Projeto piloto de conservação dos recursos de solo e água e irrigação coletiva nas micro bacias hidrográficas dos córregos Sucuri, Bacuri e Macumã em Palmeira d'Oeste - SP. Ilha Solteira: UNESP/Governo Federal, 2009. 191p. (3 volumes). Também disponível em CD-ROM e na Internet em <http://www.agr.feis.unesp.br/noroeste/noroeste.htm>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=352850&search=sao-paulo|mairipora>. (Acesso em 30/05/2016).

LAVOURAS: IBGE - Levantamento Sistemático da Produção Agrícola – LSPA: http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/VBP%202016%20set%20%20principais%20produtos%20agropec_.pdf. acesso 26/10/2016.

LIMA, F. B.; SANTOS, G. O. **Balanço hídrico-espacial da cultura para o uso e ocupação atual da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Rita, Noroeste do Estado de São Paulo**. 2009. 89 f. Monografia. Fundação Educacional de Fernandópolis, Fernandópolis - SP, 2009.

OLIVEIRA S. G. TANGERINO F. B., ROSSETTI J. C. **Balanço Hídrico Como Ferramenta Ao Planejamento Agropecuário Para A Região De Marinópolis, Noroeste Do Estado De São Paulo**. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada v.4, nº. 3, p.142–149, 2010.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas** - Guaíba: Agropecuária, 2008. 478 p.

PEREIRA, A. R.; MARIN, F. R.; ANGELOCCI, L. R.; ALFONSI, R. R.; CARAMORI, P. H.; SWART, S. **Balanço Hídrico Climatológico no Brasil**. [CD ROM]. Esalq/USP – Piracicaba, 1997.

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. Barueri (SP): Manole, 2000. **Rev.**, v. 38, p. 55-94, 1948.

SABESP. 2012. Companhia de saneamento Básico do Estado de São Paulo. Dossiê Cantareira. 14p. 2008. http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sof/Renovacao_Outorga/SeriedeHidrologicos-SistemaCantareira-2004-2012-SABESP.xlsx.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológicos e fisiológicos das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, n.3, p.287-294, 2006. Campina Grande, PB, DEAg/UFPB. Thornthwaite & Mather (1955)

THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. **Geogr.**

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. publication in climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 1955. 104 p.

TUCCI, C. E. M. Água no meio urbano. In: REBOUÇAS, A.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. Uso e conservação. 2. ed. São Paulo: Academia Brasileira de Ciências, Instituto de Estudos Avançados, USP, 2002. p. 473-506.

TUCCI, C. Estimativa de áreas impermeável de macro bacias urbanas. **Revista Brasileira de Engenharia**, Belo Horizonte.v. 12, n. 2 p. 10 dez. 2001.Caderno de Recursos Hídricos.

CAPÍTULO 5

DETERMINAÇÃO DAS CORRELAÇÕES ENTRE OS PARÂMETROS DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQA) E O USO DO SOLO.

RESUMO

O IQA é um importante instrumento para diagnosticar e identificar a pressão exercida sobre a água, além de promover medidas de mitigação para os impactos nessa. Para isso, são necessárias ferramentas estatísticas que facilitem a interpretação para a tomada de decisões. O uso do solo da Bacia do rio Juqueri caracterizou-se por ter 6 classes (área urbana, agrícola, pastagens, floresta, solo exposto e corpos d'água). Os diferentes usos do solo tem gerado degradação dos recursos hídricos, afetando significativamente a sua qualidade. Além disso, ao longo do tempo, se identificou um aumento no uso do solo urbano, agrícola e solos expostos, acompanhados da diminuição das áreas florestais. As técnicas multivariadas, como as análises de componentes principais (ACP) e as correlações canônicas (ACC), permitiram identificar fontes de contaminação que afetam a qualidade da água, sendo um mecanismo valioso e viável para a gestão dos recursos hídricos. Os resultados da ACP revelaram correlações entre a Temperatura e a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) com um valor de 0,653, entre coliformes e o IQA com um valor de 0,605 e entre os sólidos totais e o nitrogênio com valor de 0,649. Essas correlações representam uma variação espacial das características da água na bacia. Além da existência de correlações entre a DBO, pH e a DBO com as áreas urbanas e entre os sólidos totais e o nitrogênio, raciocina-se que seu aporte vem pela erosão nos períodos de chuva. As correlações canônicas mostraram ser úteis para determinar a pressão ambiental nos recursos hídricos da bacia, determinando correlações entre os coliformes e a Temperatura com o IQA junto ao pH e os sólidos totais e o nitrogênio com o fosforo. A variância explicada foi de 81,07 % com um coeficiente de correlação de 0,98 mostrando resultados satisfatórios para o objetivo da pesquisa, o qual consistiu em determinar as correlações existentes entre os parâmetros do IQA e o uso dos solos da bacia.

Palavras Chave: Crescimento urbano, contaminação, recursos hídricos, correlação canônica (CA)

5.1 INTRODUÇÃO

Existem vários trabalhos sobre aspectos descritivos da dinâmica espaço-temporal do uso do solo e sua relação com as mudanças que influenciam nas características físico-químicas e biológicas da água.

Entretanto, existem poucos trabalhos relevantes que apresentem uma metodologia geral para determinar as respostas que enfrentam os ecossistemas aquáticos frente às mudanças ambientais pelas atividades no uso do solo.

O Índice de qualidade da água (IQA) é uma ferramenta para a avaliação da qualidade da água, mais não identificar padrões de distribuição das circunstâncias geográficas, históricas e antrópicas exercidas sobre os recursos hídricos e as respostas a esses fatores.

Ao trabalhar com bacias hidrográficas é preciso identificar seu marco climático, geológico e histórico, pois cada bacia tem suas particularidades, que pode modificar as variáveis físico-químicas e biológicas da água.

Aqui nasce a necessidade de utilizar metodologias estatísticas que determinem quais circunstâncias influenciam nas características dos recursos hídricos.

Segundo Downing (1989), a correlação estatística determina a relação ou dependência que existe entre duas variáveis que intervêm numa distribuição bidimensional, ou seja, mudanças numa das variáveis irá ocasionar mudanças na outra.

Quando isso ocorre, significa que as variáveis estão correlacionadas ou que existe uma correlação entre elas.

O mesmo autor afirma que, em alguns momentos, é preciso avaliar o grau de relacionamento entre duas ou mais variáveis, podendo ser possível descobrir com precisão o quanto uma determinada variável interfere em outra ou outras.

Existem diferentes técnicas para a análise de correlações, já que em varias situações o relacionamento entre duas variáveis pode ser linear ou não linear.

Por outro lado, pode existir uma regressão, que nada mais é, do que o ato ou efeito de regressar.

Um exemplo são as correlações canônicas, que são um tipo de análise estatística linear de múltiplas variáveis que servem para analisar relações multidimensionais entre muitas variáveis independentes e variáveis dependentes (STEVENS, 1996).

Quando se pretende explorar a estrutura de dados multidimensionais e das relações complexas que estabelecem-se entre dois grupos de variáveis, o modelo multivariado das correlações canônicas, constitui uma excelente técnica que revela, pelo menos, a correlação máxima que se pode obter, entre as funções lineares de certos grupos descritores (KENDALL & STUART, 2002).

Ao desenvolver métodos de análises e técnicas multivariáveis tem-se colocado ao alcance a possibilidade de estudar distribuições numéricas obtidas em observações de campo, mediante a representação do hiperespaço num número pequeno de eixos (MARGALEF, 2003).

Essa pesquisa procurou determinar quais correlações existem entre os próprios parâmetros que compõem o IQA, além de identificar as relações de dependência ou interdependência que se estabelecem entre as variáveis dos recursos hídricos e as classes de usos do solo.

5.2 MATERIAIS E MÉTODOS

Realizaram-se análises de componentes principais e correlações canônicas dos resultados obtidos do IQA realizado na Bacia do rio Juqueri, previamente descritos e analisados no Capítulo 2.

5.2.1 Análises estatísticas

Para explorar as principais tendências entre as variações dos parâmetros que compõem o IQA e sua relação com as modificações ambientais, foram aplicados dois tipos de análise estatística: análises de componentes principais (ACP) e análise de correspondência canônica (ACC).

As ACP buscaram a projeção dos dados para que fiquem bem representados em termos de mínimos quadrados, convertendo o conjunto de observações das variáveis ambientais possivelmente correlacionadas, num conjunto de valores de variáveis sem correlação linear, chamadas de componentes principais.

Referente às correlações canônicas, ordenaram-se as variáveis, sendo as dependentes as modificações espaço-temporais no uso do solo e as independentes os parâmetros do IQA.

Para identificar as variáveis que determinaram a variabilidade na qualidade da água na bacia, realizou-se as análises estatísticas descritivas multivariadas, utilizou-se os softwares *InfoStat Professional, Past 3.0, IBM SPSS Statistics e CANOCO 4,5* para Windows 8.

Elaboraram-se assim, matrizes de correlação para encontrar a covariância de cada par de variáveis medidas.

Neste caso, o coeficiente de correlação amostral representou a covariância dos valores amostrais padronizados, assumindo valores no intervalo $[-1;1]$, onde o valor positivo ou negativo indica geralmente a direção da associação, para está pesquisa só levou-se em consideração apenas os valores positivos das correlações.

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As ACP, mediante seu desenho fatorial, permitiram agrupar em equipes (componentes) os parâmetros do IQA utilizados nessa pesquisa, procurando identificar as correlações entre eles. O interessante de utilizar ACP é poder trabalhar com os dados brutos.

Na Tabela 5.1 consideraram-se os maiores valores do desvio padrão onde existe maior variação dos valores dos parâmetros do IQA da bacia.

Observou-se que os maiores valores de desvio padrão encontraram-se nas coliformes, OD e na Temperatura, já que os valores destes parâmetros foram muito oscilantes.

Os valores mais estáveis foram nos sólidos totais e IQA.

Tabela 5. 1 - Estatística Descritiva da ACP.

	Média	Desvio Padrão
Oxigênio Dissolvido (OD)	5,5	1,2
Temperatura (TEMP)	23,2	3,72
Coliformes (COLF)	3411,3	4447,1
pH	6,6	0,5
DBO	4,2	1,3
Nitrogênio total (NT)	1,8	1,7
Fósforo total (PT)	0,4	0,6
Turbidez	4,0	1,7
Sólidos totais (ST)	1,4	1,9
IQA	50	2,8

Fonte: Autoria própria.

Consideram-se as diferentes interações entre todos os parâmetros comparando uns com os outros, identificando as interseções de maior correlação (ZHOU et al., 2007).

Nessa pesquisa, consideraram-se os valores maiores de 0,6 somente para os números positivos, onde mostrou-se uma correlação entre a Temperatura e a DBO com um valor de 0,653, entre as Coliformes e o IQA com um valor de 0,605 e entre Sólidos Totais e o Nitrogênio com valor de 0,649 (Tabela 5.2).

Os autores Valente et al., (2007) realizaram testes padrão da DBO a uma temperatura constante de 20°C e durante um período de incubação fixo identificando que ao realizar modificações na temperatura ocasionam-se também modificações na DBO.

Isto, referente à diferença de concentração de oxigênio representado na DBO, este padrão pode ser modificado pelo pH quando existam valores maiores de 7,0.

Os autores Eler et al., (2001) afirmaram que o florescimento de algas e de algumas espécies que dominam a comunidade do fitoplâncton é mais frequente em valores acima de pH 7,0, diminuindo a DBO e levando à competição por oxigênio dissolvido.

Já na bacia do rio Juqueri não se encontraram valores acima de 7,0 no mês de julho, os demais valores sempre ficaram abaixo de 7,0.

Segundo os autores Carreón et al., (2013) se mostrou que a DBO também tem uma correlação muito alta nos períodos de estiagem e chuvas com o pH, estas correlações obtiveram valores de 0,68 para ($p < 0.005$) na água da lagoa de Yuriria, no estado de Guanajuato, México.

Isto demonstrou que existe uma correlação que não depende do espaço, pois nesta pesquisa se identificou também a correlação entre DBO e a Temperatura, pois se sabe que nos meses entre novembro e Janeiro são os de maiores temperaturas e são os meses de maiores precipitações.

Referente às correlações entre o IQA e as Coliformes (valor 0,605), os autores CARREÓN et al., (2013) encontraram também correlações altas entre o IQA e coliformes e o IQA e sulfatos e nitratos (PO_4 , N-NO_2) (Tabela 5.2).

Tabela 5.2 - Matriz de Correlações.

	OD	TEMP	COLIF	pH	DBO	NT	PT	TURB	SOL	IQA	
Correlação	OD	1,000	-0,264	0,022	-0,405	-0,532	0,018	-0,029	-0,674	-0,248	0,392
	TEMP	-0,264	1,000	0,206	-0,319	0,653	-0,178	-0,478	0,499	0,274	0,338
	COLIF	0,022	0,206	1,000	0,015	0,234	-0,150	-0,280	0,067	-0,061	0,605
	pH	-0,405	-0,319	0,015	1,000	0,234	-0,246	0,130	0,235	-0,040	-0,181
	DBO	-0,532	0,653	0,234	0,234	1,000	-0,370	-0,168	0,328	0,254	0,214
	NT	0,018	-0,178	-0,150	-0,246	-0,370	1,000	0,119	-0,228	0,649	-0,311
	PT	-0,029	-0,478	-0,280	0,130	-0,168	0,119	1,000	-0,161	0,009	-0,703
	TURB	-0,674	0,499	0,067	0,235	0,328	-0,228	-0,161	1,000	-0,020	-0,194
	SOL	-0,248	0,274	-0,061	-0,040	0,254	0,649	0,009	-0,020	1,000	-0,185
	IQA	0,392	0,338	0,605	-0,181	0,214	-0,311	-0,703	-0,194	-0,185	1,000

Fonte: Autoria própria.

Já na Bacia do rio Juqueri é claro que ao aumentar os valores de coliformes, os valores de IQA diminuem devido a que as bactérias coliformes são indicadoras de contaminação fecal, além de indicarem a possível presença de outros patógenos como vírus, bactérias, protozoários e fases enquistadas de metazoários (Harwood et al., 2005).

Os mesmos autores afirmam, que o uso dos solos tem forte influência na qualidade da água, o que identifica a poluição dos recursos hídricos da bacia por esgoto com grandes quantidades de coliformes, diminuindo o IQA deste.

O IQA foi desenvolvido para avaliar a qualidade da água bruta visando seu uso para o abastecimento público, após tratamento.

Os parâmetros utilizados no cálculo do IQA são em sua maioria indicadores de contaminação causada pelo lançamento de esgotos domésticos e é composto por estes nove parâmetros com seus respectivos pesos (w), que foram fixados em função da sua importância para a conformação global da qualidade da água. (ANA, 2004) (Tabela 5.3).

Tabela 5.3 - parâmetros e pesos do IQA.

PARÂMETRO DE QUALIDADE DA ÁGUA PESO (w)	
Oxigênio Dissolvido	0,17
Coliformes Termotolerantes	0,15
Potencial Hidrogeniônico - pH	0,12
Demanda Bioquímica De Oxigênio - DBO	0,10
Temperatura Da Água	0,10
Nitrogênio Total	0,10
Fósforo Total	0,10
Turbidez	0,08
Sólidos Total	0,08

Fonte: ANA, (2004).

Na Tabela 5.3 observa-se que o peso dos coliformes é o segundo maior depois do OD, significando que qualquer modificação nos valores dos coliformes, teria um efeito direto sobre a determinação do IQA nos recursos hídricos, demonstrando a validação dos resultados obtidos nas correlações de ACP da Bacia do rio Juqueri.

As correlações encontradas nessa pesquisa entre os sólidos totais e o nitrogênio (Tabela 5.2) são corroborados por Carreón et al., (2013) na lagoa de Yuriria, no estado de Guanajuato, México, já que os autores encontraram também altas correlações entre os ST e os valores elevados da Condutividade, pH, N-NO₂, P-PO₄ e OD.

É importante ressaltar que esses pontos de amostragem foram caracterizados por altas concentrações de nutrientes sendo localizados perto de pontos de liberação de esgoto não tratado.

Benetti e Bidone, (2005) afirmaram que as águas que compõem o esgoto doméstico compreendem águas utilizadas para higiene pessoal, cocção e lavagem de alimentos e utensílios, além da água usada em vasos sanitários.

Os esgotos domésticos são constituídos, primeiramente, por matéria orgânica biodegradável, além de microrganismos (bactérias, vírus, etc.), nutrientes (Nitrogênio e Fósforo), óleos e graxas, detergentes e metais.

Segundo os autores Carreón et al., (2013), as principais fontes de nitrogênio e fósforo nos recursos hídricos são as indústrias de fertilizantes, os quais são nutrientes que podem acarretar a eutrofização (fenômeno pelo qual a água é acrescida, principalmente por compostos nitrogenados e fosforados).

Isso promove o desenvolvimento de uma superpopulação de vegetais oportunistas. Este fenômeno vem acontecendo no reservatório do rio Juqueri, pois vem se aplicando sulfato de cobre para o controle de algas.

Quando isto acontece, as espécies aeróbicas morrem por asfixia, então, a água passa a ter uma presença predominante de seres anaeróbicos que produzem ácido sulfídrico. Tal fenômeno foi observado por (YUNES et al., 2006).

Na Bacia do rio Juqueri existe uma contínua degradação da camada florestal, o que ajuda aos fenômenos de chuvas a degradarem o solo pela erosão.

As chuvas, ao atingirem o solo diretamente em grande quantidade, provocam perda da coação das moléculas junto com teores de metais, nitratos e sulfatos, contidos no solo que terminam nos recursos hídricos da Bacia do rio Juqueri, corroborando as correlações entre os ST e N.

A rotação redistribui a variância explicada pelos fatores individuais, onde esse método de rotação conduz à identificação de fatores diferentes (Componentes).

Para uma melhor interpretação dos resultados é necessário agrupar as variáveis que têm uma carga grande, com pode-se observar os resultados na Tabela 5.4, denota-se especificamente os 4 componentes segundo o total de % de variância acumulada.

A variância total explicada obteve os 4 componentes ou grupos segundo os valores obtidos do total das porcentagens da variância e da porcentagem acumulada destas, pois ao se somar as extrações das cargas e a rotação das somas destas, geram os componentes dependendo do seu ponderado total.

Sendo mais simples, essa variância coloca os valores das variáveis com valores totais semelhantes ou iguais para gerar os componentes.

Tabela 5.4 - Variância total explicada

Componente	Valores inicial			Somadas de extração de cargas ao			Somadas de extração de cargas ao		
	Total	% de variância	% acumulado	Total	% de variância	% acumulado	Total	% de variância	% acumulado
1	2,906	29,058	29,058	2,906	29,058	29,058	2,642	26,421	26,421
2	2,410	24,103	53,160	2,410	24,103	53,160	2,306	23,065	49,486
3	1,765	17,652	70,812	1,765	17,652	70,812	1,723	17,227	66,713
4	1,027	10,266	81,078	1,027	10,266	81,078	1,437	14,366	81,078
5	0,770	7,700	88,779						
6	0,655	6,550	95,328						
7	0,273	2,734	98,062						
8	0,104	1,039	99,101						
9	0,061	0,614	99,715						
10	0,029	0,285	100,000						

Método de extração: análise de componentes principais.

Fonte: Autoria própria.

Na Tabela 5.5 indicam-se os componentes resultantes tanto para a Bacia do rio Juqueri, quanto para a Lagoa de Yuriria.

A Figura 5.1. Mostra alguns grupos ou componentes formados das análises do IQA da lagoa de Yuriria pelas análises estatísticas e os grupos encontrados por (CARREÓN et al., 2013).

Tabela 5.5 - Diferenças entre componentes.

Componentes/Grupos	Bacia Rio Juqueri	Lagoa de Yuriria
1	OD, pH, DBO e Turbidez	pH, DBO e Dureza
2	T e IQA	IQA e Sulfatos e Nitratos
3	Coliformes	Turbidez e PT
4	ST, NT e PT	ST e NT, Condutividade.

Fonte: Modificado de CARREÓN et al., (2013) e está pesquisa.

Das funções discriminantes obtiveram uma variância acumulada de 98,02 %, e valores dos coeficientes de correlação de 0,99 y 0,98 %, respectivamente para cada eixo. Dando como resultados os componentes descritos na Tabela 5.5

As análises de correlações entre componentes mostraram correlações entre o pH e o componente 4 (ST, NT e PT) com um valor de 0,653 (Tabela 5.6).

Na tabela 5.6 a comunalidade identifica quais das variáveis individuais são mais importantes para determinar os problemas ambientais nos recursos hídricos da Bacia do rio Juqueri.

Referentes à extração, os coeficientes são maiores ao 0,7, significando que todas as variáveis são importantes para a identificação dos problemas ambientais na Bacia.

Na matriz de coeficientes os valores dos componentes a partir de 0,4, são os de maiores correlações com as variáveis identificadas na Tabela 5.6.

A partir desta informação, é utilizada como comparativo que segundo esta matriz de coeficientes, a variável de coliformes tem uma correlação direta com a temperatura e o IQA, da mesma forma que a variável pH tem uma correlação direta com os ST, NT e o PT.

Outra variável que tem uma correlação forte é o NT e os ST com as Coliformes. (Tabela 5.6) (Figura 5.1)

Tabela 5.6 - Matriz de coeficiente de pontuação de componente.

	Comunalidade		Componente			
	Padrão	Inicial	Extração	1	2	3
OD	1,000	0,847	-0,306	0,087	-0,080	-0,174
TEMP	1,000	0,934	0,293	0,040	0,016	-0,392
COLIF	1,000	0,669	-0,078	0,438	0,119	0,314
pH	1,000	0,846	0,019	0,121	0,008	0,653
DBO	1,000	0,721	0,246	0,165	0,071	0,135
NT	1,000	0,869	-0,104	-0,011	0,496	-0,024
PT	1,000	0,613	-0,056	-0,238	0,005	0,186
TURB	1,000	0,746	0,349	-0,160	-0,158	-0,121
SOL	1,000	0,913	0,056	0,100	0,564	0,069
IQA	1,000	0,951	-0,107	0,413	-0,027	0,002

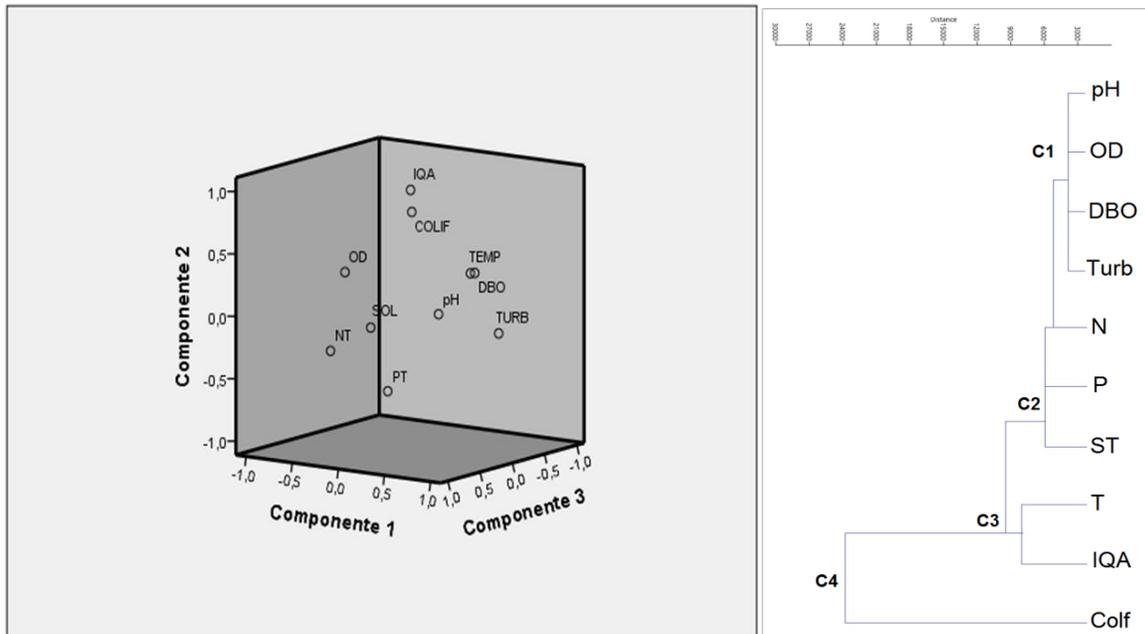
Método de extração: análises de componentes principais.

Método de rotação: Varimax com normalização Kaiser.

Pontuações de componente.

Fonte: Autoria própria.

Figura 5.1 - Componente do espaço rotado e Cluster de componentes.



Fonte: Autoria própria.

5.3.1 Análises de fatores ambientais

No que se referente às correlações entre componentes, mostra-se as correlações existentes entre estes na Tabela 5.7.

Na anterior tabela, identifica-se as maiores correlações entre os componentes 1 (OD, pH, DBO e Turbidez) e 2 (T e IQA), mostrando que a temperatura e o IQA podem modificar o pH, o teor de OD, a DBO e a turbidez.

Os autores Carreón et al., (2013), por outro lado, encontraram correlações entre as concentrações elevadas de ST, DBO e NT e os valores de T e condutividade, isto na água da Laguna de Yuriria.

Outra correlação importante encontrada foi a de concentrações elevadas de nutrientes (P-PO₄, N-NH₄, N-NO₂) e os valores de T, associados com concentrações elevadas de SO₄, N-NO₃, DBO e Turbidez.

E a última correlação importante foi a de altas concentrações de PT, ST com a Condutividade (Tabela 5.7).

Tabela 5.7 - Matriz de transformação de componente.

Componente	1	2	3	4
1	0,767	0,618	-0,148	-0,082
2	0,606	-0,632	0,285	0,389
3	0,029	0,103	0,857	-0,504
4	-0,207	0,455	0,403	0,766

Método de extração: análises de componentes principais. Método de rotação: Varimax com normalização Kaiser. Valores com vermelho significantes para a correlação.

Fonte: Autoria própria.

5.3.2 Correlações canônicas entre IQA e uso do solo da Bacia do rio Juqueri

Para realizar essas análises, identificaram-se as mudanças temporais na Bacia do rio Juqueri nos últimos anos (Capítulo 3).

Utilizaram-se os dados obtidos do uso do solo dos anos de 1986, 1992, 2003, 2011 e 2016.

Posteriormente, realizou-se um ajuste nos valores das variáveis segundo Rodríguez, (2005), para deixar os valores do uso de solo na mesma escala de valores que o IQA mediante as Equações 5.1 e 5.2:

$$\pi r^2(n) \qquad \text{Equação 5.1}$$

Onde: n = variável

E para as variáveis do IQA

$$VV = \text{Log}(n + 1) \qquad \text{Equação 5.2}$$

Onde:

VV=Valor Variável.

n = variável

Esse processo permitiu, assim, trabalhar entre os valores de distribuições normais e diferentes.

As análises de correlação canônica conseguiram identificar as relações que existem entre o grupo de variáveis de uso e ocupação de solos e os parâmetros do IQA, além da validade das mesmas (Tabela 5.8).

5.3.2.1 Correlação entre a temperatura e a área de pastagem e solo exposto

Referente à Bacia do rio Juqueri, a temperatura tem uma correlação direta com as áreas de pastagem, obtendo com o maior valor das correlações obtidas (0,898), seguida do solo exposto com um valor de correlação de 0,693.

Isso denota uma dependência dos valores da temperatura quanto às áreas de pastagem e solo exposto contidos na bacia (Tabela 5.8), pois ao aumentar as áreas de pastagem e solo exposto diminuem as áreas de floresta.

A Energia do sol entra diretamente sobre o solo e os recursos hídricos, diminuindo a evapotranspiração realizada pela camada florestal, isto ratificou a correlação entre a temperatura com as áreas de pastagens e solo exposto que vem aumentando nos últimos 30 anos.

Nas Tabelas 5.8 e 5.9 identificaram-se claramente as correlações encontradas na matriz de correlações da Bacia do rio Juqueri (Figuras 5.3 e 5.4).

Tabela 5.8 - Matriz de correlações ACP.

	OD	T	COLF	pH	DBO	NT	PT	TURB	ST	IQA	CA	F	P	AU	SE	AA
OD	1,000															
T	0,654	1,000														
COLF	-0,458	-0,445	1,000													
pH	-0,557	-0,635	0,920	1,000												
DBO	-0,255	0,284	0,252	0,337	1,000											
NT	-0,059	-0,351	-0,371	-0,414	-0,899	1,000										
PT	-0,304	-0,529	-0,244	0,152	0,124	0,021	1,000									
TURB	-0,680	-0,877	0,803	0,926	0,055	-0,064	0,308	1,000								
ST	-0,340	-0,205	-0,505	-0,506	-0,510	0,831	0,136	-0,190	1,000							
IQA	0,543	0,854	0,017	-0,304	0,205	-0,369	-0,863	-0,582	-0,370	1,000						
CA	-0,888	-0,837	0,280	0,398	-0,194	0,473	0,392	0,670	0,584	-0,748	1,000					
F	-0,400	0,033	-0,370	-0,109	0,613	-0,282	0,654	-0,108	0,216	-0,368	0,208	1,000				
P	0,883	0,898	-0,654	-0,760	0,011	-0,161	-0,312	-0,920	-0,175	0,657	-0,897	-0,046	1,000			
AU	-0,732	-0,001	0,392	0,366	0,726	-0,436	-0,068	0,247	0,028	0,076	0,359	0,516	-0,410	1,000		
SE	-0,081	0,693	-0,271	-0,395	0,585	-0,343	-0,319	-0,565	0,142	0,541	-0,236	0,504	0,375	0,659	1,000	
AA	-0,285	0,537	-0,012	-0,147	0,667	-0,414	-0,348	-0,329	0,075	0,495	-0,084	0,468	0,146	0,826	0,962	1,000

(CA – Corpos d'água) (F – Floresta) (P - Pastagem) (AU – Área Urbana) (SE – Solo exposto) (AA – Área agrícola)

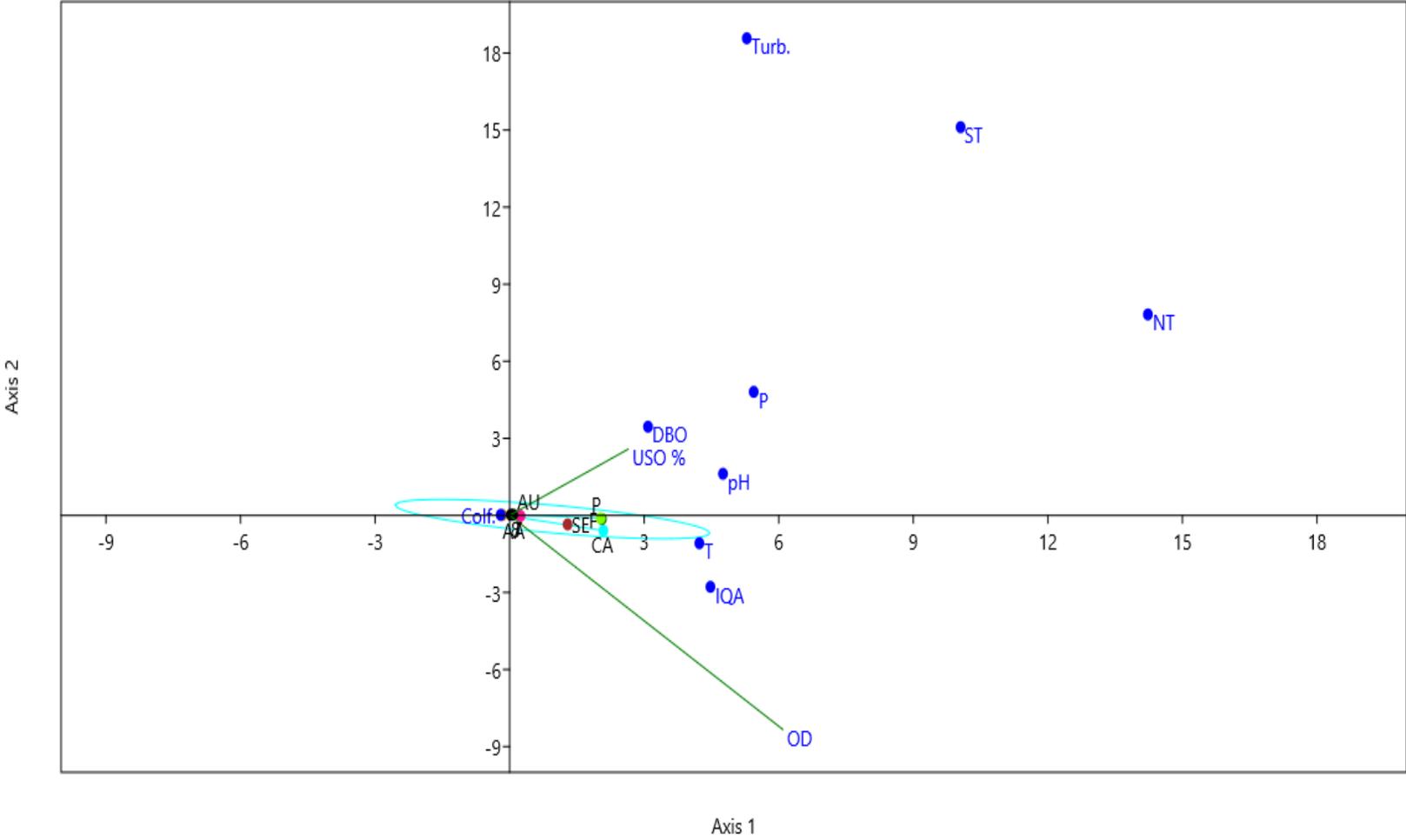
Valores marcados com verde amostram correlações entre as variáveis do IQA.

Valores marcados com vermelho denotam correlações entre as variáveis de uso de solo e IQA.

Erro encontrado foi de 0,03%

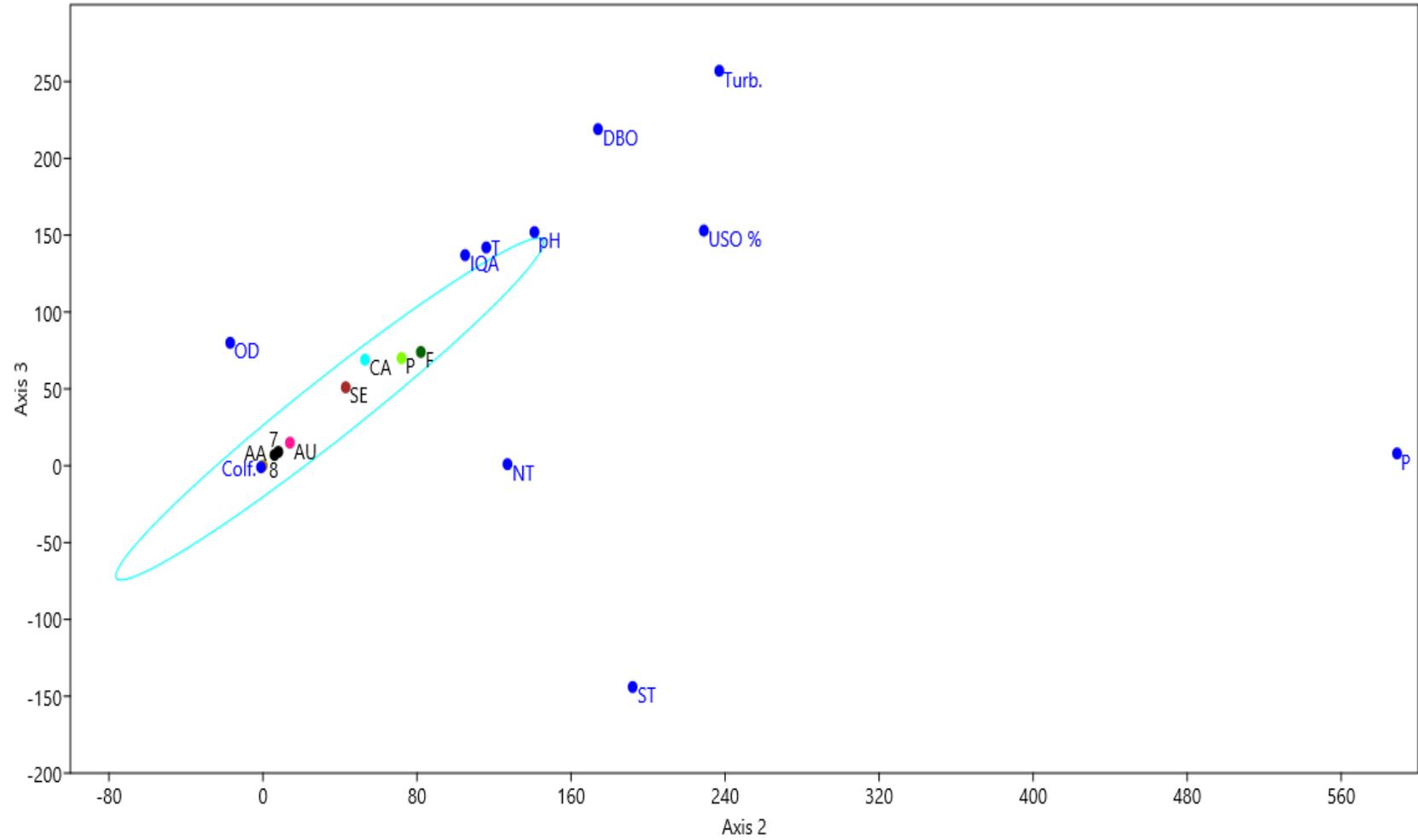
Fonte: Autoria própria.

Figura 5.2 - Correlações canônicas das variáveis de uso de solos e os parâmetros do IQA dos eixos 1 e 2.



Fonte: Autoria própria.

Figura 5.3 - Correlações canônicas das variáveis de uso de solos e os parâmetros do IQA dos eixos 2 e 3.



Fonte: Autoria própria.

Tabela 5.9 - Correlações canônicas Bacia do rio Juqueri .

Nº	Matriz correlação	Eixo 1 e 2	Eixo 3 e 4
1	*A temperatura - área de Pastagem.	**As Coliformes - área Urbana.	**As Coliformes - área Urbana e Área Agrícola.
2	*A temperatura - área do Solo exposto.	*A temperatura - pastagem e Solo exposto.	*A temperatura - área da pastagem e área de Floresta (influenciada por todos os usos de solo)
3	A DBO - Área Urbana	Correlação dos ST e NT - Turbidez, (afastados dos outros parâmetros)	Correlação da Turbidez - DBO
4	A DBO - Área Agrícola	***Correlação Todos os usos - Coliformes e Temperatura.	***Correlação Todos os usos - Coliformes, Temperatura, pH e o IQA
5	A Turbidez - Área dos corpos d'água		Correlação ST - NT e o PT
6	O PT - Camada Florestal		
7	IQA - Área da pastagem		

*Corroboras as correlações entre (Temperatura – Pastagem, solo exposto e Floresta)

** Corroboras as correlações entre (Coliformes - áreas Urbanas e áreas agrícolas)

*** Corroboras as correlações entre (Todos os usos de solo – Colif, T, pH e IQA)

Fonte: Autoria Própria.

5.3.2.2 Correlação entre a DBO e as áreas urbanas

Geralmente, as águas do esgoto de uma cidade, compõem-se de rejeitos domésticos e industriais, onde o parâmetro mais utilizado para classificar se o esgoto é sanitário ou industrial é a DBO.

Quanto maior seja a DBO, maior é a poluição orgânica (FERREIRA, 2010).

O anterior autor, também afirma que a composição do esgoto é bastante variável, apresentando maiores teores de impurezas durante o dia e menores durante a noite.

A matéria orgânica, especialmente as fezes humanas, confere ao esgoto sanitário suas principais características, as quais são mutáveis com o decorrer do tempo, pois sofre diversas alterações até sua completa mineralização ou estabilização (FERREIRA, 2010).

Enquanto o esgoto sanitário, este causa poluição orgânica e bacteriológica, o industrial geralmente produz a poluição química.

O efluente industrial, além das substâncias presentes na água de origem, contém impurezas orgânicas e/ou inorgânicas resultante das atividades industriais, em quantidade e qualidade (CARREÓN et al., 2013).

Os corpos d'água podem recuperar-se da poluição ou depurar-se pela ação da própria natureza.

O efluente geralmente pode ser lançado sem tratamento em um curso de água, desde que a descarga poluidora não ultrapasse cerca de quarenta avos da vazão: um rio com 120 l s^{-1} de vazão pode receber de grosso modo a descarga de 3 l s^{-1} de esgoto, sem consequências (CARREÓN et al., 2013).

Segundo o Plano Municipal de Saneamento Básico de Mairiporã (2013), os serviços de água e esgoto são prestados pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP, através de um contrato datado de mais de 30 anos atrás e que teve sua validade expirada em 2009.

Nos últimos 10 anos, pouco foi feito para a universalização do acesso a água de abastecimento, para garantia da qualidade do manancial e dos recursos hídricos da bacia em questão e de assegurar as condições sanitárias da população.

De acordo com os censos de 2000 e 2010 realizados pelo IBGE, a parcela de domicílios particulares permanentes do município com acesso à rede de abastecimento passou de somente 65% para 71%.

A rede de coleta de esgoto, por sua vez, passou de 31% apenas para 35% no mesmo período (PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO DE MAIRIPORÃ, 2013).

Segundo o IBGE (2012) mais da metade dos esgotos gerados são dispostos em fossas ou lançados *in natura*.

A insuficiência do sistema coletor existente vem comprometendo a qualidade das águas superficiais da Bacia, bem como de seu próprio manancial de abastecimento.

Uma vez que o efluente é lançado a montante do ponto de captação, este causa condições sanitárias insalubres.

Vários bairros próximos ao centro de Mairiporã lançam seus esgotos *in natura* na rede de águas pluviais ou diretamente nos cursos d'água.

É o caso dos Jardins Capri, Náutico, Capuavinha, Santana, Suíço, Néri, Santa Cruz, Sandra I e II.

Esta realidade corrobora a correlação existente entre a DBO e a Área Urbana, pois esta vem crescendo através do tempo sem um prévio planejamento, e mais de 75% das áreas urbanas do município de Mairiporã não tem rede de coleta de esgoto, o que intensifica a poluição por matéria orgânica e faz incrementar os valores da DBO.

5.3.2.3 Correlação entre a turbidez e as áreas dos corpos de água

Referente à correlação da Turbidez com a área dos corpos d'água, existe a presença de partículas em suspensão (presença de fitoplâncton ou algas crescimento, sedimentos provenientes da erosão, e lançamento de efluentes o que contribui para diminuir a concentração de oxigênio (VON SPERLING, 2005).

Essa seria a correlação direta com a OD e a DBO, mas nesse caso, podemos afirmar que nos períodos chuvosos o aumento de quantidade de água precipitada leva consigo material coloidal e solo erodido, o que explicaria a correlação obtida entre a Turbidez e a classe de corpos d'águas.

5.3.2.4 Correlação entre o fósforo total e as áreas de floresta

No que diz respeito à correlação entre P com a classe de áreas de floresta, o autor Malavolta (1996), afirma que as florestas realizam um papel importantíssimo sobre a ciclagem de carbono, nutrientes, e minerais como o fósforo e a retenção de água no solo.

Segundo Coelho & Verlengia, (1993) existe uma baixa disponibilidade de nutrientes, principalmente de fósforo, nos solos de São Paulo, que pode limitar o crescimento da vegetação secundária.

No entanto, florestas tropicais apresentam estratégias para maximizar a absorção de nutrientes, como associações com micorrizas e produção de raízes apogeotrópicas, onde as florestas secundárias, geralmente, conseguem desenvolver-se em solos com deficiência de fósforo, possivelmente em parte, devido ao estabelecimento de simbiose micorrizas (COELHO & VERLENGIA, 1993).

Segundo Malavolta (1996), diversos fatores ambientais podem influenciar a colonização de micorrizas e o crescimento radicular em ecossistemas florestais, tais como disponibilidade de nutrientes e a água no solo, além de mudanças na cobertura desses.

Então, existe uma correlação direta entre as áreas contidas com floresta (vegetação secundária) e o P, devido às simbioses das suas raízes com micorrizas, que no período de chuvas, seja por erosão de solos ou por fluxo subterrâneo, o fósforo é disponibilizado nos recursos hídricos da Bacia do rio Juqueri em pequenas quantidades.

Importante ressaltar que as maiores fontes de fósforo são de fertilizantes feitos à base deste e o esgoto não tratado.

5.3.2.5 Correlação entre o IQA e as áreas de pastagem

Em relação à correlação entre o IQA e as áreas de pastagem, segundo Bigarella (2006), o manejo de grandes volumes de água em áreas extensas com baixas ou altas declividades, é uma das tarefas mais difíceis, pois existem solos pouco permeáveis, que geram enxurradas ou muito permeáveis que saturam o nível freático ajudando as inundações ou à erosão.

Embora existam técnicas para pastagens baseadas na retenção e uso dos excedentes de precipitações tais como as canalizações.

Precisam-se criar condições que melhorem a acumulação da drenagem dos excedentes hídricos, além de áreas com estruturas de captação, retenção e condução da água para diferentes lagoas ou locais de córregos e rios.

O que fica claro, é que as áreas de pastagens brindam diversos serviços ambientais, pois provê o espaço para o transporte e purificação da água precipitada, ajuda na recarga dos aquíferos e também é um hábitat para a vida silvestre.

Além disso, dissipam a força que traz a água das grandes enchentes e precipitações, de forma que reduz seu poder erosivo, filtrando os sedimentos e melhorando a qualidade da água que chega aos recursos hídricos de determinada bacia hidrográfica ou região.

A partir disso, a correlação existente entre o IQA e as áreas de pastagem seria acertada.

5.4 CONCLUSÕES

As correlações dos valores na Bacia do rio Juqueri, demonstram uma influencia entre os usos do solo e os padrões que fazem parte do IQA, além de identificar as correlações entre os próprios parâmetros deste.

As correlações mais notórias foram a DBO com as áreas urbanas, mostrando a importância que este parâmetro tem frente ao IQA, e como indicador ambiental, que determina indiretamente, a concentração de matéria orgânica biodegradável, proveniente da contaminação fecal pelo esgoto da área urbana que aumentou a demanda de oxigênio.

Na bacia existe uma contínua degradação da camada florestal virando pastagens e solos expostos, susceptíveis à erosão nos períodos de chuva, aumentando os teores de metais, nitratos e sulfatos contidos no solo. Esse fato refletiu-se nas correlações entre os Sólidos e o Nitrogênio.

Mediante a variância total explicada, obtiveram-se 4 componentes dos parâmetros do IQA, onde os parâmetros que fazem parte dos componentes foram OD, pH, DBO e Turbidez, no 2 (T e IQA), no 3 (Coliformes) e no 4 (ST, NT e PT).

Identificando-se certos grupos das variáveis do IQA que atuam em conjunto na água da Bacia do rio Juqueri.

Nessas análises dos componentes, determinou-se, que existem correlações entre os coliformes e temperatura como o IQA, da mesma forma que a variável do pH tem uma correlação direta com os ST, NT e o PT.

Outra variável que tem uma correlação forte é o NT e os ST com os Coliformes.

As maiores correlações entre os componentes, deram-se no componente 1 (OD, pH, DBO e Turbidez) como o 2 (T e IQA), mostrando que a temperatura e o IQA podem modificar o pH, os teores de OD, DBO e a turbidez.

Mostrou-se também que os aumentos nas concentrações de NT, DBO e Turbidez, repercutem no aumento da temperatura, já que o N aumenta o fitoplâncton e este aumenta a DBO e a turbidez da água repercutindo numa maior retenção de calor pelos recursos hídricos.

Uma das correlações inesperadas aconteceu entre o IQA e as áreas de pastagem, já que estas áreas mantêm a quantidade e qualidade dos recursos hídricos da bacia, pois provê o espaço para o transporte e purificação, recarga dos aquíferos, dissipa a força das enchentes e filtra sedimentos da água precipitada.

Porem, afirma-se que grandes quantidades das áreas florestais da bacia, estão sendo diminuídas para dar passo a áreas de pastagem, e ainda que as áreas de pastagem ajudem nos valores do IQA, se prefere manter as áreas de vegetação florestal.

Referente às funções discriminantes das ACP. Estas apresentaram uma variância explicada de 81,07% e um coeficiente de correlação de 0,98 mostrando resultados satisfatórios que determinam a realidade das correlações entre os parâmetros do IQA e o uso dos solos da bacia Juqueri.

As correlações canônicas mostraram-se muito úteis para determinar a pressão que esta sendo exercida na Bacia do rio Juqueri, pois mediante estas, foi possível simplificar e determinar quais variáveis são mais importantes e estão causando maiores problemas.

Além disso, ajudaram significativamente na redução da complexidade e conseqüentemente na facilidade da interpretação dos problemas ambientais nos recursos hídricos da Bacia.

5.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. Indicadores de qualidade - índice de qualidade das águas (IQA). 2004. <http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>. Acesso: 20.12.2016

BENETTI, A.; BIDONE, F. O meio ambiente e os recursos hídricos. IN: TUCCI, C. E. M. Hidrologia: ciência e aplicação. Porto Alegre: Ed. da Universidade/UFRGS/ABRH, 2005. p. 669.

BIGARELLA, J.J. Processor Erosivos. In: Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais. Florianópolis; Editora da UFSC, 2006.vol.3, Cap 15. 909-928p.

CARREÓN, TANIA; DÍAZ, JACINTO; & LÓPEZ, EUGENIA: EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA LAGUNA DE YURIRIA, GUANAJUATO, MÉXICO, MEDIANTE TÉCNICAS MULTIVARIADAS: UN ANÁLISIS DE VALORACIÓN PARA DOS ÉPOCAS 2005, 2009-2010. Revista Internacional de Contaminación Ambiental. ISSN 0188-4999. 29 (3) 147-163, 2013.

COELHO, F.S. & VERLENGIA, F. Fertilidade do solo. Campinas, Instituto Campineiro de ensino agrícola, 1993. 384p.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO QUALIDADE DAS – CETESB. Águas Interiores no Estado de São Paulo. Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas e de Amostragem. 2009. 33p.

DOWNING, J.A. 2004. *A Manual on Methods for the Assessment of Secondary Productivity in Fresh Waters*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, England.

ELER, M. N.; ESPÍNDOLA, E. L. G.; SENHORINI, J. A.; SERAFIM, Z. D. R.; BUFON, A. G. M. Avaliação do Impacto Ambiental de Pesque-pague na Bacia do MogiGuassu. In: I Congresso Estadual de Comitês de Bacias Hidrográficas. 2001, São Paulo. Anais... São Paulo. CHREA/USP, 2001.

EMPRESA PAULISTA DE PLANEJAMENTO METROPOLITANO S.A. - EMPLASA. Atlas de Uso e Ocupação do Solo de Mairiporã 2006. https://www.emplasa.sp.gov.br/Cms_Data/Sites/EmplasaDev/Files/Documentos/Cartografia/Atlas/RMSP/Atlas_Mairipora.pdf. Acesso: 10/10/2016.

FERREIRA, W. Estudo de patógenos e metais em lodo digerido bruto e higienizado para fins agrícolas, das estações de tratamento de esgotos da ilha do governador e da Penha no estado do Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado. Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública; 2010. 89 p

FUNDAÇÃO DE APOIO À UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – FUSP. Plano de Bacia Hidrográfica do Alto Tietê. 2009

HARWOOD, V. J., A. D. LEVINE, T. M. SCOTT, V. CHIVUKULA, J. LUKASIK, S. R. FARRAH & J. B. ROSE. 2005. Validity of the indicator organism paradigm for pathogen reduction in reclaimed water and public health protection. *Applied and Environmental Microbiology* 71: 3163-3170.

HERMAN, L.; MEYER, F. P. Fish Kills Due Natural Causes. IN: Field Manual for the Investigation of Fish Kills. Uninated States Departament of Interior - Fish and Wildlife, 2000. p. 41 - 44.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=352850&search=sao-paulo|mairipora>. (Acesso em 30/05/2016).

KENDALL, M. G. "Sampling Moments of Moments for a Finite Population." *Ann. Eugenics* 12, 138-142, 2002.

MALAVOLTA, E. Manual de química agrícola: Nutrição de plantas e fertilidade do solo. São Paulo, Editora Agronômica Ceres, 1996. 528 p.

MARGALEF, R. 2003. Information theor in ecoloy. *Geral Sysytems* 3: 36-71 11p

MARTINS, D. F. F.; SOUZA, R. B.; OLIVEIRA, T. M. B. F.; SOUZA, L. D. ; CASTRO, S. S. L.(2008). Qualidade físico-química das águas da bacia do rio Apodi/Mossoró: I- Variabilidade espacial. I- Variabilidade Espacial. Química no Brasil. Anais do I congresso norte-nordeste de química, Natal. Vol. (2), 61-74.

PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO DE MAIRIPORÃ. Volume I. Plano Municipal dos Sistemas de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário. NOVIEMBRE, 2013

RODRÍGUEZ., ELENA. Errores Frecuentes en la Interpretación del Coeficiente de Determinación Lineal. *Anuario Jurídico Y Económico Escorialense*, XXXVIII (2005) 315-332/ISSN:1133-3677. 12p.

STEVENS, James. *Applied Multivariate Statistics For The Social Sciences*. Mahwah, New Jersey: LEA – Lawrence Erlbaum Associates, Publishers. 1996.

VALENTE, José Pedro; PADILHA, Pedro; SILVA, Maria Marques. Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no ribeirão Lavapés/Botucatu – SP. *Revista Eclética Química*. ISSN 1678-4618. vol.22 São Paulo 2007.

VON SPERLING, M. (2005). Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos. Série Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias; v.1. Universidade Federal de Minas Gerais - Belo Horizonte.

YUNES, J. S.; NIENCHESKI, L. F.; CODD, G. A. The effect of nutrient balance and physical factors on the occurrence, toxicity and control of cyanobacterial blooms in the Patos Lagoon, Brazil: a laboratory and field study. Rio Grande: 2006. s/pp.

ZHOU F., LIU Y. Y GUO H. (2007). Application and of and multivariate and statistical and methods and to and water and quality and assessment. *Environ. Monit. Assess.* 132, 1-13.

CAPÍTULO 6

INFLUÊNCIA DO USO DO SOLO NO TEOR DE METAIS-TRAÇO NOS SEDIMENTOS DO RESERVATÓRIO PAIVA CASTRO.

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo entender como as mudanças no uso do solo da Bacia do rio Juqueri exerceram impactos nos teores de metais nos sedimentos do reservatório Paiva Castro. Foram coletadas amostras de sedimentos no reservatório em três pontos específicos: rio, captação e barragem, os quais foram divididos em dois grupos de variáveis: i) variáveis dependentes, que são as de uso do solo; e ii) variáveis independentes, que são os teores de metais-traço. Foi identificado que as declividades entre 3 e 12% são as mais susceptíveis à erosão e as de maiores aportes de sedimentos. A análise dos correspondentes principais (ACP) identificou correlações entre os próprios metais e entre o uso do solo, indicando a existência de uma mobilidade desses elementos no reservatório e aumento nos teores de Cu, tanto nos pontos da barragem quanto no rio nos últimos anos. Segundo as correlações canônicas, os valores de correlação foram altos entre a área urbana e o Pb junto com o Cr, fazendo da área urbana e solos expostos os mais influentes nos teores de metais na barragem e captação, por apresentarem o maior número de correlações. Sendo assim, concluiu-se que os sedimentos refletiram as atividades antrópicas no uso do solo e que as correlações canônicas identificaram os possíveis impactos que o uso do solo exerce sobre os recursos hídricos do reservatório Paiva Castro.

Palavras chave: geoprocessamento, crescimento urbano, contaminação, correlação canônica (CA).

6.1 INTRODUÇÃO

A erosão é a ação de desprendimento de partículas do solo que são transportados pela água que escorre no terreno.

Quando não há mais energia para o transporte, ocorre o que é conhecido como sedimentação.

A erosão afeta, em primeiro lugar, a camada superficial do solo e caso essa camada seja perdida, também se perderá sua capacidade de retenção, diminuindo a infiltração do solo.

Um solo manejado de maneira inadequada apresentará sintomas de degradação, os quais são quantificados em termos de toneladas por ano (FAO-MAG, 2006).

Segundo a FAO-MAG (2006), no âmbito dos processos de erosão podem ser encontrados os seguintes: desprendimento do solo que é o impacto causado pelas gotas de chuva ao colidir com o terreno descoberto produz uma desagregação dos componentes do solo superficial.

Se a quantidade de precipitação excede a capacidade de infiltração no solo, acontecerá o escoamento superficial, o qual arrasta as partículas desprendidas do solo pela ação da chuva.

Quando o fluxo da água atinge a velocidade erosiva, ocorre o desprendimento acelerado dos agregados do solo que provoca a erosão em sulcos ou voçorocas (SANTOS et al., 2010).

A sedimentação ocorre quando a energia do escoamento diminui, e acontece em terrenos planos ou próximos aos leitos de rios e lagos, especialmente em locais com obstáculos e nas barragens dos reservatórios, como no Paiva Castro.

O reservatório Paiva Castro entrou em operação em 1974 e é o último reservatório do sistema Cantareira, o principal manancial para abastecimento público da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) (CETESB, 2014).

O sistema Cantareira abastece 65% da população metropolitana de São Paulo, produzindo, portanto, mais da metade da água consumida pelos 19 milhões de habitantes da RMSP.

O reservatório Paiva Castro recebe as águas por gravidade proveniente dos quatro reservatórios formadores do sistema, recebendo também toda a poluição coletada da área urbanizada do município de Mairiporã.

Os sedimentos procedentes das bacias hidrográficas são retidos em grande maioria nos reservatórios, dando lugar a uma série de efeitos e impactos como: a perda da capacidade de

armazenamento de água, alteração do canal, a formação de *wetland* ou zonas úmidas, a limitação do uso recreativo dos reservatórios e a própria eutrofização (PONCE, 2005).

Porém, o entupimento em reservatórios utilizados para abastecimento, supõe uma clara perda da eficiência na produção de água, como o que está acontecendo atualmente no reservatório Paiva Castro.

Muitos estudos de impactos ambientais são baseados na análise de água, sedimentos e organismos biológicos, mas poucos deles fornecem informações temporais incluindo as épocas de desenvolvimento industrial.

Neste caso, os sedimentos cumprem um importante papel, pois quando se obtém uma coluna sedimentar, esta fornece informações dos dados históricos de determinado ambiente em relação a suas alterações ao longo do tempo (JARUP, 2003).

O objetivo desse estudo foi reconhecer a variabilidade espaço-temporal no uso e ocupação dos solos da Bacia do rio Juqueri para obter correlações com os teores de metais encontrados nos sedimentos do reservatório Paiva Castro, através da acumulação histórica de Cd, Cr, Ni, Pb, Zn, Mn, Al e Cu.

A análise dos metais nos sedimentos com técnicas de geocronologia permitiu identificar a acumulação histórica de contaminantes que ocorreram ao longo do tempo como resultado das atividades antrópicas, permitindo entender a dinâmica histórica da acumulação de metais.

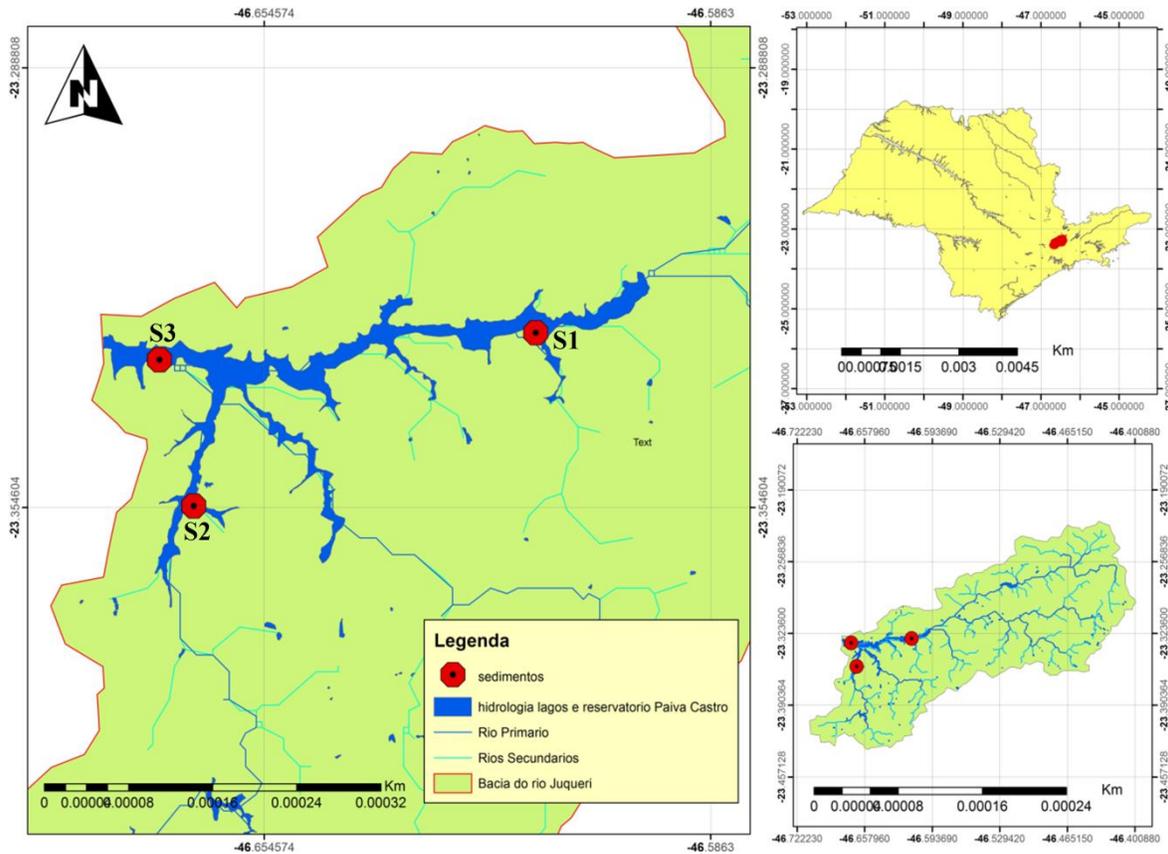
6.2 MATERIAIS E MÉTODOS

6.2.1 Área de estudo

Dentro da Bacia do rio Juqueri encontram-se inseridos os municípios de Mairiporã, Atibaia, Nazaré Paulista, Guarulhos, Caieiras e Franco da Rocha (EMPLASA, 1999).

O reservatório Paiva Castro está localizado no município de Mairiporã (Figura 6.1).

Figura 6.1 - Pontos de amostragem no Reservatório Paiva Castro.



Fonte: Autoria própria.

6.2.2 Caracterização da Bacia do Juqueri

6.2.2.1 Caracterização do uso e ocupação do solo

Essa análise foi feita usando unidades funcionais da paisagem e da área da Bacia do rio Juqueri, dos diferentes tipos de uso do solo dos anos “1986, 1992, 2003, 2011 e 2016”, descrição detalhada (Capítulo 3).

6.2.2.2 Geologia da Bacia do rio Juqueri

A litologia é a parte da geologia que estuda as rochas, especialmente o tamanho de grão, tamanho das partículas e de suas características físicas e químicas.

Inclui também sua composição, sua textura, tipo de transporte assim como sua composição mineralógica, distribuição espacial e material cimentante (RESENDE, 1997).

Segundo a base cartográfica da GEOBANK a litologia encontrada na Bacia do rio Juqueri divide-se em duas classes de rochas metamórficas e de classe ígnea.

Segundo Reinholt (1964), a Bacia do rio Juqueri que faz parte da serra do Cantareira, possui dentro do seu material geológico um corpo granítico onde, de acordo com sua particularidade de textura e mineralógica, denota um Stock granítico que aflora ao norte do rio Juqueri, no município de Mairiporã, e em pequena escala no norte do município Franco da Rocha.

O granito de Mairiporã aflora ao norte da cidade de Mairiporã possui um comprimento de 14 km e cerca de 4 km de largura máxima, ocupando uma área superior a 30 km².

Reinholt (1964), ressalta que morfológicamente existe uma formação de uma pequena serra, com altitude máxima de 1150 m e desnível, no lado sul, de 400 m a qual esta encaixada em xistos e filitos, que geralmente são alterados até uma grande profundidade.

Nestes estão preservadas estruturas originais como a estratificação e lineamento, bem como, as variações na granulação de estratos originalmente mais argilosos e mais arenosos.

Os autores Silveira et al., (2014) realizaram estudos de disponibilidade de metais na bacia do rio Paquequer em Teresópolis (RJ), e encontraram que a geologia da região é representativa do cinturão Ribeira de idade neo-proterozóica, cujo final do evento é marcado pelas intrusões graníticas em torno de 500 Ma (Heilbron & Machado, 2003).

Os granitos são os materiais que mais representam a bacia do rio Paquequer e têm origem crustal, da província magmática tardi a pós-colisional e composição granítica a granodiorítica (Grossi Saad et al., 1980; Junho, 1982; Tupinambá, 1999; Valadares et al., 2000; Mendes et al., 2011).

Referente à Bacia do rio Juqueri, sua constituição geológica é complexa, tanto quanto aos litotipos ocorrentes, como quanto às aparências estruturais apresentadas. As rochas ocorrentes são

constituídas também por composição granítica, como bacia do rio Paquequer em Teresópolis, e possivelmente o granito não seria um provedor de metais.

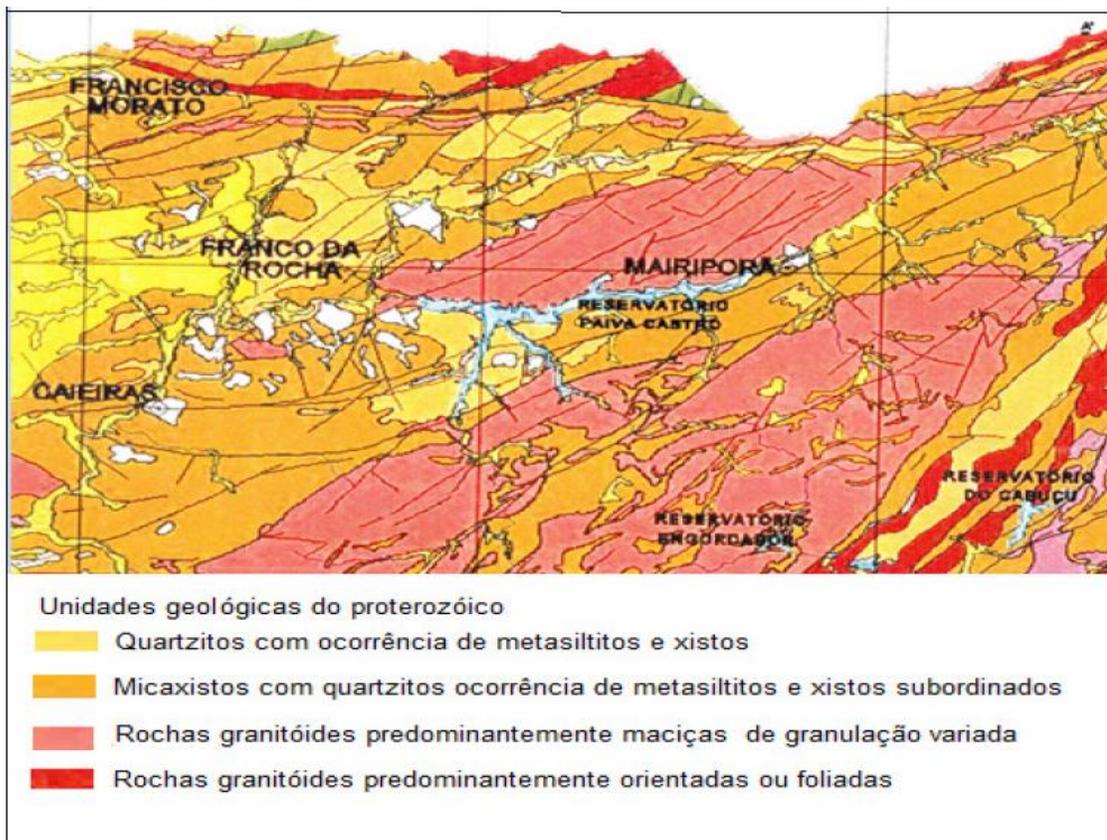
A Bacia do rio Juqueri caracteriza-se como dominante na natureza metamórfica, pertencentes ao grupo São Roque, datado do Proterozóico Superior.

Ocorrem na área, além de micaxistos e filitos, que predominam anfibolitos, metabasitos, metarenitos, metacarbonatos, quartzitos e outras, de menor expressão territorial, como gnaisses e migmatitos.

Cita-se também, como muito importante, a ocorrência de maciços magmáticos intrusivos granito - granodioríticos, pertencentes às fácies Cantareira.

Estas massas abrangem dimensões territoriais de diferentes magnitudes, uma delas constituindo a Serra da Cantareira (FUSP, 2009) (Figura 6.2).

Figura 6.2 - Mapa Geológico mostrando a composição de rochas Bacia do rio Juqueri



Fonte: Modificado do Projeto da Bacia Alto Tietê (PIERIS, 2001).

Meybeck (1987), afirma que para as rochas do tipo granitos e gnaisses, anfibolitos, metabasitos, metarenitos, metacarbonatos e quartzitos, os valores das taxas de erosão química seriam baixos, como no caso da Bacia do rio Juqueri e bacia do rio Paquequer.

Especificamente, o fato da bacia de drenagem do Paquequer ao estar sobre estas rochas representando a geologia principal da região sudeste, médio vale do rio Paraíba do Sul, torna-a atrativa para a investigação do processo de intemperismo em ambiente montanhoso.

As coletas de amostras dos autores Silveira et al., (2014) de água do rio Paquequer mostraram mediante a hidrogeoquímica que metais como o Pb, Cr, Cd e Mn apresentaram valores abaixo do limite de detecção ($<0,6$, $<0,1$ e $<0,6 \mu\text{g l}^{-1}$, respectivamente) refletindo a insignificante concentração destes metais nas rochas e a existência de fontes antrópicas relacionadas a processos industriais na bacia de drenagem.

As concentrações encontradas para metais como Ni, Zn, Al e Cu são baixas e pontuais, relacionadas ao núcleo urbano (aparecem no ponto PAQ 4 – canal principal) e a jusante deste no canal principal.

O Al ocorre em concentrações menores que $50 \mu\text{g l}^{-1}$, nas amostras investigadas, e apresenta comportamento bem diferente dos outros elementos estudados.

Este é o único elemento que apresenta concentrações maiores dentro da área do PARNASO (PAQ 1, PAQ 2 e PAQ 3); tal fato ocorre devido a sua baixa solubilidade para os valores de pH encontrados neste estudo.

Como não existem fontes antrópicas, a sua origem na bacia é totalmente de fontes naturais de intemperismo e sua concentração na água é controlada pelo pH.

Segundo Silveira et al., (2014) especificamente na bacia do rio Paquequer em Teresópolis (RJ), o intemperismo de material, como granito, quase não disponibiliza metais nos recursos hídricos da bacia do rio Paquequer, já que estes autores afirmam que a população urbana (através de esgoto não ou parcialmente tratado) e, em menor escala, a agricultura, são as principais fontes de metais nos canais fluviais.

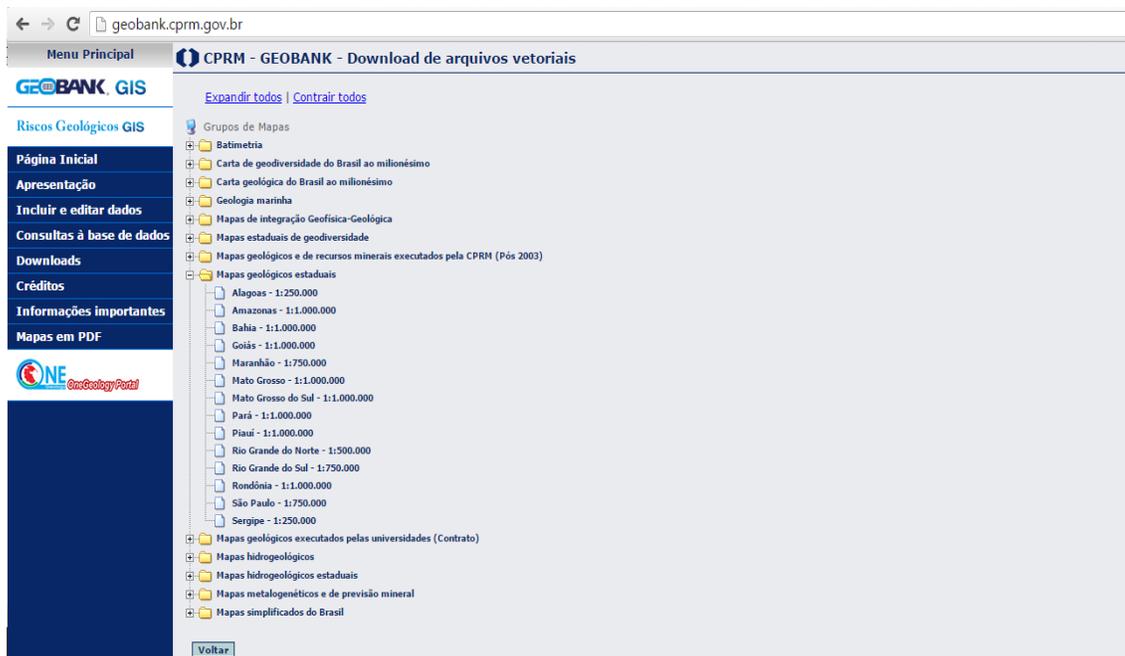
Fenômeno que acontece também na Bacia do rio Juqueri, pois os teores de metais são modificados pelos esgotos gerados e liberados no rio Juqueri pela população da área urbana da bacia.

6.2.2.2.1 Base de dados da litologia da bacia Juqueri

Para a fabricação dos mapas de litologia da Bacia do rio Juqueri, foi necessária uma base de dados estabelecida no Site CPRM - GEOBANK.

A Figura 6.3 apresenta a localização da área selecionada, com as diversas opções disponíveis, dentro do estado de São Paulo, as quais possuem arquivos com uma representação na razão de 1:250.000.

Figura 6.3 - Site CPRM - GEOBANK - Download de arquivos vetoriais.

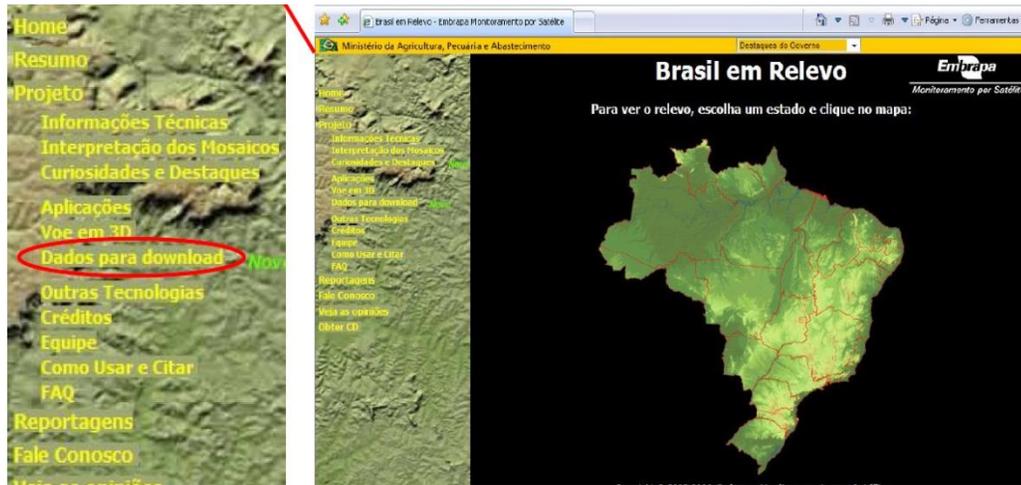


Fonte: <http://geobank.cprm.gov.br/> (acesso, 15/01/2017)

Posteriormente, realizou-se um novo *download* na página (<http://www.relevobr.cnpem.embrapa.br/>), onde obtiveram-se as imagens SRTM de São Paulo, encontradas no site da EMBRAPA.

Neste trabalho, as áreas de estudo foram constituídas a partir destes arquivos específicos (Figura 6.4).

Figura 6.4 - Site EMBRAPA.

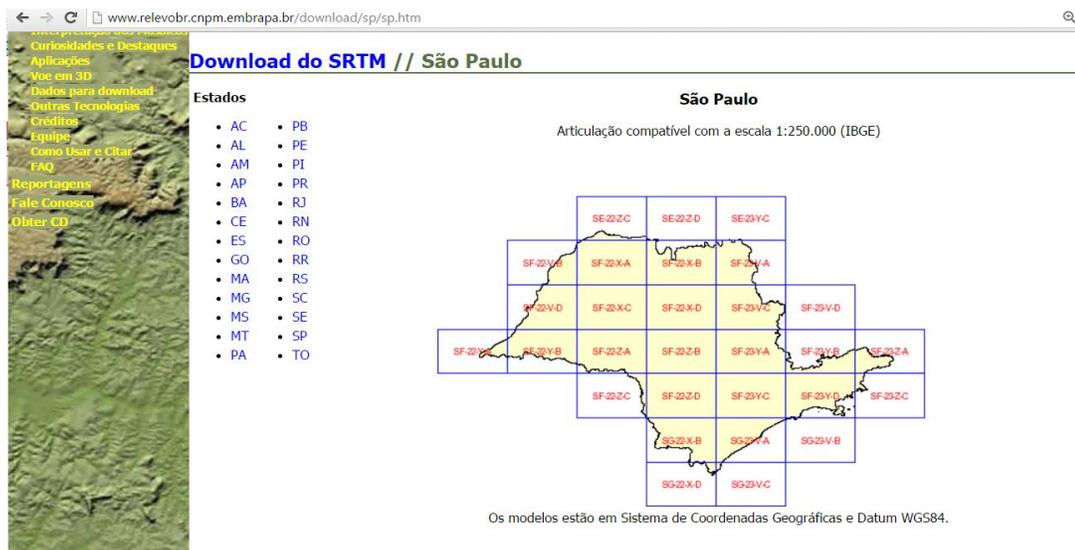


Fonte: <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/> (Acesso em: 15/01/2017).

Em seguida, abriu-se o portal da página de “Download do SRTM”, selecionando o estado referente à área de estudo.

Foi disponibilizada a imagem do estado com a articulação compatível, sendo que os modelos encontram-se no Sistema de Coordenadas Geográficas e Datum WGS84. Basta clicar sobre as cartas articuladas, para que abra a página de *download* da mesma. Neste caso, foram selecionadas as cartas SE-23-Y-C, SE-23-Y-A e SE-23-Y-D (Figura 6.5).

Figura 6.5 - Site EMBRAPA - Download imagens SRTM de São Paulo.



Fonte: <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/download/sp/sp.htm> (Acesso em: 15/01/2017)

Ao importar esses arquivos para o programa ArcGis 10.3, utilizou-se a ferramenta “Clip” (Litologia e Hidrografia) obtendo somente a informação da bacia Juqueri.

Conforme já descrito, as unidades morfoestruturais constituem as estruturas que sustentam o relevo, por esse motivo sua grande importância para a Geomorfologia.

Para construir o mapa de compartimentação morfoestrutural é necessário possuir conhecimento prévio e acumulado acerca dos aspectos referentes à Geologia e conhecer os elementos/unidades e a idade que formam uma grande estrutura para proceder às análises morfoestruturais (SILVA, 2006).

Para o delineamento das unidades morfoestruturais, foram tomadas camadas (Layers) das referências que vieram como padrões nas cartas baixadas no site da EMBRAPA, sendo que o mesmo foi realizado para os tipos das rochas.

6.2.3 Amostragem de Sedimentos

Os dados obtidos para análises de metais referentes aos anos 1986, 1992, 2003, 2011 e 2016, foram retirados do trabalho de Cardoso-Silva et al., (2016).

Os autores mostraram três testemunhos em três diferentes áreas do reservatório Paiva Castro em março de 2010, com as seguintes coordenadas: a) ponto S1 na área à montante, perto da cidade de Mairiporã e do efluente da estação de tratamento de esgoto, com uma profundidade de 9 m, com coordenadas de latitude 23°19'37.41" e longitude 46°36'45.41"; b) ponto S2 na área onde a água é retirada para o abastecimento público, com uma profundidade de 12 m e coordenadas de latitude 23°21'12.59" e longitude 46°39'59.95"; c) ponto S3 na área da barragem, com um fluxo de água de 1 m³ s⁻¹ e com uma profundidade de 16 m com coordenadas de latitude 23°19'54.74" e longitude 46°40'15.94".

Em cada ponto de amostragem, os autores lançaram o coletor cilíndrico do tipo Ambühl e Bühler (AMBÜHL; BÜHRER, 1975).

Em cada testemunho, o sedimento foi fatiado com espátula plástica a cada 2 centímetros e armazenado em sacos plásticos hermeticamente fechados, os quais foram mantidos em bolsas térmicas até processamento das amostras em laboratório conforme descrito por Cardoso-Silva et al., (2016).

6.2.4 Análises de laboratório

Em laboratório, as amostras para geocronologia e determinação de metais Zn, Cd, Cr, Cu Pb, Ni, Mn, Al e Fe foram secas em estufa a 45 °C.

Posteriormente, as amostras foram maceradas com auxílio de almofariz e pistilo, em seguida, cerca de 20 g de sedimento de cada amostra foram armazenados em placas de Petri de polietileno esterilizadas.

As amostras, após secagem e maceração, foram submetidas a análises de geocronologia com o ^{210}Pb e determinação de metais ZN, Cd, Cr, Pb, Ni, Mn, Al e Fe, em Espectrometria de Absorção Atômica (EAA).

No método geocronológico a contagem das emissões gama são decorrentes do decaimento radiativo.

Para a geocronologia e os teores de metais, foram apresentados por Cardoso-Silva et al., (2016), onde as amostras foram então encaminhadas ao laboratório de espectrometria gama do Instituto Oceanográfico da USP, e analisadas por 50.000 segundos em espectrometria de acordo com as recomendações de FIGUEIRA (2000).

As amostras permaneceram por pelo menos 20 dias em repouso para que o ^{210}Pb entrasse em equilíbrio radiativo com o ^{222}Rn .

A contagem das emissões gama decorrentes do decaimento radiativo foram feitas em espectrofotômetro gama, com alta eficiência de contagem e baixa radiação de fundo, modelo GMX 50 da EGG&ORTEC, com resolução média de 1,9 Kev para o ^{260}Co .

Os espectros foram analisados pelo software MAESTRO II. Foi adotado o modelo CIC (Constant Initial Concentration – Concentração Inicial Constante) para o cálculo da datação (ROBBINS & EDGINGTON, 1975).

6.2.5 Análise de correlações canônicas (CCA)

Para explorar as principais tendências entre as variações dos teores de metais e sua relação com as modificações ambientais, foi aplicada a análise de correlação canônica que buscou

ordenar as variáveis. Sendo as variáveis dependentes, as modificações espaço-temporais exercidas na Bacia do rio Juqueri e as variáveis independentes, os teores de metais.

Por meio da estatística descritiva multivariada, utilizando os softwares *InfoStat Professional, Past 3.0, IBM SPSS Statistics e CANOCO 4,5* para Windows 8, foram identificadas as variáveis que determinaram a variabilidade na qualidade da água na Bacia.

Em seguida, foram elaboradas matrizes de correlação para encontrar a covariância de cada par de variáveis medidas. Neste caso, o coeficiente de correlação amostral representou a covariância dos valores amostrais padronizados, assumindo valores no intervalo [-1;1].

6.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.3.1 Características geológicas da área de estudo

Segundo Blesa (2017), o nível de metais em água doce, em níveis naturais, variaram entre 0,20 até 30 mg l⁻¹, que são níveis onde se conserva a vida aquática.

Estes níveis dependem também de uma série de outros parâmetros como: a temperatura, o pH, o carbono orgânico dissolvido, cálcio, magnésio, sódio, potássio, sulfato, cloreto e alcalinidade e onde seus potenciais provedores para os recursos hídricos são a litologia, a exploração mineira, erosão e o esgoto.

Segundo Rocha et al., (2009), as rochas metamórficas ao ficarem submetidas a um ambiente energeticamente muito distinto da sua formação, muito mais quente ou mais frio, ou numa pressão diferente, se deterioram liberando compostos com metais e as rochas ígneas ou magmáticas se formam pela solidificação do magma, uma massa mineral fundida que inclui voláteis, gases dissolvidos e metais.

O processo é lento, quando ocorre nas profundidades da crosta terrestre, ou mais rápido, perto da superfície.

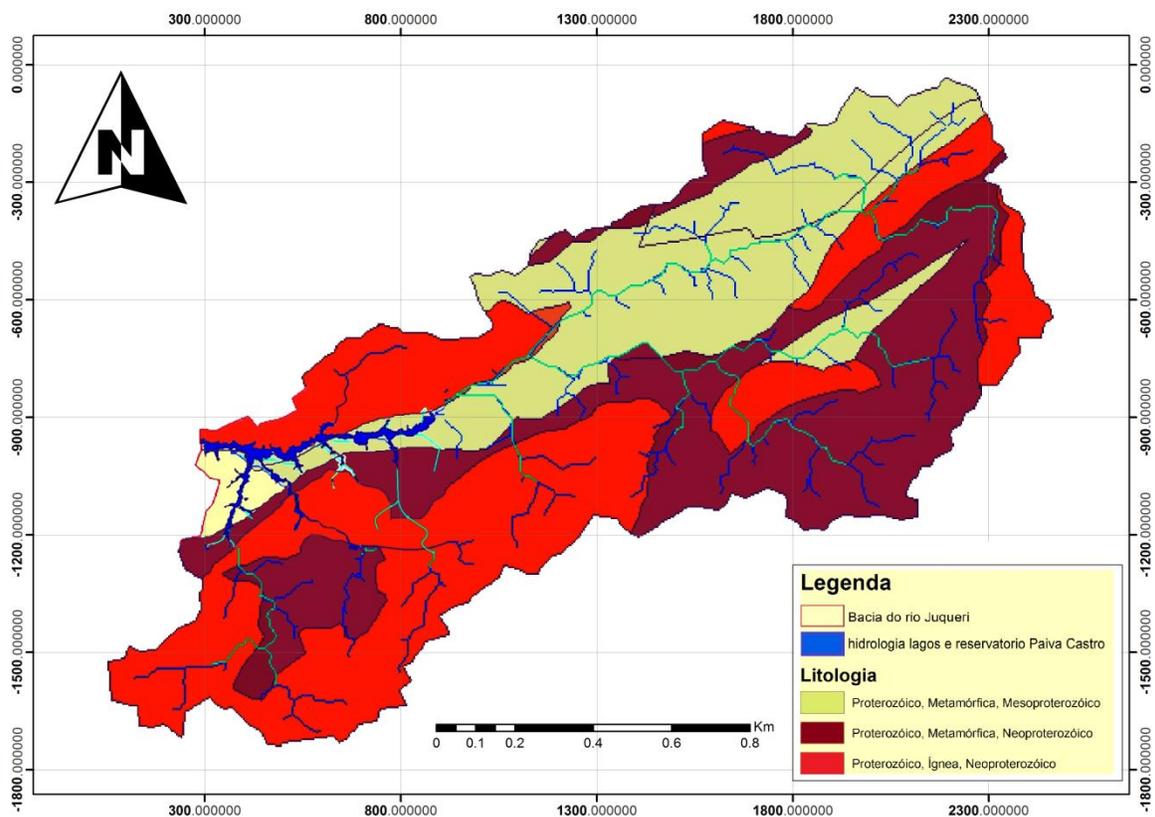
A bacia do Juqueri está cimentada abaixo destas duas camadas de rocha tanto metamórfica, quanto ígnea (Figura 6.6), nas quais existem diferentes efeitos de erosão acelerada

devido às atividades antrópicas como a deflorestação, expansão agrícola, construção de estradas, etc.

No que diz respeito ao armazenamento de sedimentos associado à construção de reservatórios.

Milliman e Syvitski (1992), afirmaram que a luta contra o aporte de sedimentos aos reservatórios começa, normalmente, com medidas encaminhadas a combater a erosão.

Figura 6.6 - Mapa Litológico da bacia do Juqueri



Fonte: Autoria própria.

6.3.2 Correlações canônicas dos metais-traço nos sedimentos do reservatório Paiva Castro com o uso do solo da Bacia

Primeiramente realizou-se a análise dos correspondentes principais (ACP) para avaliar as principais variáveis de cada grupo, onde o grupo de variáveis dependentes são as classes de uso do solo da bacia e os valores nos teores dos metais, o grupo das variáveis independentes.

Sendo assim, identificaram-se correlações entre os metais e entre o uso do solo, já que o objetivo foi analisar as diferenças de comportamento nos teores e as correlações entre os metais presentes nos pontos de amostragem (rio, barragem e captação) nos sedimentos do reservatório.

Os valores na Tabela 6.1 indicaram a existência de certa mobilidade desses metais no reservatório Paiva Castro.

Segundo Santos et al., (2008) os metais presentes nos fluxos de água naturais como nos reservatórios são provenientes da lixiviação das substâncias químicas contidas nas rochas, drenagem de água de chuva e descarga de águas de despejos de origem urbana, industrial e agropecuária.

Tabela 6.1 - Correlação entre componentes em espaço rotado no uso do solo e metais.

Associação	Rio S1	Captação S2	Barragem S3
Componente principal 1	SE-Cu-AU	Cr-P-Pb-Ni-AU- SE	F-Mn-Cu-Zn
Componente principal 2	P-Cr	AA-Cu-Mn	Cr-Pb-AU-Ni-SE- Fe
Componente principal 3	Pb-Al-F-AA-Fe-Ni-Zn- Mn	F-Zn-Fe-CA	CA-Al-AA

Correlação positiva ($r > 0.5$).

Fonte: Autoria Própria.

Santos et al., (2008), também afirmam que os sedimentos possuem uma elevada capacidade de retenção e acúmulo de elementos traços contidos na coluna d'água, por isso são extensamente utilizados como indicadores ambientais e onde a variação das condições ambientais pode remobilizar os metais que se concentram nos sedimentos de um rio ou de um reservatório, como no Paiva Castro permitindo, assim, a reentrada destes para a coluna d'água.

Nesta pesquisa mostrou-se que no ponto do rio S1 os metais; Al, Ni, Zn, Cr e Cu poderiam ser disponibilizados pelos sedimentos para a coluna d'água, mostrando uma correlação com a disponibilidade dos usos de solo de área urbana (AU), solo exposto (SE) e áreas de pastagem (P).

Já no Ponto S2 onde realiza-se a captação da água para o RMSP os metais; Cr, Pb, Ni, Cu e Fe e Zn poderiam ser disponibilizados pelos sedimentos para a coluna d'água, com uma correlação dos teores de metais com todos os usos de solo encontrados na Bacia.

E para ponto S3 na barragem os metais associados para este ponto foram Al, Pb, Zn, Cr e Cu que poderiam ser disponibilizados pelos sedimentos deste ponto para a coluna d'água com uma correlação também com todos os usos de solo da bacia (Tabela 6.1).

Geralmente, os metais estão associados com a matéria orgânica proveniente de esgoto encontram-se na fração fina dos sedimentos ou adsorvidos nos hidróxidos ou óxidos de ferro e manganês, ou então precipitados como hidróxidos, sulfetos ou carbonatos (SANTOS et al., 2008).

Segundo Santos et al., (2008), a maior parte dos contaminantes adsorvidos nos sedimentos não está prontamente disponível para os organismos aquáticos, embora a variação de algumas características físicas e químicas, como pH, salinidade, potencial redox e teores de quelatos orgânicos na água, podem provocar a remobilização para a fase aquosa.

Em consequência, sob certas condições ambientais, os sedimentos podem se tornar importantes fontes de poluição.

A maioria dos estudos enfoca apenas a adsorção de metais pesados nos sedimentos. Porém, o lançamento para a coluna d'água do metal mobilizado através da dessorção, a partir de um sedimento, poderia produzir efeitos ambientais sérios, sobretudo em águas utilizadas para abastecimento público como é no caso do reservatório Paiva Castro. (SANTOS et al., 2008).

6.3.2.1 Análises dos componentes principais (ACP)

O tratamento estatístico incluiu a ACP com o propósito de encontrar um padrão geoquímico no reservatório, determinando três componentes nesta pesquisa segundo o espaço rotado (Figura 6.7).

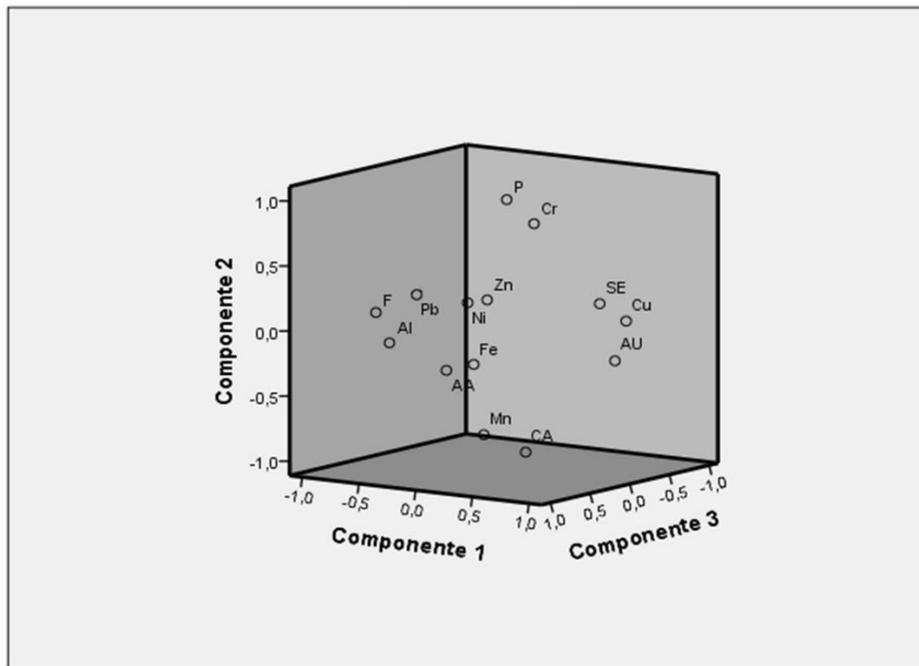
As correlações de componentes rotados são correlações de cada variável com cada componente.

As Figuras 6.7, 6.8 e 6.9 mostram os componentes rotados e as coordenadas de cada variável.

Estas interações caracterizam-se pela localização da variável. Sendo que, se a variável está próxima a um eixo ou afastada da origem, indica uma alta correlação com o componente.

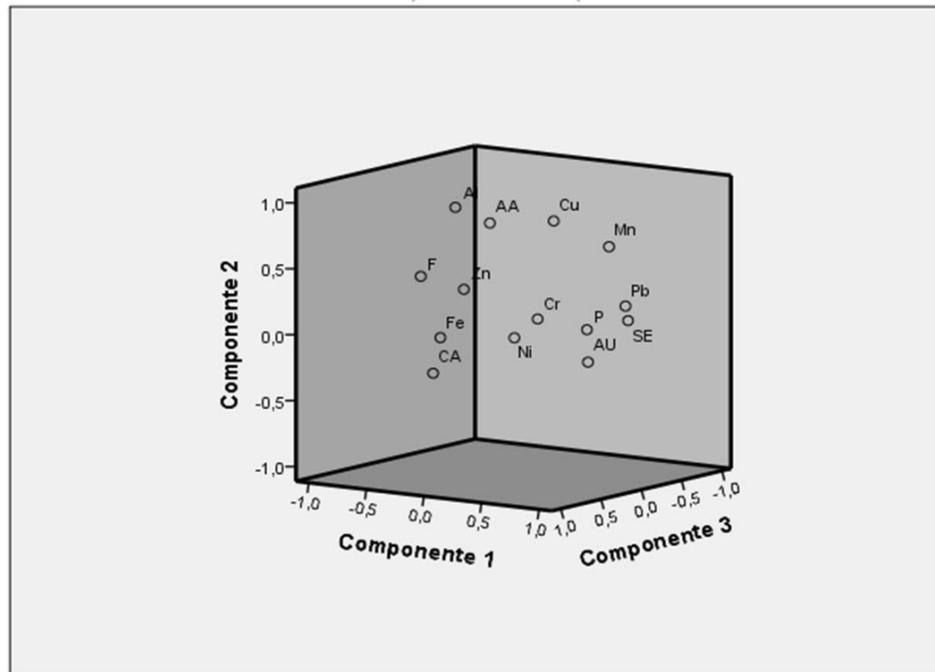
Diante ao exposto, os resultados são determinados na Tabela 6.1, na qual se insere a informação sobre as interações de cada componente, resultando em 3 componentes e suas interações nos pontos em que se obtiveram as amostras.

Figura 6.7 - Componentes no espaço rotado do Ponto S1 no rio



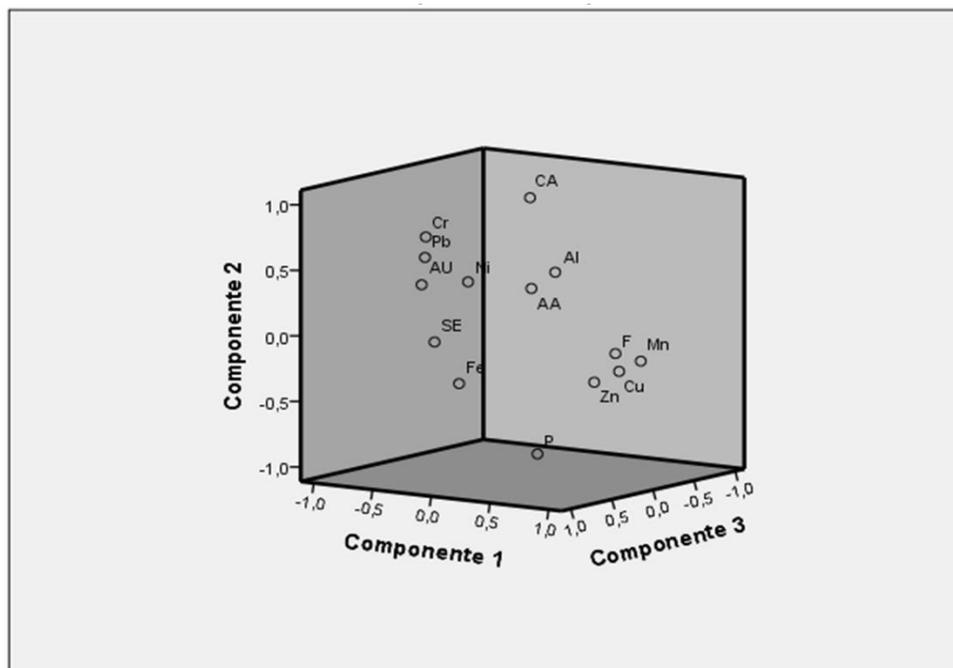
Fonte: A autoria própria.

Figura 6.8 - Componentes no espaço rotado do Ponto S2 captação



Fonte: Autoria própria.

Figura 6.9 - Componentes no espaço rotado do Ponto S3 barragem



Fonte: Autoria própria.

Para a Bacia do rio Juqueri, estas correlações identificaram o aumento nos valores de Cu, tanto nos pontos da barragem quanto no rio, mostrando uma correlação forte entre as áreas de solo exposto, a área urbana e o Cu.

Também foi possível identificar incrementos nos valores de Cr, tanto nos pontos da barragem quanto no rio.

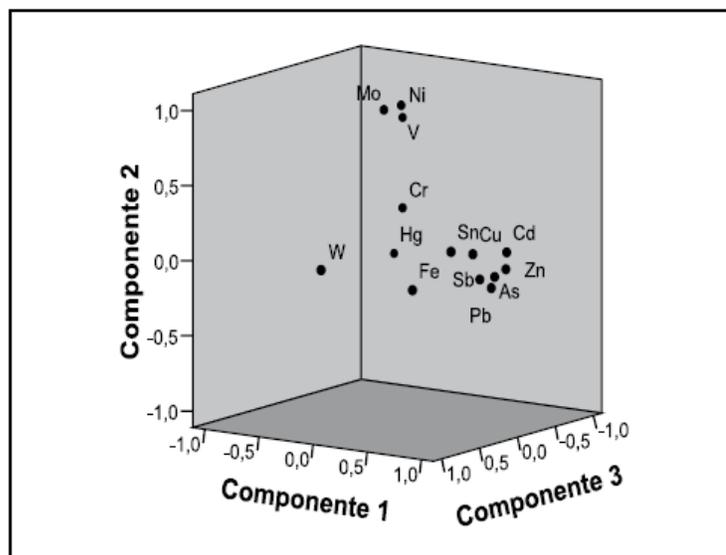
O componente 3 mostrou uma série de correlações complexas entre áreas agrícolas, corpos d'águas e floresta entre alumínio, ferro e zinco.

Rivera et al. (2008) encontraram que metais em sedimentos do rio Santa, tendo uma distribuição normal no componente principal 1, tendo associações de metais Zn-Cd-Pb-As-Cu-Sb-Sn-Fe, entre as quais a correlação foi positiva (Figura 6.10).

Já para a Bacia do rio Juqueri, no componente 1 obtiveram-se associações positivas entre os metais Cu no ponto S1, com os metais Cr, Pb, e Ni no ponto S2 e com os metais Mn, Zn e Cu no ponto S3.

Concluindo com estes valores que os metais nos sedimentos do setor de Huaraz-Carhuaz no rio Santa, além das correlações entre os metais são resultantes das diversas litologias, afloramentos na área de estudo (RIVERA et al., 2007), e para a Bacia do rio Juqueri os valores dos metais nos sedimentos são o resultado do uso dos solos na bacia, onde os maiores aportes de metais, segundo as correlações, se dá pelas áreas de solo exposto e a área urbana.

Figura 6.10 - Componentes no espaço rotado rio Santa - Peru.



Fonte: Rivera et al., (2007).

6.3.2.2 Correlações entre uso de solos e teores de metais no sedimento

O método de análise de correlação canônica é uma das técnicas de estatística multivariada e está diretamente relacionada com vários métodos de dependência.

Como na regressão, o objetivo da correlação canônica é quantificar a validade da relação, neste caso, entre os dois conjuntos de variáveis (dependentes e independentes). Assemelha-se a análise fatorial na criação de compostos variáveis.

A análise discriminante também aparece na sua capacidade de determinar as dimensões independentes para cada conjunto de variáveis que produz a correlação máxima entre as dimensões.

Assim, a correlação canônica identifica a estrutura ótima ou a dimensionalidade de cada conjunto das variáveis analisadas que maximiza a relação entre os grupos de variáveis independentes e dependentes (ASHLEY, 2006).

6.3.2.2.1 Barragem

Ao analisar as correlações entre o uso do solo da bacia Juqueri e os teores dos metais das amostras do ponto S3 na barragem do reservatório Paiva Castro, foram encontrados valores relativamente altos, onde o maior valor se deu entre a floresta e o Zn com um valor de correlação de 0,949.

Mas, também tem uma correlação com o Ni com um valor de 0,650 (Tabela 6.2), seguido da correlação entre a área urbana e o Pb com um valor de 0,949 que conjuntamente tem uma correlação com o Cr com valor de 0,739 e com o Al com valor de 0,721.

Cabe ressaltar que, a área urbana apresenta o maior número de correlações, o que define esta classe como a mais influente nos teores de metais na barragem.

Na Figura 6.11, no ponto da barragem, é possível identificar fortes correlações entre a área urbana, solos expostos e áreas agrícolas com o Ni, Zn e Cr, além de identificar que o Cu não tem relação ou correlação nenhuma com a dinâmica do uso do solo da Bacia do rio Juqueri nos últimos anos.

O que implica um estudo aprofundado sobre este metal e suas possíveis incidências no seu crescimento nos seus teores.

Segundo Cardoso-Silva et al., (2016), para os valores nos teores Cu nos sedimentos do reservatório Paiva Castro excederam até três vezes e meia o valor de referência.

Este resultado é provável consequência da aplicação de sulfato de cobre para o controle de florações de algas.

Na Figura 6.11 mostra-se o cobre com quase nenhuma correlação ou associação com um uso de solo. As maiores correlações se deram com os metais Cr e Ni com as áreas agrícolas e urbanas nos anos de 1991 até 2000.

Tabela 6.2 - Correlações canônicas dos teores de metais no Ponto S3 na barragem com o uso do solo da Bacia do rio Juqueri

	Cu	Mn	Ni	Zn	Pb	Cr	Fe	Al	CA	F	P	AU	SE	AA
Cu	1,000													
Mn	-0,242	1,000												
Ni	0,745	0,226	1,000											
Zn	0,257	0,662	0,747	1,000										
Pb	-0,629	-0,364	-0,675	-0,769	1,000									
Cr	-0,822	0,098	-0,537	-0,385	0,869	1,000								
Fe	-0,590	0,307	0,041	0,331	0,324	0,663	1,000							
Al	0,142	-0,795	-0,298	-0,850	0,655	0,232	-0,312	1,000						
CA	-0,504	0,596	-0,511	-0,182	0,195	0,358	-0,128	-0,194	1,000					
F	0,288	0,542	0,650	0,954	-0,869	-0,555	0,177	-0,877	-0,233	1,000				
P	0,821	-0,583	0,653	0,143	-0,352	-0,596	-0,240	0,308	-0,897	0,185	1,000			
AU	-0,550	-0,388	-0,779	-0,901	0,949	0,739	0,032	0,721	0,359	-0,958	-0,410	1,000		
SE	-0,389	-0,746	-0,719	-0,921	0,864	0,527	-0,011	0,811	-0,061	-0,885	-0,058	0,880	1,000	
AA	-0,812	0,101	-0,691	-0,097	0,238	0,365	0,376	-0,360	0,258	0,040	-0,603	0,195	0,248	1,000

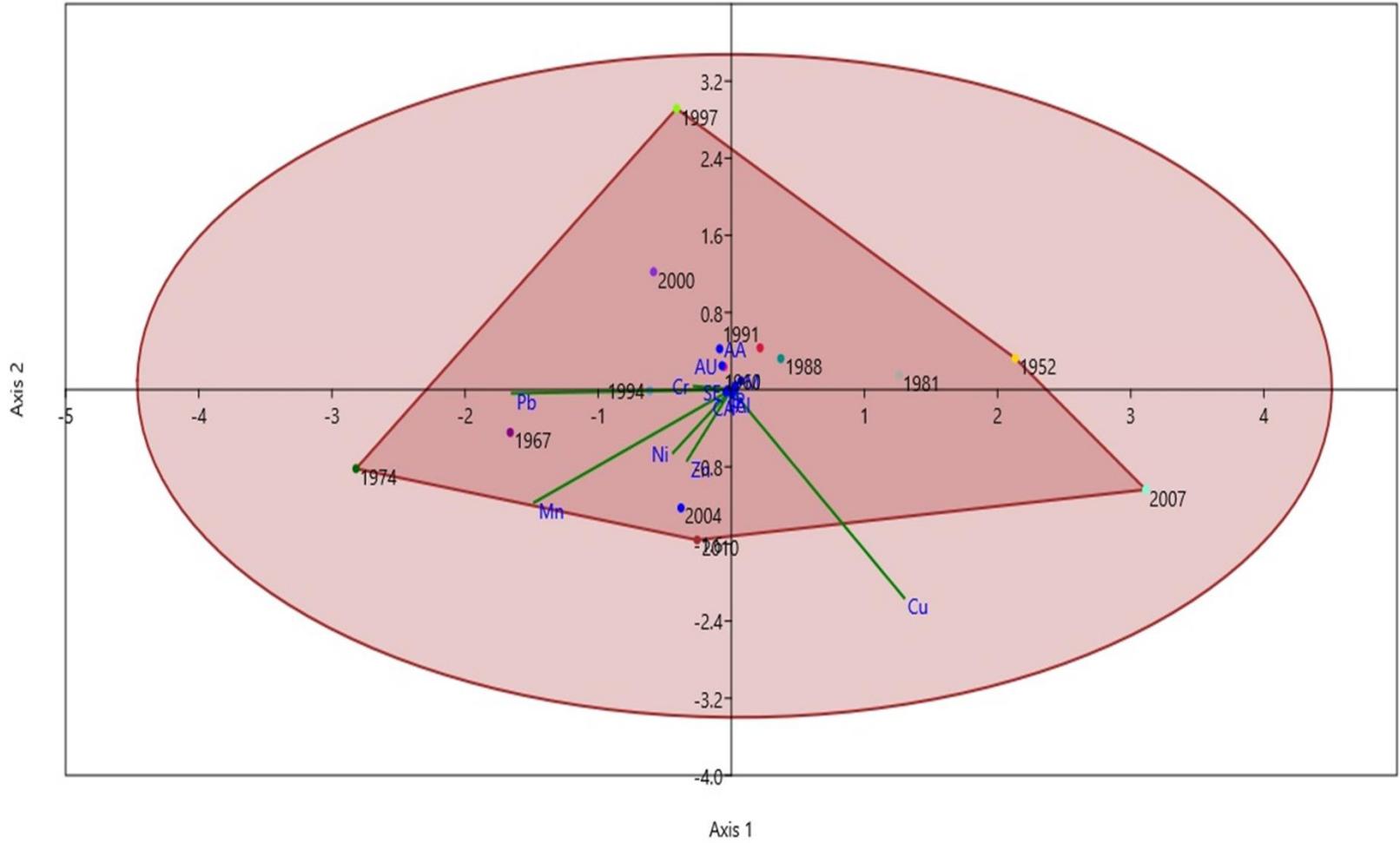
Valores marcados com vermelho denotam correlações entre as variáveis do uso de solo e metais.

Valores marcados com verde denotam correlações entre metais.

Erro encontrado foi de 0,03%.

Fonte: Autoria Própria.

Figura 6.11 - Correlação canônica dos metais e o uso do solo no ponto barragem.



Fonte: Autoria própria.

González et al., (2011) afirmaram que a contaminação por zinco e outros metais nas águas superficiais é proveniente de fontes identificáveis ou diretas, e por fontes difusas.

Em muitas ocasiões, a contaminação ocorre quando o escoamento leva nutrientes dissolvidos e praguicidas contidos nos solos erodidos que no final terminam no sedimento dos reservatórios.

Os anteriores autores, afirmam que este processo de erosão de solos também acontece em áreas cobertas por floresta, pois a presença de espécies lenhosas e arbustos não garante um total amarrado do solo, além de serem estes solos ainda mais ricos em teores de metais pelo intercâmbio catiônico ativo entre as raízes destas.

Referente às correlações entre a área urbana e o Pb, Cr e o Al, estes valores corroboram com os de Colis et al., (2013), os quais obtiveram resultados que lhes permitiram concluir que o rio San Pedro está fortemente contaminado por descargas municipais e industriais.

Estes autores afirmaram que os recursos hídricos do Rio San Pedro apresentaram altas concentrações de matéria orgânica, N, P, coliformes e anilinas. Isto além do esforço do governo que aumentou a infraestrutura de saneamento de águas residuais no estado, com uma capacidade instalada de 3500 l s^{-1} .

Os sedimentos refletem o efeito adverso que as atividades antrópicas têm provocado ao reservatório Paiva Castro durante décadas pelas descargas de esgoto doméstico e industrial que despejam seus resíduos sem tratamento algum, aumentando os teores.

6.3.2.2.2 Rio

No que se refere ao ponto do S1 no rio, encontraram-se correlações entre a classe de solo exposto e o Cu, com valor de 0,942 e, com o Cr, com valor de 0,691.

Igualmente, a área urbana teve uma correlação com o Cu, com um valor de 0,942, sendo valores altos de correlação para este ponto (Tabela 6.3).

Segundo Stumm & Morgan (1996), o Cu é considerado como o mais móvel dos metais-traço nos processos hipergênicos.

É um cátion traço muito versátil e no solo exibe uma grande capacidade para interagir quimicamente com os componentes minerais e orgânicos do mesmo, mas sua forma iônica precipita facilmente com ânions como sulfatos, carbonatos, óxidos e oxihidróxidos, o que lhe dá

mobilidade no solo e grandes condições para formar complexos com argila e os óxidos e oxihidróxidos de Fe, Cr e Mn.

Ainda assim, fica difícil falar que acontece os mesmos fenômenos com os sedimentos, mais isso poderia explicar as correlações dadas entre o solo exposto e o Cr e Cu, já que o teor de Cu vem aumentando com o tempo.

Para Beghelli (2016), os teores de Cu vêm sendo modificados pela aplicação histórica de sulfato de cobre no Sistema Cantareira, o qual tem sido alvo de preocupações recentes para o governo, agências ambientais e população em geral devido à seca prolongada que afetou o estado de São Paulo em 2014.

Como resultado da seca e da falta de planejamento, o sistema atingiu níveis críticos chegando a menos de 8% de sua capacidade.

Sob estas condições, as reservas técnicas, que são águas que ficam abaixo da cota mínima de captação dos reservatórios Jaguari-Jacareí e Atibainha, passaram a ser utilizadas em maio de 2014 com o objetivo de se evitar a falta de água para abastecimento da RMSP (SABESP, 2015).

Tal situação levanta questões sobre a qualidade da água do fundo dos reservatórios dado que, nesta situação, os poluentes estarão mais concentrados devido ao menor volume de água (BING et al., 2013).

Beghelli (2016) encontrou dados que indicam poluição no reservatório Paiva Castro por múltiplos metais, especialmente Cd e Cu. A poluição por Cu pode ter diferentes origens, como processos industriais e o uso de agrotóxicos (EPSTEIN; BASSEIN, 2001; JARUP, 2003) sendo ainda possível que aplicações de sulfato de cobre no rio Juqueri e reservatório Paiva Castro para combate à proliferação de algas (CETESB, 2008) tenham contribuído para o acúmulo do metal, visto que este é um poluente que tende a persistir no meio ao longo do tempo.

Nesta pesquisa foram identificadas correlações canônicas entre a área urbana, solo exposto e a área agrícola com possíveis provedores de metais como o Cu e Pb.

Verificando os dados obtidos por Beghelli (2016), pois a poluição por Cu e Pb nos sedimentos provém por esgoto de processos industriais e o uso de agroquímicos. (Figura 6.12).

Tabela 6.3 - Correlações canônicas dos teores de metais no Ponto S1 no rio com o uso do solo da Bacia do rio Juqueri

	Cu	Mn	Ni	Zn	Pb	Cr	Fe	Al	CA	F	P	AU	SE	AA
Cu	1,000													
Mn	-0,399	1,000												
Ni	-0,670	0,402	1,000											
Zn	0,029	-0,359	-0,188	1,000										
Pb	-0,537	-0,057	0,163	-0,566	1,000									
Cr	0,482	-0,956	-0,476	0,091	0,201	1,000								
Fe	-0,287	0,309	0,197	0,768	-0,612	-0,565	1,000							
Al	-0,481	-0,060	-0,322	0,288	0,454	0,012	0,182	1,000						
CA	0,115	0,760	-0,203	0,001	-0,478	-0,743	0,449	0,018	1,000					
F	-0,987	0,250	0,608	0,046	0,576	-0,347	0,262	0,552	-0,233	1,000				
P	-0,100	-0,630	0,450	0,151	0,144	0,538	-0,170	-0,312	-0,897	0,185	1,000			
AU	0,938	-0,144	-0,737	-0,155	-0,436	0,287	-0,331	-0,363	0,359	-0,958	-0,410	1,000		
SE	0,942	-0,594	-0,818	0,050	-0,308	0,691	-0,416	-0,223	-0,061	-0,885	-0,058	0,880	1,000	
AA	0,015	-0,093	-0,748	0,158	0,255	0,138	-0,021	0,841	0,258	0,040	-0,603	0,195	0,248	1,000

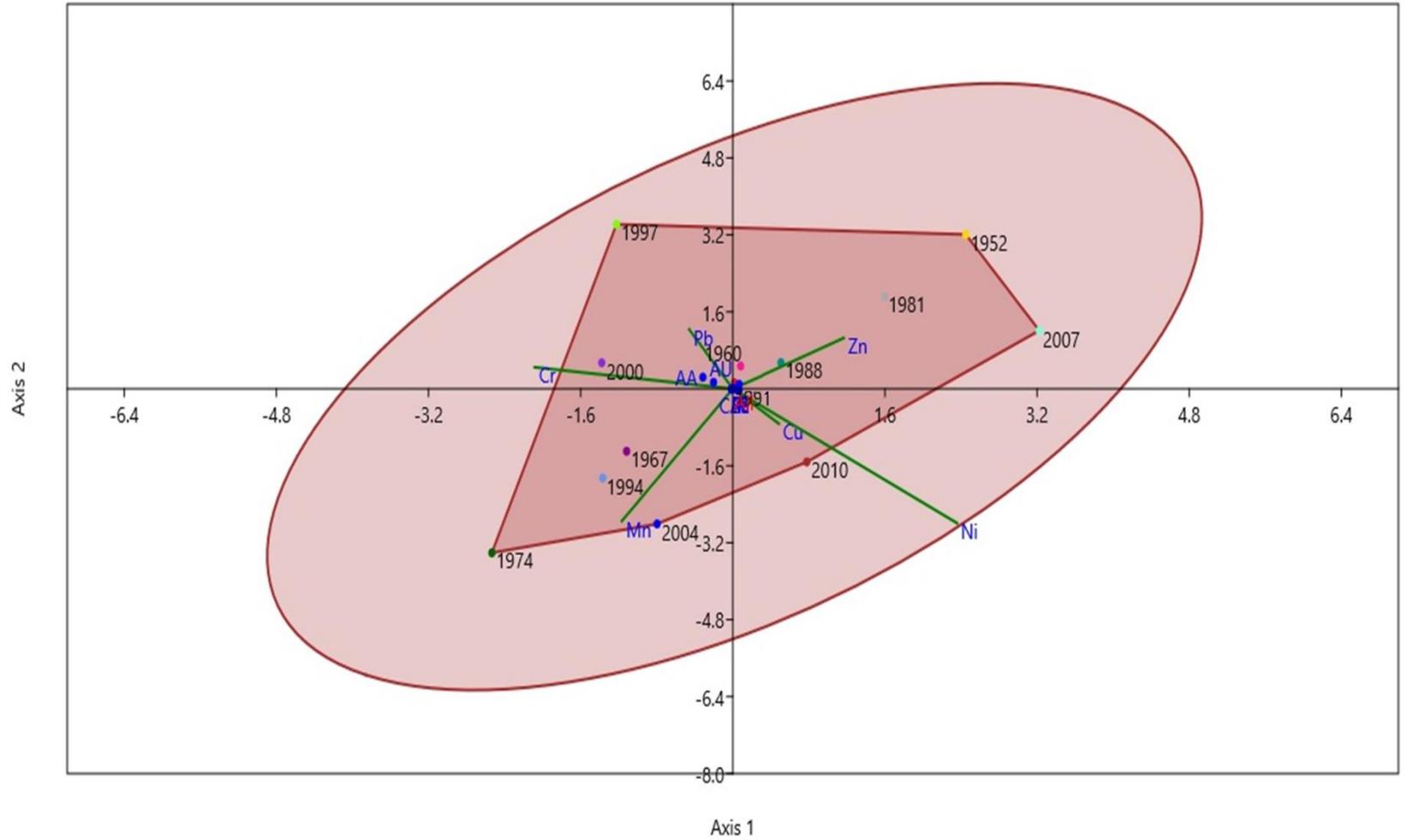
Valores marcados com vermelho denotam correlações entre as variáveis do uso de solo e metais.

Valores marcados com verde denotam correlações entre metais.

Erro encontrado foi de 0,03%.

Fonte: Autoria Própria.

Figura 6.12 - Correlação canônica dos metais e o uso do solo no ponto rio.



Fonte: Autoria própria.

Segundo Baptista Neto et al., (2000), os valores entre as correlações positivas dos teores dos metais e os usos do solo sugerem que os metais analisados poderiam estar associados às superfícies de argilominerais que constituem o sedimento do reservatório.

Referente às análises estatísticas desta pesquisa, as correlações manifestadas entre as áreas urbanas, agrícolas e os solos expostos é o maior berço de metais para ser mobilizado nos recursos hídricos, demonstrando certo grau de associação entre estes, no qual o Cu tem o maior número de correlações quando comparado com outros metais, indicando aumento nos seus teores ao longo do tempo.

O autor Beghelli (2016) encontrou concentrações de Cu acima de 25 mg l^{-1} e que os BMI deste ponto apresentaram alterações morfológicas e bioacumulação sobre os macroinvertebrados bentônicos estudados no reservatório Paiva Castro. O autor acredita que as alterações estejam relacionadas com a poluição pelos dois metais: Cu e Al.

Tal cenário pode ser resultado de descargas de efluentes industriais ou mesmo o uso de agroquímicos contendo ambos os metais. Além destes fatores, ressalta-se a ocorrência de aplicações de sulfato de cobre a montante do reservatório para controle de algas no passado (CETESB, 2008).

6.3.2.2.3 Captação

No período de temporada das chuvas, atividades como a agricultura, irrigação de culturas, pastagens, áreas de produção em grande escala, são propensas ao escoamento, que no final resulta em poluição das águas superficiais com teores de metais, sejam como componentes do solo, como ingredientes ativos de determinado praguicida ou fertilizante, ou como esgoto não tratado. (JARUP, 2003).

Todos os acontecimentos anteriormente nomeados exercem uma pressão antrópica sobre o ponto de captação de água para a RMSP.

O maior valor de correlação foi atribuído para o Pb com um valor de 0,913 com o solo exposto, seguido do Mn onde apresentou um valor de 0,734.

A área agrícola foi quem apresentou mais correlações, na qual se incluiu o Cu com valor de 0,773 e o Al com um valor de 0,841, mostrando que existe uma correlação direta entre áreas de solos exposto, áreas agrícolas e os teores de Pb, Mn e Al (Tabela 6.4).

Tabela 6.4 - Correlações canônicas dos teores de metais no Ponto S2 na captação com o uso do solo da Bacia do rio Juqueri

	Cu	Mn	Ni	Zn	Pb	Cr	Fe	Al	CA	F	P	AU	SE	AA
Cu	1,000													
Mn	0,896	1,000												
Ni	-0,341	-0,304	1,000											
Zn	0,579	0,267	-0,266	1,000										
Pb	0,650	0,875	-0,462	0,184	1,000									
Cr	0,603	0,557	-0,733	0,699	0,718	1,000								
Fe	-0,585	-0,665	0,021	-0,570	-0,740	-0,667	1,000							
Al	0,620	0,286	-0,174	0,404	-0,144	0,046	0,182	1,000						
CA	-0,297	-0,451	-0,708	0,138	-0,237	0,302	0,449	0,018	1,000					
F	-0,027	-0,358	0,606	0,257	-0,725	-0,503	0,262	0,552	-0,233	1,000				
P	-0,144	0,094	0,849	-0,478	-0,007	-0,595	-0,170	-0,312	-0,897	0,185	1,000			
AU	0,210	0,442	-0,783	-0,007	0,774	0,708	-0,331	-0,363	0,359	-0,958	-0,410	1,000		
SE	0,433	0,734	-0,572	-0,154	0,913	0,547	-0,416	-0,223	-0,061	-0,885	-0,058	0,880	1,000	
AA	0,773	0,538	-0,649	0,475	0,286	0,492	-0,021	0,841	0,258	0,040	-0,603	0,195	0,248	1,000

Valores marcados com vermelho denotam correlações entre as variáveis do uso de solo e metais.

Valores marcados com verde denotam correlações entre metais.

Erro encontrado foi de 0,03%.

Fonte: Autoria Própria.

Estes valores demonstram que os centros urbanos sobrecarregam os recursos hídricos que recebem água do esgoto ou escoamento contaminado com aportes de Pb, Cr, Al, Zn e Hg (FAO, 2013), contidos na descarga de resíduos líquidos de efluentes municipais, lodo de esgoto, efluentes industriais, lamas e águas residuais provenientes de sistemas sépticos e domésticos.

A continuação se resume na Tabela 6.5 as correlações canônicas para os três pontos de amostragem.

Tabela 6.5 - Correlações canônicas dos metais e os usos de solo da bacia Juqueri.

Correlações	Médias	Barragem	Rio	Captação
CA	Cr		Mn	
F	Cu, Mn	Ni, Zn	Ni	Ni
P	Zn	Ni		Ni
AU	Pb	Pb, Cr, Al	Cu	Pb, Cr
SE	Pb	Pb, Al	Cu, Cr	Mn, Pb
AA				Cu, Al

Fonte: Autoria Própria.

Na Figura 6.13 pode observa-se o solo exposto às áreas agrícolas e áreas urbanas novamente mantém correlações com os valores nos teores de Pb e Cr.

Em relação aos teores de Ni, Zn, Cu e Mn pode-se afirmar que, a correlação não existe entre o uso dos solos e estes metais.

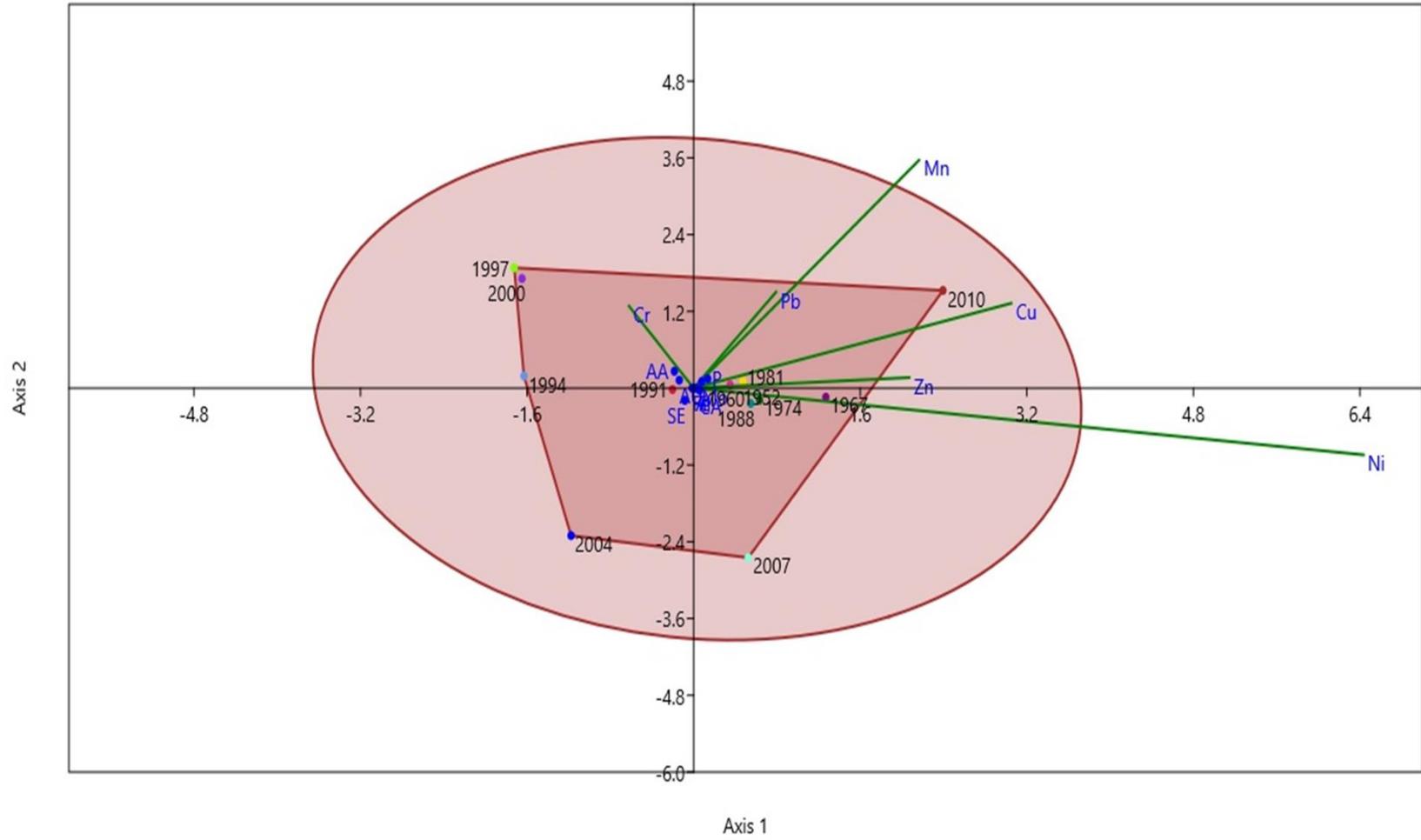
Isto demonstra que existe certa mobilidade para alguns metais. No caso do Ni, os teores vêm diminuindo ao longo do tempo, entretanto, quando se refere ao Mn os valores vêm aumentando nos últimos 30 anos.

Segundo Oygard et al., (2004), a mistura composta de plástico, metal e outros materiais orgânicos produzidos pelos esgotos das áreas urbanas produzem um chorume rico em metais. Esta fonte antrópica pode ser a principal responsável pelos níveis de metais encontrados na Bacia do rio Juqueri.

Os resultados da determinação dos dois conjuntos de variáveis, com o objetivo de identificar que classes de metais são as mais dependentes ao uso do solo ou vice-versa, podem ser observados na Tabela 6.3.

É possível verificar a magnitude das correlações existentes entre os dois conjuntos, onde a classe de solo exposto obteve o maior número de correlações entre os metais de Pb, Al, Cu, Cr e Mn, isto seguido da classe floresta com correlações entre suas áreas e os metais Cu, Mn, Ni e Zn.

Figura 6.13 - Correlação canônica dos metais e o uso do solo no ponto captação



Fonte: Autoria própria.

Identificou-se uma repetição de correlações entre a área urbana e o Pb igual ao solo exposto e o Pb, demonstrando que existe uma influência direta entre estas duas classes e os valores no teor do Pb (Tabela 6.6).

Tabela 6.6 - Número de correlações entre os metais e os usos de solo da bacia Juqueri.

CA	F	P	AU	SE	AA
1. CA - Cr	1. F - Cu	1. P - Zn	1. AU - Pb ³	1. SE - Pb ³	1. AA - Cu
2. CA - Mn	2. F - Mn	2. P - Ni ²	2. AU - Cr ²	2. SE - Al	2. AA - Al
	3. F - Ni ³		3. AU - Al	3. SE - Cu	
	4. F - Zn			4. SE - Cr	
				5. SE - Mn	

Fonte: Autoria Própria.

O conjunto de pesos do uso do solo, para cada conjunto de critérios e variáveis nos teores dos metais desta pesquisa, atribuiu combinações lineares de cada conjunto, o que fez com que os valores fossem correlacionados e, identificadas as grandes modificações que podem provocar a dinâmica no uso do solo da Bacia do rio Juqueri nos teores dos metais nos recursos hídricos e, portanto, nos sedimentos do reservatório Paiva Castro.

6.4 CONCLUSÕES

A análise dos correspondentes principais identificou correlações entre os próprios metais e entre o uso do solo, onde os valores indicaram a existência de certa mobilidade desses elementos no reservatório e que fez reconhecer certa mobilidade de alguns metais no reservatório Paiva Castro.

Para a Bacia do rio Juqueri, estas correlações possibilitaram identificar também um aumento nos teores de Cu, tanto nos pontos da barragem quanto no rio, mostrando uma significativa correlação entre as áreas de solo exposto e a área urbana com o Cu.

Além de correlações complexas entre as áreas agrícolas, os corpos d'água e a floresta com o alumínio, ferro e o zinco.

Concluiu-se também que, os maiores aportes de metais segundo os valores das correlações, se deram para as áreas de solo exposto e a área urbana, nos quais as técnicas de

estatística multivariada denotaram valores relativamente altos entre a área urbana e o Pb junto com o Cr, fazendo da área urbana a mais influente nos teores de metais na barragem por apresentar o maior número de correlações.

No rio encontraram-se correlações entre o solo exposto e o Cu junto com o Cr.

O Cu é considerado como o mais móvel dos metais traço, pois tem a capacidade para atuar quimicamente com os componentes minerais e orgânicos, isto lhe dá mobilidade na água.

Além do mais, as aplicações de sulfato de cobre para o controle de algas podem explicar seus valores crescentes nos últimos anos.

O ponto de captação teve o maior valor de correlação, atribuído para o Pb com o solo exposto, seguido do Mn com correlação para a área urbana.

Demonstrando, novamente, que existe significativa correlação entre áreas de solos exposto, agrícolas e os teores de Pb, Mn e Al.

Um dos resultados desta pesquisa foram os valores de correlação encontrados, que demonstraram a existência de certa sazonalidade para alguns metais no sedimento do reservatório que pode ser caracterizada pelo uso do solo que o envolve.

Além disso, concluiu-se que as áreas urbanas forneceram uma grande quantidade de misturas compostas de plástico e outros materiais orgânicos dos esgotos ricos em metais, o que constitui esta classe como uma das principais responsáveis pelos níveis de metais encontrados no reservatório.

Os sedimentos, definitivamente, refletem o efeito adverso que as atividades antrópicas no uso do solo têm provocado ao reservatório Paiva Castro durante as últimas décadas pelas descargas de esgoto doméstico e industrial e a análise de correlações canônicas foi uma ferramenta importante na identificação dos principais impactos exercidos sobre o reservatório.

6.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMBÜHL, H. BÜHRER, H. Technik der Entnahme ungestörter Grossproben von Seesedimenten: ein verbessertes Bohrlot. Schweiz. Z. Hydrocl., n.37p.175-186. 1975.

ASHLEY D.A., 2006. Canonical Correlation Procedure for Spreadsheets, 27th Annual Meeting of Decision Sciences Institute USA

BAPTISTA NETO, J.A.; SMITH, B.J.; MCALLISTER, J.J. 2000. Heavy metal concentrations in surface sediments in a nearshore environment, Jurujuba Sound, Southeast Brazil. *Environmental Pollution*; 109: 1-9

BEGHELLI, F. G. S. **As relações de organismos bentônicos bioindicadores com a poluição por metais e metaloides em represas do Sistema Cantareira, São Paulo**. 2016. 184f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) – Instituto de Ciências e Tecnologia de Sorocaba, UNESP – Univ. Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Sorocaba, 2016.

Bibliografia cap 6

BING, H. et al., Accumulation of heavy metals in the lacustrine sediment of Longgan Lake, middle reaches of Yangtze River, China. **Environmental Earth Sciences**, v. 69, n. 8, p. 2679–2689, ago. 2013.

BLESA, MIGUEL. LA CONTAMINACIÓN POR METALES. Gerencia de Química, Comisión Nacional de Energía Atómica. Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental, Universidad Nacional de San Martín. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Site: <http://aargentnapciencias.org/2/index.php/grandes-temas-ambientales/agua-y-ambiente/107-contaminacion-del-agua/159-la-contaminacion-por-metales>. Acesso: 9 Enero 2017

CARDOSO-SILVA, S.; LIMA, P. A.; MOSCHINI-CARLOS, V.; FIGUEIRA, R. C.; POMPÊO, M. Temporal and spatial accumulation of heavy in the sediments at Paiva Castro reservoir (São Paulo, Brazil). *Jornal Environmental Earth Sciences*. January 2016.

COLIS, G.; LÓPEZ, E.; THALASSO, F.; RODRÍGUEZ, N.; GUERRERO, A.; GONZÁLEZ, A. Evaluación de contaminantes en agua y sedimentos del río San Pedro en el Estado de Aguascalientes. *Universidad y ciencia* vol.27 no.1 Villahermosa abr. 2013

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Governo do Estado e Sabesp iniciam captação de água da reserva técnica do Cantareira**. Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/imprensa/noticiasdetalhe.aspx?secaoId=66eid=6245>>. Acesso em: mai/2017.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo 2007**, São Paulo, 2008, 540p.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo 2014**, São Paulo, 2015, 371p.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo 2007**, São Paulo, 2008, 540p.

EPSTEIN, L. & BASSEIN, S. Pesticide applications of Copper on perennial crops in California, 1993 to 1998. **Journal of Environtal Quality**, v. 30, p.1844–1847. 2001.

FIGUEIRA, R. C. L. 2000. Inventário de radionuclídeos artificiais em águas do mar e sedimentos da costa sul do Brasil. Tese (doutorado). Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, Brasil.

FUNDAÇÃO DE APOIO À UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – FUSP. Plano de Bacia Hidrográfica do Alto Tietê. 2009.

GONZÁLEZ, C.; RIVERA, W. MANEJO Y CONTROL DE LAS AGUAS DE ESCORRENTÍA PARA MANTENER LA CALIDAD DEL AGUA. Servicio de Extensión Agrícola. Universidad de Puerto Rico. 2011. 21-36 p.

GROSSI SAD, J.H.G.; PINTO, C.P.; SERPA, J.C.; DUTRA, J.E.B.; HETTICH, M.E & ANDRADE, N.E. 1980. Folhas Anta, Duas Barras, Teresópolis e Nova Friburgo In: PROJETO CARTA GEOLÓGICA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, DRM-GEOSOL.

HEILBRON, M. & MACHADO, N. 2003 Timing of Terrane Accretion in the Neoproterozoic–Eopaleozoic Ribeira Orogen (SE Brazil) *Precambrian Research*, 125: 87–112.

HO, K.T.; BURGESS, R.M.; PELLETIER, M.C.; SERBST, J.R.; RYBA, S.A.; CANTWELL, H.G.; KUHN, A.; Raczekowski, P. 2002. An overview of toxicant identification in sediments and dredged materials. *Marine Pollution Bulletin*, 44:286-293.
http://www.anuario.igeo.ufrj.br/2014_2/2014_2_39_47.pdf

JARUP, L. Hazards of heavy metal contamination. **British Medical Bulletin**, v. 68, n. 1, p. 167–182, 1 dez. 2003.

JUNHO, M.C. 1982. Geologia, Petrologia e Geoquímica Preliminar do Granito Teresópolis, RJ. Rio de Janeiro. Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 90p.

LA ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO) – (Ministerio de Agricultura y Ganadería) FAO-MAG. 2006. Manual de manejo Y Conservación de Suelos y Aguas. Cubero D. edición. 1996.MAG-FAO-UNED. Editorial UNED. San José, Costa Rica. 278p

MENDES, J.C.; MEDEIROS, S.R. & CHAVES, E.A. 2011. Assinatura Isotópica de Sr e Nd do Magmatismo Cálcio-alcálico de Alto-K na Faixa Ribeira Central: o Exemplo do Granito São Pedro em Lumiar, RJ *Revista Brasileira de Geociências* 41(3): 408-419

MEYBECK, M. 1987. Global Geochemical Weathering of Surficial Rocks Estimated from River Dissolved Loads. *American Journal of Science*, 287: 401-428.

MILLIMAN, JHON.; SYVITSKI, JAMES. (1992) .Geomorphic/Tectonic Control of Sediment Discharge to the Ocean: The Importance of Small Mountainous Rivers. *The Journal of Geology*. volume 100, p. 525-5441 O 1992 by The University of Chicago. All rights reserved. 0022-1376/92/10005-00\$1.00

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA - FAO. El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Link. <http://www.fao.org/publications/sofa/2013/es/>. Acesso: 01/22/017.

OYGARD, J.K.; MÅGE, A.; GJENGEDAL, E. 2004. Estimation of the mass-balance of selected metals in four sanitary landfills in Western Norway, with emphasis on the heavy metal content of the deposited waste and the leachate. *Water Research*, 38: 2851-2858.

REINHOLT ELLERT. GEOLOGIA DA REGIÃO DE MAIRIPORÃ, SP. Tese Apresentada ao Concurso de Livre Docência da Cadeira de Geologia da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de SÃO PAULO. 1964.

RESENDE, M.; CURTI, N.; REZENDE, S.B. e CORRÊA, G.F., 1997. *Pedologia: Base para distinção de Ambientes*. NEPUT. Viçosa. 2ª edição, 367p.

RIVERA, H, CHIRA, J et al., (2007) Dispersión secundaria de los metales pesados en sedimentos de los ríos Chillón, Rímac y Lurín. Departamento de Lima. *Revista del Instituto de Investigación Vol. 10 N.º 20 de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica de UNMSM*.

RIVERA, H.; CHIRA, J.; CAMPIÁN, M.; CORNELIO, F. Análisis correlacional y evolutivo de los metales pesados en sedimentos del río Santa entre Huaraz – Carhuaz, departamento de Ancash. *Revista del Instituto de Investigaciones- FIGMMG*. Vol. 11, Nº 21, 19-24 (2008) UNMSM ISSN: 1561-0888 (impreso) / 1628-8097 (electrónico).

ROBBINS, J. A.; EDGINGTON, D. N. Determination of recent sedimentation rates in Lake Michigan using Pb-210 and Cs-137. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 39, p. 285-304, 1975.

ROCHA, J. C.; ROSA, A. H.; CARDOSO, A. A. *Introdução à química ambiental*. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

SANTOS, J. S.; SANTOS, M. L.; OLIVEIRA, E. Estudo da Mobilização de Metais e Elementos Traços em Ambientes Aquáticos do Semi-Árido Brasileiro Aplicando Análises de Componentes Principais. *Química Nova*, Vol. 31, No. 5, 1107-1111, 2008.

SANTOS, G.; GRIEBELER, N.; OLIVEIRA, LUIZ. F. Chuvas intensas relacionadas à erosão hídrica. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. ISSN 1415-4366 Online version. ISSN 1807-1929. *Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental* vol.14 no.2 Campina Grande Feb. 2010.

SILVA, F.A.D. 2006. Análise da Susceptibilidade a Escorregamentos de Massas na Bacia do Rio Paqueta – Teresópolis – Estado do Rio de Janeiro, Utilizando os Modelos Sinmap e Shalstab. Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 99p.

SILVEIRA, C S.; MADDOCK, J. E.; ZAMBONI DE MELLO, W.; VILLAR DE QUEIROZ. L. A. Hidrogeoquímica de Metais em Água Fluvial: Fontes Geológicas Graníticas e Gnáissicas -

Bacia do Rio Paquequer, Teresópolis, Estado do Rio de Janeiro. Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ ISSN 0101-9759 e-ISSN 1982-3908 - Vol. 37 - 2 / 2014 p. 39-47.

STUMM, W. AND MORGAN, J.J. 1996 Aquatic chemistry: chemical equilibria and rates in natural waters. New York: John Wiley and Sons, 3rd ed., p. 780.

TUPINAMBÁ, M. 1999. Evolução Tectônica e Magmática da Faixa Ribeira na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro. Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado, 221p.

VALADARES, C.S.; DUARTE, B.P.; HEILBRON, M. & RAGATKY, D. 2000. The Tectono-Magmatic Evolution of the Occidental Terrane and the Paraíba do Sul Klippe within the Neoproterozoic Ribeira Orogenic Belt, Southeastern Brazil *Revista Brasileira de Geociências* 30(1): 1-6.

CAPÍTULO 7

PROPOSTA METODOLÓGICA: “DESENVOLVIMENTO DO ÍNDICE PARA A DETERMINAÇÃO DA RESILIÊNCIA EM ÁGUAS SUPERFICIAIS PARA BACIAS HIDROGRÁFICAS”.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo propor um instrumento que represente a sensibilidade, fragilidade, adaptabilidade e o risco que representa a poluição nos recursos hídricos superficiais, mediante a utilização de índices, indicadores, além das características de uma determinada bacia hidrográfica, procurando entender a dinâmica gerada pelos determinados níveis de degradação ambiental. Além disso, buscou-se conhecer o potencial de recuperação e autodepuração dos recursos hídricos das alterações das atividades antrópicas da bacia. O resultado da aplicação desta metodologia mostrou que as bacias contêm um potencial de resiliência nas suas águas superficiais, onde no caso da Bacia do rio Juqueri o valor resultante foi 23,261. O que significa que existe, atualmente, um alto risco de degradação nos seus recursos hídricos. Contudo, é importante ressaltar que a qualidade geral da água foi enquadrada como regular, segundo a classificação do IQA, que tem boa parte da sua área urbanizada com 17,51% do total da bacia, devido ao desenvolvimento da região, onde o IQA já demonstra problemas antrópicos. Ainda assim, verificou-se certa estabilidade na qualidade da água da bacia, o que mostra que o índice proposto é capaz de avaliar dados reais de poluição e identificar características que prejudicam e outras que beneficiam os níveis de poluição na bacia e sua pressão ambiental.

Palavras chave: Adaptabilidade, modelagem ambiental, indicador, autodepuração.

7.1 INTRODUÇÃO

A implementação de índices e indicadores que permitam avaliar os estados, tendências e degradação dos recursos naturais, seja água, solo e ar tem se constituído numa preocupação recorrente nos últimos anos, sobretudo, desde o surgimento do conceito de sustentabilidade (CARVALHO, 2008).

Esta proposta metodológica sugeriu uma medição da sensibilidade dos recursos hídricos superficiais devido às atividades antrópicas, sabendo que existem características inerentes de uma determinada área de estudo que pode contribuir ou potencializar a degradação ambiental.

Neste sentido, conceitos como conservação da biodiversidade, não se incluem no conceito de “desenvolvimento territorial”, visto que os ecossistemas, tanto terrestres quanto aquáticos ressentem-se devido às mudanças no uso e ocupação dos solos, sejam em pequenas ou em grandes magnitudes, as quais afetam o desenvolvimento ecológico normal das espécies (IBAMA, 2011).

No que diz respeito ao aspecto conceitual, as aplicações práticas do conhecimento e a medição da sustentabilidade, esta proposta pretendeu fornecer e disponibilizar com maior precisão informação para testar e avaliar a desagregação ambiental do ponto de vista espacial e das bacias hidrográficas.

Diante do exposto, esta metodologia avaliou dados reais de poluição e tentou entender a correlação de fatores que prejudicam ou beneficiam os níveis de poluição em cada área de estudo, identificando a contaminação que está sendo causada por atividades antrópicas e o potencial de resiliência dos recursos hídricos para sua autodepuração.

As características de funcionalidade do índice de resiliência concentram-se nas medidas e parâmetros aplicados num estudo ambiental, procurando uma representação real mais próxima possível da realidade da situação de poluição nos recursos hídricos, querendo assim simplificar os custos dos estudos ambientais e os processos de comunicação e percepção dos resultados, a fim de ser simples para serem entendidos e usados facilmente na tomada de decisões.

Este índice procura conter características que sejam de fácil entendimento, interpretação, exatidão, simplicidade e especificidade, além de acessibilidade. Além disso, deve ter um significado relevante, válido cientificamente, reproduzível e apto para ser aplicado em qualquer área e a qualquer escala.

Desta forma, quando obtemos dados de uma área de estudo, podemos também qualificar seu risco à poluição, e assim atribuir valores aos processos de susceptibilidade a essa poluição dos recursos hídricos.

Considera-se este índice como um desenho de medição direta, para chegar a diagnósticos que possam no futuro, ser um diferencial na gestão, visualizando uma tendência da situação atual com relação aos mínimos critérios de conservação e procurando predizer com antecipação os resultados finais dos impactos ambientais severos numa área determinada.

O objetivo deste estudo foi desenvolver um índice para quantificar a resiliência das águas superficiais em bacias hidrográficas, tendo como propósito informar aos tomadores de decisões ou usuários sobre as inter-relações dos sistemas naturais dinâmicos, com os elementos físicos, biológicos, sociais e econômicos de uma área de estudo, em função das atividades antrópicas. Fato que faz deste uma ferramenta de informação científica ao público, contribuindo para o entendimento dos problemas ambientais produzidos atualmente.

7.2 MATERIAIS E MÉTODOS

As variáveis que fizeram parte desta metodologia foram escolhidas para entender de maneira global as interações que acontecem entre os recursos hídricos, o uso do solo e as atividades econômicas e influências antrópicas nas bacias hidrográficas.

O IQA fornece valores atuais e reais e da poluição dos recursos hídricos, a área urbana tentou medir o nível de detrimento das condições naturais e ambientais na bacia de estudo.

A vazão identificou a disponibilidade que existe deste recurso na Bacia, além ao quantificar o número de habitantes nesta se pode estimar o possível esgoto gerado por estes e a pressão exercida sobre os recursos hídricos ao ser liberado.

O ITA obteve um diagnóstico do grau de transformação da paisagem e a declividade é um parâmetro muito influente na erosão de solos.

As anteriores foram as razões para que estas variáveis integrassem o índice da resiliência em águas superficiais em bacias hidrográficas (IR).

De fato, o uso do solo tem uma influência direta sobre os recursos hídricos. O índice de qualidade de águas (IQA) fornece valores de poluição dos recursos hídricos, os quais são

refletidos pelo processo de crescimento urbano que leva a deterioração das condições ambientais e ao crescimento das atividades comerciais e industriais, a ponto de gerar sobrecargas nas capacidades dos sistemas naturais.

Mediante a vazão, podemos conhecer o potencial de autodepuração da bacia hidrográfica, além disso, a quantidade de habitantes pode denotar qual é a disponibilidade da água para a população da bacia e também a pressão exercida sobre os recursos hídricos pelo esgoto liberado e o solo.

Isto evidencia a importância em estudar a transformação da paisagem, pois por meio do ITA reconhecemos as áreas afetadas por processos degradantes como o desmatamento, erosão e mudanças no uso e ocupação dos solos.

A declividade do terreno é um dos parâmetros mais utilizados no planejamento de projetos, já que de seu correto conhecimento dependem muitas infraestruturas.

Os solos por sua vez, em sua maioria, contêm grandes quantidades de resíduos de pesticidas, herbicidas e fertilizantes usados na agricultura, com grande capacidade de permanência que finalmente chegam a poluir os recursos hídricos e aumentam a turbidez.

Este trabalho reuniu estas variáveis e as conjugou para analisar o desenvolvimento territorial, além de realizar projeção de impactos nos recursos hídricos.

Descrição das variáveis:

1. Índice de Qualidade da Água (IQA): a qualidade da água superficial depende tanto de fatores naturais como da ação humana. De forma geral, determina-se a qualidade da água comparando as características físicas e químicas de uma amostra com as diretrizes de qualidade da água (definição específica dada no Capítulo 2).
2. Área urbana (AU): segundo Carrera et al., (2009), embora a urbanização desempenhe um papel central no processo de desenvolvimento, o crescimento urbano carrega frequentemente uma deterioração das condições ambientais. Isto ocorre devido ao crescimento demográfico, as atividades comerciais, industriais e as que dispõem do uso de recursos, gerando assim um ponto de sobrecarga nas capacidades dos sistemas naturais.

Conhecer o valor real do processo da urbanização de uma determinada área equivale a conhecer sua potencial ameaça ou probabilidade de ocorrência de um determinado fenômeno

natural ou induzido, que coloque em perigo a integridade dos seres humanos que a ocupam. O aumento da urbanização aumenta sua vulnerabilidade e a susceptibilidade, sejam a pessoas, edificações, instalações, bens ambientais e etc.

Pedregal e Torres (2007) afirmam que quando falamos do ambiente urbano é preciso introduzir o conceito de meio ambiente interagindo com os processos urbanísticos, mas de uma forma amigável.

Infelizmente, o incremento na população devido à urbanização potencializa os problemas de poluição, até criar um déficit nos recursos (água, drenagem, energia, esgoto, etc.), reduzindo sua qualidade.

Um dos problemas mais comuns é a poluição dos recursos hídricos por águas de esgoto doméstico, visto que, a maior parte deste provém da população que vive nos centros urbanos, os quais despejam seus resíduos nos cursos de água superficiais.

Para conhecer os valores exatos da quantidade da área urbanizada em uma zona de estudo, existem múltiplas aplicações de imagens de satélites, que tornam muito mais fácil a coleta de dados necessários para integrar esta variável ao índice proposto e, assim, darem continuidade a construção do índice.

Esse é um método rápido e eficaz. Para a aplicabilidade da metodologia proposta precisamos que o valor da área que é geralmente em ha ou km² esteja em porcentagem.

3. Vazão/habitantes (v/h): a variável vazão cumpre um papel extremamente importante, porque ao conhecer a vazão, conhecemos também seu potencial de autodepuração (FAO-MAG, 2006). Se conhecermos a quantidade de habitantes na área de estudo, determinaremos sua disponibilidade de água e também a pressão exercida sobre esse recurso.

Infelizmente, a facilidade de autodepuração que a água possui, faz com que o despejo de resíduos seja habitual. A Organização Mundial da Saúde (OMS) considera que a quantidade adequada de água para consumo humano (beber, cozinhar, higiene pessoal e limpeza) é de 50L/habitante-dia (0,05m³).

Esta quantidade deve somar-se ao aporte necessário para a agricultura, à indústria e, por consequência, à conservação dos ecossistemas aquáticos, fluviais e, em geral, para que não ocorra redução da água doce. Tendo em conta estes parâmetros, considera-se que a

quantidade mínima é de 100L/hab/dia (0,1 m³). A OMS considera também que nos Estados Unidos o uso per capita de água é de 1.868 m³/ano, e de 5,1 m³ por dia.

4. Índice de transformação antrópica (ITA): Richter (2004), afirma que este índice permite, por um lado, obter um diagnóstico do grau de transformação da paisagem dentro de uma determinada área e por outro ajuda no reconhecimento das áreas afetadas por processos degradantes como o desmatamento, erosão e mudanças no uso e ocupação dos solos.

Esses problemas, geralmente, são causados pelo manejo inadequado de culturas agrícolas, uma vez que pouca superfície é apta e pode ser destinada a este uso, produzindo assim alterações perigosas pelo desmatamento devido à instalação de novas áreas com culturas.

Para a delimitação da área de estudo, a classificação das imagens e a quantificação das classes temáticas, quatro fases são necessárias: (I) Técnicas de geoprocessamento e monitoramento ambiental; (II) Identificação das áreas modificadas pelo homem; (III) Classificação e elaboração dos mapas temáticos e; (IV) Tomada de dados reais da área de estudo, procurando obter um bom detalhamento.

A determinação das classes de uso e ocupação dos solos pode ser realizada sobre ortofotos digitais ou imagens de satélite, a partir das quais se realiza a delimitação das classes de uso do solo por digitalização manual feito no Programa ArcGIS de forma supervisionada e por edição vetorial por processo de interpretação visual.

As classes de uso do solo são: áreas urbanizadas (AU), culturas temporais (CT), culturas permanentes (CP), pastagens (P), florestas (F), corpos d'água (CA). Os pesos dados são estabelecidos para cada uso da área ou bacia a avaliar. Posteriormente, obtém-se a área de cada uso e ocupação e, sua equivalência em porcentagem (melhor detalhamento Capítulo 3)

5. Declive (D): García (2009) afirma que a declividade do terreno é um dos parâmetros que mais utilizamos sem dar-nos conta.

Seu correto conhecimento depende de muitas infraestruturas planejadas pelos engenheiros: estradas, reflorestamentos, restaurações hidrológicas, isso se encontra a importância no solo, não só em conhecer seu conceito, mas também em calculá-lo.

O solo é um valioso recurso natural que contém água e elementos nutritivos que os seres vivos utilizam. A erosão é a perda do solo fértil, devido ao fato que a água e o vento normalmente arrastam a camada superficial da terra até os corpos hídricos disponíveis na área.

Essa perda do solo se acelera ao retirar-se a cobertura vegetal com o desmatamento e se amplia muito nos declives pronunciados.

A declividade é um dos fatores mais destacados que contribui na degradação ambiental. Em terrenos de alta declividade, as práticas agrícolas inadequadas e mudanças no uso do solo como o desmatamento, substituem grandes quantidades de florestas por terrenos agrícolas e pastagens que ajudam muito no processo de erosão.

Esse solo erodido pode conter grandes quantidades de resíduos de pesticidas e fertilizantes, que poluem os corpos hídricos.

Por este motivo, a declividade se faz requerida para está metodologia. Existem vários métodos para a determinação da declividade, como por observação direta ou pela utilização de SIG's como no caso do software ArcGIS.

7.2.1 Geração do mapa de declividade

Para criar o mapa de declividade da Bacia do rio Juqueri, partiu-se do material anteriormente utilizado no Capítulo 3, chamado DEM.

Por meio do processamento desta imagem no SIG ArcGIS 10.1, foram adicionados os valores de elevação provenientes do modelo digital de elevação (que, geralmente, vem no formato SRTM) e que foi convertido num arquivo *shapefile* que recebeu os dados de elevação.

Para este processo, foi utilizada a caixa de ferramentas no ArcToolBox – *3D Analyst Tools – Functional Surface – Add Surface Information*.

Na caixa de diálogo que foi aberta, se ingressou o nome do arquivo *shapefile* que recebeu os dados de altitude em *Input Feature Class* e com o MDE no campo *Input Surface*.

É apropriado ressaltar que os valores utilizados para o mapa de declividade da bacia Juqueri foram obtidos da tabela na qual foram inseridos os campos como: altitude mínima (Z_Min), altitude máxima (Z_Max), altitude média (Z_Mean), comprimento superficial (SLength).

O ArcGis calculou estas variáveis para cada segmento da linha existente no *shapefile* de entrada.

O mapa de declividade tem o objetivo de demonstrar as inclinações de uma área em relação a um eixo horizontal.

Serve como fonte de informações das formas do relevo, das aptidões agrícolas, dos riscos de erosão, das restrições de uso e ocupação urbana, entre outros.

Para a construção do mapa de declividade, foi preciso estabelecer as classes de declive predominantes na área de estudo.

O procedimento de classificação da declividade foi a importação dos dados que obtivemos da área da bacia nos arquivos (DEM) dos sites especificados anteriormente para o Programa ArcGIS 10.3, realizando o desenho automático da Bacia do rio Juqueri no software, por médio do SRTM obtido do Serviço Geológico do Brasil – CPRM.

Os passos para a aplicação da metodologia proposta “Índice de Resiliência”. Existem 3 etapas para sua aplicação: (i) Técnicas de geoprocessamento: conhecimento dos valores exatos do total da área de estudo e a porcentagem da área urbanizada; (ii) Aplicação dos índices (IQA - ITA): para o IQA quanto maior for o número de amostras, maior será a confiabilidade dos dados.

Recomenda-se realizar os levantamentos com amostras mensais em no mínimo três pontos diferentes na zona de estudo, na montante, no meio da bacia e na jusante.

A aplicabilidade do ITA se realiza por meio do geoprocessamento, podendo ser utilizados diferentes sistemas de SIG e; (iii) Especificação do declive (Tabela 7.1).

Tabela 7.1 - Variáveis utilizadas na aplicação do índice de resiliência.

Nº	Variável	Descrição
1	IQA	Índice de Qualidade da Água
2	AU	Área urbanizada encontrada
3	v/h	Vazão encontrada m ³ /s/habitantes na área de estudo.
4	ITA	Índice de Transformação Antrópica.
5	D	Declividade

Fonte: Autoria Própria.

O Índice de resiliência foi calculado a partir da equação 7.1 e 7.2:

$$y_i = w_i x_i \quad \text{Equação 7.1}$$

Para $i = 1, 2, 3, \dots, n$

$$IR = \sum_{i=1}^n w_i x_i \quad \text{Equação 7.2}$$

Onde:

w_i = peso correspondente para cada indicador;

n = número de indicadores utilizados;

i = subíndice;

X_i = indicadores.

Cada classe representa um peso atribuído em função do reconhecimento ao índice de resiliência para águas superficiais que apresenta a bacia, podendo ser modificado a um maior número de variáveis a serem avaliadas para a melhora desta metodologia e tendo em conta os valores do índice para sua posterior classificação.

1. **IQA:** valor dado de **0,35**. Este é o maior valor dado, para esta metodologia, já que avalia as características químicas, físicas e biológicas da água, além de fornecer valores reais de poluição dos recursos hídricos dos corpos d'água na bacia de estudo.
2. **ITA:** valor dado de **0,3**. Este é o valor dado a esta variável, pois permite obter um diagnóstico do grau de transformação da paisagem natural da bacia e reconhecer as áreas afetadas por processos degradantes como o desmatamento, erosão e mudanças no uso e ocupação dos solos.
3. **Área Urbana:** valor dado de **0,2**. Este valor tenta abarcar os processos de desenvolvimento, crescimento urbano e deterioração das condições ambientais da bacia, além do crescimento demográfico, atividades comerciais e industriais.
4. **Vazão/habitantes:** valor dado de **0,1**. Este valor dado procurou considerar o potencial de autodepuração dos recursos hídricos, além da disponibilidade de água para certo número de habitantes e reconhecendo a pressão exercida destes sobre os recursos hídricos da bacia.

- 5. Declividade:** Valor dado de **0,05**. Este valor foi dado para variável já que é muito importante conhecer a declividade de qualquer área de estudo, pois é uma característica inerente de qualquer bacia, a qual contribui segundo os usos de solo nos processos de erosão de solos e, posteriormente, na sedimentação e poluição dos recursos hídricos. (Tabela 7.2).

Tabela 7.2 - Pesos dados a cada variável para aplicação do índice de resiliência

Indicador	Coefficiente de ponderação W_i
IQA	0,35
ITA	0,3
AU	0,2
V/h	0,1
D	0,05
Total	1

Fonte: Autoria Própria.

7.2.2 Classificação de bacias segundo o índice de resiliência para águas superficiais

As variáveis que fazem parte do índice de resiliência foram indispensáveis para poder propor o indicador que valere e determinar a realidade da situação atual dos recursos hídricos das bacias hidrográficas.

Sendo assim produziram-se diferentes alternativas de onde aplicou-se o índice para diferentes bacias hidrográficas de diferentes países e em diferentes escalas (macro, médias e pequenas).

Isto, para verificar a pontuação e os valores para posteriormente serem classificadas segundo o índice proposto, chegando à conclusão que os todos os possíveis valores das classificações de bacias hidrográficas estão dentro da classificação proposta nesta pesquisa.

Para calcular o índice de resiliência, propuseram-se os seguintes valores contidos na Tabela 7.3.

Tabela 7.3 - Valores para sua classificação pelo índice IR.

Valor	Classificação
≥ 50	Alta Resiliência
$39 \leq 49$	Média Resiliência
$27 \leq 38$	Baixa Resiliência
$15 \leq 26$	Mínima Resiliência
$0 \leq 14$	Nula Resiliência

Fonte: Autoria Própria.

A metodologia proposta neste trabalho foi aplicada na Bacia do rio Juqueri para demonstrar sua utilidade e validade como instrumento para valoração ambiental.

Quanto ao coeficiente de ponderação, este deu-se devido à importância de cada variável que a metodologia incorporou para o índice, no qual a sua somatória é igual a 1, e o IQA teve a maior ponderação com um valor de 0,35, seguida do ITA com 0,3.

Posteriormente, deu-se maior importância à área urbana com valor de 0,2, seguida do resultado da vazão dividida pelo número de habitantes com valor de 0,1 e, finalmente, a declividade com um valor de 0,05.

7.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.3.1 Aplicação da metodologia proposta “índice de resiliência”

7.3.2 IQA

No Capítulo 2 foram realizadas as análises do IQA da Bacia do rio Juqueri, onde os resultados, quanto à classificação da água da bacia foram: “regular”, entre os valores de (36<51), e “bom”, entre os valores de (51<79).

Cabe ressaltar que as médias dos pontos 1 e 2 são de resultado *regular*, no ponto 3 sempre o resultado da classificação é *boa*, mostrando o poder da autodepuração da Bacia do rio Juqueri (Tabela 7.4).

Tabela 7.4 - Valores obtidos de IQA da água da Bacia do rio Juqueri no ano de 2015.

Julho	P1	P2	P3	Dezembro	P1	P2	P3
1	52	55	52	2	56	52	50
9	51	45	51	9	55	54	56
16	39	38	54	16	49	47	51
30	46	50	51	21	50	46	49
Média	47	47	52	Média	52,5	49,75	51,5

Fonte: Autoria Própria.

O valor do IQA médio da Bacia do rio Juqueri foi 49,9, posicionando seus recursos hídricos regulares.

7.3.2.1 Área urbana (AU)

O valor encontrado em relação à área urbanizada foi de 17,51%, a qual equivale a 5903 ha (Capítulo 3).

7.3.2.2 Vazão/habitantes

A vazão encontrada foi de 18,25 m³/s (SABESP, 2015) e o número de habitantes que estão localizados na bacia do rio Magdalena é 71.627 habitantes.

O resultado final é $18,25 \text{ m}^3/\text{s}/71627 = 2,54$.

7.3.2.3 Índice de transformação Antrópica (ITA)

A partir das classes temáticas já geradas no Capítulo 2, foi possível realizar uma análise quantitativa da área estudada na dinâmica do uso do solo na Bacia do rio Juqueri (Tabela 7.5), que segundo o ITA está classificado como *Regularmente Degrada*.

Tabela 7.5 - Valores uso do solo e ITA da Bacia do rio Juqueri.

Classes	Área	%	Valores ITA
Corpos d'água	229	0,68	2,04
Floresta	17319	51,37	102,74
Pastagem	5131	15,22	106,54
Áreas urbanas	5903	17,51	157,59
Solo exposto	3796	11,26	90,08
Área agrícola	1335	3,96	27,72
Total	33714	100	487

Fonte: Autoria Própria.

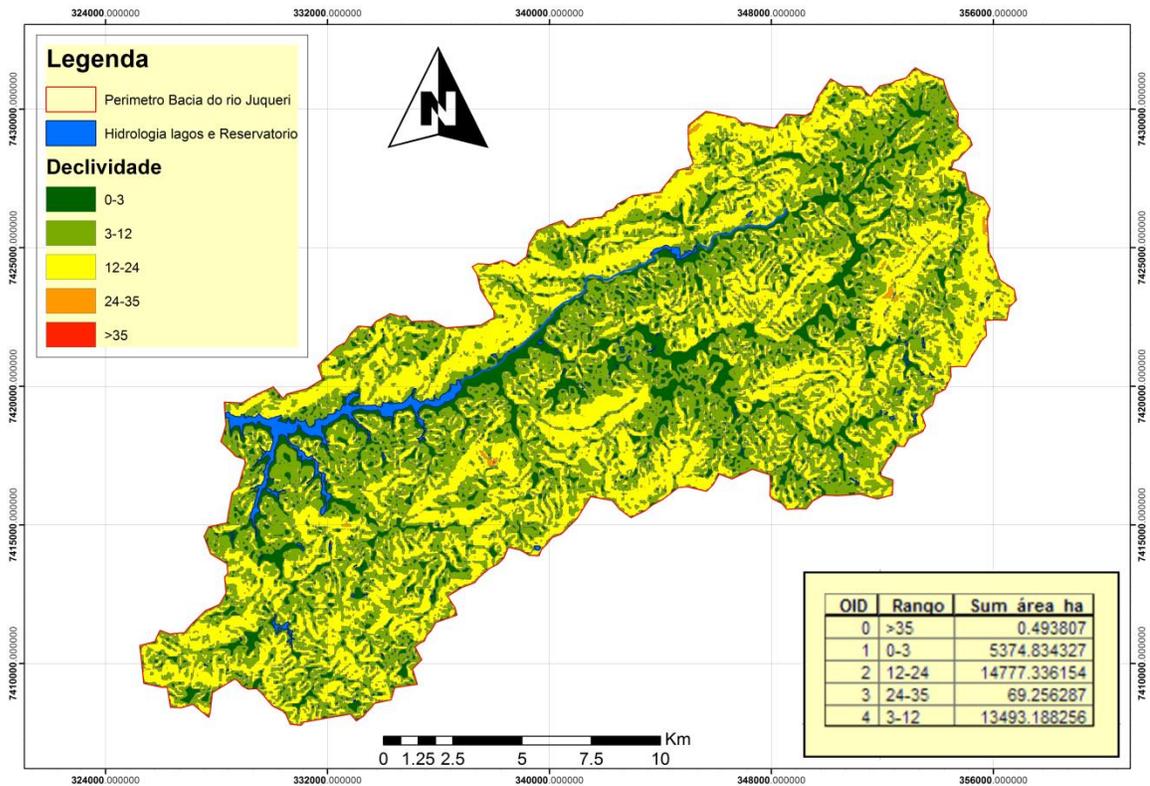
7.3.2.4 Declividade (D)

7.3.2.4.1 Mapa de declividade da Bacia do rio Juqueri

O solo é um recurso natural não renovável a uma escala temporal humana e o suporte básico imprescindível para a existência dos ecossistemas terrestres, sejam naturais ou modificados pelas atividades humanas.

Sua natureza como recurso não renovável faz com que qualquer processo de degradação que sofra tenha consequências irreversíveis na maior parte dos casos. (Figura 7.1)

Figura 7.1 - Mapa de declividade da Bacia do rio Juqueri.



Fonte: Autoria própria.

O mapa produto desta pesquisa teve 5 classes de declividade. Foi feita uma análise de quais são os aspectos positivos e negativos de cada classe para a Bacia do rio Juqueri (Tabela 7.6).

Tabela 7.6- Classes de declividade na bacia do Juqueri.

Declividade	Aspectos positivos	Aspectos negativos
0 -3^o Área 5374,83 ha	Estas áreas têm influência direta com o recurso hídrico, por isso se configuram como áreas de APP, onde por lei se exige ter uma porção de floresta que consiga proteger os recursos hídricos das atividades antrópicas da bacia.	Zona suscetível a enchentes e problemas fitossanitários em áreas agrícolas. Áreas onde existe a maior quantidade de edificações e urbanização.
3- 12^o Área 13493,18 ha	Estas zonas são de fácil acesso e, portanto, de fácil estudo para qualquer tipo de análise, seja de água, solos ou ar. O contrário sucede em áreas de maiores declividades.	Estas zonas sofrem diretamente as intervenções de implantação e operação das atividades antrópicas da bacia, considerando alterações físicas, químicas e biológicas nos recursos hídricos e socioeconômicos. Esta área também possui, geralmente, grande quantidade de edificações e urbanização.
12 -24^o Área 14777,33 ha	Começa a diminuição da densidade populacional.	Problemas de perda de solos por erosão começam as falências devido à infraestrutura inadequada para tratamento de esgoto.
24 -35^o Área 5374,8 ha	Conservação de mata ciliar e áreas de recarga de águas subterrâneas.	Problemas de perda de solos por erosão, infraestrutura inadequada ou inexistente para tratamento de esgoto e crescimento urbano não planejado.
>35^o Área 0,5 ha	Zonas de difícil acesso, menor densidade populacional e maior conservação de mata ciliar, além de maiores áreas de recarga de águas subterrâneas.	Geralmente, são zonas que estão cobertas de camadas de vegetação, mas são suscetíveis a remoções em massa.

Fonte: Modificado de Estudo de Viabilidade Ambiental – EVA (2011).

A maior parte da área da bacia está composta por declividades de 3 - 12%, seguida por declividades de 12 - 24%. Não obstante, as áreas que apresentam maior erosão são as de declividades entre 3 e 12%, sendo 13493,18 ha que ficam do lado dos recursos hídricos e em paisagens suavemente onduladas, pois estas aportam maiores quantidade de sedimentos.

Estes valores obtidos indicam as diferenças entre a declividade na área total da Bacia do rio Juqueri, visto que, a área total da bacia tem 33714 ha, o que resultou numa média no declive de 12 %.

De acordo com a classificação da metodologia proposta para aplicar o Índice de Resiliência na Bacia do rio Juqueri, esta bacia classificou-se com uma *Mínima resiliência* nas suas águas superficiais, com um valor de 23,261.

Isto significa que existe, atualmente, um alto risco pela degradação do recurso hídrico, devido às suas características específicas e condições atuais, em que se ressalta que a qualidade geral da água foi enquadrada como Regular, segundo a classificação do IQA, tem boa parte da sua área urbanizada com 17,51% do total da bacia, devido ao desenvolvimento da região.

O IQA já demonstra graves problemas antrópicos na água, ainda assim o que auxilia os recursos hídricos é a rápida autodepuração destes antes de serem encaminhados para a estação de Guaraú.

Porém, a pressão devido à poluição por esgoto não tratado exerce um forte impacto sobre a qualidade da água (Tabela 7.7)

Tabela 7.7 - Dados obtidos para a aplicação do IR.

Indicador	Valor X_i	Coefficiente de Ponderação W_i	Valor Total $(X_i \times W_i)$
IQA	49,9	0,35	17,465
ITA	4,8	0,3	1,44
u	17,51	0,2	3,502
V/h	2,54	0,1	0,254
m	12	0,05	0,6
Total		1	23,261

Fonte: Aatoria Própria.

Com o mapa de declividade foi possível identificar que as áreas mais suscetíveis à erosão e certa vulnerabilidade a enchentes e problemas sanitários são as mais próximas aos recursos hídricos.

Agora este índice proveu informação que demonstrou que a capacidade de autodepuração dos recursos hídricos da Bacia do rio Juqueri, está sendo diminuída devido aos aumentos de metais no sedimento, diminuição da qualidade da água e aumento da pressão antrópica pelo esgoto de áreas urbanas, que vem aumentando paulatinamente nos últimos anos.

7.4 CONCLUSÕES

A Bacia do rio Juqueri é caracterizada por declividades de 3 - 12% representando 13493,18 ha da área total da bacia, seguida depois da declividade de 12 - 24% com uma área de 14777,33 ha.

Não obstante, concluiu-se que as áreas que apresentaram maior problemática de erosão, são as declividades entre o 3 e 12%, que são as áreas de paisagens suavemente onduladas que contêm os recursos hídricos, muito propensas e suscetíveis à erosão, sendo as de maiores aportes de sedimentos pela nula proteção por camada florestal ou vegetal.

Segundo a metodologia proposta ao aplicar o Índice de Resiliência na Bacia do rio Juqueri, está deu como resultado 23,2 que a classificou como uma bacia com uma *Mínima Resiliência* nos seus recursos hídricos superficiais.

Isto corrobora um alto risco da degradação do recurso hídrico, devido às características específicas e condições atuais, onde se ressalta que a qualidade geral da água foi enquadrada como *Regular*, demonstrando graves problemas antrópicos.

Através do índice de resiliência, foi possível determinar problemas urgentes que precisam de gestão ambiental na Bacia, dos quais se ressalta a identificação de áreas suscetíveis a enchentes e seu planejamento para anular os seus efeitos, crescimento populacional e perda a futuro da autodepuração dos recursos hídricos da Bacia e do reservatório Paiva Castro.

7.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARRERA, G., CASTANEDO, J., COTO, P., DOMÉNECH, J. L., INGLADA, V.; PESQUERA, M. A. (2009). The Ecological Footprint of Ports. A sustainability Indicator. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board. Washington, DC. Nº 1963, pp. 71-75.

CARVALHO, A. (2008). Applying physical input-output tables of energy to estimate the energy ecological footprint (EEF) of Galicia (NW Spain). En Energy Policy. Nº 36. pp. 1148-1163.

GARCÍA, A; ROSIQUE M; SEGADO, F. “*Topografía básica para ingenieros*” Universidad de Murcia, 2º edición 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS - IBAMA. Belo Monte – Estudos de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto

Ambiental – Componente Indígena, 2011. Disponível em: http://siscom.ibama.gov.br/licenciamento_ambiental/Belo%20Monte/Volume%2035%20%20Estudos%20Etnoecol%C3%B3gicos/TOMO%201/Anexos/Anexo%201.1.1-2/6610-01-GL-830-RT-00088-R0B.pdf> Acesso: 09/022/017.

LA ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO) – (Ministerio de Agricultura y Ganadería) FAO-MAG. 2006. Manual de manejo Y Conservación de Suelos y Aguas. Cubero D. edición. 1996.MAG-FAO-UNED. Editorial UNED. San José, Costa Rica. 278p

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE – OMS. Estatísticas Mundiais Sanitárias 2014. ISBN 978 92 4 069269 5 (PDF). http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/131953/1/9789240692695_spa.pdf?ua. Acesso: 09/022/017.

PEDREGAL, B.; TORRES, F. S.; ZOIDO, F. Propuesta metodológica para la medición del desarrollo y las desigualdades territoriales. Aplicación al territorio andaluz. Scripta Nova. *Revista electrónica de geografía y ciencias sociales*. Barcelona: Universidad de Barcelona, 1 de septiembre de 2007, vol. X, núm. 220.

RICHTER, B. D. (2004). How much water does a river need. *Freshwater Biology*. 37:231-249.

SECRETARIA MUNICIPAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E DO TRABALHO. SÃO PAULO. ESTUDO DE VIABILIDADE AMBIENTAL – EVA. 2011. Vol. I. Caracterização de empreendimento. N° Referência 20565.10-3000-E-1504 Página 1 (80)

CAPÍTULO 8

8.1 CONCLUSÕES GERAIS

Reconhece-se que a Bacia do rio Juqueri está sendo submetida a uma forte pressão ambiental, pois passou por um processo degradante de ocupação antrópica nos últimos 30 anos, causando problemas ambientais, onde vem acontecendo diminuições das áreas de floresta e as APPs que por lei devem existir nas margens dos rios, córregos e no reservatório Paiva Castro.

É preocupante que as mudanças nos usos do solo, tiveram os maiores impactos no período entre os anos de 2011 até 2016, período no qual obtiveram-se os maiores valores de perdas nas classes muito importantes na bacia, com a classe de floresta, pastagem e corpos d'água.

No que se refere ao crescimento urbano desordenado, é importante assinalar que a implantação de loteamentos registrados e autorizados ocorreu a partir da década de 70 e até hoje, sem uma devida infraestrutura, como água e esgoto, e desconsiderando questões ambientais, como a conservação de áreas de preservação permanente e a ocupação de vertentes, além dos consequentes problemas gerados com moradias, pavimentação, educação, emprego, saúde e transporte, que estão gerando problemas para sua população.

Estes processos de crescimento urbano desordenado trazem consigo, consequências como a ausência de saneamento básico, problemas de altas concentrações de coliformes na água, presença na água de N e P, disponibilizados por compostos a base de nitrogênio ou em formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato e várias fontes de fósforo, e da própria matéria fecal.

Além de aportes de metais, em especial o Cu contido nos sedimentos do reservatório, pela aplicação de sulfato de cobre para o controle de algas, portanto, se prevê problemas futuros referentes a estes teores, pois vêm aumentando de forma potencial nos últimos 30 anos.

Através das correlações canônicas e do ITA foi possível identificar a classe de pastagem como uma boa associação entre o IQA e as áreas de pastagem, visto que estas áreas mantêm a quantidade e qualidade dos recursos hídricos da Bacia, pois provê o espaço para anular o transporte de sedimentos, ajuda na purificação da água, recarga os aquíferos da Bacia, dissipa a força das enchentes da água precipitada.

A contínua degradação da camada florestal na Bacia do rio Juqueri, vem acrescentando problemáticas de erosão, a qual vem acompanhada de metais, nitratos e sulfatos contidos neste.

Isto foi corroborado ao identificar maiores valores de turbidez no mês de dezembro, pois identificou-se que as precipitações e os processos de erosão hídrica.

Modificando os valores na turbidez dos recursos hídricos da bacia, além de identificar que a maior problemática de erosão existe entre as declividades de valor de 3 e 12%, que são as áreas de paisagens suavemente onduladas que limitam os recursos hídricos e que são muito propensas e suscetíveis à erosão e as maiores aportes de sedimentos.

Também é preocupante que os valores de OD estejam por abaixo dos valores de oxigênio requeridos pela Resolução CONAMA 357/2005, demonstrando uma forte poluição da água na Bacia e no reservatório, além de um forte aumento da DBO pela presença de matéria orgânica, e verifica a diminuição do OD nos recursos hídricos da Bacia, além da presença de esgoto não tratado nestes.

Ao aplicar o índice de Resiliência na Bacia, os seus recursos hídricos foram classificados com uma *Mínima Resiliência*, mostrando que tem uma forte pressão antrópica, devido a ao desenvolvimento da região, já que o IQA já demonstrou graves problemas antrópicos na água pela poluição não controlada.

8.2 DISCUSSÃO GERAL

A hipótese sugerida no início desta pesquisa, assinalava que a Bacia do rio Juqueri suportava uma forte pressão ambiental pelas atividades antrópicas, devido ao crescimento populacional, aumentando a área urbana e obviamente, e diminuindo as porções de floresta na Bacia.

Aumentando também as áreas com solos desprotegidos, ajudando à erosão e provendo maiores quantidades de sedimentos.

Além disso, a existência de esgoto não tratado que diminuía a qualidade da água do rio Juqueri e do reservatório Paiva Castro.

Com base nessa hipótese, pretendeu-se corroborar se de fato, o mencionado anteriormente vem acontecendo na bacia, ou se existem outros tipos de fatores que ajudam ou incrementam estes impactos.

Pelo qual também se quis identificar a principal classe de uso de solo que exerça maior pressão ambiental na bacia para ser trabalhada no futuro.

Sendo assim, foi encontrada uma boa parte da área da bacia com problemas de solos expostos, especificamente 11,26 % da área total para o ano de 2016, sendo estas áreas muito suscetíveis a qualquer tipo de erosão.

Reconhece-se que o município de Mairiporã está sendo submetido a uma forte pressão ambiental, pois representa um grande atrativo para o setor imobiliário e o aumento em porcentagem na classe de uso urbano, referente aos anos de 2011 até 2016 passou de 13,04 para 17,51% da área total da bacia.

O reservatório Paiva Castro, junto com os recursos hídricos da Bacia, vem sofrendo uma contínua degradação, pois sua área diminuiu paulatinamente de acordo com os dados obtidos por esta pesquisa. O reservatório ao se comparar os anos de 1986 a 2016, conta com menos de 0,42 % de área.

Cabe ressaltar que o reservatório é uma das maiores riquezas da bacia no qual se vem gerando fortes impactos devido a empreendimentos imobiliários residenciais e de lazer.

A sua beleza faz também com que muitos turistas visitem a zona e terminem adquirindo prédios, incrementando a área urbana, que em comparação ao ano de 1986 aumentou em 13,49% e isto, vem acontecendo sem um devido planejamento.

Infelizmente, este fenômeno de crescimento urbano não está sendo acompanhado de redes de esgotos, onde as águas residuais são despejadas no reservatório sem um devido tratamento.

Encontrou-se também uma boa parte da área (3796 ha) da bacia com problemas de solos expostos.

Estes são muito suscetíveis a qualquer tipo de erosão, além do mais, encontraram-se mudanças nas áreas de pastagem que foram diminuídas em 3.112 há, comparando os anos de 1986 aos anos de 2016, onde se percebe que está diminuição foi substituída por áreas urbanas e uma pequena porção pelas áreas agrícolas.

Sendo assim, afirma-se que o uso do solo, influencia fortemente a qualidade ambiental da Bacia, sobretudo nos recursos hídricos, pelo qual ao identificar as mudanças que têm acontecido nos últimos 30 anos no uso do solo, foi possível definir que a área urbana e as áreas de solo exposto exercessem maior pressão ambiental na bacia.

Geralmente, na literatura encontramos que as classes de maior impacto são a área urbana e a expansão da área agrícola, são as que ajudam no desflorestamento, mas no caso da Bacia do rio Juqueri só a classe de área urbana e solos expostos foram corroboradas como grandes impactantes dos recursos hídricos.

Obviamente, o crescimento econômico veio acompanhado de um uso do solo indevido e um uso irregular e indiscriminado da água, além da impermeabilização de solos, diminuição da matéria orgânica no solo e aumento desta na água, etc.

Diante do exposto, é importante reconhecer o papel das bacias hidrográficas para sua gestão, mediante formulação de políticas públicas que procurem um planejamento ético e territorial, procurando uma conservação dos recursos naturais da bacia.

Agora se reconhece que o uso da área da Bacia do rio Juqueri na montante da barragem é regido pela Lei de Proteção dos Mananciais – Lei Estadual 9,866/97, porém, mesmo assim as áreas de floresta estão sendo comprimidas como foi mostrado nos mapas desta pesquisa.

Nesta área encontra-se inserido também o reservatório Paiva Castro, sendo o último reservatório do Sistema Cantareira que recebe por gravidade a água proveniente dos demais reservatórios, além da sua poluição, denotando uma pressão antrópica nas águas antes de chegar ao reservatório.

Para entender essas influências antrópicas precisa-se quantificar os efeitos do desequilíbrio nos ecossistemas e as interações dos respectivos componentes da Bacia do rio Juqueri, nos quais os índices utilizados, tanto o IQA quanto o ITA, realizaram um bom desempenho no momento de quantificar os impactos das atividades antrópicas.

8.3 RECOMENDAÇÕES

A crescente área urbana é uma das consequências do desenvolvimento econômico da região, que por sua vez, vem acompanhada pelas atividades antrópicas mais impactantes nos ecossistemas.

Isto faz com que na Bacia do rio Juqueri aconteça uma diminuição da mata ciliar e dos recursos hídricos, além da qualidade da água.

No momento que se consegue identificar as problemáticas ambientais de determinada área de estudo, faz-se necessário procurar também uma diminuição ou, se possível, uma mitigação destes impactos.

Após análises das informações coletada nesta Bacia, recomenda-se:

- A conservação dos recursos naturais que possibilite o desenvolvimento da população, evitando a redução da fertilidade pela erosão dos solos, que agora estão disponíveis para a agricultura.
- Suspender a construção de vivendas e condomínios dentro do perímetro do reservatório, realizando um planejamento do crescimento urbano com projeções em diferentes anos (10, 20, 30, 40, 50 anos, etc.) a partir desta data, que procure um aproveitamento máximo das áreas para vivendas, centros urbanos, condomínios e estradas tudo em procura de cuidar a qualidade e quantidade dos recursos hídricos, ajudando para sua conservação e melhor utilização.
- O envolvimento de todas as entidades públicas para os planejamentos da bacia, sempre procurando uma política sustentável dos recursos naturais junto com o desenvolvimento local da população ensinando a cuidar suas áreas de floresta e buscando diminuir as áreas com solos expostos. Além disso, é necessário melhorar o aproveitamento das áreas com pastagens levando-as para uma produção agrícola e/ou florestal.
- Em anos passados se teve períodos de escassez substancial dos recursos hídricos no reservatório para sua disponibilização à RMSP, além de problemas de contaminação. Sendo assim, recomenda-se a conservação das áreas de floresta que ajudam nas recargas dos aquíferos e das águas subterrâneas que dão a perenidade aos córregos, rios e o reservatório em todo o período do ano.
- Recomenda-se a instalação de redes coletoras de esgoto, principalmente no perímetro do reservatório e da bacia, tentando manter sempre o monitoramento da qualidade da água e que sejam contínuas as pesquisas sobre os aumentos nos teores de Cu na água e nos sedimentos.
- Estudar as existentes inter-relações entre a população e a Bacia do rio Juqueri, pois estas são as diretamente responsáveis pela deterioração ambiental que aconteça na Bacia, é aqui onde precisa-se da adaptação das atividades antrópicas com o meio ambiente de uma forma harmônica. Por isso, se recomenda estudar as diferentes interações e inter-relações dos

sistemas naturais como são os sistemas físicos e biológicos da bacia com os sistemas sociais e econômicos e identificar as correlações que causam as atividades antrópicas.

- Recomenda-se a procurando de metodologias que procurem identificar e manter a qualidade ambiental dos recursos naturais mais utilizados, isto definindo objetivos de qualidade a ser alcançados em determinados períodos de tempo com a implementação das autoridades públicas da Bacia.
- Recomenda-se seguir o aperfeiçoamento da metodologia proposta, que ajude a determinar os problemas urgentes que precisam de gestão ambiental na bacia, sendo uma ferramenta de informação que ajudaria no entendimento dos problemas ambientais que se produzem nas bacias hidrográficas.
- Recomenda-se a aplicação de sistemas agroflorestais (SAFs) nas áreas de solo exposto para sua recuperação. Estas técnicas de SAFs envolvem uma série de combinações simultâneas e/ou sequenciais, árvores e culturas alimentares, árvores e animais (árvores em pastagens ou forragem), ou todos os três elementos num só espaço.

Os SAFs incluem também a combinação das práticas agrícolas realizadas no mesmo local e ao mesmo tempo (práticas simultâneas), ou os elaborados no mesmo local, mas em momentos diferentes (práticas sequenciais). O local pode ser tão pequeno como um simples jardim ou chácara, ou tão grande quanto uma área de pastagem.

Sendo que os SAFs melhoram a fertilidade do solo devido ao componente arbóreo e as espécies agrícolas de subsistência, que contribuem para satisfazer as necessidades da população, é importante considerar estas técnicas como uma boa alternativa para o uso dos solos, além de recuperar áreas degradadas, pastagem degradadas e solos erodidos.

- Por último, é essencial aprofundar e pesquisar sobre a gestão das áreas suscetíveis a enchentes devido à invasão das áreas de amortecimento dos rios pela área urbana e agrícola nos últimos anos, acompanhada do crescimento populacional na Bacia.

Anexos

Anexo 1 - Tabela de pesos a atribuir, dependendo do seu tipo de uso de solo.

		Uso do Solo	Peso
ÁREAS ANTRÓPICAS NÃO AGRÍCOLAS	Áreas Urbanizadas	Unidade de Conservação de Proteção Integral (Estação Ecológica Reserva Biológica, Parque Nacional, Monumento Natural, Refúgio Vida Silvestre)	1 - 3
		Unidade de Conservação de Uso Sustentável (Área de Proteção Ambiental, Área de Relevante Interesse Ecológico, Floresta Nacional, Reserva Extrativista, Reserva de Fauna, Reserva de Desenvolvimento Sustentável, Reserva Particular do Patrimônio Natural)	
		Terra Indígena	
		Cidades, vilas	7 - 10
	Complexo Industrial		
	Áreas de Extração Mineral	Unidade de Conservação de Proteção Integral (Estação Ecológica, Reserva Biológica, Parque Nacional, Monumento Natural, Refúgio Vida Silvestre)	1 - 3
		Unidade de Conservação de Uso Sustentável (Área de Proteção Ambiental, Área de Relevante Interesse Ecológico, Floresta Nacional, Reserva Extrativista, Reserva de Fauna, Reserva de Desenvolvimento Sustentável, Reserva Particular do Patrimônio Natural)	
		Terra Indígena	5 - 10
		Área de Mineração	
	Cultura Temporária	Unidade de Conservação de Proteção Integral (Estação Ecológica Reserva Biológica, Parque Nacional, Monumento Natural, Refúgio Vida Silvestre)	1 - 3
Unidade de Conservação de Uso Sustentável (Área de Proteção Ambiental, Área de Relevante Interesse Ecológico, Floresta Nacional, Reserva Extrativista, Reserva de Fauna, Reserva de Desenvolvimento Sustentável, Reserva Particular do Patrimônio Natural)			
Terra Indígena			
Culturas (arroz, feijão, mandioca e milho), Pecuária para corte + Vegetação secundária + Exploração de madeira		5 - 9	
Arroz			
Culturas (mandioca, arroz, feijão, e milho), Pecuária para corte e vegetação secundária.			

ÁREAS ANTRÓPICAS AGRÍCOLAS		Culturas alimentares de subsistência (arroz, feijão, mandioca e milho)	6 - 10
		Culturas alimentares de subsistência (arroz, feijão, mandioca e milho), vegetação secundária	
		Culturas alimentares comerciais (arroz e feijão)	
		Culturas (milho, hortaliças, mandioca, feijão,) , a criação de animais de pequeno porte e gado e caça e pesca.	
		Unidade de Conservação de Proteção Integral (Estação Ecológica Reserva Biológica, Parque Nacional, Monumento Natural, Refúgio Vida Silvestre)	1 - 3
		Unidade de Conservação, área de proteção Ambiental de Interesse Ecológico, Floresta, fauna, desenvolvimento Sustentável.	
		Terra Indígena	
		Plantações abandonadas (dendê, caju)	5 - 10
		Dendê	
		Coco-da-bahia	
		Banana	
	Cultura Permanente	Culturas comerciais (coco, cupuaçu, pupunha, açai, pimenta, mamão, banana), culturas (mandioca feijão e milho), silvicultura, vegetação secundária, produção pecuária bovina.	
		Seringueira	
		(Essências florestais em conjunto com culturas permanentes como: cacau, maracujá, acerola, cupuaçu) em sistema agroflorestais.	
		Unidade de Conservação como Estações Ecológicas , Refúgio para biodiversidade Silvestre em Parque Nacionais) e pastos	
		Unidade de Conservação como Estações Ecológicas , Refúgio para biodiversidade Silvestre em Parque Nacionais) e pastos	
		Produção pecuária bovina para leite e corte em Terras Indígenas e culturas para subsistência.	4 - 10
		Produção pecuária bovina e pastos melhorados.	
		Produção pecuária bovina para leite e corte em Terras Indígenas e culturas para subsistência, vegetação secundária.	
	Produção pecuária bovina para corte, e culturas de subsistência, vegetação secundária.		
	Produção pecuária bovina para corte e leite.		
	Produção pecuária bovina para corte e vegetação secundária.		

ÁREAS ANTRÓPICAS AGRÍCOLAS	Pastagem	Produção pecuária bovina para corte e culturas para subsistência	
		Produção pecuária bovina para corte e leite com vegetação secundária.	
		Produção pecuária bovina para corte com vegetação secundária e culturas de subsistência.	
		Produção pecuária bovina para corte e culturas de subsistência com culturas permanentes e vegetação secundária.	
		Produção pecuária bovina para corte e leite com culturas para subsistência.	
ÁREAS DE VEGETAÇÃO NATURAL	Silviculturas	Unidade de Conservação como Estações Ecológicas , Refúgio para biodiversidade Silvestre em Parque Nacionais) e pastos	1 - 3
		Unidade de Conservação como Estações Ecológicas, Refúgio para biodiversidade Silvestre em Parque Nacionais)	
		Terras Indígenas	
		Reflorestamentos	1 - 4
	Floresta	Unidade de Conservação como Estações Ecológicas, Refúgio para biodiversidade Silvestre em parque Nacionais)	1 - 3
		Unidade de Conservação como Estações Ecológicas, Refúgio para biodiversidade Silvestre em Parque Nacionais) e pastos	
		Terras Indígenas	
		Área sem uso identificado	4 - 10
		Extrativismo e exploração de madeira	
		Produção de seringa e palmáceas, de oleaginosas (em Florestas aluviais)	
		Produção de palmáceas e oleaginosas	
		Produção animal.	
		Vegetação secundária com lavouras alimentares e produção pecuária de extensiva para corte e exploração madeireira.	4 - 10
		Vegetação secundária, cultura de subsistência e produção pecuária extensiva.	
		Exploração de madeira em florestas Submontanas.	
Exploração de lenha e produção de carvão em áreas de vegetação secundária.			
Exploração de lenha e produção de carvão em áreas de vegetação secundária (com e sem palmeira) + Pecuária bovina extensiva para corte			
Exploração de lenha e produção de carvão em áreas de vegetação secundária (com e sem palmeira) + Culturas alimentares de subsistência			

ÁREAS DE VEGETAÇÃO NATURAL	Floresta	Exploração de lenha e produção de carvão em áreas de vegetação secundária (com e sem palmeira) + Pecuária bovina extensiva para corte + Culturas alimentares de subsistência + Culturas permanentes	
		Exploração de lenha e produção de carvão em áreas de vegetação secundária (com e sem palmeira) + Culturas alimentares de subsistência + Culturas permanentes + Pecuária bovina extensiva para corte	
		Culturas agroflorestais associadas com culturas alimentares de subsistência + Pecuária bovina extensiva para corte + Exploração de madeira em ambientes de Floresta Aluvial	7 - 10
		Exploração de lenha (em Florestas...)	
		Exploração de lenha e produção de carvão em áreas de vegetação secundária (com e sem palmeira) + Pecuária bovina extensiva para corte	
		Vegetação secundária (com e sem palmeira) + Culturas alimentares de subsistência	
		Culturas agroflorestais com culturas alimentares de subsistência.	
		Unidade de Conservação de Uso Sustentável.	
		Área Militar	7 - 10
		Produção madeira (lenha)	6 - 10
		Exploração de madeira (lenha) com produção pecuária extensiva para corte.	4 - 10
		Exploração de madeira (lenha) com produção pecuária extensiva para corte e culturas para subsistência com (feijão, milho, banana e mandioca).	
		Vegetação secundária + Culturas alimentares para subsistência (feijão, milho, mandioca e banana)	
		Unidade de Conservação de Uso Sustentável + Projeto de Assentamento Agroextrativista	
		Exploração de madeira (lenha) com produção pecuária extensiva para corte e culturas para subsistência com (feijão, milho, banana e mandioca), Caça de animais silvestres.	
		Exploração de madeira (lenha) com produção pecuária extensiva para corte.	
		Exploração vegetal (seringa e castanha do Brasil) Exploração de madeiras e Agropecuária de subsistência.	
		Exploração de madeira (lenha) com produção pecuária extensiva para corte.	
		Exploração de madeira (lenha) com produção pecuária extensiva.	

		Exploração vegetal (seringa)	1 - 3
		Exploração vegetal (seringa) com Exploração de madeiras e Agropecuária de subsistência.	
		Exploração vegetal (seringa) com culturas para subsistência e exploração florestal.	
		Unidade de Conservação de Proteção de Terra Indígena	
	Campestre	Unidade de Conservação de Uso Sustentável e Projetos de Assentamento e Parques Nacionais.	1 - 3
		Reserva Particular do Patrimônio Natural.	
		Terra Indígena	
		Área sem uso identificado (savana, campinarana)	4 - 10
		Pecuária bovina extensiva em áreas de savanas	
		Pecuária bubalina (com ou sem pecuária bovina) extensiva em áreas de vegetação pioneira.	
Pecuária bubalina e bovino extensiva para corte e leite em área de vegetação pioneira com equinocultura			
ÁGUA	Unidade de Conservação de Uso Sustentável e Projetos de Assentamento e Parques Nacionais.	1 - 3	
	Unidade de Conservação de Uso Sustentável e Projetos de Assentamento e Parques Nacionais. Vegetação secundária.		
	Terra Indígena		
	Área sem uso identificado	3 - 10	
	Uso diversificado (os usos são identificados por simbologias, segundo as tipologias discriminadas dos itens seguintes)	3 - 10	
	Captação para abastecimento doméstico		
	Captação para abastecimento industrial		
	Captação para abastecimento agrícola		
	Receptor de efluente doméstico		
	Receptor de efluente industrial		
	Receptor de efluente agrícola		
	Geração de energia	2 - 10	
	Transporte de passageiro		
	Transporte de carga	2 - 10	
	Lazer e esporte de contato primário	2 - 10	
	Lazer e esporte de contato secundário		
	Pesca extrativa artesanal (médias e pequenas escalas)	2 - 10	
Aquicultura (piscicultura ou carcinicultura)			

Fonte: (PÉREZ-ORTEGA, 2011).