
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

FERNANDO SHIGUERO KATAYAMA

**AVALIAÇÃO LIMNOLÓGICA DE DOIS RIOS
LOCALIZADOS NA SERRA DA MANTIQUEIRA**



Rio Claro
2019

FERNANDO SHIGUERO KATAYAMA

AVALIAÇÃO LIMNOLÓGICA DE DOIS RIOS LOCALIZADOS NA
SERRA DA MANTIQUEIRA

Orientador: Prof. Dr. Antonio Fernando Monteiro Camargo

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Instituto de Biociências da Universidade Estadual
Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Câmpus de
Rio Claro, para obtenção do grau de bacharel em
Ciências Biológicas.

Rio Claro
2019

K19a	Katayama, Fernando Shiguero Avaliação limnológica de dois rios localizados na serra da Mantiqueira / Fernando Shiguero Katayama. -- Rio Claro, 2019 26 p. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, Rio Claro Orientador: Antonio Fernando Monteiro Camargo 1. Limnologia. 2. Água Poluição. 3. Esgotos. I. Título.
------	---

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp.
Biblioteca do Instituto de Biociências, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço ao pessoal do Laboratório de Ecologia Aquática por terem me acolhido e recebido muito bem, ao professor Antonio por ter me orientado com toda a paciência, à Laís por ter me ajudado com a confecção do trabalho, e especialmente ao Carlinhos por ter me acompanhado em campo e fazer as análises.

Agradeço aos meus pais por me sustentarem e serem meu porto seguro, sempre me apoiando e incentivando nessa grande, importante e difícil etapa da minha vida que foi a faculdade.

Agradeço aos meus amigos Olicis (André, Sheeva, Bebê, Ju, Coli, Tibor, Thiago) que desde o começo estavam comigo, mas especialmente à Bruna, que me acompanhou e sempre me apoiou nessa reta final. Também ao pessoal da república Makuta, por me acomodarem e me fazer dar muita risada nesses últimos tempos.

Agradeço também à Daniela Coelho, minha psicóloga, que me amparou, guiou e me fez entender que apesar das dificuldades e dos obstáculos, conseguimos sempre seguir em frente e trilhar nosso caminho.

A todos que conheci na faculdade e me fizeram crescer, meu muito obrigado!

“Com o primeiro elo, a corrente é forjada; O primeiro discurso censurado, o primeiro pensamento proibido, a primeira liberdade negada, acorrenta-nos todos irrevogavelmente.”

Jean-Luc Picard

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo avaliar e quantificar a poluição orgânica em rios localizados nos municípios de Campos do Jordão – SP e Santo Antônio do Pinhal –SP, localizados na Serra da Mantiqueira. Essa avaliação foi feita utilizando algumas variáveis físicas e químicas estabelecidas como indicadoras de qualidade de água. A amostragem foi feita no mês de março, em treze pontos localizados em cinco rios e córregos. Os valores obtidos de oxigênio dissolvido, turbidez, temperatura, condutividade, salinidade, pH, alcalinidade e diferentes formas de nitrogênio e fósforo, demonstram que mesmo com a coleta e o tratamento de esgotos os pontos localizados dentro da área urbana e a jusante das estações de tratamento estão poluídos. A maioria dos pontos de amostragem tem níveis muito elevados de fósforo e nitrogênio. Nós concluímos que parte dos esgotos produzidos na área urbana de Campos do Jordão e Santo Antônio do Pinhal são lançados nos corpos de água "*in natura*".

ABSTRACT

This work aims to evaluate and quantify the organic pollution in rivers located in the municipalities of Campos do Jordão - SP and Santo Antonio do Pinhal - SP, located in Serra da Mantiqueira. This evaluation was made using some physical and chemical variables established as indicators of water quality. The sampling was done in March, in thirteen points located in five rivers and streams. The values obtained from dissolved oxygen, turbidity, temperature, conductivity, salinity, pH, alkalinity and different forms of nitrogen and phosphorus demonstrate that, even with the collection and treatment of sewage, the points located within the urban area and downstream of the treatment stations are polluted. Most sampling points have very high levels of phosphorus and nitrogen. We conclude that part of the sewage produced in the urban area of Campos do Jordão is discharged untreated into the local water bodies.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	7
2. OBJETIVO.....	9
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	9
3.1 Área de Estudo.....	9
3.2 Medidas em Campo e Coleta de Amostras.....	14
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	16
4.1 Análise dos Pontos de Coleta.....	18
5. CONCLUSÃO.....	20
6. REFERÊNCIAS.....	21
7. ANEXO(S).....	24

1. INTRODUÇÃO

O planeta Terra possui dois terços de sua superfície cobertos por água. Porém, 97,5% dessa água é salgada ou salobra e inadequada para o consumo direto e uso na irrigação de plantações. Para os 2,5% restantes de água doce, estima-se que 69% esteja armazenada em geleiras, sendo assim de difícil acesso, 30% em armazenamentos subterrâneos como aquíferos e lençóis freáticos, e somente 1% em rios (ANA, 2013). O Brasil possui uma reserva de água doce abundante, aproximadamente 13% da reserva global. No entanto, a distribuição não é equilibrada, pois 80% encontra-se na região Amazônica onde o difícil acesso e pequena população faz com que a maioria desse recurso não seja direcionado para uso humano (BRANCO, 2014). No mundo, estima-se que 768 milhões de pessoas não tem acesso a água potável e 2.5 bilhões não possuem saneamento básico e o número de doenças transmitidas por água está intrinsecamente ligado à essas condições (UNESCO, 2014). Com o crescimento populacional, a demanda de recursos limitados como a água só cresce, e segundo o relatório da UNESCO sobre Desenvolvimento Mundial de Água, em 2050 a demanda será 55% maior do que a atual e 40% da população global viverá em regiões de severa falta d'água. Portanto, a preservação dos recursos hídricos é imprescindível, e as políticas de desenvolvimento devem sempre buscar a conservação das bacias hidrográficas, além de conferir um plano de ação sólido, seguro e sustentável às sociedades relacionadas as tais bacias.

Segundo Camargo e Schiavetti (2002), o conceito de bacia hidrográfica é o conjunto de terras drenadas por um corpo d'água principal e seus afluentes, sendo a unidade mais apropriada para o estudo de água e fluxo de sedimentos e nutrientes. O Brasil possui 12 grandes bacias hidrográficas estabelecidas pelo IBGE e o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). O estado de São Paulo está em três das regiões hidrográficas: Paraná, Atlântico Sudeste e Atlântico Sul. No estado, o processo administrativo de recursos hídricos é feito através de divisões regionais denominadas Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI). Atualmente existem 22 UGRHIs, e a bacia hidrográfica estudada neste trabalho, a da Serra da Mantiqueira, é denominada UGRHI-01 (CBH-SM 2017).

A Serra da Mantiqueira é uma cadeia montanhosa que se estende por três estados do sudeste brasileiro (SP, MG e RJ) de grande biodiversidade e alto nível de endemismo. Em uma lista de 100 patrimônios naturais insubstituíveis do planeta

criada em 2013, a Serra da Mantiqueira ocupa o 44º lugar no ranking de espécies gerais, 33º no ranking de anfíbios e 40º no ranking de mamíferos ameaçados de extinção (SAOUT et al., 2013). Fazendo jus a seu nome indígena “montanha que chora”, a serra da Mantiqueira é o ponto de origem de muitos rios importantes para a região sudeste, sendo ponto o mais alto da Bacia do Rio Grande; que compõe as bacias do Rio Paraná e do Rio da Prata em nível internacional (CETESB, 2017). A UGRHI-01 é a menos populosa do estado e abrange os municípios de Campos do Jordão, Santo Antônio do Pinhal e São Bento do Sapucaí, com uma área total de 677 km² e população de 67.024 habitantes (SEADE, 2019).

Os rios estudados neste trabalho são os principais corpos d’água que cortam a área urbana dos municípios: o Rio Sapucaí-Guaçú e afluentes formadores em Campos do Jordão e o Rio da Prata em Santo Antônio do Pinhal.

Campos do Jordão é um município localizado na região leste do estado de São Paulo, sua população é de 49.892 habitantes (SEADE, 2019) e sua sede está localizada a 1.639 metros acima do nível do mar, sendo a cidade mais alta do país (IBGE, 2011). Seu clima segundo a classificação Köppen-Geiger é temperado marítimo (Cfb), ou seja, invernos secos, chuvas abundantes e bem distribuídas ao longo do ano e temperatura média anual abaixo dos 22°C (BECK et al., 2018). Santo Antônio do Pinhal é um município fronteiriço e possui características físicas e climáticas semelhantes às de Campos do Jordão, com uma população inferior de 6.612 habitantes (SEADE, 2019). Ambas cidades possuem um título especial garantido pelo governo do estado chamado Estância Climática, e suas economias são primariamente voltadas ao setor terciário, com destaque aos setores hoteleiro e gastronômico. Santo Antônio do Pinhal também possui produções artesanais e agrícolas menos significativas, tais como frutas, hortaliças e plantas ornamentais como orquídeas e cerejeiras japonesas (ALMEIDA, 2006).

Apesar de Campos do Jordão estar dentro de diversos regimes jurídicos sobrepostos como a APA da Mantiqueira em nível federal, APA Estadual de Campos do Jordão, APA Municipal, e seu Parque Estadual cobrir um terço de toda a área do município (HIRATA, 2013), o ecoturismo não é a principal fonte de renda da cidade, mas sim o turismo convencional, o gastronômico e de luxo. A cidade recebeu 3,9 milhões de visitantes em 2016, concentrados nos meses da temporada de inverno (FEDRIZZI et al., 2017). O Parque Estadual de Campos do Jordão teve em 2013 55% dos visitantes do parque com uma renda mensal de 10 a mais salários mínimos e

estavam hospedados em hotéis ou pousadas (HIRATA, 2013). O turismo de Santo Antônio do Pinhal está intrinsicamente ligado ao de Campos do Jordão devido à proximidade dos dois municípios, e ao contrário de Campos do Jordão, não capitaliza no luxo, mas enaltece a atmosfera interiorana de pequena cidade. Há um grande número de pousadas e alojamentos, sendo popularmente dito que os turistas “dormem na cidade, mas passam o dia em Campos” (ALMEIDA, 2006).

A poluição pode ser definida como qualquer alteração física, química ou biológica feita pelo homem que aconteça ao ambiente natural (ARCHELA et al., 2003) e as principais fontes de contaminação dos recursos hídricos são os lançamentos de efluentes domésticos, industriais sem tratamento prévio, águas pluviais transportando excesso de matéria orgânica nos períodos chuvosos, e a ocupação urbana sem controle (TUCCI et al., 2005; BRANCO, 2014).

Segundo von Sperling (1998), as impurezas físicas são partículas ou sólidos em suspensão na água, que afeta características como sua turbidez, as químicas são relacionadas a matéria orgânica na água e as biológicas são apontadas pela presença de organismos, como bactérias, animais e vegetais, protozoários e etc.

Santo Antônio do Pinhal dispõe de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) desde 1993, mas Campos do Jordão não possuía uma ETE até 2014, e seus efluentes eram despejados nos rios totalmente *in natura*, o que causava grande impacto ambiental e prejudicava a qualidade de vida da população assim como a atratividade turística da cidade, que depende desse setor para sua economia.

2. OBJETIVO

Avaliação limnológica e de nível de poluição orgânica nos rios Sapucaí-Guaçu e da Prata nos municípios de Campos do Jordão – SP e Santo Antônio do Pinhal – SP utilizando variáveis físico-químicas estabelecidos como indicadores de qualidade de água.

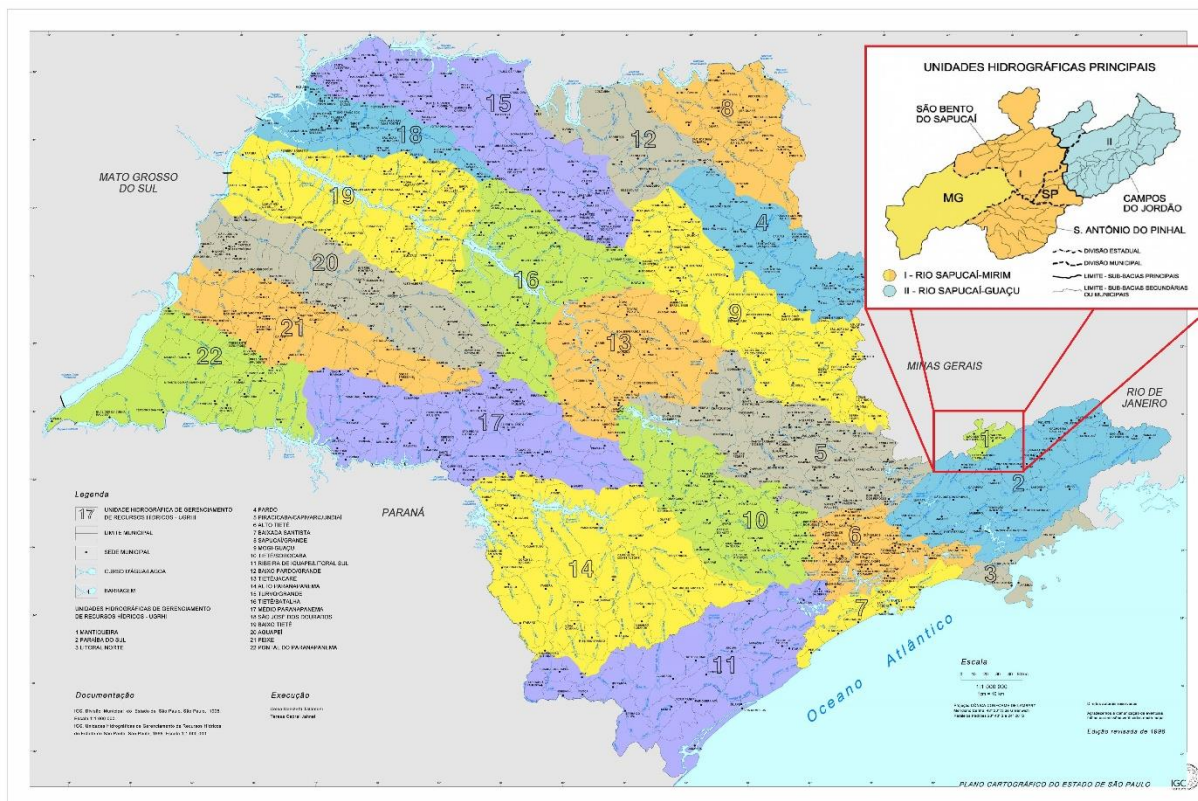
3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de Estudo

Nós escolhemos para este trabalho treze pontos de coleta localizados em cinco principais rios que atravessam a zona urbana dos municípios de Campos do Jordão e Santo Antônio do Pinhal, localizados na Bacia Hidrográfica da Serra da Mantiqueira, UGRHI-01 (Figura 1).

Figura 1. Localização da UGRHI 01 no estado de São Paulo

Fonte: <http://www.igc.sp.gov.br/produtos/ugrhi.html>



Em Campos do Jordão escolhemos dez pontos, em quatro rios: Córrego Piracuama (numeração 1), Córrego da Serraria (numeração 2), Ribeirão Capivari (numeração 3) e Rio Sapucaí-Guaçu (numeração 4). Em Santo Antônio do Pinhal, escolhemos três pontos de coleta ao longo do Rio da Prata (numeração 5) (Figura 2).

Figura 2. Localização dos pontos de coleta em Campos do Jordão.

Ribeirão Piracuama (verde), Ribeirão Serraria (vermelho), Ribeirão Capivari (azul), Ribeirão das Perdizes (marrom) e Rio Sapucaí-Guaçu (roxo).



O córrego Piracuama (verde) é um dos formadores do Ribeirão Capivari e sua nascente está localizada dentro do Parque das Cerejeiras. Este rio flui por aproximadamente 2,7 km até encontrar o córrego da Serraria (vermelho) e formar o Ribeirão Capivari (azul). O córrego da Serraria nasce próximo da fábrica de cerveja Baden Baden e percorre 2 km até encontrar-se com o Piracuama.

O ribeirão Capivari é o principal corpo d'água que atravessa o centro da cidade. O ribeirão é cercado de ruas e avenidas marginais, percorrendo bairros comerciais e residenciais, provavelmente recebe efluentes domésticos *in natura*. Percorre por volta de 5,6 km até chegar no bairro Capivari, o centro turístico da cidade, e encontra-se com o ribeirão das Perdizes (marrom) formando o rio Sapucaí-Guaçu (roxo).

O rio Sapucaí-Guaçu percorre o restante do município, e a aproximadamente 10 km do seu ponto de origem, localiza-se a ETE de Campos do Jordão. Após afastar-se do centro urbano da cidade, as matas ciliares de suas margens são preservadas

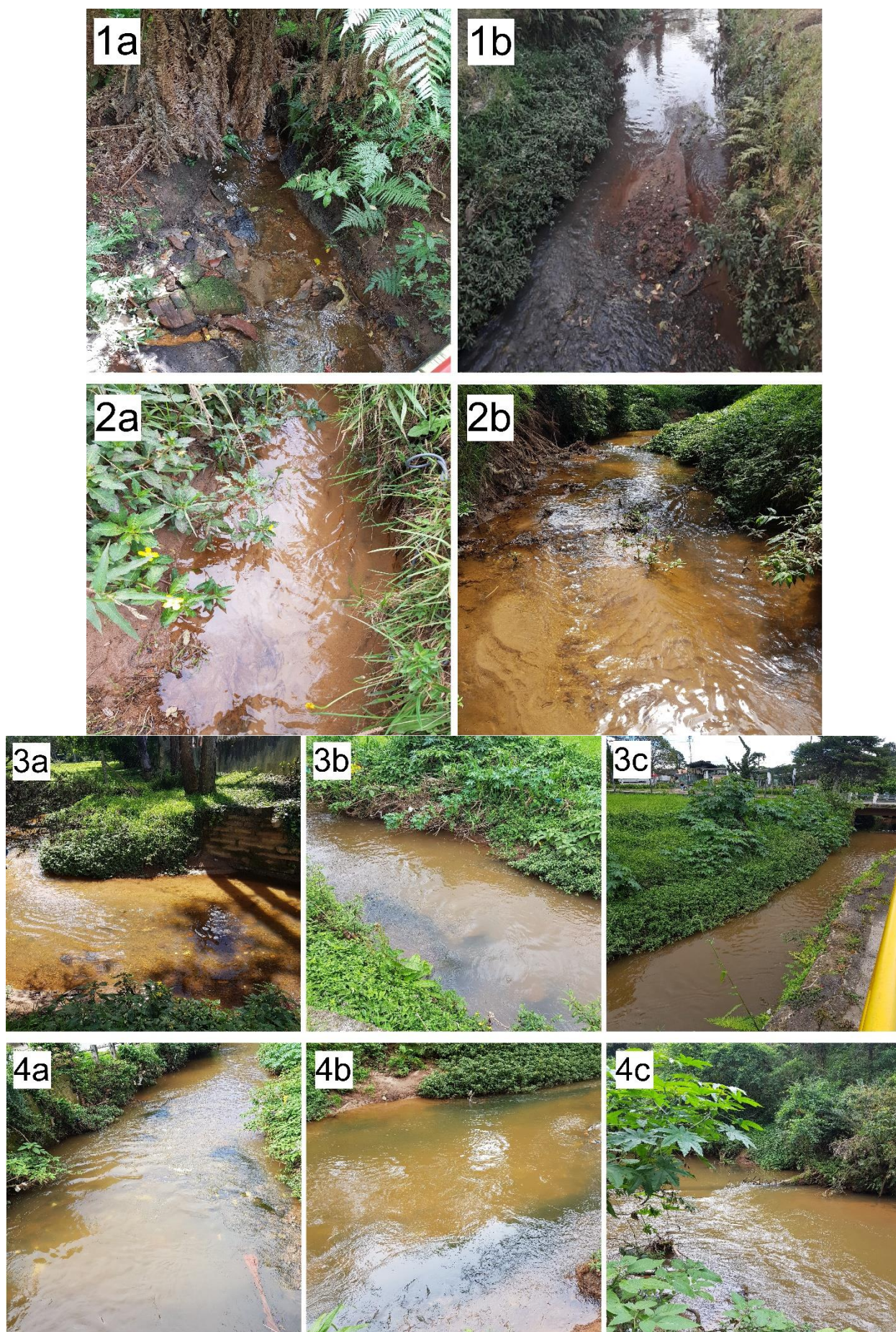
devido ao Parque Estadual de Campos do Jordão, uma APA que ocupa um terço da área total do município. Recebe este nome até cerca de 5 km antes de cruzar a fronteira São Paulo-Minas Gerais, mudando-se então para rio Sapucaí (COPASA, 2010). O rio Sapucaí percorre 248 km da nascente até a foz, na represa de Furnas.

Figura 3. Localização dos pontos de coleta em Santo Antônio do Pinhal



Em Santo Antônio do Pinhal, o Rio da Prata é o principal rio da cidade e percorre do começo ao fim do centro urbano, aproximadamente 3 km, e nasce próximo da estação ferroviária Eugênio Lefèvre e da rodovia Floriano Rodrigues Pinheiro (SP-123). Da nascente até a entrada da cidade, suas margens são de mata ciliar preservada, atravessando poucas residências rurais, e após entrar no perímetro urbano é cercado por ruas marginais e é canalizado, situação que só termina próximo da ETE, onde as margens retornam ao estado de mata ciliar preservada. Encontra-se com apenas um afluente dentro da cidade, o córrego do Barreiro (Figura 3).

Figura 4. Fotografias dos locais de coleta





Os pontos 1a e 2a são nascentes. O ponto 1a está localizado dentro do Parque das Cerejeiras, um parque turístico de temática japonesa, onde a nascente é isolada e bombeada artificialmente. O ponto 2a fica próximo à sede da cervejaria Baden Baden no bairro Santa Cruz. Os pontos 1b e 2b convergem em frente ao hotel Vila Dom Bosco, formando o Ribeirão Capivari, onde se coletou o ponto 3a.

O ponto 3b se localiza no centro da área urbana da cidade, no bairro Jaguaribe, onde não há qualquer mata ciliar. Este ponto fica a jusante de um córrego afluente de águas turvas de cor acinzentada. Os pontos 3c e 4a se localizam na principal zona turística da cidade, o bairro Capivari, onde há muitos comércios e hotéis. A jusante do ponto 3c, o ribeirão Capivari se encontra com o ribeirão das Perdizes, formando então o rio Sapucaí-Guaçú.

Os pontos 4b e 4c estão a aproximadamente 8 km do ponto 4a, a montante e a jusante da ETE de Campos do Jordão respectivamente. Estão distantes do centro urbano da cidade, em locais onde há mata ciliar relativamente preservada devido à proximidade com o Parque Estadual de Campos do Jordão.

O ponto 5a está a montante da entrada principal de Santo Antônio do Pinhal, em um local de mata ciliar preservada, marginal a uma ciclovia. Neste local há uma pequena praça com uma pequena fonte potável. O ponto 5b está no centro da cidade, enquanto o 5c está a jusante da ETE de Santo Antônio do Pinhal.

3.2 Coleta de dados em campo e análises de laboratório

A coleta de dados em campo foi realizada no dia 13 de março de 2019 entre 12 e 15 horas. O critério para a escolha dos pontos foram a localização à montante, meio e jusante da área urbana dos dois municípios e a facilidade de acesso.

Os valores de temperatura, pH, condutividade elétrica, turbidez, salinidade e oxigênio da água foram obtidos através de sonda multiparâmetro marca Horiba modelo U-50 e um GPS para marcar as coordenadas dos pontos de amostragens. As amostras de água foram coletadas na superfície e armazenadas em frascos de polietileno. As amostras foram levadas ao Laboratório de Ecologia Aquática no Departamento de Ecologia do Instituto de Biociências (IB) da UNESP de Rio Claro para a determinação das diferentes formas de nitrogênio e fósforo.

Em laboratório, determinamos as concentrações de nitrito, nitrato e nitrogênio total (Mackereth et al. 1976), nitrogênio amoniacal (Koroleff, 1976), fósforo total, fósforo dissolvido, ortofosfatos (Golterman et al. 1978), a alcalinidade o método titulométrico descrito por Boyd (1981) e valor de sólidos suspensos foram determinados de acordo com Mudroch e Macknight (1991).

O nitrogênio está presente nos ambientes aquáticos em várias formas, sendo as principais o nitrato, nitrito, amônia e íon amônio (ESTEVES, 1998). O nitrato, produto final do processo de nitrificação, ocorre normalmente em pequenas quantidades no ambiente, e sua presença em um corpo d'água pode indicar a presença de efluentes de esgotos sanitários (ANA, 2013).

Assim como o nitrogênio, o fósforo é um importante nutriente para processos biológicos (é parte da própria estrutura da membrana celular), encontrado na forma de fosfato na água. Ele tem origem natural, como processos de decomposição de rochas e matéria orgânica, e artificial como matéria fecal e detergentes superfosfatados de esgotos domésticos (GUIDOLINI et al., 2010). A dinâmica do fósforo está ligada diretamente aos sedimentos aquáticos, e o uso agrícola dos solos de bacias hidrográficas altera a quantidade e características dos sedimentos carregados pelo escoamento superficial natural, podendo ser um potencializador do processo de eutrofização do corpo d'água (ANA, 2013). Os dados obtidos de fósforo, turbidez e clorofila são importantes para determinar o estado trófico da água.

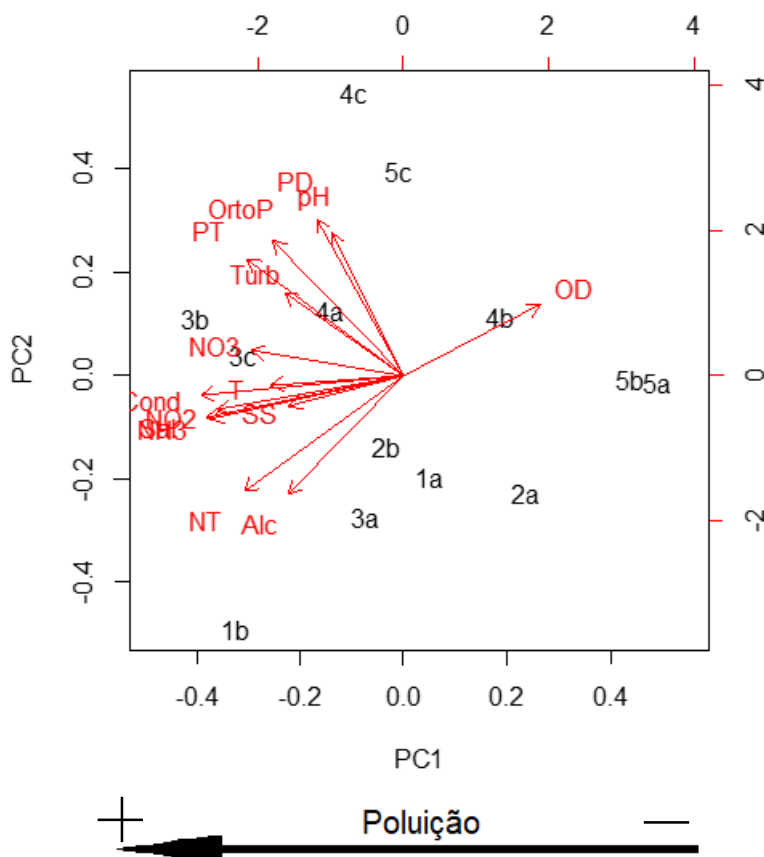
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos mostram a grande diferença entre os pontos de amostragem. Os pontos 5a e 5b, localizados mais próximos a cabeceira do rio da Prata em Santo Antônio do Pinhal foram aqueles com as águas mais limpas e com maiores concentrações de oxigênio (tabela 1 e figura 5). Por outro lado, os pontos de amostragem localizados nos rios de Campos do Jordão apresentaram águas com concentrações de oxigênio menores e elevados valores de P-total, turbidez e N-total. Os pontos mais poluídos são 1b, 3b, 3c e 4a. Nestes pontos observamos altas concentrações de P-total, N-total e altos valores de turbidez, indicando a entrada de esgotos urbanos. De fato, estes pontos estão localizados em locais envolvidos pela área urbana do município de Campos do Jordão. Como esperado e descrito por vários estudos como König (2008), os pontos dentro da área urbana são mais poluídos.

Tabela 1. Valores obtidos pelas análises laboratoriais e pela sonda em campo (azul: menor valor, vermelho: maior valor).

Pontos	1a	1b	2a	2b	3a	3b	3c	4a	4b	4c	5a	5b	5c
Temperatura (°C)	18,6	20,6	20,3	20,2	20,4	21,6	21,7	21	19,9	19,5	19,6	19,8	20
pH	6,22	6,3	6,15	6,24	6,25	6,75	6,86	6,93	7,05	6,95	6,3	6,36	6,5
Condutividade (µS/cm)	0,07	0,09	0,04	0,07	0,07	0,09	0,08	0,07	0,05	0,07	0,03	0,04	0,06
Salinidade (g/L)	0,05	0,06	0,03	0,04	0,05	0,06	0,05	0,05	0,03	0,04	0,02	0,02	0,04
Turbidez (UNT)	6,4	7,8	0	22,4	14,6	11	15,5	18	8	15,3	0,5	4,5	21
Oxigênio (mg/L)	5,75	5,32	6	6,42	5,5	5,09	6,6	7,9	6	7,2	9,6	8,6	6,73
Oxigênio (%)	62,6	60	68	72	63	59	77	90	67	81	106	97	76
Amônia (µg/L)	92,8	116	53,2	114	119	148	134	93,4	38,4	80,7	16,1	7,64	54,7
Nitrito (µg/L)	12,4	109	8,84	59,3	68,7	94,9	110	91,6	31,8	37,6	4,03	7,39	31
Nitrato (µg/L)	476	1062	427	366	455	880	588	840	805	1010	110	134	335
Nitrogênio Total (mg/L)	0,98	1,09	0,58	0,84	0,81	0,89	0,83	0,76	0,33	0,44	0,26	0,33	0,46
Fosfatos (µg/L)	17,8	13,9	1,54	20	8,05	80,6	38,1	14,7	5,43	106	2,25	4,91	126
Ortofosfatos (µg/L)	61,4	48,5	17	39,4	28,6	160	91,6	57,3	28,5	133	17,7	20,5	141
Fósforo Total (µg/L)	103	86,9	46,4	70,2	63,5	139	151	147	51,3	192	18,1	21,3	126
Alcalinidade (mEq/L)	0,6	1,25	0,35	0,45	0,5	0,5	0,55	0,45	0,32	0,32	0,32	0,35	0,51
Sólidos em Suspensão (mg/L)	0,07	1,46	1,63	1,23	1,49	1,6	2,26	0,84	0,58	1,04	0,92	0,47	1

Figura 5. Análise de Componentes Principais (PCA) dos pontos de coleta



Legenda: OD: Oxigênio Dissolvido, Alc: Alcalinidade, T: Temperatura, Turb: Turbidez, Cond: Condutividade, SS: Sólidos em Suspensão, NH3: Nitrogênio amoniacal, NO2: Nitrito, NO3: Nitrato, NT: Nitrogênio Total, PD: Fosfatos, OrtoP: Ortofosfatos, PT: Fósforo Total.

A Análise de Componentes Principais ordena os pontos segundo a variação de suas características, ou seja, mostra a correlação entre eles. Os pontos mais à direita do gráfico são os locais onde o rio está mais próximo de suas características naturais, e os pontos à esquerda são os mais poluídos, como indica a seta. Nota-se que os pontos 5a e 5b estão ordenados a direita, seguidos pelos pontos 2a e 4b. Os pontos 4c e 5c, ambos a jusante de ETES, tem características semelhantes, e os pontos 3b, 3c e 1b são os mais à esquerda da figura, e, portanto, os mais poluídos (figura 5).

4.1 Análise dos pontos de coleta

O ponto 1a, apesar de ser uma nascente, apresentou níveis muito altos de fósforo e compostos nitrogenados. Em sua proximidade há um lago artificial de carpas, assim, há uma provável contaminação da nascente pela água do lago, o que explicaria os níveis mais altos de todos os parâmetros químicos em relação a outra nascente, o ponto 2a. De fato, viveiros de criação de organismos aquáticos tem águas com grandes concentrações de nitrogênio e fósforo devido a ração não consumida e fezes excretadas pelos peixes (CAMARGO et al., 2010)

Os pontos 3a a 4a são de locais altamente urbanizados, onde o rio é cercado por avenidas marginais, residências e comércios, e a falta de mata ciliar faz com que a temperatura seja maior devido a radiação solar. Provavelmente há o despejo irregular de esgoto doméstico neste trecho devido à altas concentrações das diferentes formas de fósforo e N-nitrato na água coletada.

O ponto 4b possui valores menores de nutrientes em relação ao 4a, provavelmente devido ao processo de autodepuração natural do rio, já que eles estão 8 km distantes entre si. No entanto, as concentrações de nutrientes voltam a aumentar no ponto 4c (o valor de N-amoniacoal é duas vezes maior e o P-total aumenta em 375%). Isto ocorre provavelmente devido o lançamento dos efluentes da ETE. De fato, poucas são as ETEs no Brasil que tem tratamento terciário e a ausência desta etapa não remove grande parte dos íons do esgoto. Além disso, notamos também um forte odor no local do efluente da ETE. Talvez a estação não esteja sendo operada de forma adequada.

O ponto 5a, no rio da Prata é o mais distante de áreas urbanas e é aquele que há a menor concentração de compostos nitrogenados e das diferentes formas de fósforo de todos os pontos analisados, além de conter 106% de saturação de oxigênio. No ponto 5b observamos características semelhantes ao 5a, mas no ponto 5c localizado a jusante da ETE Santo Antônio do Pinhal, observamos maior concentração de fosfatos, que provavelmente são oriundas do efluente da ETE.

Os pontos 4c e 5c, ambos a jusante de ETEs, revelam o aumento de todos as concentrações de nutrientes: N-amoniacoal, N-nitrito, N-nitrato, N-total, P-fosfato, Orto-P e P-total em relação ao ponto anterior. Isso implica na falta de tratamento terciário das estações, e assim a ausência da remoção desses nutrientes que são posteriormente lançados ao rio. Além disso, segundo o Relatório de Qualidade das

Águas Interiores no Estado de São Paulo da CETESB (2017), as porcentagens de coleta e tratamento de água dos municípios estudados são de 51% de coleta em Campos do Jordão e 45% em Santo Antônio, e deste esgoto coletado, 99% é tratado, ou seja, metade do esgoto produzido é lançado sem tratamento (não é sequer coletado), o que explica a baixa qualidade de água da maioria dos pontos estudados.

5. CONCLUSÃO

Apesar da presença de estações de tratamento de esgoto em ambos os municípios, e sua eficiência de tratamento de 99%, ainda há um grande aporte de nutrientes nos rios estudados, causado provavelmente por efluentes domésticos. Como a serra da Mantiqueira possui uma grande importância turística e ecológica (biodiversidade, endemismo, contribuição dos rios para grande bacias), e os dados levantados apresentam baixa qualidade da água em diversos pontos, conclui-se que se a situação atual não for remediada, poderá ocorrer uma perda da biodiversidade local.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Unidade – 3, Monitoramento da qualidade da água em rios e reservatórios. Brasília – DF. 2013. Disponível em:

https://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/bitstream/ana/76/6/Unidade_3.pdf

ALMEIDA, J. G. **A (in) sustentabilidade do turismo no entorno de Campos de Jordão-SP**. 2006. Tese (Doutorado em Ciências da Comunicação) - Escola de Comunicações e Arte, Universidade de São Paulo, 2006.

ARCHELLA, E. et al. Considerações sobre a geração de efluentes líquidos em centros urbanos. **Geografia** - Volume 12 - Número 1 - Jan/Jun. 2003.

BECK, H.E.; ZIMMERMANN, N. E.; MCVICAR, T. R.; VERGOPOLAN, N.; BERG, A.; WOOD, E. F. *Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution*. **Scientific data**, v. 5, p. 180214, 2018. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/sdata2018214>. Acesso em: 31 mar. 2019

BRANCO, A. M. M. **Influência do uso e ocupação do solo sobre a qualidade da água: subsídio à gestão dos recursos hídricos da bacia hidrográfica da serra da Mantiqueira (UGRHI-1)**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2014.

CETESB. COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Águas superficiais. **Monitoramento de qualidade da água**. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/124-programa-demonitoramento>. Acesso em: 30 mar. 2019.

CHRISTOFOLETTI, S. R.; CONCEIÇÃO, F. T.; SPATTI JÚNIOR, E. P. Relações hidroquímicas aplicadas a avaliação da qualidade da água e diagnóstico ambiental da bacia do Córrego Ibitinga, Rio Claro (SP). **Geociências**, v. 34, n. 2, p. 224-237, 2015. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/135777>.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRAFICA DO RIO GRANDE (CBH GRANDE). Site Institucional. **Comitê da bacia Hidrográfica do Rio Grande**. Disponível em: <<http://www.grande.cbh.gov.br/>>. Acesso em: 31 mar. 2019.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DA SERRA DA MANTIQUEIRA (CBH SM). **UGRHI 1**. 201-. Disponível em <<http://www.comitesm.sp.gov.br/institucional.php?k=ugrhi>> Acesso em: 30 mar. 2019

COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRAFICAS DA SERRA DA MANTIQUEIRA (CBH SM). Relatório de Situação dos Recursos Hídricos. **Comitê das Bacias Hidrográficas - CBHSM**. São Paulo, 2017.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS (COPASA). **Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Sapucaí**. Belo Horizonte, 2010.

CONTE, M, L., LEOPOLDO, P. R.; **Avaliação de recursos hídricos: Rio Pardo, um exemplo**. Editora Unesp, São Paulo, 1999.

DIBIESO, E. P. **Planejamento ambiental e gestão dos recursos hídricos: estudo aplicado à bacia hidrográfica do manancial do alto curso do Rio Santo Anastácio/SP**. 2013. 283 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2013.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: FINEP/Interciência. 1988. 575 p.

HENRY-SILVA, G. G., CAMARGO, A. F. M., PONTES, C. S., & MIYASE, L. K.; **Características limnológicas da coluna d'água e dos efluentes de viveiros de criação de camarões-da-amazônia**. 2010. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 2099-2107.

HIRATA, S. R.; **Gestão da Visitação em Unidades de Conservação: o Caso do Parque Estadual de Campos do Jordão SP**. 2013. Dissertação (Mestrado em Gestão Ambiental) – ESALQ, Universidade de São Paulo, 2013.

KÖNIG, R., SUZIN, C. R., RESTELLO, R. M., HEPP, L. U. (2008). **Qualidade das águas de riachos da região norte do Rio Grande do Sul (Brasil) através de variáveis físicas, químicas e biológicas**. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 3(1), 84-93.

LE SAOUT, S. et al. *Protected areas and effective biodiversity conservation*. **Science**, v. 342, n. 6160, p. 803-805, 2013.

LE SAOUT, S. et al. **Protected area irreplaceability. Serra da Mantiqueira Environmental Protection Area**. c2013. Disponível em: <http://irreplaceability.cefe.cnrs.fr/sites/18733>. Acesso em: 31 mar. 2019.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). *The United Nations World Water Development Report. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*, 7, place de Fontenoy, 75352 Paris 07SP, France, 2014.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. L. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos Avançados**, 22(63), 43–60, 2008. doi:10.1590/s0103-40142008000200004

RODRIGUES, A. S. de L.; CASTRO, P. de T. A. Protocolos de avaliação rápida: instrumentos complementares no monitoramento dos recursos hídricos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 13, p. 161-170, 2008. Disponível em: <<https://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=1&ID=15&SUMARIO=188>>. Acesso em: 30 mar. 2019.

RUSCHMANN, D. A experiência do turismo ecológico no Brasil: um novo nicho de mercado ou um esforço para atingir a sustentabilidade, **Turismo - Visão e Ação**, ano 2, n.5, p.81-90, São Paulo, 2000. Disponível em: <https://siaiap32.univali.br/seer/index.php/rtva/article/view/1182/938>.

SABESP, **Relatório Anual de Qualidade da Água Município de Santo Antônio do Pinhal**. São Paulo, 2017.

SARDINHA, D. S. et al. Impactos do uso público em atrativos turísticos naturais no município de Altinópolis (SP). **Geociências**, v. 26, n. 2, p. 161-172, 2007. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/70114>>.

SCHIAVETTI, A., CAMARGO, A. F. M. **Conceitos de Bacias Hidrográficas Teorias e Aplicações**. UESC, Ilhéus, BA. 2002.

SCHIAVETTI, A.; FORESTI, C. Turismo em Unidades de Conservação: Parques Estaduais de Campos do Jordão. **Turismo em Análise**. São Paulo, 1999.

TUCCI, C. E. M. Águas Urbanas: Interfaces no gerenciamento. In: PHILLIPI JR., A. **Saneamento, Saúde e Ambiente: Fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. 1. ed. Barueri: Manole, 2005. Cap. 10.

VARJABEDIAN, R. Lei da Mata Atlântica: Retrocesso ambiental. **Estudos Avançados**, 24(68), 147–160. 2010.

VON SPERLING, M. Introdução a qualidade das águas e tratamento de esgotos. In: VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuais**. 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, v. I, 1998.

ANEXO 1

Porcentagens de Coleta e Tratamento por UGRHI e por Município – CETESB 2017

Tabela 4.1 – Porcentagem da população atendida pela coleta e pelo tratamento de esgotos e ICTEM nas áreas urbanas das 22 UGRHIs.

UGRHI		População Urbana	Atendimento (%)		Carga Remanescente t DBO dia ¹	ICTEM
Número	Descrição		Coleta	Tratamento		
1	Mantiqueira	60.410	54	52	1.691	5,61
2	Paraíba do Sul	2.047.230	93	78	36.665	7,23
3	Litoral Norte	316.662	52	43	11.156	4,79*
4	Pardo	1.165.440	98	83	15.541	7,92
5	Piracicaba/Capivari/Jundiaí	5.461.433	92	76	94.818	7,37
6	Alto Tietê	20.968.139	84	53	612.069	5,47
7	Baixada Santista	1.824.303	73	15	86.955	2,57*
8	Sapucaí/Grande	687.111	98	91	7.839	8,43
9	Mogi Guaçu	1.488.315	99	66	41.623	5,92
10	Sorocaba/Médio Tietê	1.833.260	88	76	33.636	7,19
11	Ribeira de Iguape/Litoral Sul	271.943	67	66	7.609	6,09
12	Baixo Pardo/Grande	339.200	99	74	6.361	7,31
13	Tietê/Jacaré	1.555.066	98	69	37.781	6,42
14	Alto Paranapanema	618.499	91	85	12.286	7,15
15	Turvo/Grande	1.249.176	99	93	12.128	9,8
16	Tietê/Batalha	505.778	99	92	6.140	8,24
17	Médio Paranapanema	651.956	96	96	7.757	8,39
18	São José dos Dourados	209.777	98	98	2.502	8,49
19	Baixo Tietê	749.935	98	98	9.630	8,21
20	Aguapeí	343.595	96	95	4.731	7,95
21	Peixe	435.984	89	47	14.664	4,95
22	Pontal de Paranapanema	461.680	96	91	5.166	8,47
Estado de São Paulo		43.244.892	88	64	1.068.749,20	6,27

*: ICTEM foi calculado desconsiderando, como tratamento, os sistemas de disposição oceânica dos municípios.

UGRHI	MUNICÍPIO	CONCESSÃO	População Urbana	Atendimento (%)		Eficiência	Carga Poluidora (kg DBO/dia)		ICTEM	Corpo Receptor
				Coleta	Tratamento		Potencial	Remanesec.		
1	Campos do Jordão	SABESP	51.133	51	99	96	2.761	1.420	5,91	Rio Capivari, Rio Sapucaí-Guaçu e afluentes
	Santo Antônio do Pinhal	SABESP	4.037	45	100	55	218	164	3,80	Rio da Prata, Rio Preto e afluentes
	São Bento do Sapucaí	SABESP	5.240	92	74	91	283	107	6,73	Rio Sapucaí Mirim e afluentes.
	Aparecida	SAAE	35.752	70	40	53	1.931	1.644	2,81	Rio Paraíba
	Arapel	SABESP	1.887	92	100	89	102	19	9,88	Rio Barreiro de Baixo
	Arelas	PM	2.600	100	0		140	140	1,50	Rib. Vermelho
	Bananal	SABESP	8.673	86	100	69	468	190	6,85	Rio Bananal
	Caçapava	SABESP	79.246	100	99	70	4.279	1.315	7,99	R. Paraíba e Cór. Boporoca
	Cachoeira Paulista	SABESP	26.764	100	100	84	1.445	236	10,00	R. Paraíba, Rib. das Pitas, Minhocas, Aguada, Cor. Rio Branco
	Canas	SABESP	4.618	82	100	79	249	87	7,26	Ribeirão Canas
2	Cruzeiro	SAAE	79.642	79	0		4.301	4.301	1,19	R. Paraíba, Rib. Lopes e Cór. Pontilhão
	Cunha	PM	12.202	90	16	33	659	628	1,90	Cór. do Rodeio; Rib. Sete Cabeças
	Guarema	SABESP	24.933	49	100	97	1.346	710	5,80	Rio Paraíba
	Guaratinguetá	SAEG	114.714	92	30	87	6.195	4.713	3,58	R. Paraíba, Rib. Guaratinguetá, S. Gonçalo e Motas, Cór. Dos Escritores
	Igaratá	SABESP	7.481	31	100	89	404	294	4,23	Rib. Palmeiras afluente do Res. do Jaguari
	Jacareí	SAAE	226.676	98	71	96	12.240	4.064	7,38	R. Paraíba do Sul e Rib. Turi
	Jambeiro	SABESP	3.018	98	100	85	163	28	9,96	Rib. Capivari
	Lagoinha	SABESP	3.204	87	100	93	173	33	9,51	Rib. Botucatu
	Lavrinhas	SABESP	6.563	63	18	98	354	316	1,91	R. Paraíba do Sul; Rio Jacu, Rio Jacuzinho
	Lorena	SABESP	85.453	98	100	84	4.614	808	9,97	R. Paraíba do Sul e Rib. Taboão
	Monteiro Lobato	SABESP	1.975	80	100	83	107	36	7,50	Rio Buquira
	Natividade da Serra	PM	2.818	96	50	79	152	94	4,65	Represa Paraíbauna
	Paraibuna	PM	5.488	100	0		296	296	1,49	R. Paraíbauna
	Pindamonhangaba	SABESP	158.092	98	100	67	8.537	2.923	7,44	R. Paraíba, Rib. Computuba e Uma.
	Piquete	CAB PIQUETE	13.089	76	0		707	707	1,14	Rios Piquete, Benfica e Sertão
	Potim	PM	17.701	100	10	31	956	926	1,85	Rio Paraíba; Rib. Dos Buenos
	Queluz	SABESP	10.613	70	34	97	573	442	3,05	Rios Verde e Paraíba
	Redenção da Serra	SABESP	2.231	50	100	89	120	67	5,43	Res. Paraíbauna
	Roselia	SABESP	9.983	96	100	91	539	68	9,64	R. Pirapitingui
	Santa Branca	PM	12.996	99	4	75	699	678	2,04	Rib. Barretos e R. Paraíba
	Santa Isabel	SABESP	43.951	62	0		2.373	2.373	0,93	R. Araraquara e Res. Jaguari
	São José do Barreiro	PM	2.931	91	0		158	158	1,37	Rib. do Barreiro e Cór. da Estância
	São José dos Campos	SABESP	689.846	96	100	91	37.252	4.799	9,94	R. Paraíba do Sul, Cambul, Peixe, Alambari e Pararangaba
	São Luís do Paraitinga	SABESP	6.385	90	100	99	345	39	9,84	Rios Paraitinga e Chapéu
	Silveiras	SABESP	3.096	97	100	89	167	23	9,65	Rib. Silveiras; Rib. Dos Mocacos
	Taubaté	SABESP/ PM	301.311	96	100	86	16.271	2.912	9,74	Cór. Judeu, Piracangagua e J. Raimundo
	Tremembé	SABESP	41.361	86	100	85	2.234	598	7,55	R. Paraíba do Sul

Orientador: Prof. Dr. Antonio Fernando Monteiro Camargo

Aluno: Fernando Shiguero Katayama