

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “LUIZ DE QUEIROZ”**

AMANDA MARIA TAVARES HOSSOMI

**AVALIAÇÃO TEMPORAL (2006 a 2016) DA QUALIDADE
DA ÁGUA DO RIBEIRÃO ANHUMAS - CAMPINAS/SP**

Piracicaba

2017

AMANDA MARIA TAVARES HOSSOMI

**AVALIAÇÃO TEMPORAL (2006 a 2016) DA QUALIDADE
DA ÁGUA DO RIBEIRÃO ANHUMAS – CAMPINAS/SP**

Monografia elaborada como requisito para conclusão do Curso de Especialização em Gerenciamento Ambiental da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ/USP.

Orientadora: Dra. Livia Fernanda Agujaro

Piracicaba

2017

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo a avaliação temporal da qualidade da água do ribeirão Anhumas, importante curso d'água localizado em Campinas, com foz em Paulínia. Este ribeirão é afluente do rio Atibaia, formador da Represa do Salto Grande, em Americana, e possui influência na qualidade das águas a jusante. Foram avaliados parâmetros físicos e químicos (demanda bioquímica de oxigênio - DBO, oxigênio dissolvido - OD, nitrogênio amoniacal, fósforo, entre outros) obtidos nos relatórios de qualidade de água da CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) no período de 2006 a 2016. Levantou-se possíveis fatores que influenciam a qualidade deste ribeirão, como crescimento populacional, alteração do uso do solo, saneamento e pluviosidade. Como resultado, verificou-se melhoria na qualidade do ribeirão Anhumas em relação aos parâmetros DBO e OD. As concentrações destes parâmetros, após início da operação da Estação de Tratamento de Esgotos Anhumas, foram de $8,2 \pm 3,7$ mg/l e $5,5 \pm 0,9$ mg/l, respectivamente, com atendimento aos padrões de qualidade estabelecidos para rios classe 3 em 87% e 93% das análises realizadas, respectivamente. Com relação aos parâmetros nitrogênio amoniacal e fósforo, amostrados de 2009 a 2016, verificou-se que sua concentração está mais associada à pluviosidade que às ações de saneamento na bacia. Considerando o impacto do aporte de nutrientes a jusante deste ribeirão e a permissividade dos padrões legais para cursos d'água classe 4, sua classificação atual faz-se necessário seu reenquadramento apesar das melhorias verificadas, fornecendo uma ferramenta apropriada aos gestores para exigência de remoção de nutrientes e controle da eutrofização nos corpos d'água que recebem seus impactos.

Palavras-chave: **ribeirão Anhumas, qualidade da água, avaliação temporal, reenquadramento.**

ABSTRACT

The purpose of this study is the temporal evaluation of Anhumas water quality, an important stream located in Campinas city with outfall in Paulínia. It is an affluent of Atibaia river, which forms Salto Grande dam in Americana and influences the quality in downstream waters. Physical and chemical parameters were evaluated (biological oxygen demand – BOD, dissolved oxygen – DO, ammoniacal nitrogen, phosphorus, and others) obtained in water quality reports from CETESB (Environment Agency of São Paulo State) from 2006 to 2016. Possible factors that can influence the quality of this stream were raised, such as population growth, modification in soil usage, sanitation and precipitation rate. As a result, improvements were verified in the quality of Anhumas stream in parameters BOD and DO. The concentration of these parameters, after start-up of Anhumas Sewage Treatment Station, were $8,2\pm 3,7$ mg/l and $5,5\pm 0,9$ mg/l respectively, reaching the quality standard established for class 3 rivers in 87% and 93% of performed analyses, respectively. Concerning the parameters ammoniacal nitrogen and phosphorous, collected from 2009 to 2016, it was verified that their concentration is more related to the precipitation rate than to the sanitation actions in the basin. Considering the impact of Anhumas stream nutrient contribution downstream and the permissiveness of the legal standards for class 4 watercourses, its actual classification, its framing to class 3 is necessary even though improvements could be verified, which provides its management an appropriate tool to request nutrient removal and eutrophication control in the water bodies that receive its impacts.

Keywords: Anhumas stream, water quality, temporal evaluation, legal framing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sub-bacia do ribeirão Anhumas na bacia PCJ (Fonte: TORRES et al., 2014).....	15
Figura 2 – Sub-bacias do ribeirão Anhumas (Fonte: TORRES et al., 2014).....	17
Figura 3 – Classificação dos rios da bacia PCJ (Fonte: COBRAPE, 2010).	28
Figura 4 – Condição dos rios da bacia PCJ em 2008 (Fonte: COBRAPE, 2010).	32
Figura 5- Atendimento à proposta de enquadramento em 2008 (Fonte: COBRAPE, 2010).	33
Figura 6 - Proposta inicial de reenquadramento dos corpos d'água considerando usos preponderantes (Fonte: COBRAPE, 2010).	34
Figura 7 - Proposta final de atualização do enquadramento dos corpos d'água (Fonte: COBRAPE, 2010).	34
Figura 8 - Cenário desejável para 2020 (Fonte: COBRAPE, 2010).....	35
Figura 9 - Cenário possível para 2020 (Fonte: COBRAPE, 2010).....	35
Figura 10 - Atendimento à proposta de enquadramento em 2015 (Fonte: RASA, 2017).....	36
Figura 11 - Hidrografia do município de Campinas (Fonte: Campinas, 2013b).	38
Figura 12 - Sistemas de esgotamento de Campinas (Fonte: Campinas, 2013d).....	39
Figura 13 - Sistema de esgotamento Anhumas em 2013 (Fonte: Campinas, 2013d).....	40
Figura 14 - Sistema de esgotamento Barão Geraldo em 2013 (Fonte: Campinas, 2013d)...	40
Figura 15 – Bacia hidrográfica do ribeirão Anhumas (Fonte: Google Earth e Datageo)	42
Figura 16 – Localização espacial do ponto NUMA 04900 e das ETES com lançamento no rib. Anhumas (Fonte: Google Earth e CETESB - adaptado pela autora).....	44
Figura 17 – Localização do posto D4-046 do DAEE em relação ao ribeirão Anhumas e ao posto NUMA 04900 (Fonte: SSD PCJ)	45
Figura 18 – População de Campinas (Fonte: SEADE).....	46
Figura 19 – Ocupação em 2006.....	47
Figura 20 – Ocupação em 2009.....	47
Figura 21 – Ocupação em 2010.....	47
Figura 22 – Ocupação em 2011.....	47
Figura 23 – Ocupação em 2012.....	47
Figura 24 – Ocupação em 2013.....	47
Figura 25 – Ocupação em 2014.....	48
Figura 26 – Ocupação em 2015.....	48
Figura 27 – Ocupação em 2016.....	48
Figura 28 – Ocupação em 2006 sobreposta à de 2016.....	49
Figura 29 – Área ocupada na bacia do ribeirão Anhumas (%)	50
Figura 30 – Pluviosidade (em mm/ano) entre 2006 e 2015 no posto D4-046 do DAEE	51

Figura 31 – Pluviosidade entre 2006 e 2015 no posto D4-046 do DAEE, segregada em período seco e chuvoso	51
Figura 32 – Pluviosidade média mensal entre 1958 e 2016 no posto D4-046 (Fonte: DAEE)	51
Figura 33 – Atendimento em coleta e tratamento do esgoto coletado entre 2006 e 2016	52
Figura 34 – Carga poluidora potencial e remanescente de Campinas entre 2006 e 2016....	53
Figura 35 – Índice de coleta e tratamento por sistema de esgotamento (Fonte: SANASA, 2017)	53
Figura 36 – Atendimento dos serviços de esgoto por economias (Fonte: SANASA, 2017) ..	54
Figura 37 – ICTEM do município de Campinas entre 2006 e 2016	54
Figura 38 – Dados referentes ao parâmetro DBO na ETE Anhumas	55
Figura 39 – Concentração de DBO no rib. Anhumas a montante e jusante da ETE Anhumas	56
Figura 40 – Concentração de OD no rib. Anhumas a montante e jusante da ETE Anhumas	57
Figura 41 – Dados referentes ao parâmetro DBO da ETE Alphaville	58
Figura 42 – Concentração de DBO no rib. Anhumas a montante e jusante da ETE Alphaville	58
Figura 43 – Concentração de OD no rib. Anhumas a montante e jusante da ETE Alphaville	59
Figura 44 – Dados referentes ao parâmetro DBO da ETE Barão Geraldo	60
Figura 45 – Concentração de DBO no rib. Anhumas a montante e jusante da ETE Barão Geraldo.....	60
Figura 46 – Concentração de OD no rib. Anhumas a montante e jusante da ETE Barão Geraldo.....	61
Figura 47 – Dados referentes a DBO e a OD no ribeirão Anhumas entre 2006 e 2016.....	62
Figura 48 – Dados referentes ao nitrogênio amoniacal e nitrato no ribeirão Anhumas entre 2009 e 2016.....	64
Figura 49 – Dados de nitrogênio amoniacal x pluviosidade entre 2009 e 2016	66
Figura 50– Dados de nitrato x pluviosidade entre 2009 e 2016.....	66
Figura 51 – Dados referentes ao fósforo total no ribeirão Anhumas entre 2009 e 2016	67
Figura 52 – Dados referentes à fósforo total x pluviosidade entre 2009 e 2016	68
Figura 53 – Dados referentes ao pH no ribeirão Anhumas entre 2006 e 2016	68
Figura 54 – Dados referentes à condutividade no ribeirão Anhumas entre 2006 e 2016.....	69
Figura 55 – Dados referentes à turbidez no ribeirão Anhumas entre 2006 e 2016	70
Figura 56 – Dados referentes ao IQA do ribeirão Anhumas entre 2009 e 2016	71
Figura 57 – Dados referentes ao IVA no ribeirão Anhumas entre 2013 e 2016.....	71
Figura 58 – Conformidade anual da DBO e OD com padrões de classe 3 entre 2006 e 2016	72

Figura 59 – Conformidade anual do nitrogênio amoniacal, nitrato e fósforo com padrões de classe 3 entre 2009 e 2016.....	72
Figura 60 – Conformidade anual da turbidez com o padrão para classe 3 entre 2006 e 2016	73
Figura 61 – Conformidade do pH com o padrão para classe 3 entre 2006 e 2016.....	73
Figura 62 – Localização posto D3-003 do DAEE no rio Atibaia (Fonte: SSD PCJ)	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação do IQA (Fonte: CETESB, 2017).....	24
Tabela 2 – Classificação do IET para rios (Fonte: CETESB, 2017).....	24
Tabela 3 – Classificação do IET para reservatórios (Fonte: CETESB, 2017).....	24
Tabela 4 – Classificação do IVA (Fonte: CETESB, 2017).....	25
Tabela 5– Padrões de qualidade para águas doces de classe 4.....	29
Tabela 6 – Padrões de qualidade para águas doces de classe 3.....	29
Tabela 7 – Padrões de lançamento	30
Tabela 8 – Percentuais de coleta e tratamento de esgoto coletado do município de Campinas, eficiência das ETEs, cargas poluidoras e ICTEM.....	52
Tabela 9 – Vazão do ribeirão Anhumas no posto D4-038 em relação à vazão do rio Atibaia a montante da confluência (Fontes: DAEE e SSD-PCJ – adaptado pela autora).....	75
Tabela 10 – Vazão do ribeirão Anhumas no posto D4-041 em relação à vazão do rio Atibaia a montante da confluência (Fontes: DAEE e SSD-PCJ – adaptado pela autora).....	75
Tabela A.1– População de Campinas.....	87
Tabela B.1– Área ocupada na bacia do ribeirão Anhumas.....	88
Tabela C.1 – Valores de pluviosidade em mm/mês do posto D04-46 (Fonte: DAEE adaptada pela autora).....	89
Tabela D.1 – Dados compilados dos relatórios de qualidade de água da CETESB (2006 a 2015) e Infoaguas (2006 a 2016).....	90
Tabela D.2 – Dados compilados dos relatórios de qualidade de água da CETESB (2006 a 2015) e Infoaguas (2006 a 2016) - continuação.....	91
Tabela E.1 – Porcentagem de atendimento aos padrões Classe 3, por ano	94
Tabela F.1 – Vazão do ribeirão Anhumas no posto fluviométrico 4D-038 (Fonte: DAEE)	95
Tabela F.2 – Vazão do ribeirão Anhumas no posto fluviométrico 4D-041 (fz) (Fonte: DAEE)	95

LISTA DE ABREVIACOES

CERJU	Comitê de Estudos e Recuperação do Rio Jundiaí
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CL	Clorofila a
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COT	Carbono Orgânico Total
CRH	Conselho Estadual de Recursos Hídricos
DAEE	Departamento de Águas e Energia Elétrica
DATAGEO	Infraestrutura de Dados Espaciais Ambientais do Estado de São Paulo
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
ICTEM	Índice de Coleta e Tratabilidade de Esgotos da População Urbana de Municípios
IET	Índice de Estado Trófico
INFOAGUAS	Sistema de Informação Infoáguas da CETESB
IPMCA	Índice de Variáveis Mínimas para a Preservação da Vida Aquática
IQA	Índice de Qualidade das Águas
IVA	Índices de Qualidade das Águas para Proteção da Vida Aquática e de comunidades aquáticas
mg/l	Miligrama por Litro
mg/m ³	Miligrama por Metro Cúbico
n.a.	Não Aplicável
NMP/100 ml	Número Mais Provável em 100 mililitros de amostra
OD	Oxigênio Dissolvido
P	Fósforo
PCJ	Piracicaba, Capivari e Jundiaí.
pH	Potencial Hidrogeniônico
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
SANASA	Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento S/A
SEADE	Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados
SES	Sistema de Esgotamento Sanitário
SSD-PCJ	Sistema de Suporte à Decisão das Bacias PCJ
UGRHI	Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos
uT	Unidade de Turbidez

SUMÁRIO

RESUMO.....	iii
ABSTRACT.....	iv
LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE ABREVIACOES	ix
1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	14
2.1. Principal	14
2.2. Secundários	14
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1. Bacia hidrográfica	15
3.1.1. Rio Piracicaba	16
3.1.2. Rio Atibaia.....	16
3.1.3. Ribeirão Anhumas.....	16
3.2. Qualidade de água.....	18
3.2.1. Poluição de curso d'água	22
3.2.2. Eutrofização de cursos d'água	23
3.2.3. Índices de qualidade	23
3.3. Legislação.....	25
3.3.1. Política Nacional de Recursos Hídricos.....	25
3.3.2. Classificação e enquadramento de cursos d'água	26
3.3.3. Padrões de lançamento	30
3.4. Plano de bacias PCJ.....	31
3.5. Importância do reenquadramento – Estudo de Caso: reenquadramento do rio Jundiaí	36
3.6. Plano municipal de saneamento básico	37
3.7. Relatórios de Qualidade de Água da CETESB.....	41
4. METODOLOGIA DA PESQUISA	42
4.1. Área de Estudo	42
4.2. Levantamento de dados: relatórios de qualidade de água da CETESB	42
4.3. Levantamento de dados: fontes de poluição da bacia.....	43
4.4. Levantamento de dados: fatores de influência	44

4.4.1. Ocupação da bacia e crescimento populacional	44
4.4.2. Pluviosidade.....	45
4.4.3. Outros fatores	45
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46
5.1. Evolução do uso e ocupação do solo	46
5.2. Pluviosidade.....	50
5.3. Evolução do saneamento.....	52
5.4. Performance das ETEs da bacia do ribeirão Anhumas	55
5.4.1. ETE Anhumas.....	55
5.4.2. ETE Alphaville.....	57
5.4.3. ETE Barão Geraldo.....	59
5.5. Análise dos dados provenientes dos Relatórios de Qualidade de Águas da CETESB e do Sistema Infoáguas	61
5.5.1. DBO e OD.....	61
5.5.2. Nitrogênio	64
5.5.3. Fósforo.....	67
5.5.4. pH.....	68
5.5.5. Condutividade	69
5.5.6. Turbidez.....	69
5.6. Análise da evolução dos índices	70
5.6.1. IQA	70
5.6.2. IVA.....	71
5.7. Comparação da qualidade do ribeirão Anhumas com padrões de cursos d'água classe 3.....	72
5.8. Influência do ribeirão Anhumas no rio Atibaia	74
6. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	77
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79
ANEXO A – DADOS POPULACIONAIS DE CAMPINAS (FONTE: SEADE).....	87
ANEXO B – ÁREA OCUPADA DA BACIA DO RIBEIRÃO ANHUMAS CONSIDERANDO LEVANTAMENTO REALIZADO COM AUXÍLIO DO PROGRAMA GOOGLE EARTH	88
ANEXO C – VALORES DE PLUVIOSIDADE.....	89
ANEXO D – DADOS COMPILADOS DOS RELATÓRIOS DE QUALIDADE DE ÁGUA DA CETESB (2006 A 2015) E INFOAGUAS (2006 A 2016).....	90

ANEXO E – PORCENTAGEM DE CONFORMIDADE DOS VALORES DOS PARÂMETROS COM OS PADRÕES PARA RIOS CLASSE 3	94
ANEXO F – VAZÃO DO RIBEIRÃO ANHUMAS E DO RIO ATIBAIA	95

1. INTRODUÇÃO

O ribeirão Anhumas é um curso d'água urbano, que tem suas nascentes na cidade de Campinas/SP e deságua no rio Atibaia, afluente do rio Piracicaba, em Paulínia/SP. Este se encontra enquadrado como classe 4 (SÃO PAULO, 1977) devido à sua qualidade e usos preponderantes por ocasião do enquadramento dos cursos d'água no estado de São Paulo. Em decorrência disto, conferiu-se ao ribeirão Anhumas como usos possíveis a navegação e harmonia paisagística, não podendo este ser utilizado para fins mais nobres, como abastecimento doméstico e industrial ou atividades recreacionais.

Ressalta-se que a classificação dos rios (de classe 1 a 4) é em função de seus usos preponderantes, atuais e futuros, sendo a classe 4 a mais restritiva quanto aos usos possíveis. Os padrões de qualidade para esta classe de curso d'água são mais permissivos, podendo ser lançados efluentes com elevadas cargas orgânicas e de nutrientes, desde que atendam aos padrões de lançamento, conforme a legislação vigente (SÃO PAULO, 1976; BRASIL, 2005).

É importante frisar que o aporte de matéria orgânica e nutrientes depositado no ribeirão Anhumas pode influenciar diretamente a qualidade das águas a jusante e seus usos múltiplos, seja do rio Atibaia e, conseqüentemente, do reservatório Salto Grande, situado em Americana, como do rio Piracicaba, todos pertencentes à classe 2 e utilizados para abastecimento doméstico, industrial, uso recreacional, dentre outros.

Neste sentido, conhecer e avaliar a variação da qualidade da água deste ribeirão ao longo do tempo é fundamental para verificar a efetividade das ações adotadas até o momento pelos órgãos gestores e para os auxiliar na elaboração de planos e programas a serem implementados na bacia hidrográfica deste curso d'água, visando garantir o uso múltiplo das águas a jusante de sua foz.

2. OBJETIVOS

2.1. Principal

Realizar a avaliação temporal da qualidade da água do ribeirão Anhumas, no município de Campinas, analisando parâmetros físicos e químicos, com ênfase especialmente nos parâmetros DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), oxigênio dissolvido (OD), nitrogênio amoniacal e fósforo, utilizando dados da rede de monitoramento da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB).

2.2. Secundários

- a. Fazer levantamento de dados da qualidade do ribeirão Anhumas, para o período de 2006 a 2016, e organizá-los na forma de gráficos e tabelas.
- b. Identificar possíveis fatores que podem ter influenciado na alteração da qualidade do ribeirão Anhumas ao longo de uma década, incluindo uso e ocupação do solo nesta sub-bacia hidrográfica.
- c. Discutir a revisão do enquadramento do ribeirão Anhumas e sua influência na qualidade das águas da bacia hidrográfica contribuinte.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Bacia hidrográfica

Bacia hidrográfica é uma área de terreno, um recorte espacial, cujo perímetro é formado por divisores topográficos (maiores elevações), que drena água, material dissolvido e em suspensão para um ponto de saída comum, situado ao longo de um corpo hídrico. Ressalta-se que este ponto pode ser qualquer seção do curso d'água, associado a um interesse de projeto, planejamento e/ou gestão (PORTO, 2012).

A rede de rios que drena uma bacia hidrográfica é o elemento que integra os diversos subsistemas ambientais de sua bacia (meios físico e biológico) e é palco para as ações antrópicas, as quais são refletidas nos meios e em suas alterações, e na vida das pessoas que habitam ou circulam pela bacia. Deste modo, considerar a bacia hidrográfica como unidade para a gestão é uma forma de considerar de maneira integrada as relações entre homem e meio ambiente (TORRES *et al.*, 2014).

Destaca-se que com a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos - Lei Federal 9.433/97 (BRASIL, 1997), a gestão do uso das águas, e dos conflitos associados, passou a ser realizada no âmbito da bacia hidrográfica.

O ribeirão Anhumas, objeto deste estudo, encontra-se inserido na bacia hidrográfica do rio Piracicaba, sendo um dos afluentes do rio Atibaia.

A Figura 1 apresenta a localização da sub-bacia do ribeirão Anhumas no âmbito da bacia hidrográfica dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (PCJ).

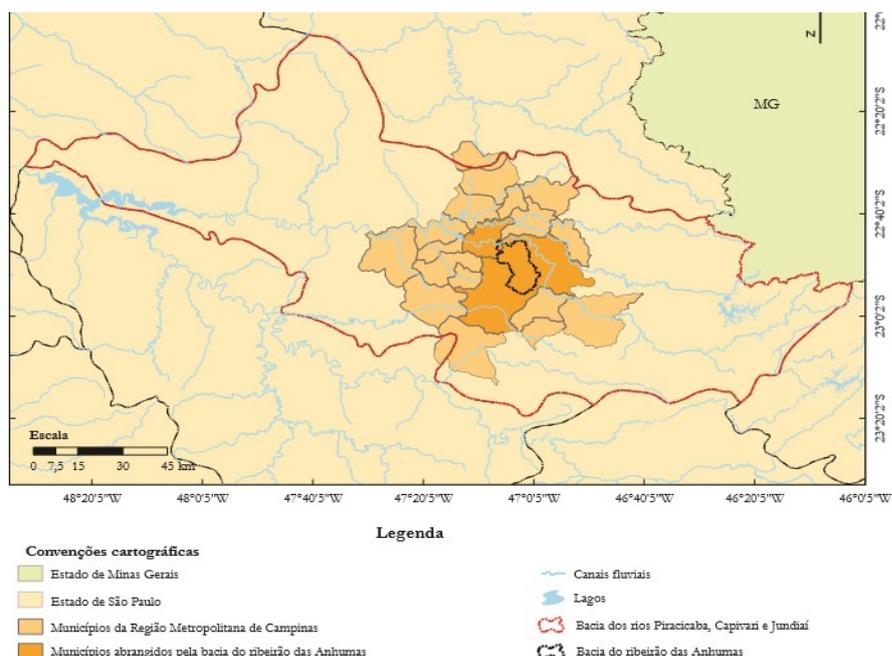


Figura 1 – Sub-bacia do ribeirão Anhumas na bacia PCJ (Fonte: TORRES *et al.*, 2014).

3.1.1. *Rio Piracicaba*

No estado de São Paulo, as bacias do PCJ, todas afluentes do rio Tietê, estendem-se por 14.137,79 km², dos quais 11.402,84 km² são correspondentes à bacia do rio Piracicaba, a qual possui cinco sub-bacias principais: Piracicaba, Corumbataí, Jaguari, Camanducaia e Atibaia. A população paulista na bacia do PCJ em 2014 era de 5.347.570 habitantes (AGÊNCIA DAS BACIAS PCJ, 2016).

O rio Piracicaba se forma da junção dos rios Atibaia e Jaguari, no município de Americana. É um rio de porte médio e o maior afluente do rio Tietê. Percorre 250 km desde sua formação até a foz (ZAGATTO & ZAGATTO, 2014). Este rio e seus afluentes estão inseridos na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) 5 do Estado de São Paulo, juntamente com os rios Capivari e Jundiá (DAGNINO & CARPI, 2006).

Conforme consta do Relatório de Qualidade de Águas da CETESB, os municípios de Americana, Paulínia, Piracicaba e Sumaré captam água superficial para abastecimento público nos rios Atibaia e Piracicaba após a confluência com o ribeirão Anhumas (CETESB, 2016).

A bacia hidrográfica do rio Piracicaba se localiza em uma das regiões mais industrializadas e urbanizadas do Estado de São Paulo e, em consequência, recebe um aporte significativo e crescente de esgotos domésticos e industriais (ZAGATTO & ZAGATTO, 2014).

3.1.2. *Rio Atibaia*

O rio Atibaia é um dos mais importantes mananciais para abastecimento público da região metropolitana de Campinas. Cerca de 92% da água captada para abastecimento do município de Campinas é proveniente deste curso d'água (SODRÉ, 2007; CAMPINAS, 2017).

O reservatório do Salto Grande se localiza no município de Americana e é formado pelo represamento do rio Atibaia, em ponto à jusante da foz do ribeirão Anhumas. Encontra-se a, aproximadamente, 700 metros da confluência com o rio Jaguari, local onde é formado o rio Piracicaba. Este reservatório se encontra em avançado processo de eutrofização devido à ausência de coleta e tratamento de esgotos domésticos em sua bacia hidrográfica e baixa remoção de nutrientes, sendo diretamente impactado pela qualidade da água a montante (AGUJARO et al, 2011; ESPÍNDOLA et al, 2004).

3.1.3. *Ribeirão Anhumas*

A sub-bacia do ribeirão Anhumas está localizada entre as coordenadas 22°52' e 22°43' S, e 47°06' e 46° O, possuindo extensão espacial de 150 km² e, aproximadamente, 290 mil habitantes (DAGNINO, 2007). A maior parte de sua área (97%) está inserida no

município de Campinas/SP, e uma pequena parte (3%) no município de Paulínia/SP, onde desemboca no rio Atibaia, em ponto a montante da formação do reservatório de Salto Grande, no município de Americana/SP (CETESB, 2016; TORRES et al., 2014).

Na área da sub-bacia do ribeirão Anhumas foram identificadas 272 nascentes, número este que pode ser inferior ao originalmente existente em decorrência da urbanização e mudanças no regime hidrológico resultantes das atividades antrópicas (TORRES et. al, 2014). A Figura 2 apresenta as sub-bacias pertencentes à bacia em estudo, a saber: Alto Anhumas, Córrego do Mato Dentro, Médio Anhumas, Córrego do São Quirino, Taquaral, Ribeirão Monte d'Este e Ribeirão das Pedras.

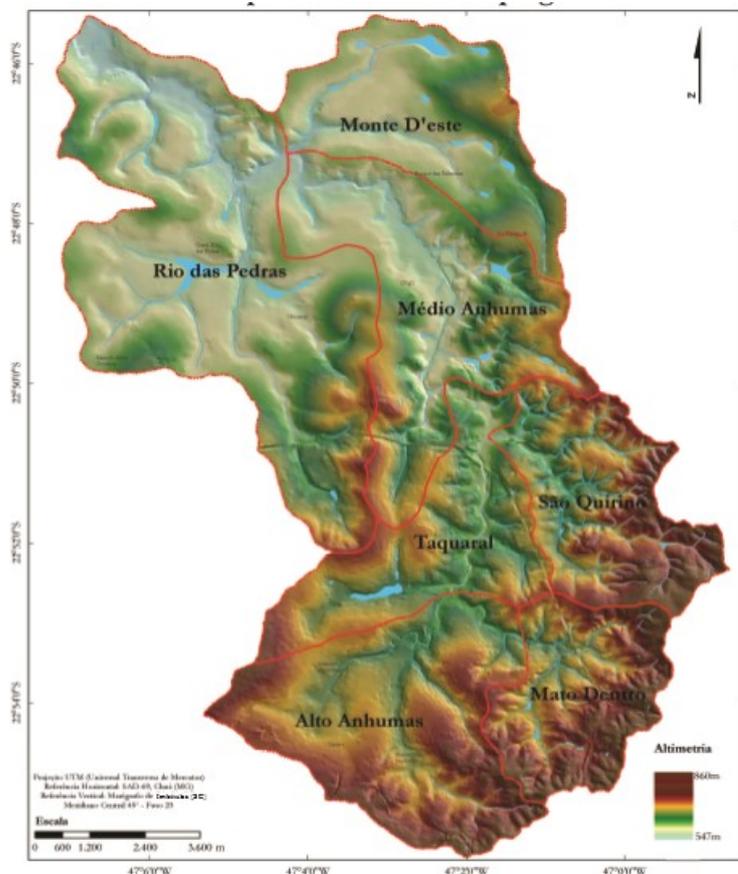


Figura 2 – Sub-bacias do ribeirão Anhumas (Fonte: TORRES et al., 2014).

Cerca de 45% do esgoto tratado do município de Campinas é encaminhado para a bacia do rio Atibaia, com lançamento, principalmente, nos ribeirões Samambaia e Anhumas (CETESB, 2016).

Segundo Coelho (2006), o estudo da bacia do ribeirão Anhumas é de extrema importância, uma vez que cerca de 70% de sua área está localizada no perímetro urbano do município de Campinas e mais de 50% da área total encontra-se densamente povoada. Na região norte desta bacia se verificou tendência ao crescimento do uso e ocupação urbano, enquanto que na região sul encontra-se a área central da cidade, com urbanização densa e consolidada, e na porção sudoeste há uma ampla região de áreas densamente edificadas.

Os córregos pertencentes a esta bacia localizados nas áreas centrais, em especial o Proença e Orozimbo Maia, encontram-se canalizados ou revestidos. Destaca-se, ainda, que os mais graves episódios de inundação registrados no município de Campinas ocorreram nas áreas marginais aos córregos pertencentes à bacia do ribeirão Anhumas (COELHO, 2006).

3.2. Qualidade de água

A qualidade de um curso d'água é função das condições naturais e do uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica. A interferência do homem, seja de forma pontual, com lançamento de efluentes domésticos ou industriais, ou difusa, com a aplicação de defensivos agrícolas no solo, drenagem urbana, deposição atmosférica, entre outros, contribui para a introdução de compostos na água, afetando sua qualidade. Destaca-se que não se pode dissociar os conceitos de qualidade e quantidade de água, uma vez que maiores quantidades de água auxiliam na diluição de poluentes. Sendo assim, a vazão e a sazonalidade de um corpo hídrico, além das ações antrópicas, influenciam diretamente na sua qualidade (VON SPERLING, 2005; PORTO, 2012).

Qualidade da água não se refere a um estado de pureza, mas às características químicas, físicas e biológicas estipuladas de acordo com o uso a que se destina: abastecimento humano, industrial, dessedentação de animais, esportes aquáticos, manutenção da vida aquática, entre outros. Para diversos usos existem padrões de qualidade especificados pela legislação, os quais podem ser descritos como o teor máximo de certa substância permitida na água. No âmbito nacional, tem-se, atualmente, a Resolução CONAMA 357/05 e alterações e, na esfera estadual, o Decreto 8.468/76 e alterações (SOUZA et. al., 2014; PORTO, 2012; VON SPERLING, 2005; MERTEN & MINELLA, 2002; BRASIL, 2005; SÃO PAULO, 1976).

A água, além de ser formada pelos elementos hidrogênio e oxigênio, também pode dissolver uma ampla variedade de substâncias, as quais, juntamente com as partículas em suspensão, são transportadas, mudando constantemente de posição e estabelecendo um caráter fortemente dinâmico para a questão da qualidade da água (FUNASA, 2014).

Sendo assim, a água reflete as condições ambientais da bacia hidrográfica, onde ocorrem os fenômenos que irão, em última escala, conferir à mesma suas características de qualidade. Deste modo, conhecer estas características é fundamental para permitir o conhecimento ecológico do sistema e para a detecção de alterações provenientes da atividade humana (SOUZA & GASTALDINI, 2014; FUNASA, 2014).

De acordo com Von Sperling (2005), FUNASA (2014), Porto (2012) e CETESB (2017) alguns dos parâmetros referentes à qualidade da água são os listados a seguir:

i. Matéria orgânica

A matéria orgânica é necessária aos seres heterótrofos para sua nutrição e aos autótrofos como fonte de sais e gás carbônico. Em grandes quantidades, contudo, é responsável pela redução da concentração de oxigênio na água, em decorrência do consumo deste pelos microrganismos para sua estabilização, o que pode induzir ao completo esgotamento deste composto em meio aquoso (anoxia), provocando o desaparecimento de formas de vida aquática, além da emissão de odores (sulfeto de hidrogênio) provenientes da decomposição da matéria orgânica em meio anaeróbio, que pode causar incômodos à população.

Geralmente, são utilizados dois indicadores indiretos da concentração de matéria orgânica na água, a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO).

A DBO representa a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia. Já a DQO é a quantidade de oxigênio necessária para a oxidação da matéria orgânica com o uso de um composto químico fortemente oxidante. Neste caso, além da matéria orgânica facilmente biodegradável, é decomposta sua fração recalcitrante. A relação entre os valores de DQO e DBO indica a parcela de matéria orgânica que pode ser estabilizada por via biológica. A concentração média da DBO em esgotos domésticos é da ordem de 300 mg/l.

Além dos dois parâmetros supracitados, o carbono orgânico total (COT) também pode ser utilizado para avaliar a concentração de matéria orgânica na água, uma vez que consiste de uma variedade de compostos orgânicos em diversos estados de oxidação, dos quais alguns podem ser oxidados por processos biológicos ou químicos. A análise de COT considera as parcelas biodegradáveis e não biodegradáveis da matéria orgânica, sendo um indicador útil do grau de poluição do curso d'água.

Jerônimo et al. (2012) compararam diversas técnicas analíticas para quantificação de constituintes orgânicos de efluentes industriais. Em seu trabalho, concluíram que o monitoramento da DBO nem sempre indica com propriedade a concentração orgânica, uma vez que este parâmetro pode ser afetado pela presença de inibidores biológicos. Em baixa concentração, a indicação da DBO apresentou erros experimentais da ordem de 30%. Os autores entenderam, ainda, que a análise da DQO é mais atrativa que da DBO devido à não necessidade de aclimação do meio. Entretanto, esta técnica pode não apresentar confiabilidade dependendo da concentração do efluente, em decorrência da necessidade de diluições. De todos os métodos utilizados, o COT é o mais preciso e seguro, com praticidade na interpretação dos resultados. Contudo, demanda alto investimento para aquisição do equipamento.

Em que pese o acima exposto, a legislação vigente prevê o uso do COT apenas para águas salinas e salobras. Deste modo, para águas doces, como o caso do ribeirão Anhumas, este parâmetro pode ser utilizado no suporte para a tomada de decisão. Para fins de monitoramento e fiscalização deve ser utilizado o parâmetro DBO.

ii. Fósforo

O fósforo é, devido a sua baixa disponibilidade em regiões tropicais, o nutriente mais importante para o crescimento de plantas aquáticas. Seu aparecimento em cursos d'água está associado ao lançamento de esgotos sanitários, em decorrência da utilização de detergentes, ao lançamento de efluentes de determinados processos industriais, e à agricultura, em decorrência do uso de fertilizantes e da dissolução de compostos do solo.

Pode ser encontrado em três formas diferentes, quais sejam: fosfatos orgânicos, ortofosfatos e polifosfatos. Por ser um dos principais nutrientes para os processos biológicos é elemento condicionante para o crescimento de algas e cianobactérias produtoras de toxinas no meio aquático. Quando em elevadas concentrações, contribui para o crescimento exagerado desses organismos.

Os esgotos sanitários no Brasil apresentam, tipicamente, concentração de fósforo total na faixa de 6 a 10 mgP/l, não sendo fator limitante para a utilização de sistemas de tratamento biológicos.

iii. Nitrogênio

O nitrogênio também é um dos mais importantes nutrientes para o crescimento de algas e macrófitas. Pode estar presente na água nas formas de amônia, nitrito, nitrato e nitrogênio molecular. A forma predominante deste composto pode indicar a distância da fonte de poluição, sendo que nitrogênio orgânico e/ou amoniacal está associado à poluição recente, enquanto que nitrato está associado a poluição remota.

As fontes de nitrogênio nas águas naturais são diversas. Destaca-se que as principais fontes antrópicas são provenientes da agricultura, devido ao uso de fertilizantes, de lançamentos industriais, de águas pluviais em áreas urbanas, e de esgotos domésticos.

Quando os compostos nitrogenados são despejados em cursos d'água em conjunto com o fósforo, além de outros nutrientes, provocam o enriquecimento do meio, tornando-o eutrofizado, o que contribui para o crescimento mais intenso de seres vivos que utilizam nutrientes, especialmente algas e cianobactérias.

iv. Oxigênio dissolvido (OD)

Trata-se de um dos parâmetros mais significativos para expressar a qualidade de um ambiente aquático, uma vez que o OD é essencial para os organismos aeróbios.

Em meio aquoso, o oxigênio é proveniente, principalmente, da atmosfera e do processo de fotossíntese. As reduções na concentração deste composto neste meio são decorrentes da decomposição da matéria orgânica, perdas para a atmosfera, respiração de organismos, nitrificação e oxidação de substâncias como íons metálicos (FIORUCCI & BENEDETTI FILHO, 2005). Destaca-se que a quantidade de oxigênio na água é influenciada por distintos fatores ambientais, como temperatura, pressão e salinidade.

É o principal parâmetro para caracterização dos efeitos da poluição das águas por despejos orgânicos e/ou nitrogenados, uma vez que a decomposição aeróbia destes é acompanhada pelo consumo e redução da concentração de OD na água.

De modo geral, águas sem intervenção antrópica apresentam concentrações de OD elevadas (superiores a 5 mg/l), chegando quase à saturação, enquanto que águas contaminadas com compostos orgânicos e/ou nitrogenados em excesso apresentam baixa concentração deste composto. Destaca-se, contudo, que na ocorrência de grande quantidade de algas e cianobactérias, a concentração de oxigênio no período diurno pode ser superior a 10 mg/l, caracterizando uma situação de supersaturação, enquanto que, no período noturno, devido à respiração destes seres, podem ocorrer períodos de anoxia. Ressalta-se, por fim, que o crescimento intensivo de macrófitas aquáticas pode impedir as trocas gasosas superficiais.

A análise deste parâmetro é fundamental especialmente quando se trata de corpos d'água para os quais a legislação não estabeleceu concentração limite de DBO, mas apenas de OD, como rios de classe 4.

v. pH

O potencial hidrogeniônico (pH) exerce influência em diversos equilíbrios químicos que ocorrem naturalmente, podendo contribuir para precipitação de elementos químicos tóxicos, como metais pesados, e auxiliar na solubilidade de nutrientes. Além disso, possui efeito direto sobre a fisiologia de diversas espécies de ecossistemas aquáticos, especialmente quando em valores distantes da neutralidade (pH 7). Diante desta influência, a legislação estabeleceu uma faixa de pH (6 a 9) visando a proteção à vida aquática .

vi. Condutividade

Condutividade é a expressão numérica da capacidade de conduzir corrente elétrica. É influenciada pelas concentrações iônicas, temperatura, quantidade de materiais dissolvidos, e indica a concentração de sais, podendo ser uma medida indireta da concentração de poluentes.

vii. Turbidez

O parâmetro turbidez representa o grau de interferência para a passagem da luz através da água devido à presença de sólidos em suspensão, seja de origem natural (areia, argila e silte, algas e microrganismos), ou antropogênica (efluentes domésticos e industriais). A erosão das margens dos rios, além da perda de solo devido à não utilização de práticas para sua conservação, são fenômenos que resultam em aumento da turbidez dos cursos d'água.

Em quantidades elevadas, a turbidez pode reduzir a penetração de luz na água, prejudicando a fotossíntese. Águas com turbidez igual a 500 uT são praticamente opacas. De modo geral, a turbidez pode influenciar nas comunidades biológicas aquáticas, afetando adversamente os usos múltiplos da água.

Além dos parâmetros supracitados, outros podem ser utilizados para avaliar a qualidade das águas, os quais podem ser físicos, químicos ou biológicos, como cor, quantidade de microorganismos (*Escherichia coli*), clorofila a, toxicidade, entre outros.

3.2.1. Poluição de curso d'água

O termo poluição pode ser utilizado quando há alteração da qualidade de um curso d'água devido a ações antrópicas, prejudicando os usos múltiplos deste recurso. O desenvolvimento urbano desordenado, devido especialmente ao lançamento de efluentes domésticos e industriais sem tratamento ou com tratamento insatisfatório diretamente nos cursos d'água é uma fonte importante de poluição das águas (PORTO, 2012).

Conforme legislação vigente, considera-se poluente toda e qualquer forma de matéria ou energia lançada nas águas que possam torná-las impróprias, nocivas ou prejudiciais à saúde, inconvenientes ao bem-estar público, danosas aos materiais, à fauna e à flora, prejudiciais à segurança, ao uso e gozo da propriedade, bem como às atividades normais da comunidade (SÃO PAULO, 1976).

Existem duas formas em que os poluentes podem atingir o curso d'água, a saber: pontual e difusa. Poluição pontual é quando os poluentes atingem o curso d'água de modo concentrado, como ocorre com lançamento de efluentes industriais ou domésticos - seja tratado em estações de tratamento de esgoto (ETE) ou *in natura*. No caso da poluição difusa, os contaminantes atingem o curso d'água ao longo de sua extensão. Algumas fontes deste tipo de poluição são: drenagem de águas pluviais, atividades agropecuárias, silvicultura, mineração, deposição atmosférica, entre outros. Há de se destacar, contudo, que não há como precisar a origem da poluição difusa, por não ser pontual, e seu controle deve incluir ações sobre a área geradora e não apenas sobre os efluentes (PORTO, 2012; VON SPERLING, 2005; SILVA, 2003). Conforme Silva (2003), as cargas difusas estão mais

associadas às atividades de uso do solo, e variam, em termos de magnitude, mais que as cargas pontuais, uma vez que dependem da intensidade da precipitação.

3.2.2. *Eutrofização de cursos d'água*

A eutrofização é caracterizada por elevadas concentrações de nutrientes no curso d'água, em especial fósforo e nitrogênio, os quais podem ser oriundos de atividades agrícolas e industriais e de efluentes domésticos sem tratamento adequado. Conjuntamente com outros fatores, como temperaturas elevadas, luz e condições estáveis da coluna d'água, a eutrofização favorece o aparecimento de florações, que são caracterizadas pelo crescimento intenso de algas e cianobactérias, as quais podem liberar toxinas, levando à alteração da qualidade das águas, acarretando prejuízos aos usos múltiplos destas, afetando seriamente o abastecimento público e os usos recreacionais de contato, e causando riscos à saúde (AGUJARO et al., 2011; BARRETO et al., 2013; CETESB, 2016).

Para Tundisi (2003), os principais efeitos da eutrofização são a anoxia, florescimento de algas e macrófitas, produção de toxinas por espécies de algas, deterioração de lagos e represas, restrição para pesca e atividades recreacionais, queda da biodiversidade, alteração da biota, diminuição da concentração de oxigênio nas camadas sub-superficiais, mortalidade de peixes, além de efeitos na saúde humana.

Para controle da eutrofização, deve-se investir na redução da quantidade de fósforo que é despejada nos cursos d'água, uma vez que a redução do aporte de nitrogênio é comprometida pela multiplicidade das fontes (esgotos domésticos, industriais e fertilizantes). Cabe destacar, contudo, que no Brasil a maior parte dos processos de tratamento ainda não contempla a remoção de nutrientes (CETESB, 2016; PORTO, 2012). Para Tundisi (2003), o controle da eutrofização depende de ações em toda bacia hidrográfica e nas fontes pontuais e difusas de descarga de nitrogênio e fósforo.

3.2.3. *Índices de qualidade*

Uma das principais vantagens do uso de índices de qualidade é a compilação dos dados de vários parâmetros em um único valor, o qual expressa a qualidade das águas em ótima, boa, regular, ruim e péssima considerando os usos preponderantes (ZAGATTO & ZAGATTO, 2014).

Os indicadores são essenciais para o processo decisório das políticas públicas e para o acompanhamento de seus resultados. Deste modo, é essencial a geração de indicadores e índices que tratem um número grande de informações, de forma sistemática e acessível, para os tomadores de decisão (CETESB, 2016).

Alguns dos índices adotados no Estado de São Paulo são (CETESB, 2016):

i. Índice de Qualidade das Águas (IQA)

Adotado desde 1975, o IQA representa a média de variáveis (coliformes fecais, pH, DBO, nitrogênio total, fósforo total, temperatura, turbidez, resíduo total, oxigênio dissolvido) em um único número, buscando refletir, principalmente, a contaminação dos corpos hídricos por esgotos domésticos. Foi desenvolvido para avaliar a qualidade das águas para fins de abastecimento público. Destaca-se, contudo, que, como qualquer índice, possui limitações, uma vez que não contempla todos os parâmetros físicos, químicos e biológicos que compõem um curso d'água ou podem alterar sua qualidade.

A Tabela 1 contempla as faixas de IQA adotadas e a classificação da qualidade das águas delas decorrente.

Tabela 1 – Classificação do IQA (Fonte: CETESB, 2017)

Categoria	Ponderação
Ótima	$79 < IQA < 100$
Boa	$51 < IQA \leq 79$
Regular	$36 < IQA \leq 51$
Ruim	$19 < IQA \leq 36$
Péssima	$IQA \leq 19$

ii. Índice do Estado Trófico (IET)

O IET tem por objetivo classificar os cursos d'água em função de seu grau de trofia, avaliando a qualidade da água com relação ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo de algas e cianobactérias. Para seu cálculo são utilizados como variáveis a concentração de fósforo total (P) e de clorofila a (CL).

Na Tabela 2 é apresentada a classificação do estado trófico para rios e na Tabela 3 a classificação para reservatórios.

Tabela 2 – Classificação do IET para rios (Fonte: CETESB, 2017)

Categoria	Ponderação	Fósforo total (mg/m³)	Clorofila a (mg/m³)
Ultraoligotrófico	$IET \leq 47$	$P \leq 13$	$CL \leq 0,74$
Oligotrófico	$47 < IET \leq 57$	$13 < P \leq 35$	$0,74 < CL \leq 1,31$
Mesotrófico	$52 < IET \leq 59$	$35 < P \leq 137$	$1,31 < CL \leq 2,96$
Eutrófico	$59 < IET \leq 63$	$137 < P \leq 296$	$2,96 < CL \leq 4,70$
Supereutrófico	$63 < IET \leq 67$	$296 < P \leq 640$	$4,70 < CL \leq 7,46$
Hipereutrófico	$IET > 67$	$640 < P$	$7,46 < CL$

Tabela 3 – Classificação do IET para reservatórios (Fonte: CETESB, 2017)

Categoria	Ponderação	Secchi – S (m)	Fósforo (mg/m³)	Clorofila a (mg/m³)
Ultraoligotrófico	$IET \leq 47$	$S \geq 2,4$	$P \leq 8$	$CL \leq 1,17$
Oligotrófico	$47 < IET \leq 57$	$2,4 > S \geq 1,7$	$8 < P \leq 19$	$1,17 < CL \leq 3,24$
Mesotrófico	$52 < IET \leq 59$	$1,7 > S \geq 1,1$	$19 < P \leq 52$	$3,24 < CL \leq 11,03$
Eutrófico	$59 < IET \leq 63$	$1,1 > S \geq 0,8$	$52 < P \leq 120$	$11,03 < CL \leq 30,55$
Supereutrófico	$63 < IET \leq 67$	$0,8 > S \geq 0,6$	$120 < P \leq 233$	$30,55 < CL \leq 69,05$
Hipereutrófico	$IET > 67$	$0,6 > S$	$233 < P$	$69,05 < CL$

iii. *Índices de Qualidade das Águas para Proteção da Vida Aquática e de Comunidades Aquáticas (IVA)*

O IVA, diferentemente do IQA, leva em consideração a presença e concentração de contaminantes químicos tóxicos, sua toxicidade, além do pH e oxigênio dissolvido, variáveis consideradas fundamentais para manutenção da biota. Este índice fornece informações sobre a qualidade da água em termos ecotoxicológicos e seu grau de trofia, uma vez que para seu cálculo é utilizado o IET, assim como o IPMCA – Índice de Variáveis Mínimas para a Preservação da Vida Aquática.

O IPMCA é composto por grupo de variáveis essenciais (oxigênio dissolvido, pH e toxicidade) e grupo de substâncias tóxicas (cobre, zinco, chumbo, cromo, mercúrio, níquel, cádmio, surfactantes).

A Tabela 4 contempla a classificação do IVA.

Tabela 4 – Classificação do IVA (Fonte: CETESB, 2017)

Categoria	Ponderação
Ótima	$IVA \leq 2,5$
Boa	$2,6 \leq IVA \leq 3,3$
Regular	$3,4 \leq IVA \leq 4,5$
Ruim	$4,6 \leq IVA \leq 6,7$
Péssima	$6,8 \leq IVA$

O IVA é monitorado para corpos d'água que tem como função, determinada em legislação, a proteção das comunidades aquáticas (CETESB, 2017).

3.3. Legislação

3.3.1. Política Nacional de Recursos Hídricos

A Lei Federal 9.433 de 1.997 instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) (BRASIL, 1997). Nesta, são estabelecidos os seguintes fundamentos:

Art. 1º A Política Nacional de Recursos Hídricos baseia-se 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 a dessedentação de animais;

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 de Recursos Hídricos;

VI - a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

Na PNRH, o recurso hídrico é reconhecido e dotado de valor econômico, privilegia-se o uso múltiplo das águas e é estabelecida a bacia hidrográfica como unidade de gestão.

Os usos múltiplos da água incluem, dentre outros, a irrigação, utilização doméstica e industrial, navegação, recreação, turismo, pesca, aquicultura, dessedentação de animais, mineração e geração de energia. Estes usos podem ser consuntivos, quando a quantidade de água devolvida ao curso d'água é menor que a retirada, como no caso de abastecimento público, agricultura, pecuária, processos industriais; ou não consuntivo, como navegação, geração de energia, recreação e aquicultura (PORTO, 2012; TUNDISI, 2003).

Destaca-se que os vários usos da água e a permanente necessidade desta em decorrência do crescimento populacional, demandas industriais e agrícolas geram permanente pressão sobre os recursos hídricos e dificuldades para sua gestão, sendo fundamental, conforme previsto na legislação, a garantia a todos os usuários de água em quantidade e com qualidade para possibilitar os diversos usos (TUNDISI, 2003; BRASIL, 1997).

Conforme John & Marcondes (2010), não é possível gerenciar demandas pelo uso da água sem considerar toda a bacia hidrográfica, uma vez que é necessário conhecer as questões provenientes de montante e as transferidas para jusante. Não é possível trabalhar como se cada município ou zona urbanizada fosse um organismo isolado, sem comunicação com os vizinhos. A gestão da água deve ser dinâmica.

Segundo Porto (2012), é necessário, ainda, que a análise dos empreendimentos objeto de licenciamento seja realizada de maneira articulada, o que não ocorre atualmente. Da maneira proposta, haveria maximização de ganhos ambientais, com a verificação da necessidade de adaptação dos projetos às realidades locais, especialmente em termos de demanda por recursos hídricos, além de maior efetividade na mitigação de efeitos ambientais negativos.

Alguns instrumentos estabelecidos pela PNRH para sua efetivação são os planos de recursos hídricos, o enquadramento dos corpos d'água em classes, segundo os usos preponderantes, a outorga, a cobrança pelo uso, entre outros.

3.3.2. Classificação e enquadramento de cursos d'água

Conforme disposto na Resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005), classificação é a qualificação das águas em função de seus usos preponderantes, atuais e futuros. Nesta resolução as águas doces foram divididas em cinco classes, a saber:

- Classe especial: destinadas ao abastecimento humano com desinfecção, preservação do equilíbrio das comunidades aquáticas, preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação;

- Classe 1: destinadas ao abastecimento para consumo humano, com tratamento simplificado, proteção das comunidades aquáticas, recreação de contato primário, irrigação de hortaliças consumidas cruas e frutas ingeridas cruas, com película, que se desenvolvam rente ao solo;
- Classe 2: destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional, proteção das comunidades aquáticas, recreação de contato primário, irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e locais que o público possa ter contato direto, aquicultura e pesca;
- Classe 3: destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado, irrigação de culturas arbóreas, cereais e forrageiras, pesca amadora, recreação de contato secundário, dessedentação de animais;
- Classe 4: destinadas à navegação e à harmonia paisagística.

Com relação à legislação estadual, no Decreto 8.468/76 (SÃO PAULO, 1976) e alterações foi estabelecida a classificação das águas de acordo com os usos preponderantes em:

- Classe 1 – destinadas ao abastecimento doméstico, sem tratamento prévio ou apenas com desinfecção;
- Classe 2 – destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, irrigação de hortaliças e frutíferas, além da recreação de contato primário;
- Classe 3 – destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, preservação da fauna e flora e dessedentação de animais;
- Classe 4 – destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento avançado, navegação, harmonia paisagística, abastecimento industrial, irrigação e a usos menos exigentes.

Conforme pode ser observado, a proteção das comunidades aquáticas não está prevista como uso preponderante para os cursos d'água de classe 4.

Destaca-se que quando há diferenças entre a legislação estadual e federal, entende-se que deve ser sempre adotado o padrão mais restritivo.

O enquadramento é o estabelecimento de meta ou objetivo de qualidade da água a ser, obrigatoriamente, alcançado e/ou mantido em um segmento de curso d'água ao longo do tempo, conforme usos preponderantes e pretendidos (BRASIL, 2005).

Refere-se às metas finais a serem alcançadas, podendo ser fixadas metas intermediárias progressivas, obrigatórias, visando seu atendimento, devendo ser baseado nos níveis de qualidade que os corpos hídricos deveriam possuir, não se restringindo à sua situação atual (BRASIL, 2005).

A classificação das águas é essencial para a defesa de seus níveis de qualidade, avaliados por condições e padrões específicos, de modo a assegurar seus usos preponderantes (BRASIL, 2005).

A PNRH (BRASIL, 1997) corrobora com o acima exposto, ao determinar que o enquadramento dos cursos d'água, conforme usos preponderantes, visa a:

- I - assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas;
- II - diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes.

Destaca-se, deste modo, que o enquadramento de um curso d'água em determinada classe ocorre em função do uso que se pretende dar para água, devendo-se sempre assegurar os usos mais exigentes, além da manutenção do nível de qualidade ao longo do tempo. Trata-se, ainda, de uma meta a ser atingida. Sendo assim, os dados de qualidade atuais dos corpos hídricos podem não atender às respectivas classes estabelecidas, sendo necessária a adoção de ações e metas de controle da poluição, seja para fontes pontuais ou difusas, no sentido de promover a adequação dos cursos d'água em sua respectiva classe (CETESB, 2016; SOUZA et. al., 2014; PORTO, 2012).

O ribeirão Anhumas foi enquadrado como classe 4, em conformidade com o Decreto 10.755 de 1977 (SÃO PAULO, 1977), que dispõe sobre o enquadramento dos corpos de água receptores na classificação prevista no Decreto 8.468/76 e suas alterações. A Figura 3 contempla a classificação dos rios da bacia PCJ, com destaque para o ribeirão Anhumas.

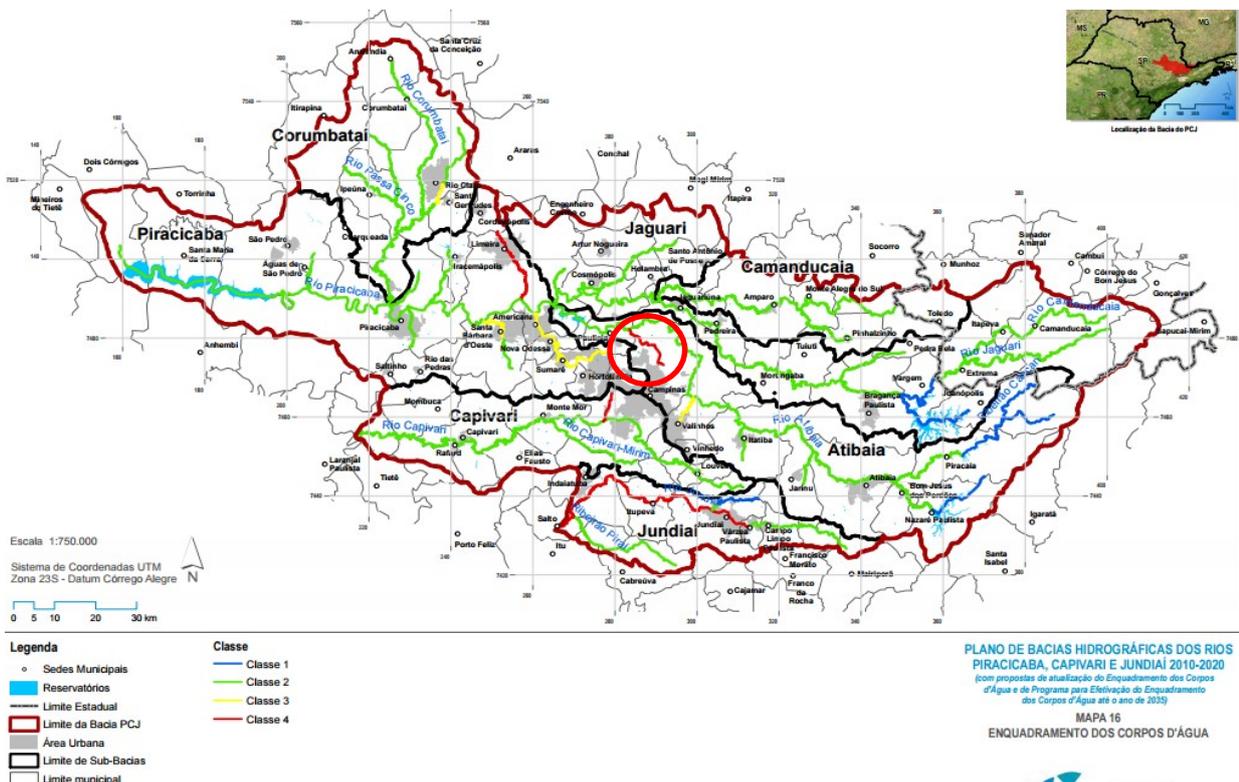


Figura 3 – Classificação dos rios da bacia PCJ (Fonte: COBRAPE, 2010).

Os padrões de qualidade para cursos d'água classe 4 constantes da legislação vigente foram elencados na Tabela 5.

Tabela 5– Padrões de qualidade para águas doces de classe 4

Parâmetro	Padrão	
	Resolução CONAMA 357/05	Decreto 8.468/76 e alterações
Materias flutuantes	Virtualmente ausentes	Virtualmente ausentes
Odor e aspecto	Não objetáveis	Não objetáveis
Óleos e graxas	Iridiscências toleradas	n.a. (não se aplica)
Fenóis totais (mg/l)	< 1	< 1
Oxigênio dissolvido (mg/l)	> 2	> 0,5
pH	6 a 9	n.a.

Para fins de comparação, alguns dos padrões de qualidade para águas doces de classe 3 constantes da legislação vigente foram elencados na Tabela 6.

Tabela 6 – Padrões de qualidade para águas doces de classe 3

Parâmetro	Padrão	
	Resolução CONAMA 357/05	Decreto 8.468/76 e alterações
Materiais flutuantes	Virtualmente ausentes	Virtualmente ausentes
Substâncias que conferem gosto ou odor	Virtualmente ausentes	Virtualmente ausentes
Óleos e graxas	Virtualmente ausentes	Virtualmente ausentes
Coliformes termotolerantes (NMP/100 ml)*	1000	4000
DBO _{5,20} (mg/l)	< 10	< 10
Oxigênio dissolvido (mg/l)	> 4	>4
Turbidez (uT)	< 100	n.a.
Cor verdadeira (mgPt/l)	75	n.a.
pH	6 a 9	n.a.
Alumínio dissolvido (mg/l)	0,2	n.a.
Arsênio total (mg/l)	0,033	0,1
Fenóis totais (mg/l)	0,01	0,001
Fósforo total (ambiente lêntico) (mg/L)	0,05	n.a.
Fósforo total (ambiente intermediário e tributários diretos de lênticos) (mg/l)	0,075	n.a.
Fósforo total (ambiente lótico e tributários de intermediários) (mg/l)	0,15	n.a.
Nitrato (mg/l)	10	10
Nitrito (mg/l)	1	1
Nitrogênio amoniacal total (mg/l)	13,3 para pH ≤ 7,5 5,6 para 7,5 < pH ≤ 8,0 2,2 para 8,0 < pH ≤ 8,5 1,0 para pH > 8,5	n.a.
Sulfato total (mg/l)	250	n.a.
Sulfeto (mg/l)	0,3	n.a.

n.a. – não se aplica

Conforme pode ser observado, para cursos d'água de classe 3 a legislação determina concentrações máximas de fósforo diferenciadas dependendo de seu regime de escoamento (lêntico, intermediário, tributário de lêntico ou lótico). Ambientes lóticos referem-

se às águas continentais moventes, enquanto que ambientes lênticos referem-se à água com movimento lento ou estagnado (lagos, lagoas, reservatórios, entre outros) (BRASIL, 2005). Em função de suas características mais estáveis, o processo de autodepuração em ambientes lênticos é dificultado, havendo, ainda, acúmulo de nutrientes, o que favorece o aparecimento de florações de algas e cianobactérias.

Como pode ser observado, os padrões para águas doces de classe 3, assim como seus usos preponderantes são mais restritivos que os que se referem à classe 4. Ressalta-se, ainda, que o nível de oxigênio dissolvido definido para a classe 4, qual seja 2 mg/l, não garante a manutenção dos organismos aquáticos, uma vez que, para tal, são necessários teores mínimos de 2 a 5 mg/l, dependendo da exigência de cada organismo. Para a sobrevivência da maioria das espécies piscícolas a concentração de oxigênio mínima necessária é de 4 mg/l (FUNASA, 2014).

3.3.3. Padrões de lançamento

Os padrões de lançamento fixam as condições de emissão de efluentes em corpos hídricos de quaisquer classes (CETESB, 2016). Entretanto, não garantem, necessariamente, a qualidade do curso d'água (SILVA, 2004).

Estes padrões foram estabelecidos pelo Decreto Estadual 8468/76 e suas alterações (SÃO PAULO, 1976) e pela Resolução CONAMA 430/2011 (BRASIL, 2011). Destaca-se que esta última abarcou padrões diferenciados para lançamento de esgoto sanitário tratado e efluente industrial em cursos d'água, sendo que, para o tratamento de esgotos sanitários não é exigível o padrão de lançamento referente ao nitrogênio amoniacal.

A Tabela 7 contempla alguns dos padrões de lançamento de efluentes, conforme a legislação vigente.

Tabela 7 – Padrões de lançamento

Parâmetro	Padrão		
	Res. CONAMA 430/11 (industrial)	Res. CONAMA 430/11 (sanitário)	Decreto 8.468/76 e alterações
pH	5 a 9	5 a 9	5 a 9
Temperatura (°C)	< 40	< 40	< 40
Materiais sedimentáveis (ml/L)	1	1	1
Óleos e graxas (mg/L)	Minerais: 20 Vegetais e gorduras animais: 50	100	100
DBO _{5,20}	Remoção superior a 60%	120 mg/L ou remoção superior a 60%	60 mg/L ou remoção superior a 80%
Arsênio (mg/L)	0,5	n.a.	0,2
Nitrogênio amoniacal total (mg/L)	20	Não exigível	n.a.
Sulfeto (mg/L)	1	n.a.	n.a.

n.a. – não se aplica

3.4. Plano de bacias PCJ

O plano de bacias é um dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos. Trata-se de um relatório de planejamento, visando orientar o uso, recuperação, proteção e conservação dos recursos hídricos. Deve ser elaborado por bacia hidrográfica nos âmbitos nacional, estadual e federal, devendo ser aprovado pelos Conselhos Nacional e Estadual de Recursos Hídricos e pelo Comitê de Bacias (BRASIL, 1997; CONSÓRCIO PCJ, 2016).

Com relação à bacia do PCJ, foi elaborado Plano de Bacias Hidrográficas para o período de 2010 a 2020 pela empresa COBRAPE, o qual se encontra atualmente em revisão para abranger até o ano de 2035, com previsão de finalização dos trabalhos para o final de 2018 (Agência das Bacias PCJ, 2017a). Em seu relatório final (COBRAPE, 2010) foram elaborados cenários para o crescimento da região e para as cargas aportadas aos cursos d'água, além de proposta de atualização do enquadramento do rio Jundiá e programas para efetivação do enquadramento dos cursos d'água da bacia até o ano de 2035.

Segundo este relatório, o rio Atibaia apresenta uma condição de qualidade de rio classe 4 em trecho crítico situado à montante do reservatório de Salto Grande e à jusante do município de Paulínia, ou seja, a jusante da foz do ribeirão Anhumas. Ainda, verificou-se que em toda extensão do reservatório Salto Grande a qualidade das águas está comprometida, o que prejudica seu potencial recreacional.

A Figura 4 contempla o cenário inicial utilizado para a elaboração do plano de bacias, indicando a qualidade que os corpos d'água apresentavam em 2008. Verifica-se que o ribeirão Anhumas não atendia, à época, os padrões referentes à classe 4.

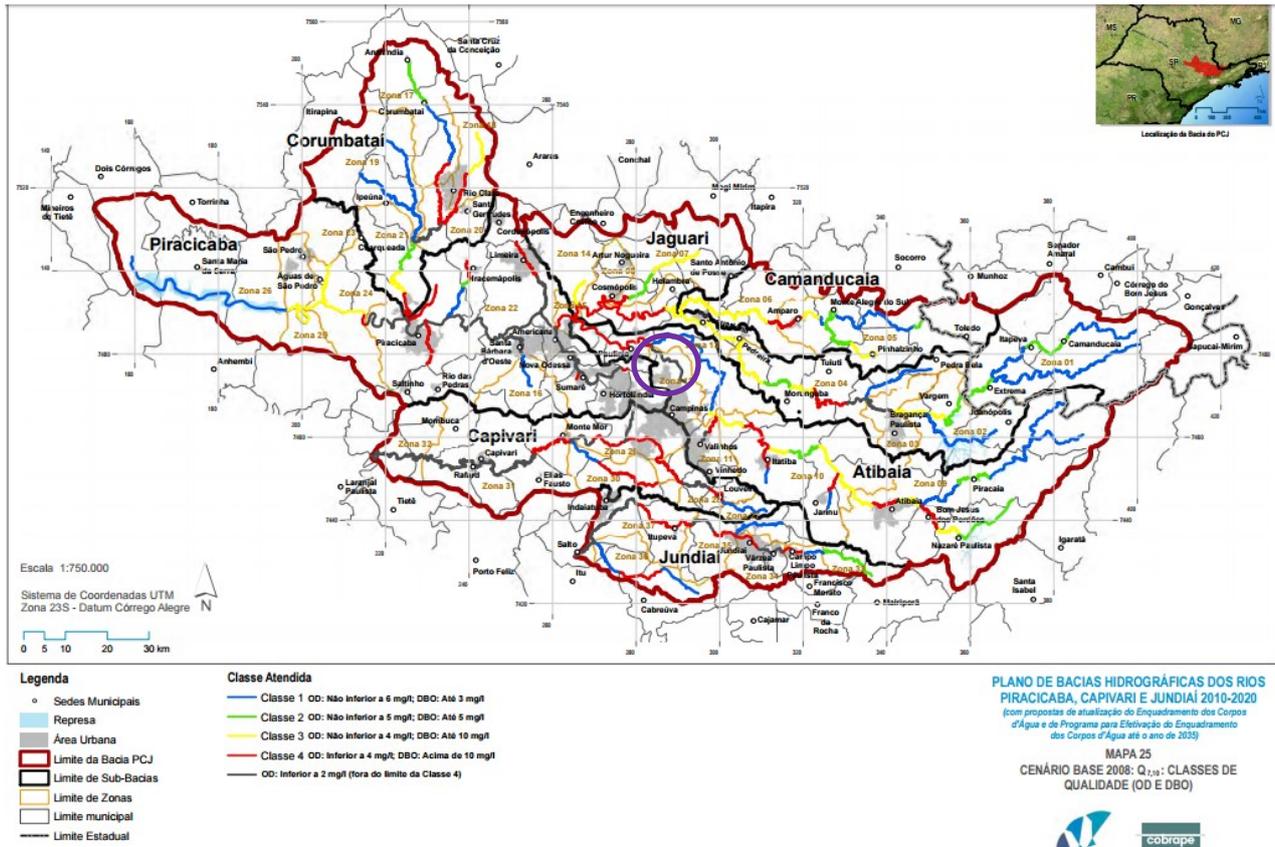


Figura 4 – Condição dos rios da bacia PCJ em 2008 (Fonte: COBRAPE, 2010).

O relatório destaca, ainda, que todos os corpos d'água que compõem a bacia PCJ estão em região com elevada densidade populacional e se encontram em elevado grau de eutrofização, devido à carga de fósforo incidente decorrente, em parte, do lançamento de esgotos domésticos. Deste modo, o tratamento de esgoto é fundamental, devendo ser considerada a implantação de tratamentos avançados na região, uma vez que os tratamentos primário e secundário das estações de tratamento existentes possuem baixa eficiência na remoção de nutrientes. Neste plano foram definidas algumas metas de reenquadramento, além de metas para enquadramento dos cursos d'água que, conforme pode ser verificado na Figura 5, estão com qualidade aquém da necessária para atendimento a suas classes.

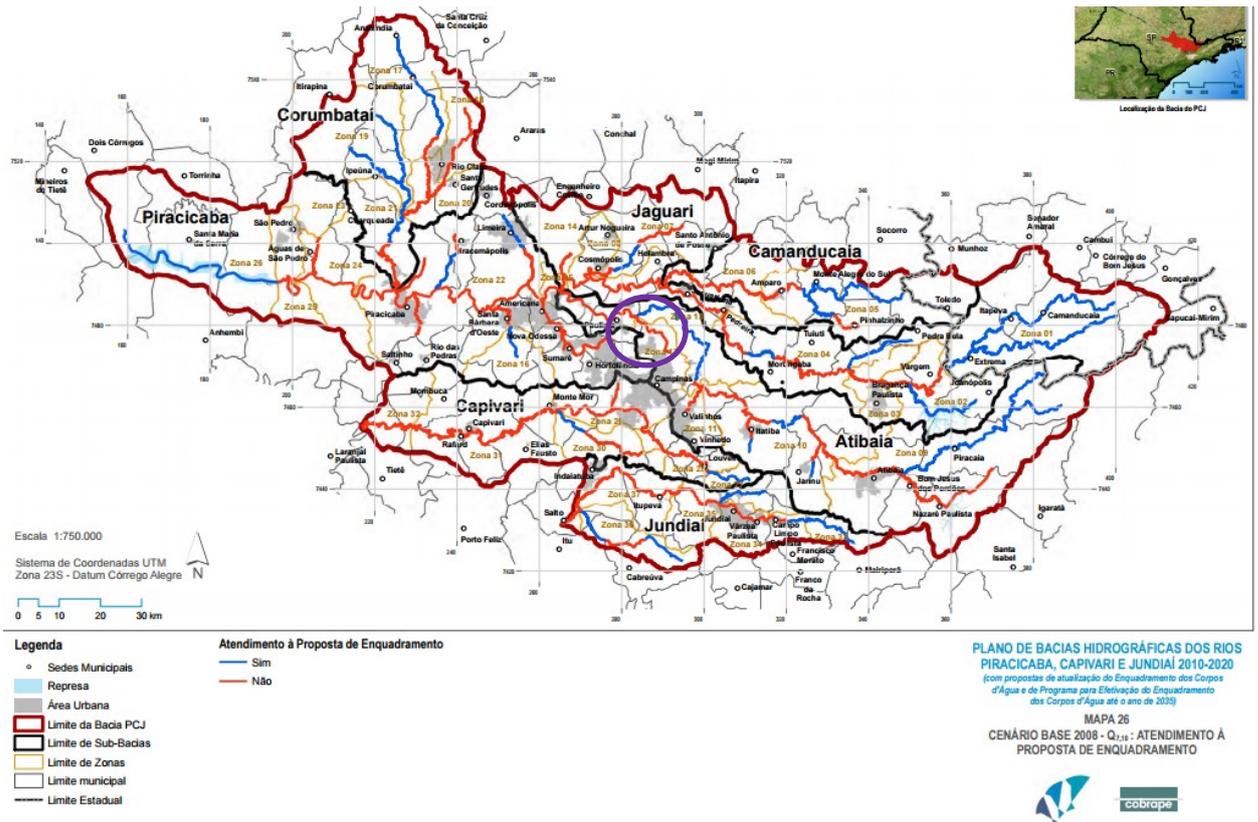


Figura 5- Atendimento à proposta de enquadramento em 2008 (Fonte: COBRAPE, 2010).

No plano de bacias consta mapa contendo proposta inicial de reenquadramento de acordo com os usos preponderantes (Figura 6) no qual o ribeirão Anhumas figura como classe 3. Contudo, na proposta final aprovada foi previsto apenas a revisão do enquadramento de trecho do rio Jundiá, não havendo mais previsão de reenquadramento do ribeirão em estudo (Figura 7). Na proposta aprovada foram definidas metas de enquadramento para todos os corpos d'água da bacia, definindo-se os investimentos necessários, cenário possível e desejável para 2020 (Figura 8 e 9), além de cargas metas para trechos dos corpos d'água da bacia.

No caso do ribeirão Anhumas, o plano de bacias considera que o mesmo se manterá enquadrado como classe 4, atendendo aos padrões de qualidade desta classe.

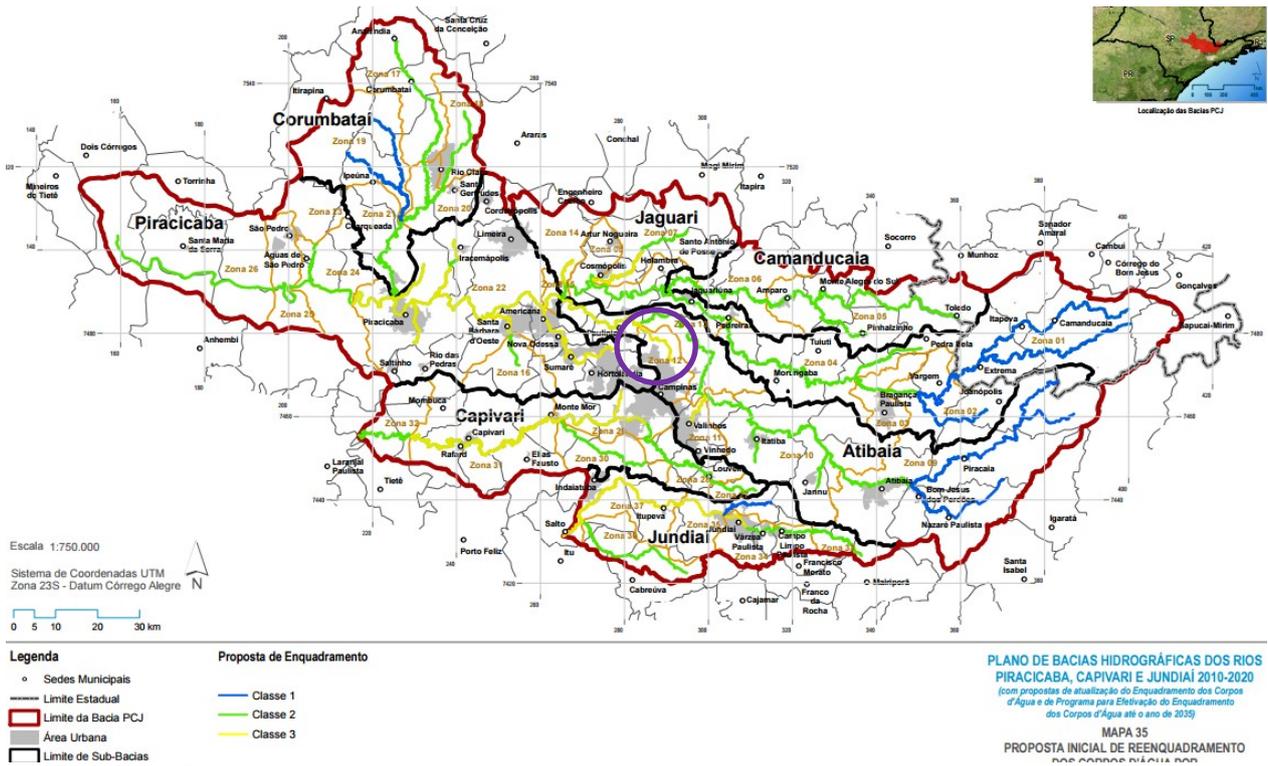


Figura 6 - Proposta inicial de reenquadramento dos corpos d'água considerando usos preponderantes (Fonte: COBRAPE, 2010).

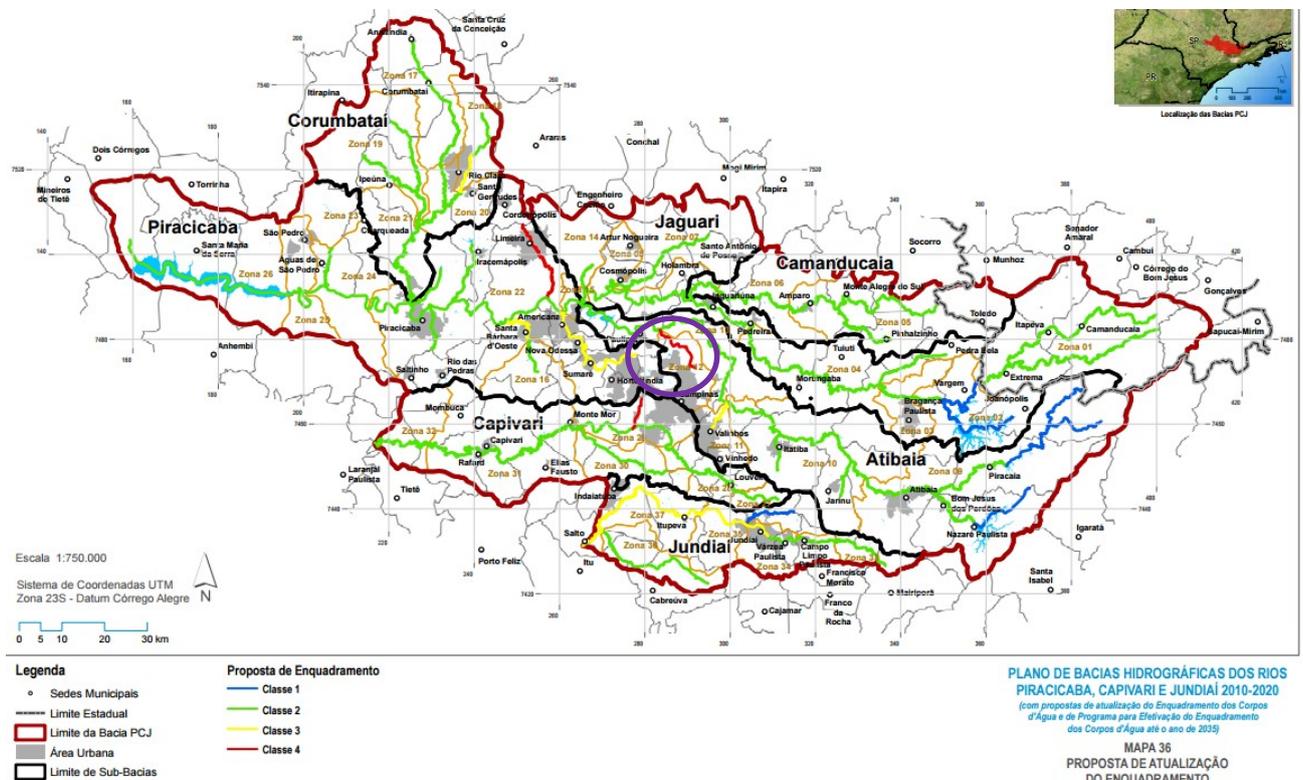


Figura 7 - Proposta final de atualização do enquadramento dos corpos d'água (Fonte: COBRAPE, 2010).

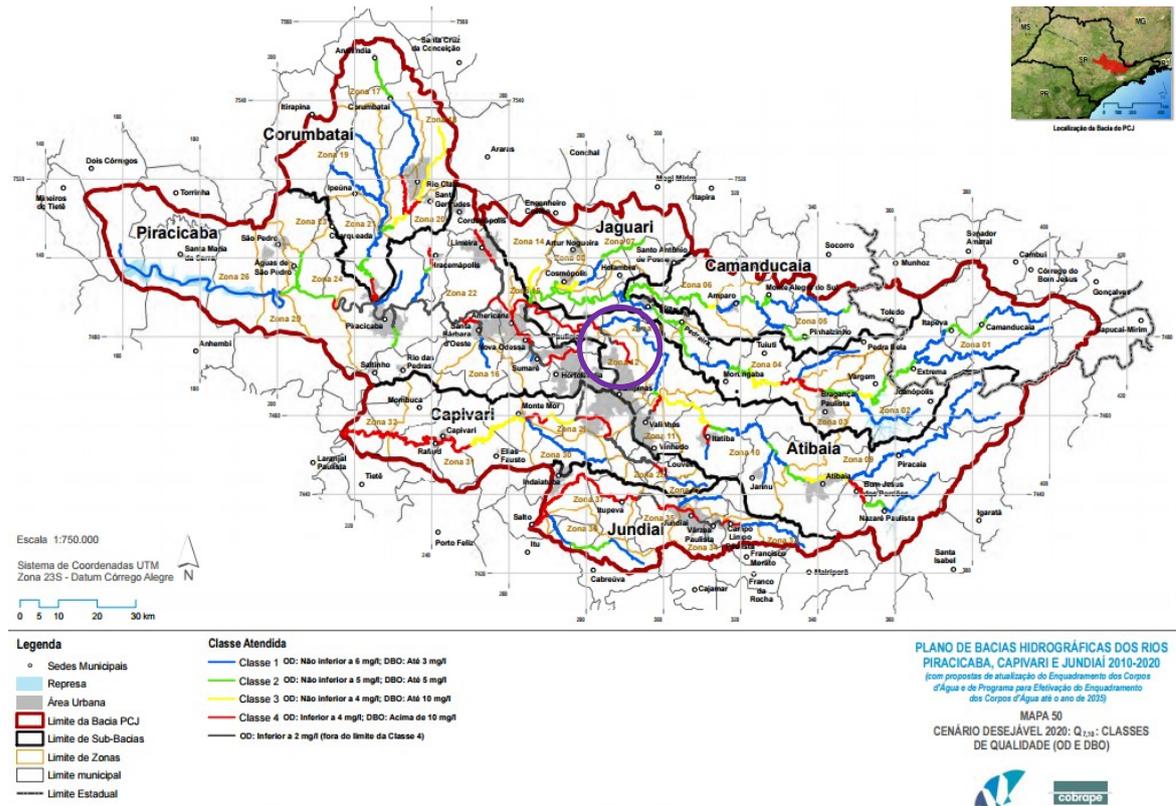


Figura 8 - Cenário desejável para 2020 (Fonte: COBRAPE, 2010).

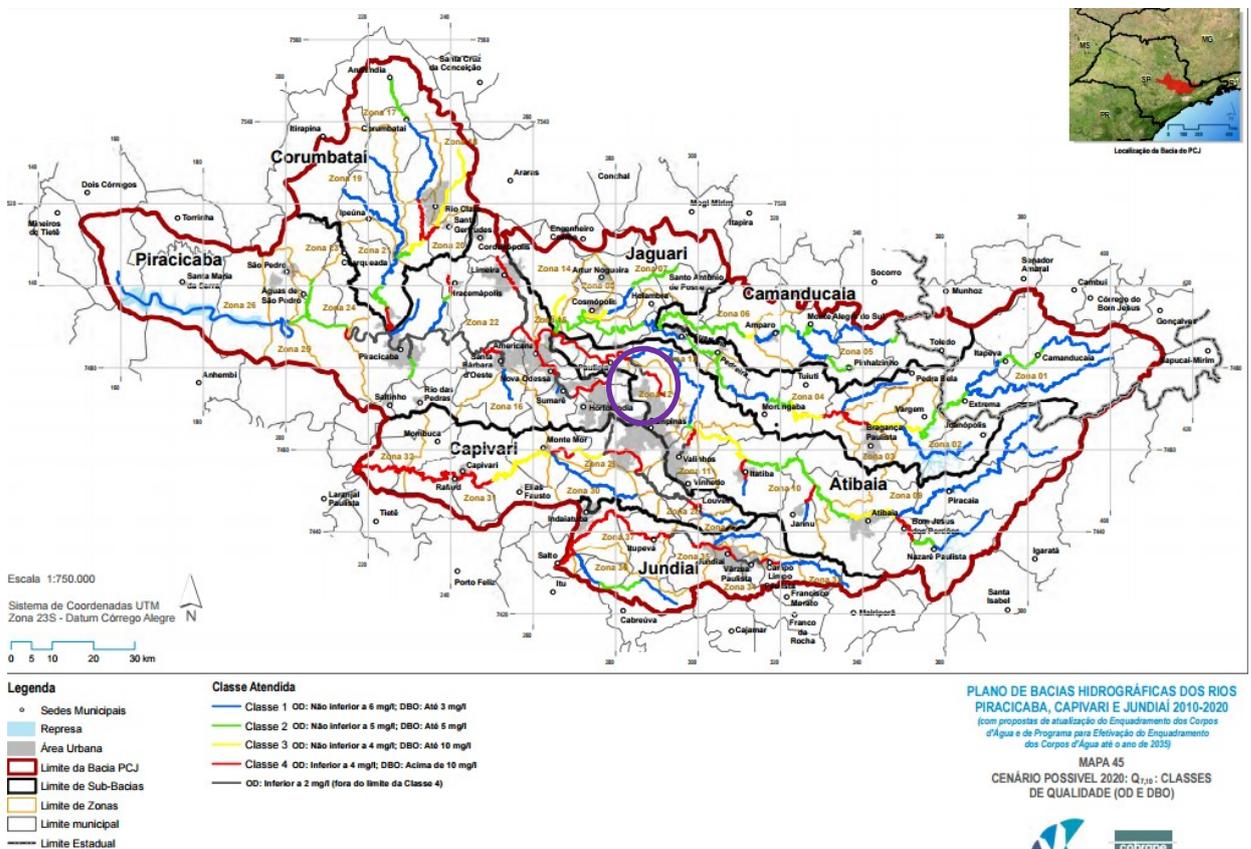


Figura 9 - Cenário possível para 2020 (Fonte: COBRAPE, 2010).

O documento prevê, ainda, que no caso de trechos de rio classificados como classe 4 situados à montante de classe mais restritiva, como ocorre no caso do ribeirão Anhumas, a carga remanescente (carga meta) advinda da área de classe 4 não deve inviabilizar o atendimento ao enquadramento legal dos trechos de uso mais restritivo.

Em 2017, a RASA – Consultoria e Assessoria em Irrigação, Recursos Hídricos e Ambiente (RASA, 2017), devido a contrato firmado com a Fundação Agência das Águas das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, elaborou estudo de monitoramento e acompanhamento das metas do Plano de Bacias, nas ações relativas ao esgotamento sanitário, referente ao ano de 2015. Foi elaborado novo mapa informativo (Figura 10) dos corpos d'água, onde constam os trechos em que os mesmos atendem à meta de enquadramento.

Neste estudo, conforme pode ser verificado, o ribeirão Anhumas não estava atendendo à meta de adequação ao enquadramento.

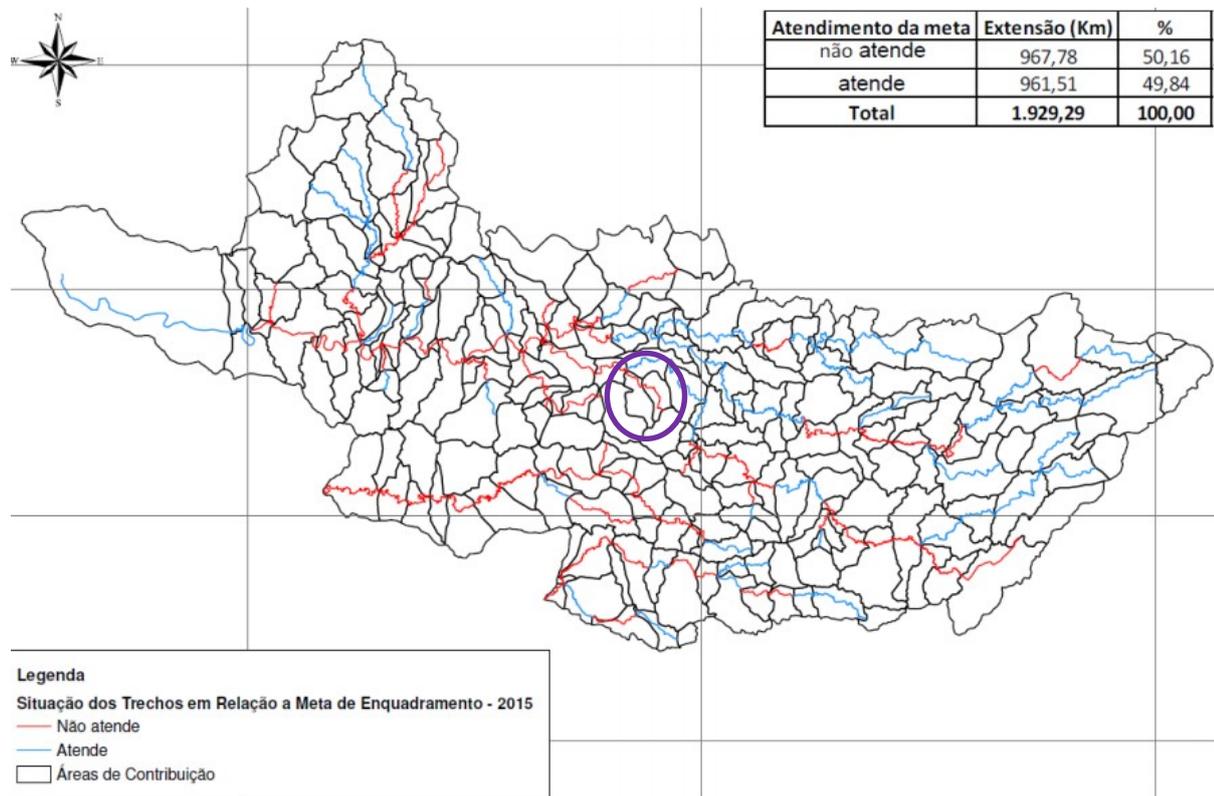


Figura 10 - Atendimento à proposta de enquadramento em 2015 (Fonte: RASA, 2017).

3.5. Importância do reenquadramento – Estudo de Caso: reenquadramento do rio Jundiaí

A despoluição do rio Jundiaí teve início em 1982, quando foi criado o Comitê de Estudos e Recuperação do Rio Jundiaí (CERJU), reunindo as cidades da bacia do rio Jundiaí. O rio, que tem 128 km de extensão, nasce em Mairiporã e percorre as cidades de

Campo Limpo Paulista, Várzea Paulista, Jundiaí, Itupeva, Indaiatuba e Salto, desembocando no Rio Tietê (Agência das Bacias PCJ, 2017).

Destaca-se que o plano de bacias do PCJ incluiu como meta a alteração do enquadramento do rio Jundiaí, de classe 4 para classe 3, no trecho situado a partir da confluência do córrego Pinheirinho até sua foz no rio Tietê devido à necessidade de atendimento das demandas referentes ao abastecimento público na região.

Conforme consta do Relatório de Gestão das Bacias PCJ, devido à crise hídrica de 2014, optou-se pelo encaminhamento de proposta de reenquadramento de parte do rio Jundiaí ao Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CHR), no trecho compreendido entre a foz do ribeirão São José e a foz do córrego Barnabé, de classe 4 para classe 3, em decorrência de solicitação da Prefeitura Municipal de Indaiatuba. Após estudos sobre a qualidade da água deste rio elaborados pela CETESB, com finalidade de abastecimento público, a proposta foi aprovada pelos Comitês PCJ (Deliberação dos Comitês PCJ 206, de 08.08.2014) (COMITÊS PCJ, 2014) e referendada pelo CRH por meio da Deliberação CRH 162, de 09.07.2014 (SÃO PAULO, 2014).

A alteração da classe de qualidade do rio Jundiaí, nos trechos entre a foz do córrego Pinheirinho, em Várzea Paulista, até a confluência com o ribeirão São José, em Itupeva a jusante da cidade; e da foz do córrego Barnabé, em Indaiatuba, até a foz do rio Jundiaí no rio Tietê, em Salto, de classe 4 para classe 3, foi aprovada pela Deliberação dos Comitês PCJ 261/16, de 16.12.2016 (COMITÊS PCJ, 2016), e referendada pela Deliberação CRH 202, de 24.04.2017 (SÃO PAULO, 2017). Deste modo, o reenquadramento do rio Jundiaí proposto no plano de bacias foi efetivado.

A alteração do enquadramento do rio Jundiaí foi possível devido à coleta e tratamento dos esgotos sanitários gerados nos municípios e ao aumento da eficiência do tratamento dos efluentes industriais da região, e permitiu a captação de água para fins de abastecimento nos municípios de Várzea Paulista e Indaiatuba. Destaca-se que o rio Jundiaí é um dos primeiros rios de São Paulo a ser considerado tecnicamente modificado (Agência das Bacias PCJ, 2017).

Com a alteração do enquadramento, outros municípios podem vir a realizar a captação no rio Jundiaí para fins de abastecimento doméstico e industrial.

3.6. Plano municipal de saneamento básico

A Lei Federal 11.445, de 05 de janeiro de 2007, definiu saneamento básico como o conjunto de serviços, infraestruturas e atividades relacionados ao abastecimento de água potável; esgotamento sanitário (coleta, transporte, tratamento e disposição final); limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos urbanos (lixo doméstico e originário da varrição de

logradouros e vias públicas) até seu destino final; drenagem e manejo das águas pluviais urbanas (BRASIL, 2007).

Nela, foi instituída a necessidade de elaboração do plano de saneamento básico no âmbito municipal, o qual deve conter o diagnóstico da situação do saneamento básico no município e seus impactos nas condições de vida da população, metas de curto, médio e longo prazos para universalização dos serviços prestados, considerando soluções graduais e progressivas, além de ações para seu atendimento. Há necessidade de compatibilização com os planos das bacias hidrográficas em que estiverem inseridos (BRASIL, 2007).

A elaboração e execução do plano é fundamental para melhoria da qualidade de água da bacia, uma vez que prevê a destinação adequada dos esgotos sanitários e dos resíduos sólidos, além de melhorias na drenagem.

Considerando que a área da bacia hidrográfica do ribeirão Anhumas encontra-se, quase em sua totalidade, inserida em Campinas, o plano de saneamento deste município é essencial para manutenção e/ou melhoria de sua qualidade, sendo de fundamental importância sua implementação.

O plano de saneamento básico de Campinas foi instituído por meio do Decreto Municipal 18.199, de 19.12.2013 (CAMPINAS, 2013a), sendo composto por 4 (quatro) documentos, a saber: Produto 1 - diagnóstico, caracterização e análise crítica (CAMPINAS, 2013b); Produto 2 - prognósticos, objetivos e metas (CAMPINAS, 2013c); Produto 3 – programas e ações (CAMPINAS, 2013d); Produto 4 – relatório final (CAMPINAS, 2013e).

Conforme consta do Produto 1 (CAMPINAS, 2013b), o município de Campinas tem a hidrografia destacada na Figura 11.

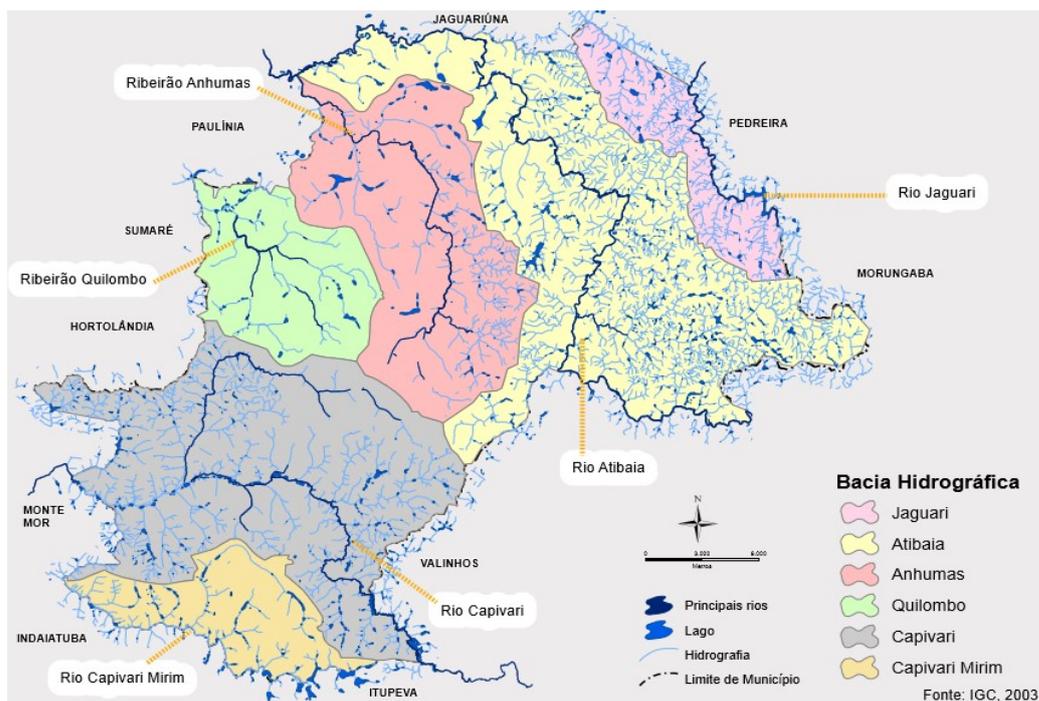


Figura 11 - Hidrografia do município de Campinas (Fonte: Campinas, 2013b).

Possui 14 (catorze) sistemas de esgotamento, sendo 06 inseridos na bacia do rio Atibaia, conforme pode ser observado na Figura 12. Destes, os sistemas de esgotamento Anhumas, Alphaville e Barão Geraldo encontram-se total ou parcialmente na área de drenagem do ribeirão Anhumas.

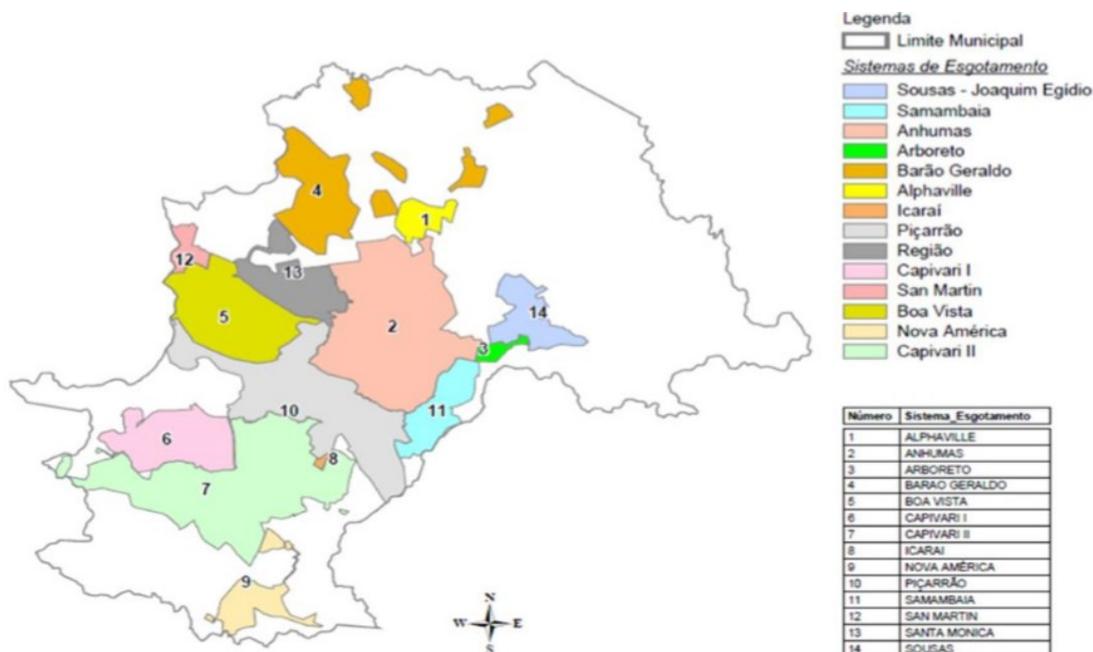


Figura 12 - Sistemas de esgotamento de Campinas (Fonte: Campinas, 2013d).

Conforme o plano de bacias municipal (Campinas, 2013b), a ETE Anhumas foi construída na margem direita do ribeirão Anhumas e se encontra em operação desde 2007, com lançamento do esgoto tratado nesse curso d'água. O processo de tratamento adotado consiste na combinação de reator anaeróbico e flotação, para uma vazão média de 1.200 l/s. Em 2013, estavam sendo interligadas ao sistema de esgotamento Anhumas as regiões de Santa Cândida e Moscou.

A ETE Alphaville encontra-se em operação desde 2.004, atendendo aos loteamentos Alphaville e Mirian Moreira da Costa, além de áreas vizinhas. Possui capacidade de tratar uma vazão média de 23 l/s, com lançamento no ribeirão Anhumas (CAMPINAS, 2013b).

Em 2013, o setor Barão Geraldo estava parcialmente implantado, com a 1ª etapa da ETE Barão Geraldo em funcionamento desde 2008, com capacidade de tratamento de 240 l/s, com lançamento do efluente tratado no ribeirão Anhumas (CAMPINAS, 2013b).

Conforme Campinas (2013c), a Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento S/A (SANASA), responsável pelos serviços de distribuição de água, coleta e tratamento de esgoto do município de Campinas, possui como meta realizar a universalização da coleta e tratamento de todo o esgoto gerado no município até o ano de 2022.

A Figura 13 apresenta o sistema de esgotamento Anhumas e a Figura 14, o sistema Barão Geraldo, ambas enumerando os bairros sem rede coletora em 2013.

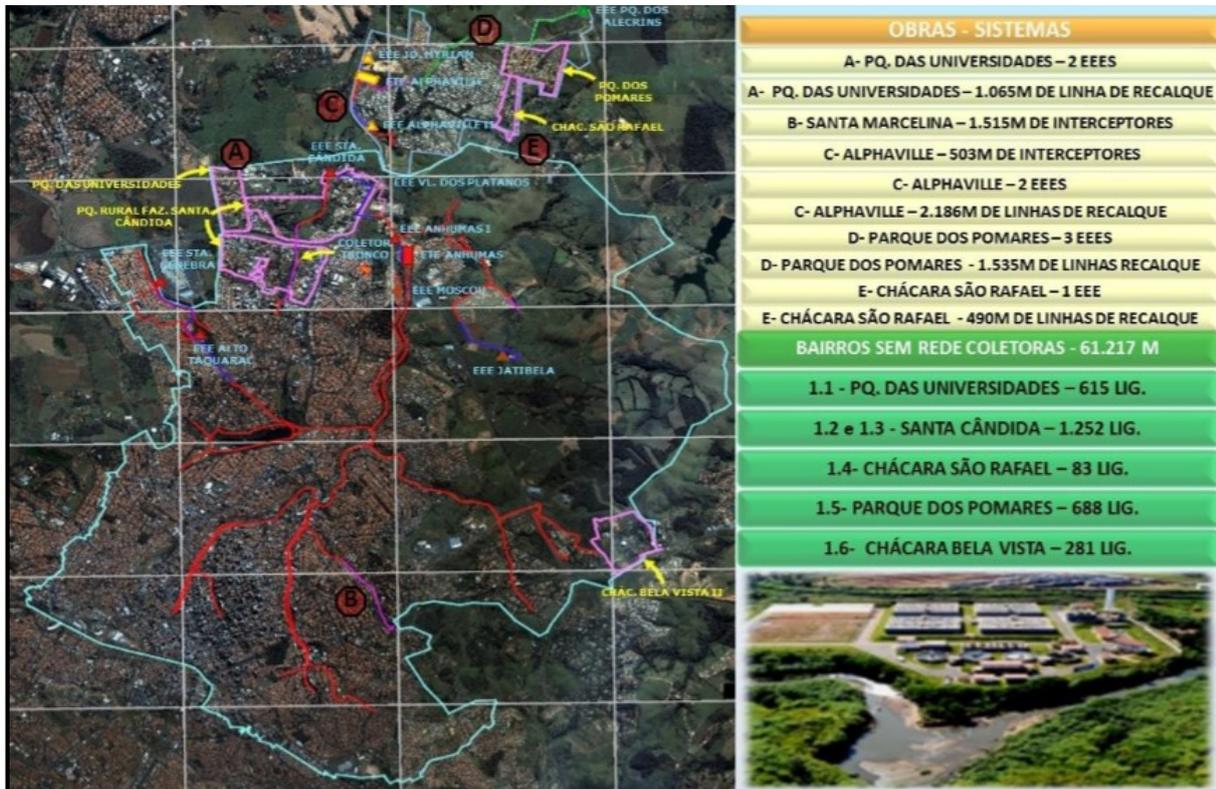


Figura 13 - Sistema de esgotamento Anhumas em 2013 (Fonte: Campinas, 2013d)

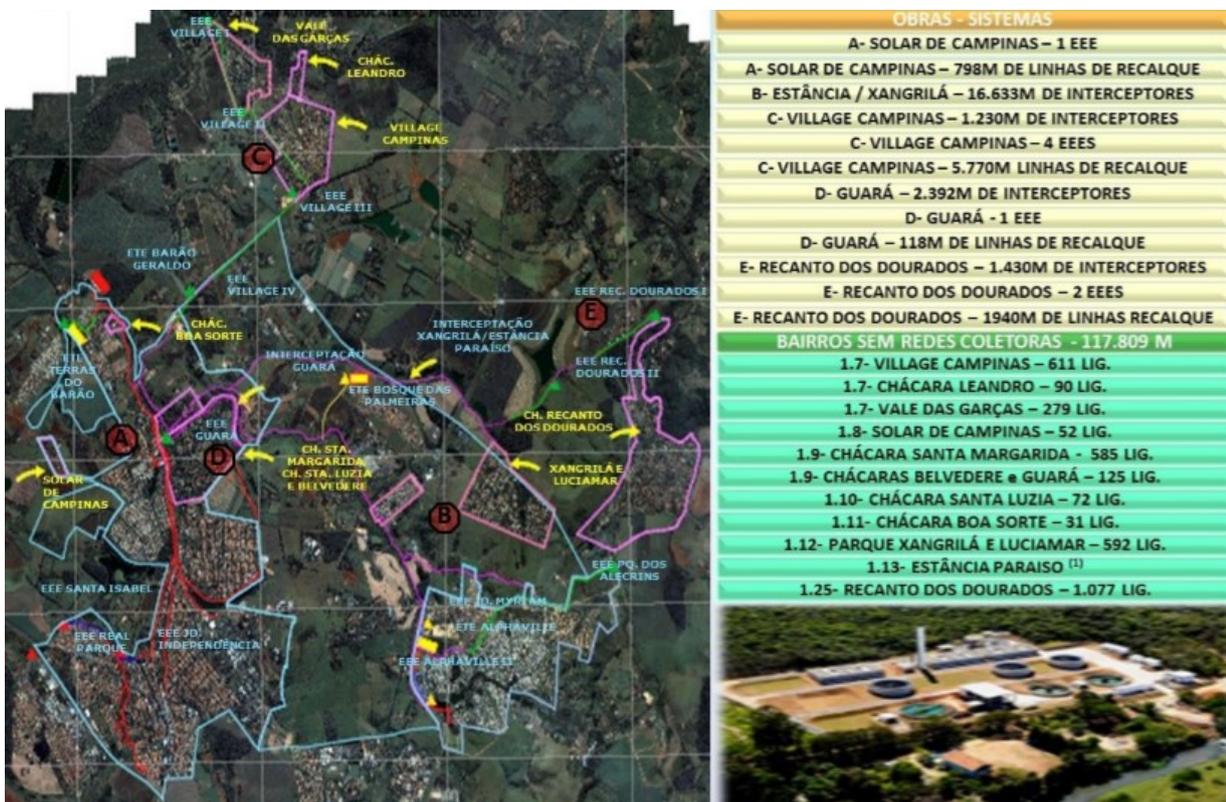


Figura 14 - Sistema de esgotamento Barão Geraldo em 2013 (Fonte: Campinas, 2013d)

3.7. Relatórios de Qualidade de Água da CETESB

A CETESB avalia a qualidade das águas superficiais do Estado de São Paulo por meio de duas redes de monitoramento: a de águas doces, iniciada em 1974, e a de águas salinas e salobras, operacionalizada em 2010 (CETESB, 2016).

Conforme Porto (2012), o monitoramento pode ser descrito como o acompanhamento de determinadas características de um sistema, por meio de medição de vazões e coleta de amostras para análise, fornecendo informações para subsidiar a tomada de decisões na bacia hidrográfica.

Destaca-se que, conforme legislação vigente (SÃO PAULO, 2009) são atribuições da CETESB, entre outras, a execução do monitoramento ambiental, em especial da qualidade dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos e a realização de análises necessárias ao exercício das atividades de licenciamento, fiscalização e monitoramento ambiental.

Além de atender à sua atribuição legal, os objetivos do monitoramento realizado pela CETESB são: diagnosticar e avaliar temporalmente a qualidade das águas superficiais do Estado, especialmente as que são utilizadas para abastecimento; identificar áreas prioritárias para estabelecimento de ações de controle da poluição; subsidiar a elaboração de planos de bacia e de situação dos corpos d'água, além da implementação da política nacional de saneamento básico e colaborar para o planejamento ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2017).

Este trabalho, em decorrência da utilização das informações disponibilizadas pela CETESB, da realização da avaliação histórica dos dados e sua correlação com as principais políticas públicas implementadas na bacia e com o processo de ocupação urbana, pode se constituir em importante ferramenta para o planejamento hídrico da bacia hidrográfica do ribeirão Anhumas, a ser utilizada por gestores na elaboração de ações visando a melhoria da qualidade dos recursos hídricos das bacias do PCJ.

4. METODOLOGIA DA PESQUISA

4.1. Área de Estudo

A área objeto deste estudo é a bacia hidrográfica do ribeirão Anhumas, a qual possui 150 km² e está localizada entre as coordenadas 22°52' e 22°43' S, e 47°06' e 46° O. Sua delimitação encontra-se representada na Figura 15.

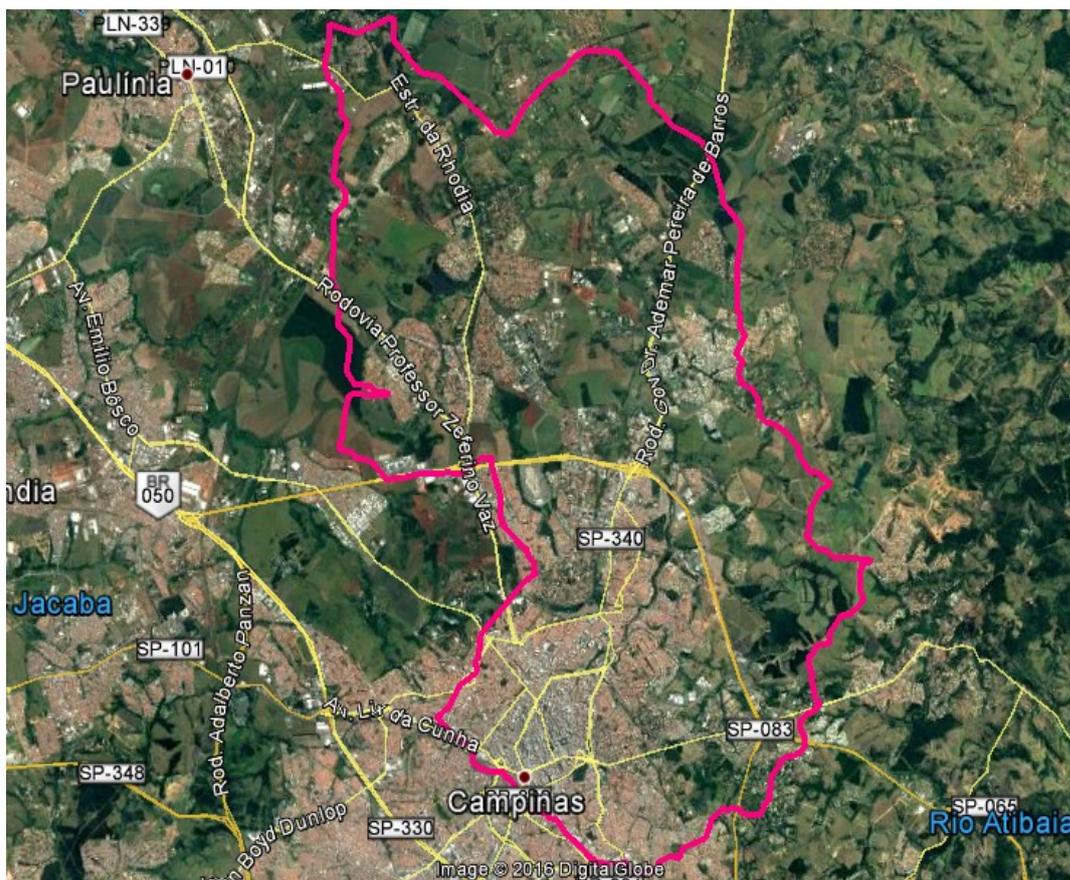


Figura 15 – Bacia hidrográfica do ribeirão Anhumas (Fonte: Google Earth e Datageo)

Esta delimitação foi elaborada utilizando como base os dados disponíveis na plataforma DATAGEO da Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo (<http://datageo.ambiente.sp.gov.br/>) e o programa Google Earth.

4.2. Levantamento de dados: relatórios de qualidade de água da CETESB

Foram levantados os dados secundários referentes aos parâmetros DBO, OD, nitrogênio amoniacal, nitrato, fósforo total, pH, condutividade, turbidez, ICTEM (Índice de Coleta e Tratabilidade de Esgotos da População Urbana de Municípios), IQA, IVA, publicados nos Relatórios de Qualidade de Águas Superficiais no Estado de São Paulo

elaborados pela CETESB, entre os anos de 2006 e 2016 (CETESB, 2007 a 2017), os quais também se encontram disponibilizados no Sistema de Informação Infoáguas da CETESB (INFOAGUAS) (<https://servicos.cetesb.sp.gov.br/infoaguas/>) e no Sistema de Suporte à Decisão das Bacias PCJ (SSD-PCJ) (<http://ssdpcj.labsid.eng.br/>), plataformas estas que foram utilizadas como apoio a este estudo.

O ponto da rede básica de monitoramento da CETESB utilizado neste estudo possui a denominação NUMA04900 e se encontra na foz do ribeirão Anhumas, no município de Paulínia, nas coordenadas 22°45'56" S e 47°06'00" W.

Os dados de qualidade de água levantados referentes a este ponto foram tabelados e comparados dentro de sua série histórica, visando avaliar tendências, e com a legislação vigente referente à qualidade da água dos corpos hídricos de classe 3 e 4. Foi calculada a porcentagem anual de conformidade com o padrão de classe 3 para cada parâmetro monitorado no ribeirão Anhumas para fins comparativos.

4.3. Levantamento de dados: fontes de poluição da bacia

Além da rede básica de monitoramento, da qual o ponto NUMA 04900 é parte integrante, a CETESB realiza amostragens e análises, periodicamente, dos efluentes brutos e tratados de estações de tratamento de esgotos (ETEs) e de pontos à montante e jusante de seus lançamentos em cursos d'água.

Foram, deste modo, obtidos e tabelados os dados disponibilizados na CETESB, referentes às ETEs municipais que realizam o lançamento de esgoto tratado na bacia hidrográfica do ribeirão Anhumas, a montante do ponto NUMA 04900, a saber:

- ETE Anhumas, localizada à Estrada Municipal Francisco João Perissionoto, s/n^o, Parque Imperador, Campinas/SP.
- ETE Alphaville, localizada à Rua Evandro Batista Vieira, s/n^o, Alphaville Campinas, Campinas/SP.
- ETE Barão Geraldo, localizada à Rua Fonte das Flores, s/n^o, Gleba J, Barão Geraldo, Campinas/SP.

Na Figura 16 são apresentadas as localizações espaciais do ponto NUMA 04900 e das ETEs supracitadas.

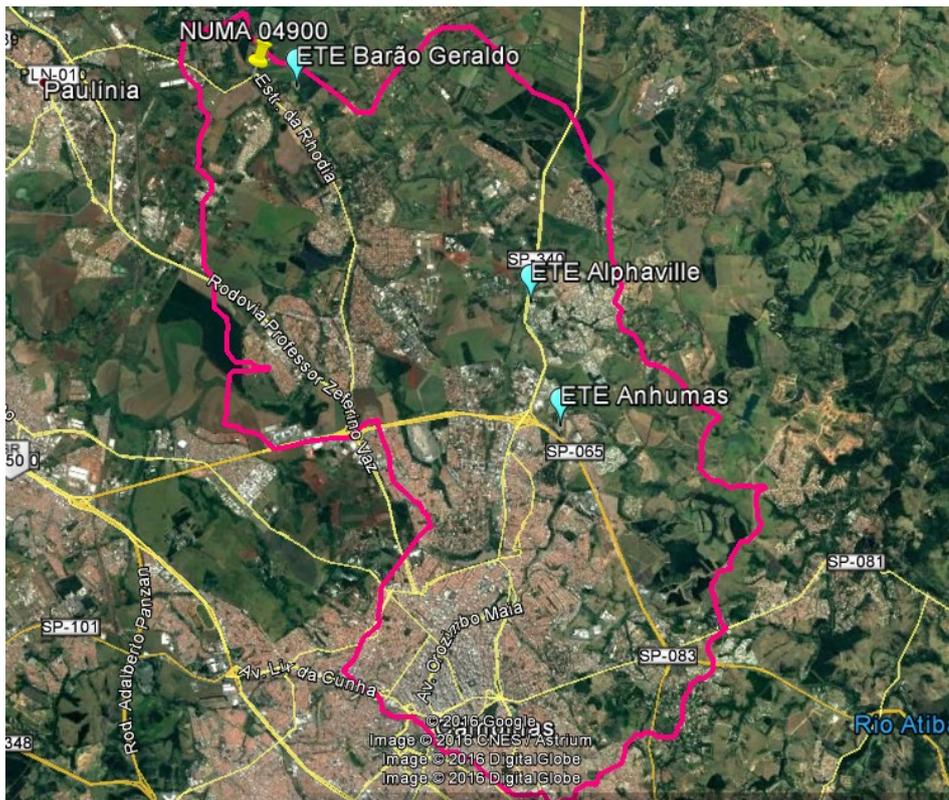


Figura 16 – Localização espacial do ponto NUMA 04900 e das ETEs com lançamento no rib. Anhumas (Fonte: Google Earth e CETESB - adaptado pela autora)

Considerando as informações disponibilizadas pela CETESB, a bacia do ribeirão Anhumas não possui contribuições industriais significativas com potencial de alteração da qualidade dos corpos hídricos, motivo pelo qual este trabalho focará apenas nas contribuições de origem sanitária, especialmente nas estações de tratamento de esgoto (ETEs) municipais.

4.4. Levantamento de dados: fatores de influência

4.4.1. Ocupação da bacia e crescimento populacional

Após delimitada a bacia hidrográfica do ribeirão Anhumas foram utilizadas imagens aéreas históricas do programa Google Earth, dos anos de 2006 e 2009 a 2016, para traçar o perímetro ocupado pela população visando avaliar o crescimento da área ocupada no período abrangido por este estudo. Destaca-se que não se encontram disponíveis no programa utilizadas imagens aéreas referentes aos anos de 2007 e 2008.

Os dados referentes ao crescimento populacional do município de Campinas, considerando a população total e urbana, foram obtidos junto à página eletrônica da Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE) – Portal de Estatísticas do Estado de São Paulo.

4.4.2. Pluviosidade

Foram levantados, junto à página eletrônica do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) (<http://www.hidrologia.daee.sp.gov.br/>), os postos pluviométricos incidentes na área da bacia hidrográfica do ribeirão Anhumas visando a obtenção de dados referentes à pluviosidade mensal, anual e histórica nesta bacia. Os dados destes postos foram comparados, sendo selecionado o posto D4-046 - “Fazenda Monte d’Este” do DAEE, situado nas coordenadas 22°46’49” e 47°02’17” (Figura 17), devido ao fato de possuir a maior consistência de dados para o período objeto deste estudo (2006 a 2016).

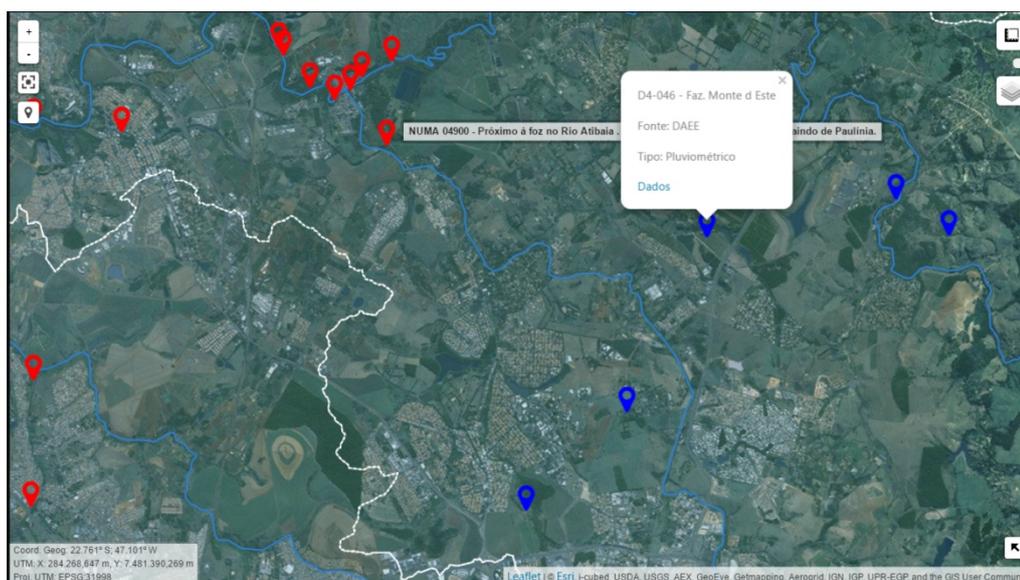


Figura 17 – Localização do posto D4-046 do DAEE em relação ao ribeirão Anhumas e ao posto NUMA 04900 (Fonte: SSD PCJ)

Destaca-se que o conhecimento da pluviosidade anual, e de sua variação entre os períodos de estiagem e cheia, são fundamentais para elucidação de tendências de alguns dos parâmetros objeto de análise neste trabalho. Os períodos de estiagem e cheia podem influenciar de maneira significativa a qualidade dos corpos hídricos, seja pela concentração de cargas em função da diminuição da vazão em períodos de seca, ou pela diluição das mesmas ou intensificação dos processos de arraste de poluentes em períodos chuvosos.

4.4.3. Outros fatores

Levantou-se dados bibliográficos e documentais disponibilizados por instituições como a CETESB, SANASA, Prefeitura Municipal de Campinas e Comitê de Bacias PCJ, além de outras fontes, validamente publicados ou disponibilizados em páginas institucionais, visando a identificação de outros possíveis fatores de influência na qualidade das águas, entre os quais se destacam alterações no uso do solo ao longo da década, como a instalação de novos bairros (regulares ou não), ETEs, redes coletoras, entre outros.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Evolução do uso e ocupação do solo

A população urbana do município de Campinas tem aumentado nos últimos anos, em uma taxa média de crescimento de 1,06% ao ano, conforme pode ser verificado na Figura 18. Os dados levantados junto ao SEADE podem ser consultados no Anexo A deste trabalho.

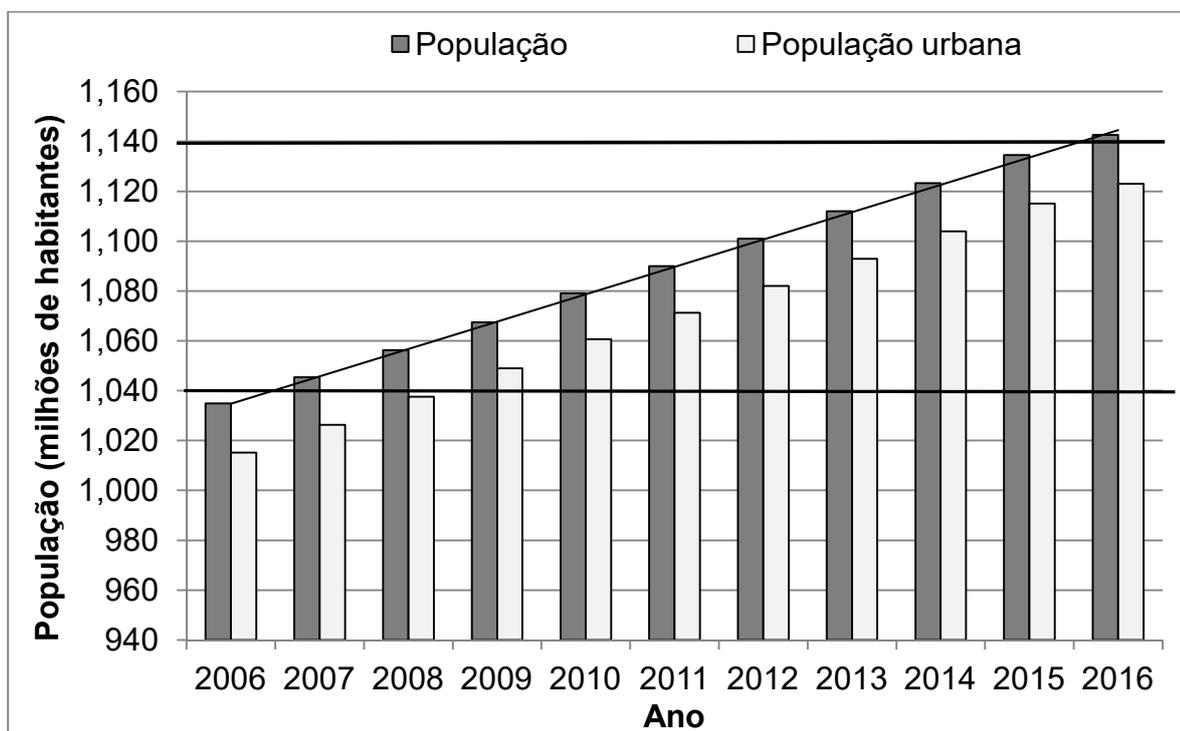


Figura 18 – População de Campinas (Fonte: SEADE)

Destaca-se que nas fontes pesquisadas não foram encontrados dados específicos sobre o crescimento populacional na região da bacia hidrográfica do ribeirão Anhumas.

As Figuras 19 a 27 apresentam a ocupação na bacia, considerando apenas os aglomerados. A Figura 28 apresenta a sobreposição entre as ocupações observadas em 2006 e 2016. Em análise das imagens apresentadas, verifica-se que não houve grande expansão da área ocupada pela população na bacia hidrográfica do ribeirão Anhumas durante o período estudado.



Figura 19 – Ocupação em 2006

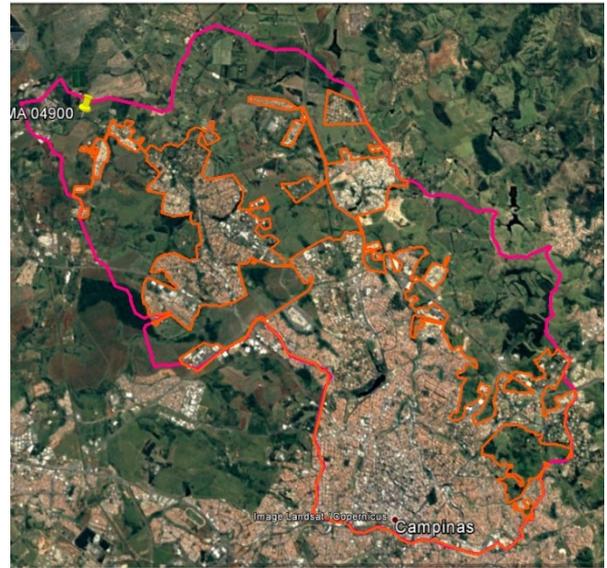


Figura 20 – Ocupação em 2009

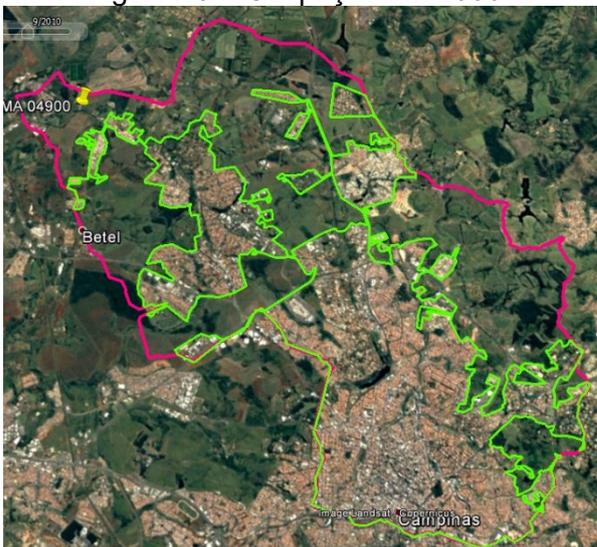


Figura 21 – Ocupação em 2010

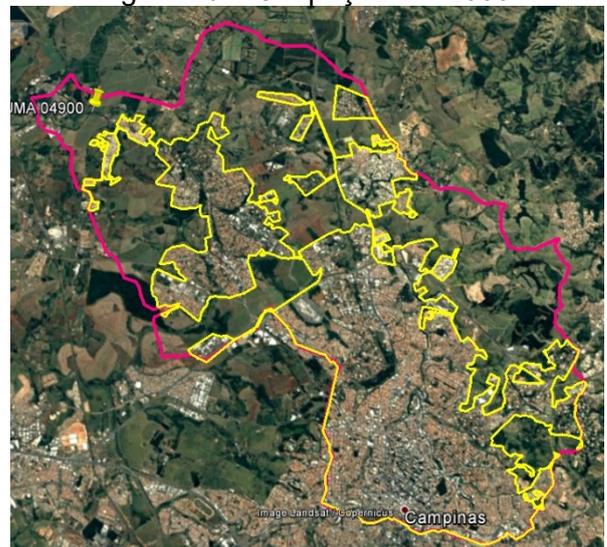


Figura 22 – Ocupação em 2011

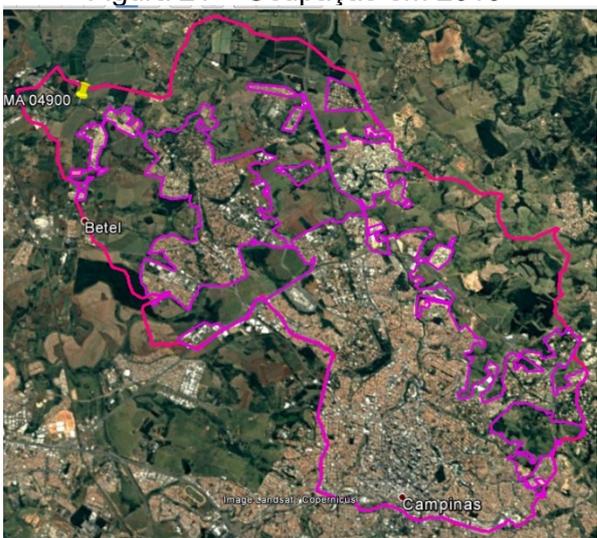


Figura 23 – Ocupação em 2012

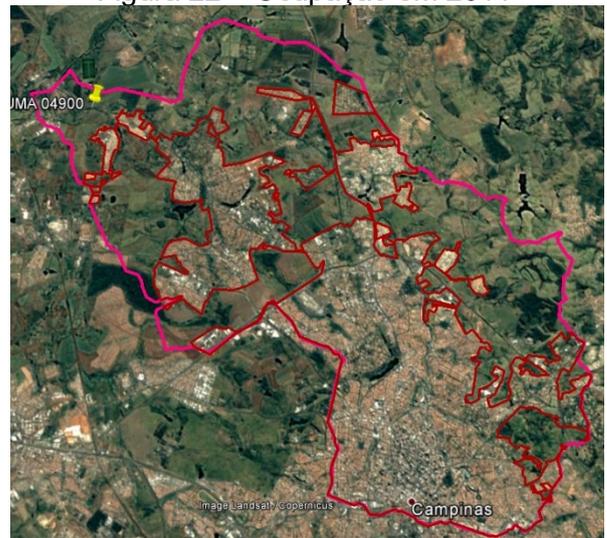


Figura 24 – Ocupação em 2013

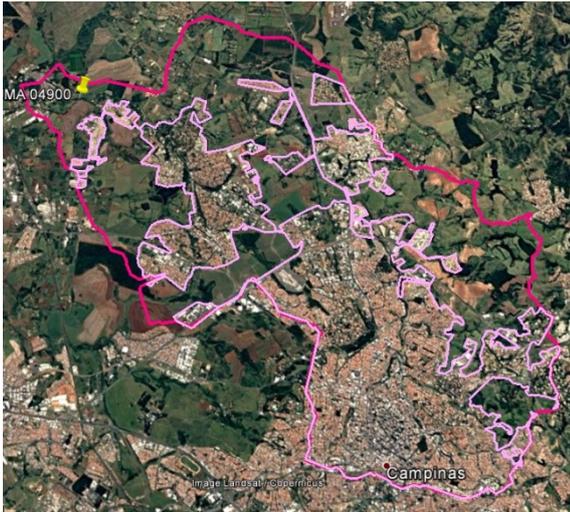


Figura 25 – Ocupação em 2014

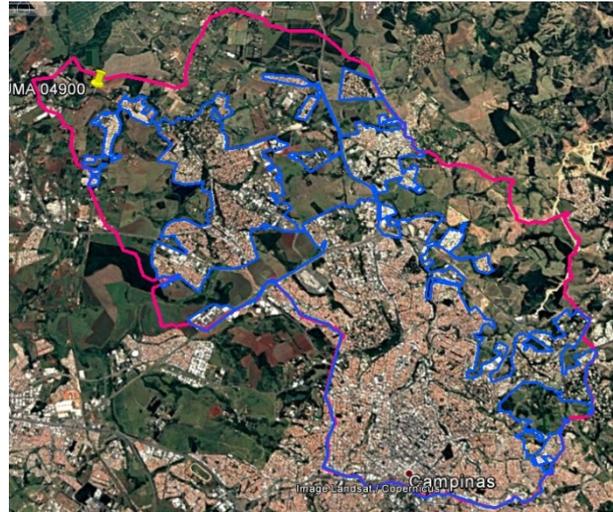


Figura 26 – Ocupação em 2015

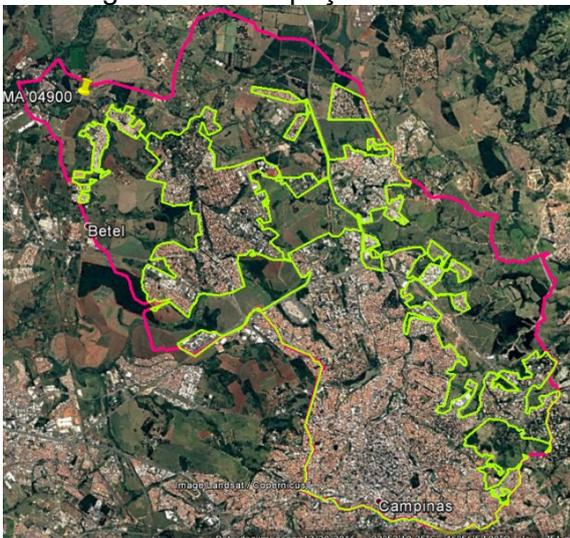


Figura 27 – Ocupação em 2016

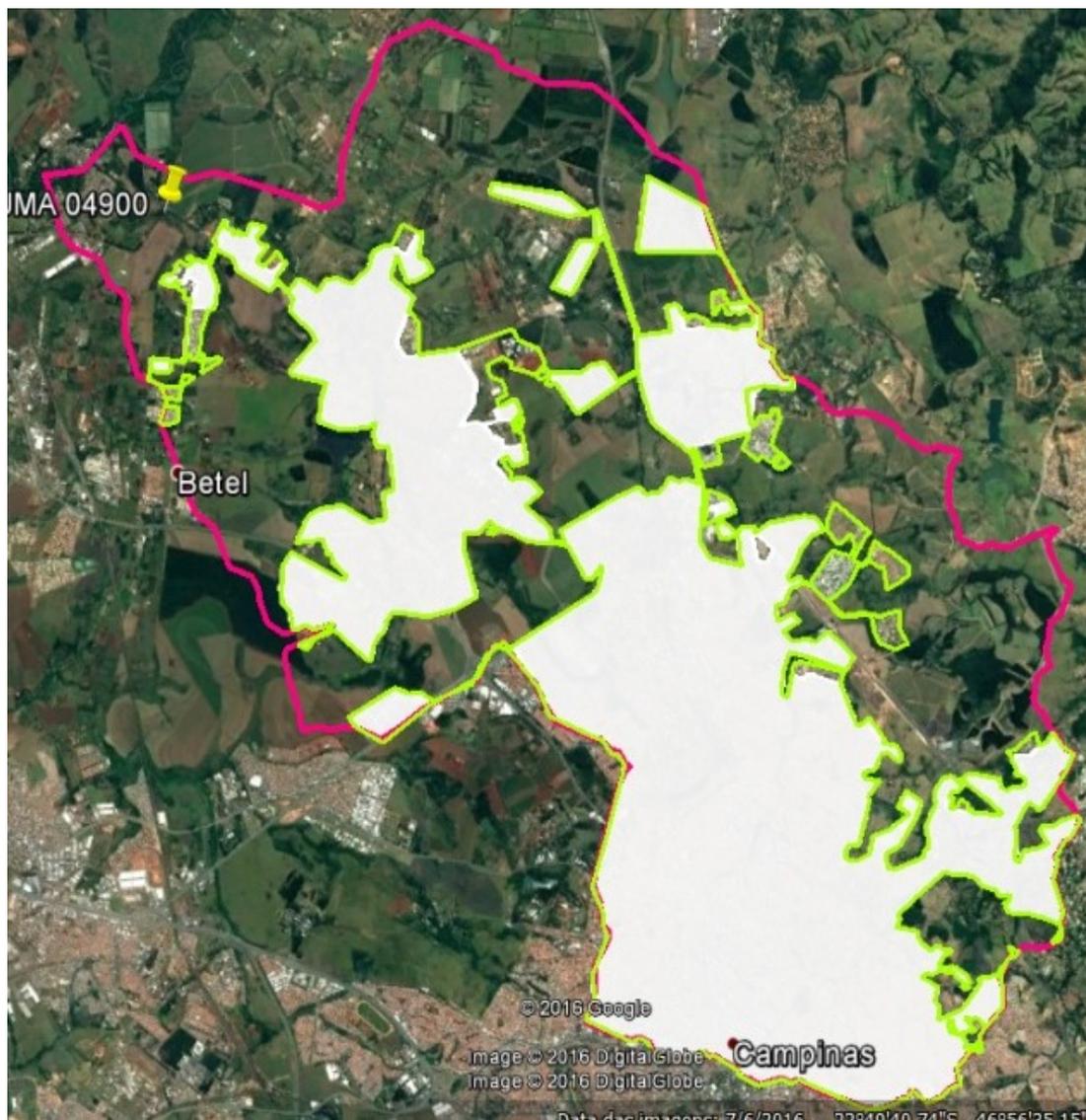


Figura 28 – Ocupação em 2006 sobreposta à de 2016

Na Figura 29 é apresentada a ocupação da bacia do ribeirão Anhumas (em porcentagem) alcançada por meio do levantamento realizado utilizando o programa Google Earth Pro. Destaca-se que devido à imprecisão do método utilizado, uma vez que não foi realizado o tratamento das imagens obtidas neste programa, os dados podem ser utilizados de modo semi-quantitativo, considerando-se percentuais de cobertura.

Conforme informações levantadas, disponíveis no Anexo B, houve um aumento da ocupação em, aproximadamente, 6% de 2006 a 2016 devido à implantação, principalmente, de bairros residenciais e de ampliações nos centros tecnológicos existentes na região.

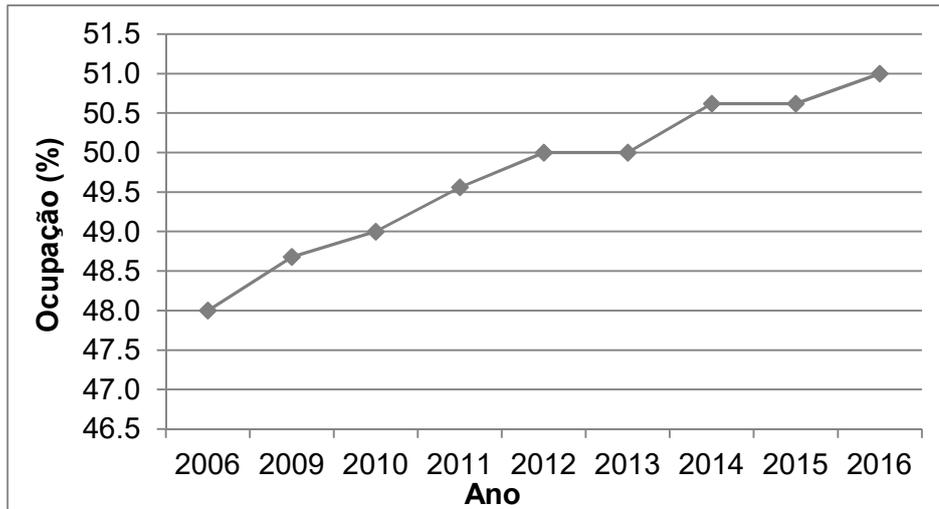


Figura 29 – Área ocupada na bacia do ribeirão Anhumas (%)

Destaca-se que a ocupação urbana no entorno da rodovia Adhemar de Barros (SP-340), em área pertencente à bacia do ribeirão Anhumas, encontra-se em processo acelerado, com aprovação e implantação de novos parcelamentos de solo residenciais, predominando habitações das camadas de renda média e alta, além da localização de grandes centros de consumo regional, configurando-se, assim, em um dos eixos de expansão urbana do município (CAMPINAS, 2016), o que poderá alterar significativamente a qualidade das águas do ribeirão Anhumas em decorrência de novos lançamentos de efluentes domésticos tratados, bem como devido à alteração das características de permeabilidade do solo, com aumento do escoamento superficial e incremento das fontes de poluição difusas.

5.2. Pluviosidade

Os valores mensais de pluviosidade (em mm) entre os anos de 2006 e 2015 encontram-se tabelados no Anexo C.

As Figuras 30 e 31 contemplam os dados de pluviosidade anual entre os anos de 2005 e 2015. Os dados referentes aos anos de 2013 e 2016 não foram incluídos nos gráficos em decorrência da existência de falhas na série destes anos (há meses sem dados disponíveis), o que impossibilitou a obtenção do valor da pluviosidade anual para os mesmos, uma vez que a somatória dos dados disponíveis resultaria em valor inconsistente.

Na Figura 31 os valores de pluviosidade foram segregados em período seco, de abril a setembro, e chuvoso, de outubro a março.

A Figura 32 contém os dados históricos de pluviosidade, considerando a média mensal do posto D4-046 entre os anos de 1958 a 2016.

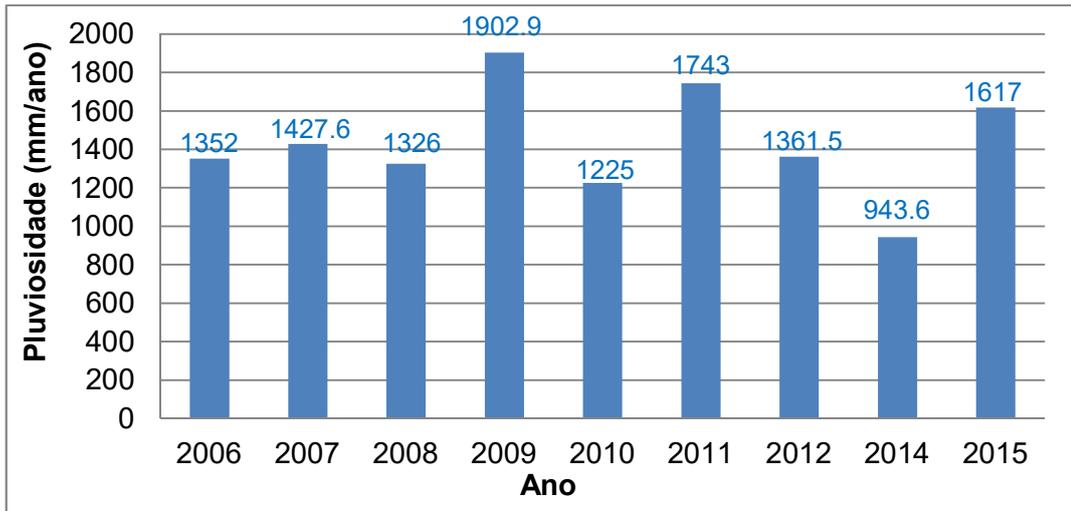


Figura 30 – Pluviosidade (em mm/ano) entre 2006 e 2015 no posto D4-046 do DAEE

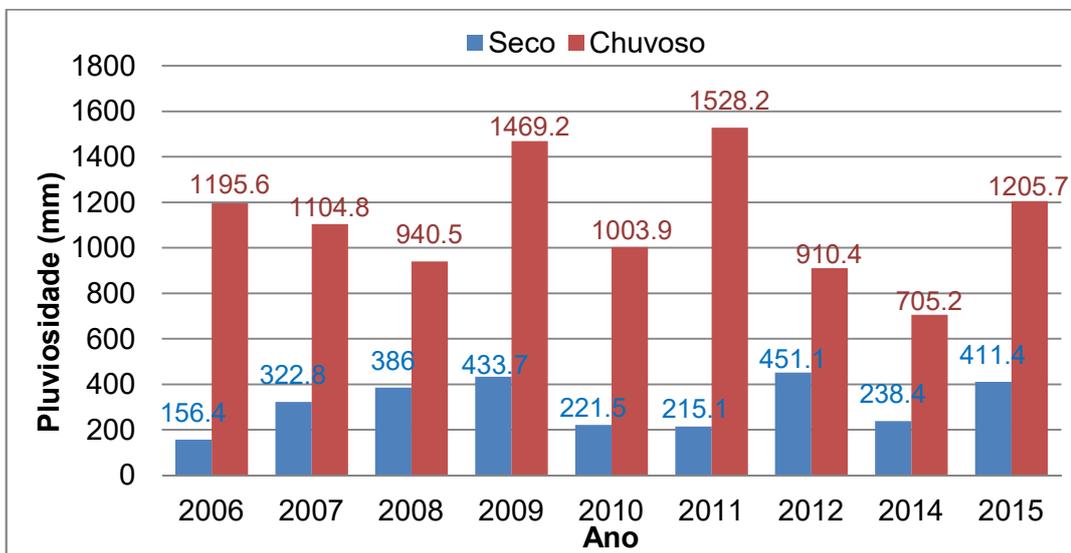


Figura 31 – Pluviosidade entre 2006 e 2015 no posto D4-046 do DAEE, segregada em período seco e chuvoso

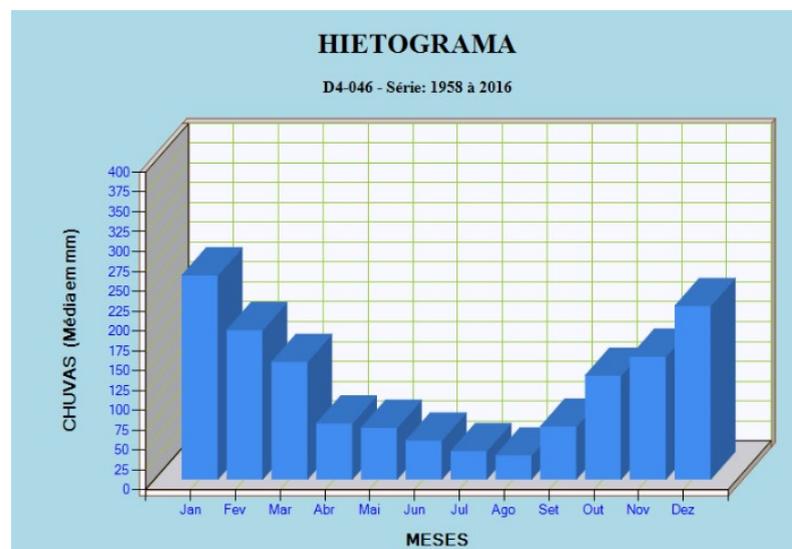


Figura 32 – Pluviosidade média mensal entre 1958 e 2016 no posto D4-046 (Fonte: DAEE)

Em janeiro de 2014 a precipitação registrada no posto D4-046 do DAEE foi de 105,2 mm, aproximadamente 40% da média histórica para este mês, conforme verificado na Figura 32. Os anos de 2010 e 2014 foram marcados por secas expressivas, enquanto que os anos de 2009, 2011 e 2015 apresentaram médias mais elevadas quanto à pluviosidade.

5.3. Evolução do saneamento

Na Figura 33 e na Tabela 8 são apresentados os percentuais de atendimento, no município de Campinas, em coleta de esgoto e tratamento desta parcela coletada.

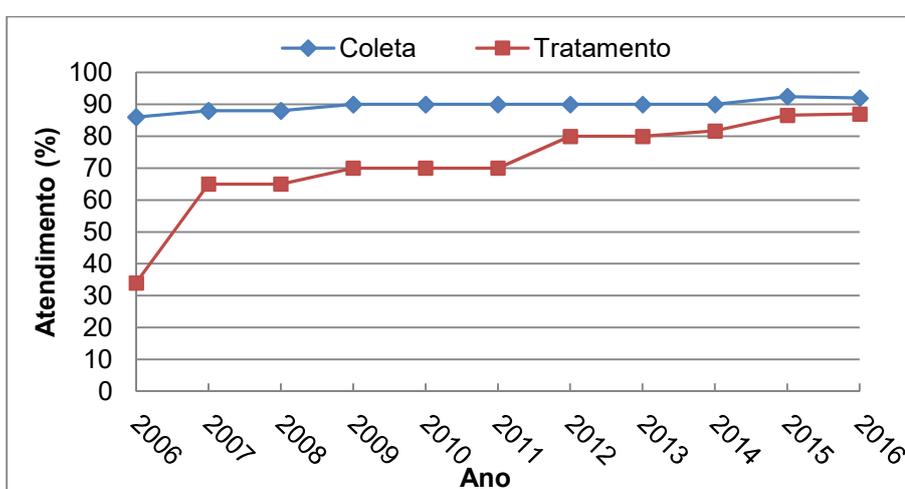


Figura 33 – Atendimento em coleta e tratamento do esgoto coletado entre 2006 e 2016

Tabela 8 – Percentuais de coleta e tratamento de esgoto coletado do município de Campinas, eficiência das ETEs, cargas poluidoras e ICTEM

Ano	Atendimento (%)		Eficiência (%)	Carga poluidora (kgDBO/dia)		ICTEM
	Coleta	Tratamento		Potencial	Remanescente	
2006	86	34	--	55.443	42.379	--
2007	88	65	86	56.125	27.961	--
2008	88	65	86	56.107	28.388	5,7
2009	90	70	74	56.533	30.153	5,6
2010	90	70	75,6	57.372	30.041	5,7
2011	90	70	86,6	57.776	26.270	6,14
2012	90	80	93,5	58.308	19.049	7,13
2013	90	80	93,07	60.759	20.042	7,11
2014	90	81,7	94	61.280	18.747	7,29
2015	92,45	86,6	94,28	61.783	15.146	7,79
2016	92	87	96	62.275	13.981	7,94

Em 2006, o município de Campinas era atendido por rede coletora de esgoto em 86% de sua área urbana, com tratamento de apenas 34% desta parcela. Em 2016, o

município já possuía 92% de atendimento por rede coletora, dos quais 87% são encaminhados para tratamento. Ainda que exista a necessidade de expansão da rede coletora de esgoto e do sistema de tratamento visando atender integralmente a população urbana, houve um aumento significativo especialmente na proporção de tratamento do esgoto coletado, e na conseqüente redução da carga poluidora remanescente do município, conforme pode ser verificado na Figura 34.

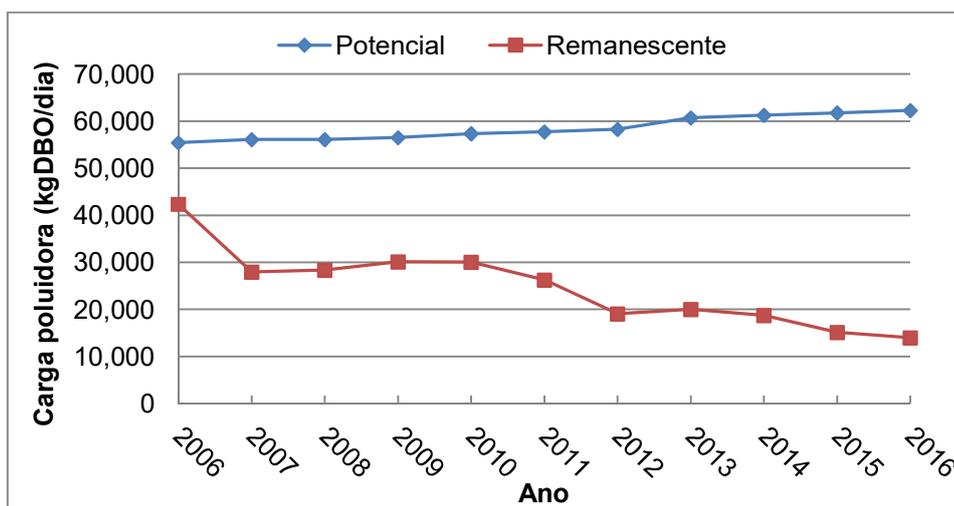


Figura 34 – Carga poluidora potencial e remanescente de Campinas entre 2006 e 2016

Em relação à bacia do ribeirão Anhumas, foram obtidas no relatório de sustentabilidade da SANASA (SANASA, 2017) dados referentes aos sistemas de esgotamento Anhumas e Barão Geraldo. Na Figura 35 verifica-se que são coletados 95,9% dos esgotos gerados no sistema Anhumas, dos quais 97,2% recebem tratamento, e são coletados 92,9% dos esgotos do sistema Barão Geraldo, ocorrendo tratamento de 92,8% desta parcela.

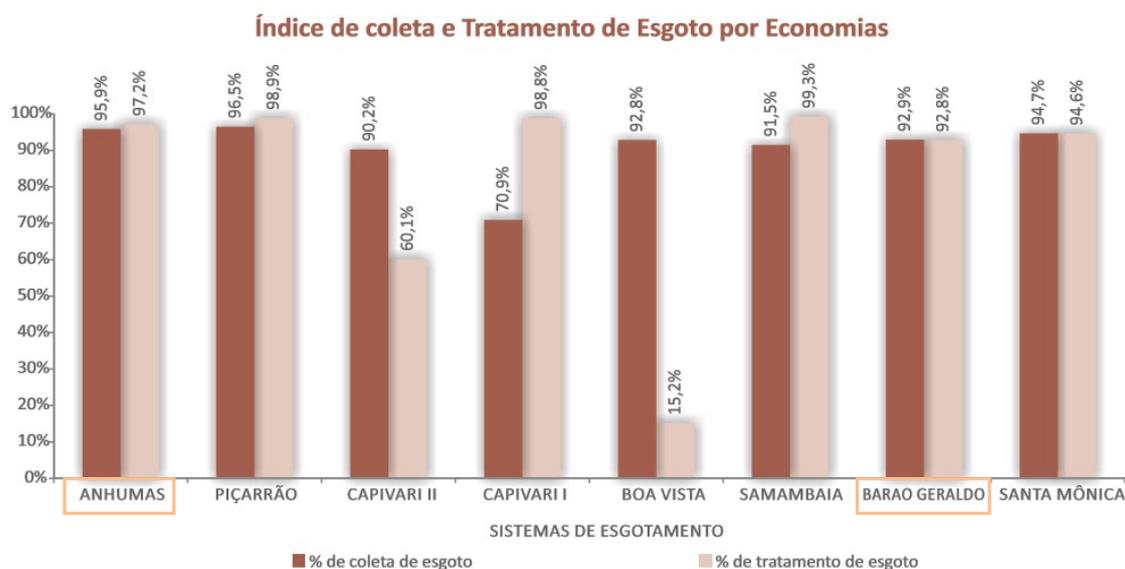


Figura 35 – Índice de coleta e tratamento por sistema de esgotamento (Fonte: SANASA, 2017)

A Figura 36 apresenta o atendimento dos serviços de saneamento por economias. Destaca-se que a SANASA entende que número de economias é a quantidade de unidades de consumo ou imóveis dependentes de um único hidrômetro. Pode-se verificar que no sistema de saneamento Anhumas existem 3.900 economias com coleta e sem tratamento de esgoto e 5.900 economias sem coleta de esgoto. No sistema Barão Geraldo, são 1.100 economias sem tratamento de esgoto.

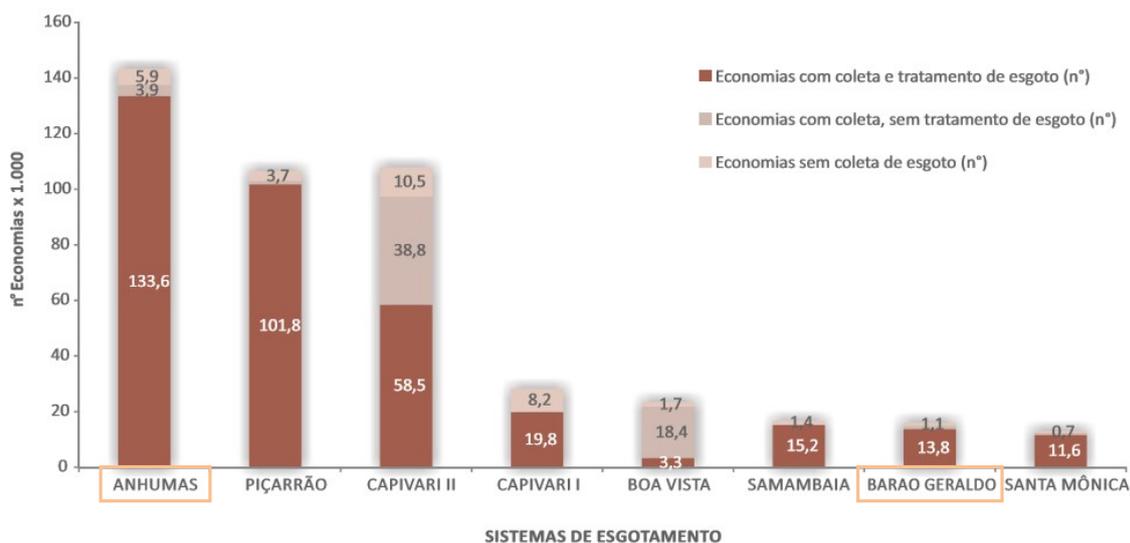


Figura 36 – Atendimento dos serviços de esgoto por economias (Fonte: SANASA, 2017)

O ICTEM considera a efetiva remoção da carga orgânica, em relação à carga potencial gerada pela população urbana do município, a coleta, o afastamento e o tratamento de esgoto, além da eficiência de remoção e a conformidade com os padrões de qualidade do corpo receptor dos efluentes. Este índice varia de 0 a 10 (CETESB, 2016).

A Figura 37 apresenta o ICTEM do município de Campinas para o período estudado. Nesta, verifica-se que houve uma melhoria neste índice devido às ações realizadas no município, com a implantação de redes coletoras e realização do tratamento do esgoto coletado.

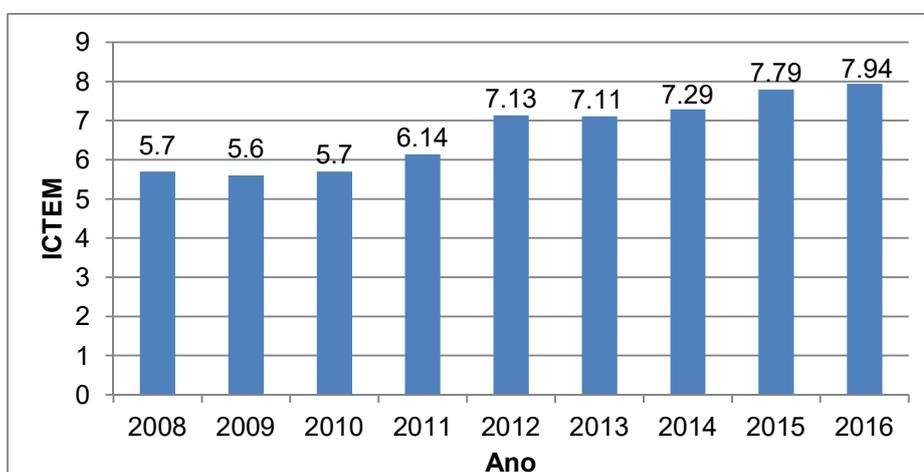


Figura 37 – ICTEM do município de Campinas entre 2006 e 2016

5.4. Performance das ETEs da bacia do ribeirão Anhumas

5.4.1. ETE Anhumas

Na Figura 38 são apresentados os valores de DBO na entrada e saída da ETE Anhumas, além da eficiência de tratamento desta referente a este parâmetro.

Os dados coletados, para esta ETE, assim como para as ETEs Alphaville e Barão Geraldo, são referentes ao monitoramento dos principais parâmetros físico-químicos realizados pela CETESB para acompanhamento do atendimento aos padrões legais das estações e se encontram disponíveis nos processos a elas relacionados.

As concentrações médias do parâmetro DBO no período amostrado (2008 a 2016) foram de 357 ± 122 mg/l no afluente da ETE, 27 ± 14 mg/l no efluente, com eficiência de remoção média de $93 \pm 3\%$.

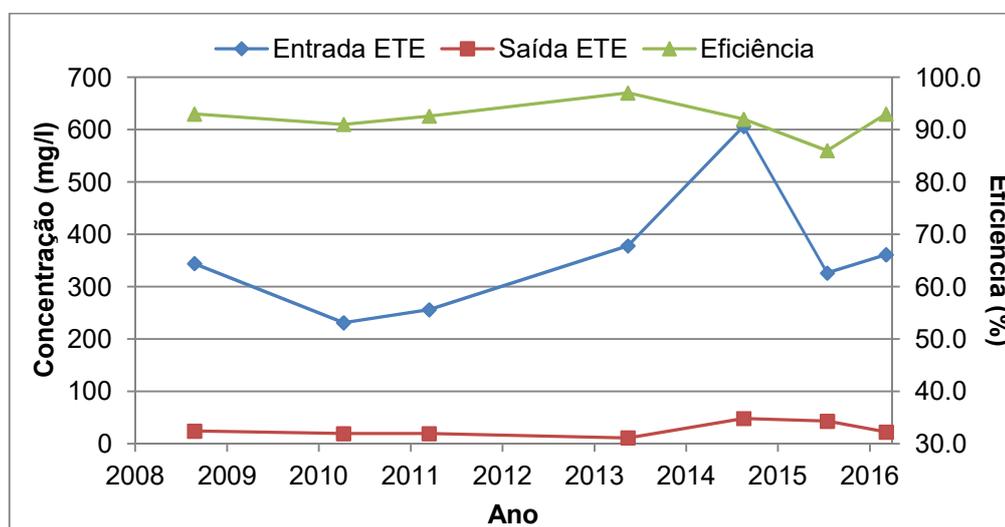


Figura 38 – Dados referentes ao parâmetro DBO na ETE Anhumas

Conforme pode ser verificado, em todas as análises realizadas esta ETE atendeu aos padrões de lançamento relativos à DBO, tanto o referente à concentração máxima no efluente tratado (60 mg/l) quanto à remoção mínima exigida na legislação (80%). A concentração de DBO no efluente tratado variou de 11 a 48 mg/l.

Encontra-se em fase de licenciamento ambiental um projeto visando a alteração do sistema de tratamento anaeróbio, hoje existente, por aeróbio, o que colaborará para melhoria da qualidade do efluente final desta ETE.

Além de amostragem do efluente bruto e tratado da ETE Anhumas, a CETESB realiza amostragens de DBO no ribeirão Anhumas em pontos a montante e a jusante do lançamento desta estação. Os dados referentes a estas amostragens encontram-se na Figura 39. A concentração média de DBO no ribeirão Anhumas à montante da ETE foi de 32 ± 47 mg/l e à jusante foi de 39 ± 35 mg/l.

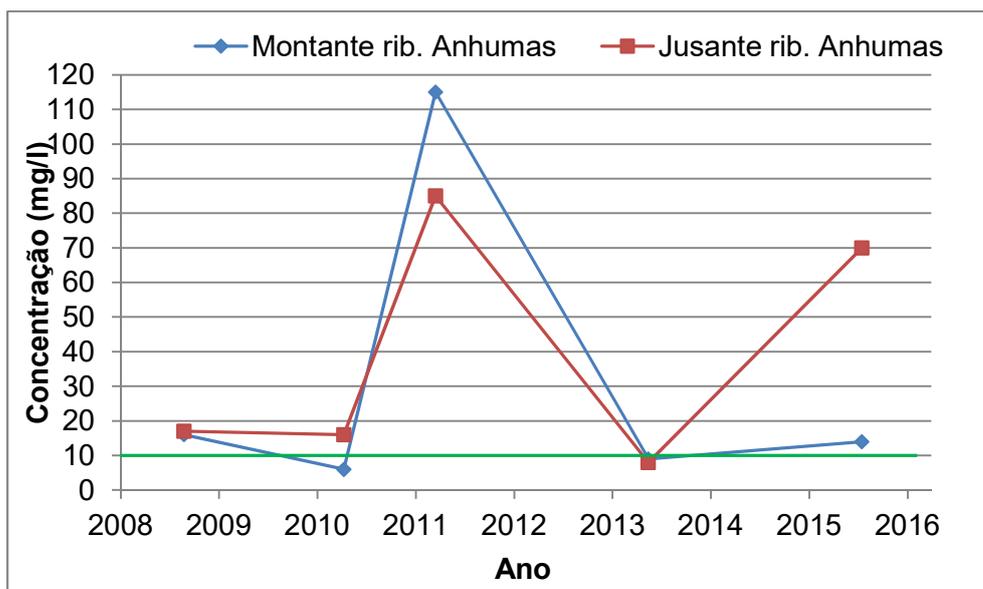


Figura 39 – Concentração de DBO no rib. Anhumas a montante e jusante da ETE Anhumas

Conforme pode ser verificado, a concentração de DBO nos pontos amostrados variou de modo significativo, não sendo verificada nenhuma tendência, o que pode ser explicado pelo pequeno universo amostral.

Na última amostragem realizada no ribeirão Anhumas, em 05.08.2015, verificou-se que no ponto a jusante do lançamento de efluente tratado da ETE a concentração de DBO obtida foi de 70 mg/l. Considerando que nesta ocasião a concentração de DBO no esgoto tratado pela ETE Anhumas foi de 43 mg/l, pode ter ocorrido outros aportes de matéria orgânica para este curso d'água.

Verifica-se que apenas na amostragem realizada em 28.05.2013 o curso d'água à jusante do lançamento de esgoto tratado pela ETE estava atendendo ao padrão de lançamento para rios classe 3. Considerando as concentrações de DBO observadas a montante, o curso d'água deve estar recebendo o lançamento de efluentes *in natura* a montante do trecho amostrado.

A concentração de oxigênio dissolvido (OD) no ribeirão Anhumas, a montante e a jusante do lançamento de esgoto tratado da ETE Anhumas pode ser verificado na Figura 40. As concentrações médias de OD no período foram $3,8 \pm 1,0$ mg/l no trecho a montante da ETE e $3,1 \pm 2$ mg/l no trecho a jusante da ETE.

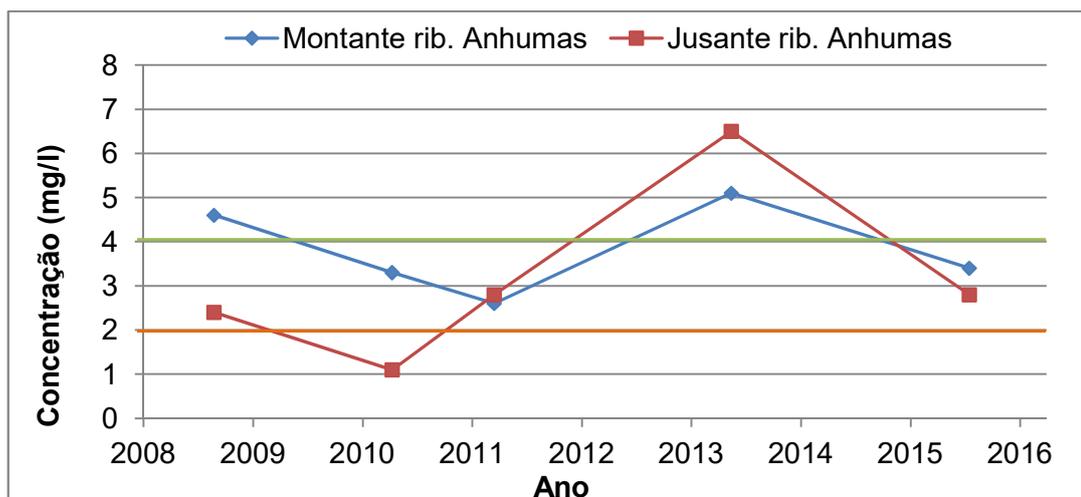


Figura 40 – Concentração de OD no rib. Anhumas a montante e jusante da ETE Anhumas

Em análise dos dados, verificou-se que na amostragem de 15.04.2010 o ribeirão Anhumas, após o lançamento de esgoto tratado, não estava atendendo o padrão de qualidade (2 mg/l).

Verifica-se, também, que apenas na amostragem realizada em 28.05.2013 o ribeirão Anhumas, no ponto amostrado, atendeu o padrão de qualidade para cursos d'água de classe 3, reforçando a possibilidade da existência de lançamentos de esgoto *in natura* em trechos à montante desta ETE.

Destaca-se que não é realizada amostragem dos parâmetros nitrogênio e fósforo visando monitoramento de sua remoção pela ETE devido ao fato de que não há padrão de lançamento para estes compostos na legislação vigente. Ainda, a CETESB não realiza o monitoramento destes elementos no ribeirão Anhumas, uma vez que não há padrão de qualidade destes para rios classe 4.

5.4.2. ETE Alphaville

Com relação à ETE Alphaville, os dados referentes à DBO podem ser verificados na Figura 41. As concentrações médias de DBO obtidas no período foram 367 ± 31 mg/l no afluente da ETE, 38 ± 8 mg/l no efluente, com eficiência média de remoção de $90 \pm 2\%$.

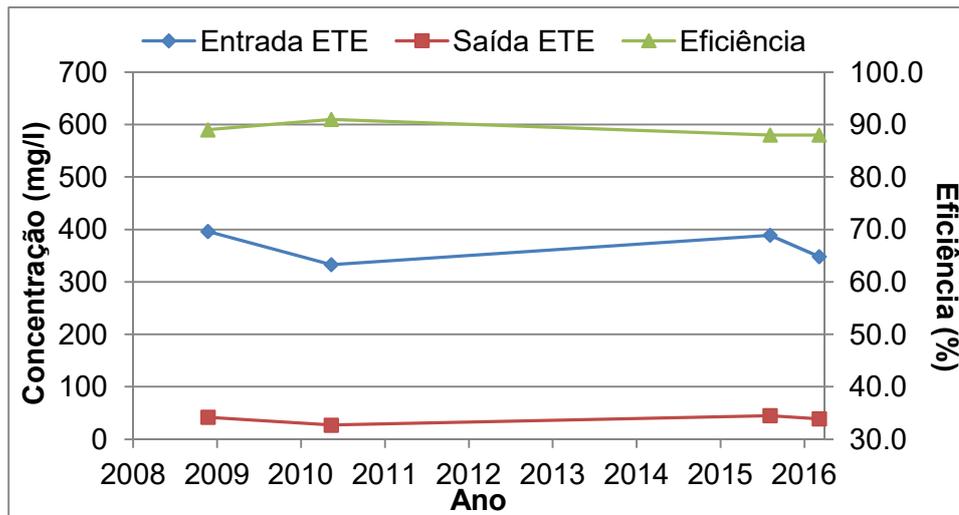


Figura 41 – Dados referentes ao parâmetro DBO da ETE Alphaville

Conforme pode ser verificado, esta ETE também atendeu aos padrões de lançamento relativos à DBO nas análises realizadas. A concentração de DBO no efluente tratado variou, no período, de 27 a 45 mg/l.

Os dados relativos à DBO e OD, referentes à amostragem em pontos a montante e jusante do lançamento desta ETE no ribeirão Anhumas encontram-se nas Figura 42 e Figura 43. As concentrações médias de DBO à montante e jusante para o período foram de 57 ± 45 mg/l e 30 ± 24 mg/l, respectivamente, e de OD foram de $3,0 \pm 0,9$ mg/l e $5,1 \pm 2,1$ mg/l, respectivamente.

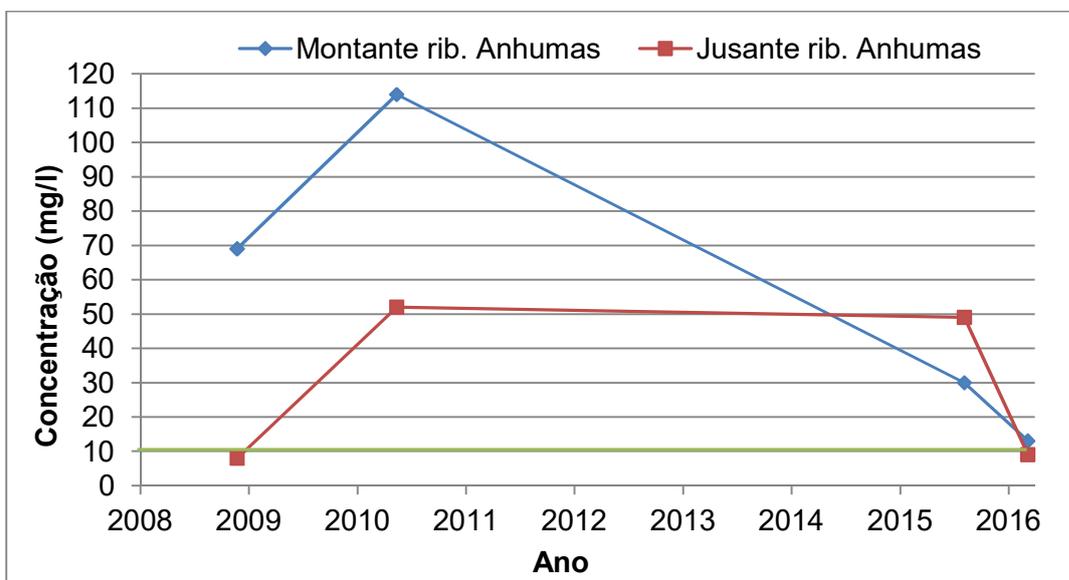


Figura 42 – Concentração de DBO no rib. Anhumas a montante e jusante da ETE Alphaville

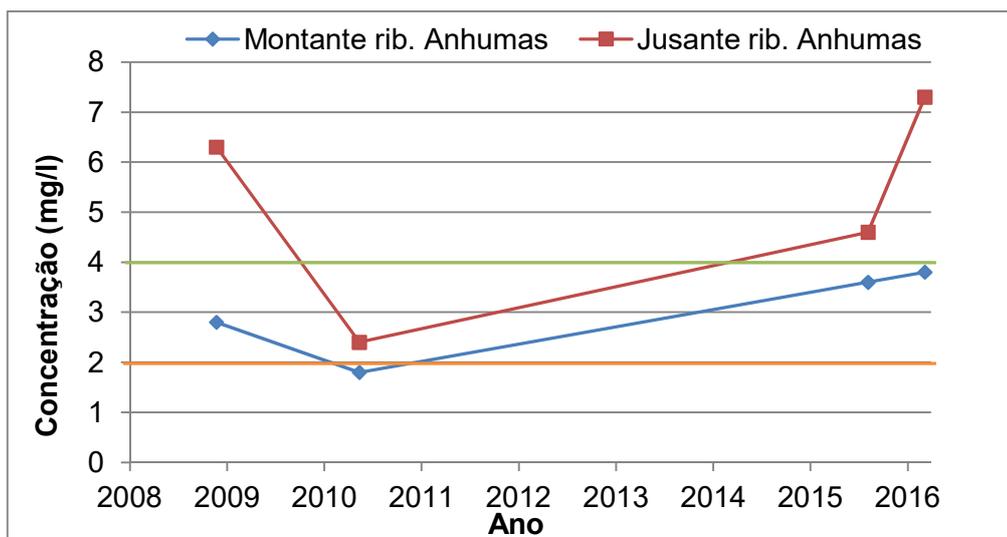


Figura 43 – Concentração de OD no rib. Anhumas a montante e jusante da ETE Alphaville

Novamente, não é possível determinar uma tendência devido ao pequeno universo amostral. Verificou-se atendimento ao padrão de qualidade para classe 3, com relação ao parâmetro DBO, em 50% das amostras coletadas a jusante do lançamento desta ETE.

Com relação ao oxigênio dissolvido, verificou-se que o mesmo atendeu ao padrão de qualidade para corpos d'água classe 4 para todas as análises realizadas à jusante da ETE. Com relação ao padrão para classe 3, verificou-se atendimento em 75% das amostras coletadas à jusante do lançamento. De modo geral, após o lançamento de esgoto tratado pela ETE, verifica-se um aumento na concentração de OD no ribeirão Anhumas.

Destaca-se que a SANASA está realizando a reversão do sistema Alphaville (SANASA, 2017). Com a finalização das obras, a ETE Alphaville será desativada e os esgotos serão tratados na ETE Anhumas.

5.4.3. ETE Barão Geraldo

Os dados de concentração de DBO no efluente bruto e tratado da ETE Barão Geraldo, além da eficiência de tratamento, podem ser verificados na Figura 44. As concentrações médias de DBO obtidas no período foram 597 ± 162 mg/l no afluente da ETE, 23 ± 10 mg/l no efluente, com eficiência de remoção de $96 \pm 1\%$.

Destaca-se que esta ETE estava atendendo aos padrões de lançamento relativos à DBO nas análises realizadas. A concentração de DBO no efluente tratado variou, no período, de 9 a 11 mg/l, com eficiência de remoção de DBO superior a 95% em todas as análises realizadas.

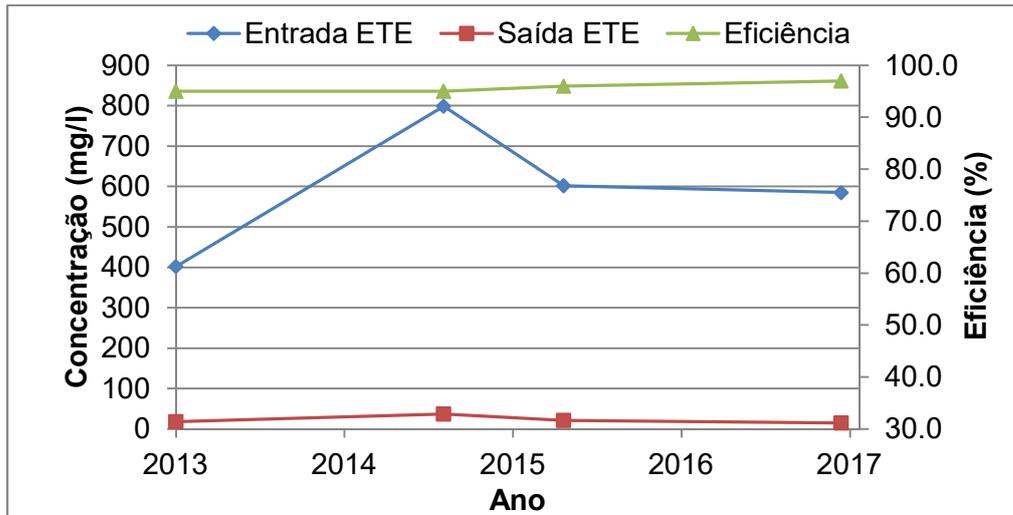


Figura 44 – Dados referentes ao parâmetro DBO da ETE Barão Geraldo

Os dados relativos à DBO e OD, referentes à amostragem em pontos a montante e jusante do lançamento desta ETE no ribeirão Anhumas encontram-se nas Figura 45 e Figura 46. As concentrações médias para o período avaliado de DBO à montante e jusante foram de $8,3 \pm 0,6$ mg/l e $9,3 \pm 1,5$ mg/l, respectivamente, e de OD foram de $4,4 \pm 0,5$ mg/l e $5,1 \pm 0,8$ mg/l, respectivamente.

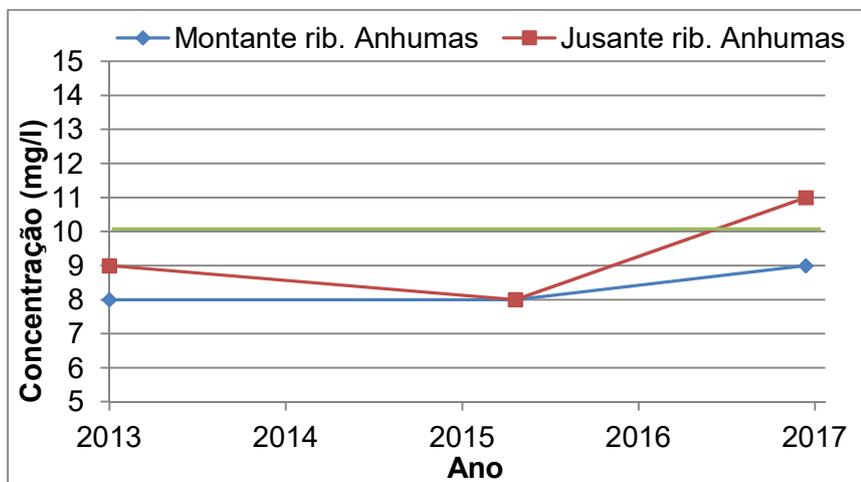


Figura 45 – Concentração de DBO no rib. Anhumas a montante e jusante da ETE Barão Geraldo

Neste trecho do ribeirão Anhumas, o mesmo apresenta uma qualidade melhor, tanto a montante quanto a jusante da ETE, em termos de DBO que nos trechos em que se encontram as ETEs Anhumas e Alphaville. Isto pode ser decorrente da menor concentração populacional da região e do recebimento de diversos afluentes, provenientes da sub-bacia do rio das Pedras e do córrego Monte D'Este.

Com relação ao oxigênio dissolvido, verificou-se que o ribeirão Anhumas estava atendendo ao padrão de qualidade para corpos d'água classe 4 em todas as análises realizadas, e ao padrão referente à classe 3 para as análises realizadas a jusante do

lançamento da ETE Barão Geraldo. Após o lançamento de esgoto tratado nesta ETE, verifica-se um aumento na concentração de OD no ribeirão Anhumas.

Destaca-se, contudo, que, ainda que os valores obtidos sejam promissores, o universo amostral é pequeno, devendo ser realizadas novas amostragens para possibilitar a obtenção de tendências.

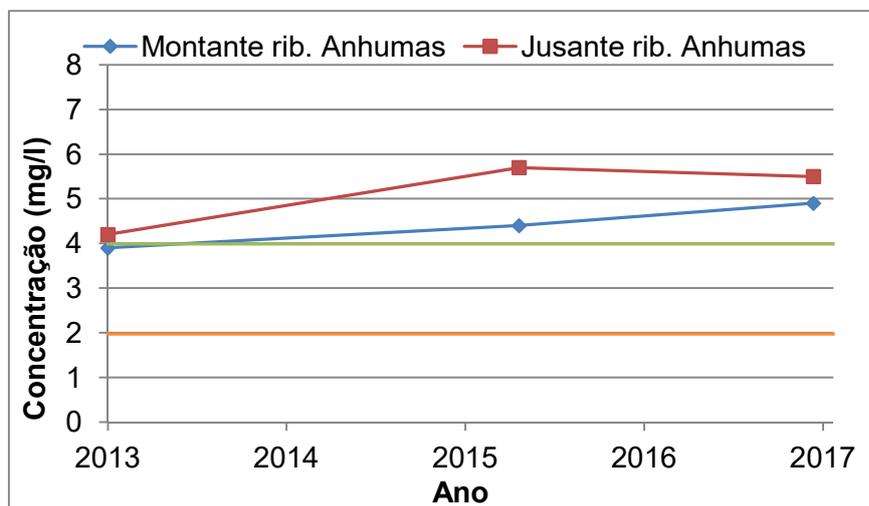


Figura 46 – Concentração de OD no rib. Anhumas a montante e jusante da ETE Barão Geraldo

5.5. Análise dos dados provenientes dos Relatórios de Qualidade de Águas da CETESB e do Sistema Infoáguas

5.5.1. DBO e OD

A Figura 47 apresenta os dados referentes à DBO e ao OD de 2006 a 2016. Ressalta-se que a tabela completa com os dados compilados encontra-se disponível no Anexo D.

Nos gráficos a serem apresentados serão destacados os padrões para corpos d'água de classe 4, quando existentes, uma vez que se trata do enquadramento atual do ribeirão Anhumas, e para corpos d'água de classe 3, visando comparar se o ribeirão objeto deste estudo tem atendido ao padrão de qualidade mais restritivo, embasando proposta futura de reenquadramento.

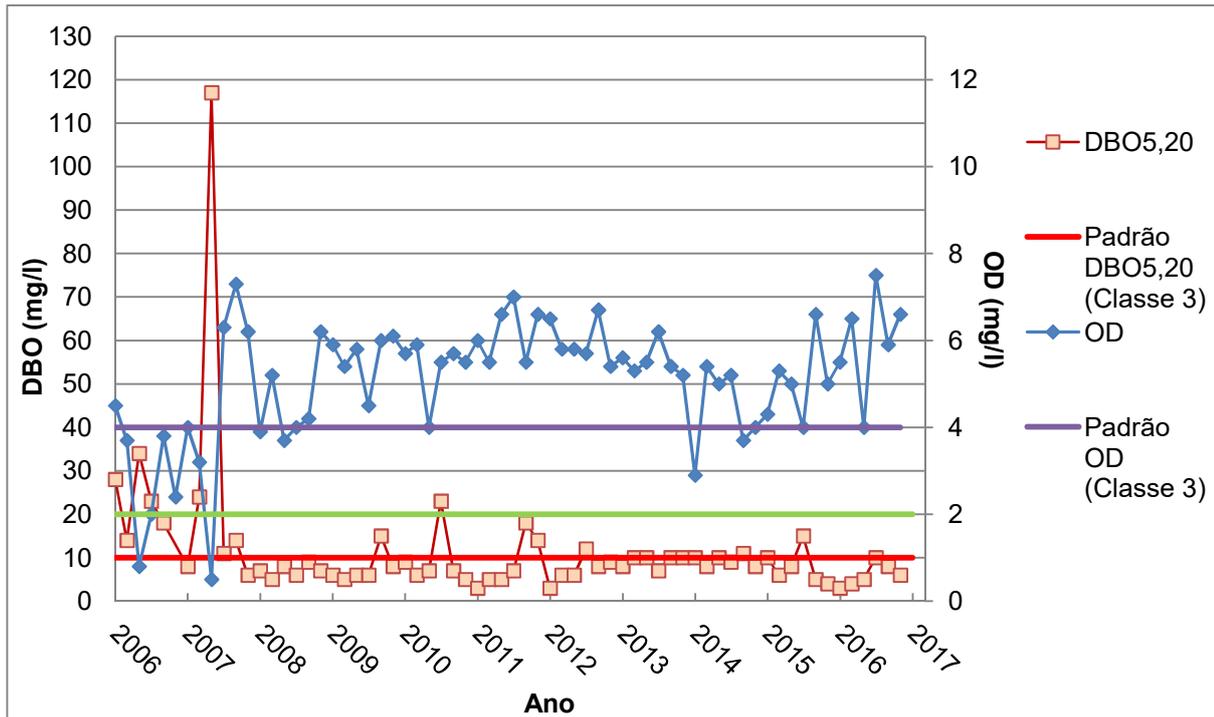


Figura 47 – Dados referentes a DBO e a OD no ribeirão Anhumas entre 2006 e 2016

Conforme pode ser verificado, há relação entre as concentrações de DBO e de OD no curso d'água, sendo que, de modo geral, quanto maior a concentração de DBO, menor a concentração de OD. Ressalta-se que outros fatores podem influenciar na concentração de OD além da matéria orgânica.

Conforme FUNASA (2014), as variações nos teores de OD estão associadas aos processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem nos corpos d'água. Ainda, de acordo com Fiorucci e Benedetti Filho (2005), a diminuição na concentração de oxigênio possui as seguintes causas: decomposição da matéria orgânica, perdas para a atmosfera, respiração de organismos, nitrificação e oxidação de substâncias como íons metálicos. Deste modo, a redução de OD na água pode ser decorrente de outros fatores, ainda que o preponderante seja a concentração de matéria orgânica.

Destaca-se, ainda, que a operação das ETEs tem papel fundamental na redução da carga orgânica e consequente aumento da concentração de oxigênio dissolvido no curso d'água, seja por processos físicos, como aeração do efluente tratado, ou biológicos, em decorrência da redução da quantidade de matéria orgânica remanescente a ser decomposta.

Em análise da Figura 47, constata-se, ainda, que a maior concentração de DBO no ribeirão Anhumas no período avaliado, que foi de 117 mg/l, se deu em maio de 2007, concomitantemente com a menor concentração de oxigênio dissolvido (0,5 mg/l). Após essa data, foram verificados alguns picos na concentração de DBO no curso d'água, como o de setembro de 2009 (15 mg/l), julho de 2010 (23 mg/l), setembro e novembro de 2011 (18 e

14 mg/l, respectivamente), e julho de 2015 (15 mg/l). Nas demais amostragens, a concentração de DBO variou entre 3 e 12 mg/l.

Um fator de extrema importância para a bacia do ribeirão Anhumas foi a inauguração da Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) Anhumas, que ocorreu em 01.02.2007 (SANASA, 2007). Na época, tratava-se da maior ETE do estado de São Paulo, projetada para realizar o tratamento de 1.200 l/s de esgoto sanitário. Diante do exposto, infere-se que a elevada concentração de DBO verificada em maio de 2007 (117 mg/l) provavelmente é referente ao início de operação (condicionamento) desta ETE.

Com relação ao oxigênio dissolvido, sua concentração, após maio de 2007, manteve-se acima de 4 mg/l, atendendo o padrão de qualidade estabelecido para corpos d'água classe 3, salvo nas amostragens de janeiro e maio de 2008 (3,9 e 3,7 mg/l, respectivamente), janeiro de 2014 (2,9 mg/l) e setembro de 2014 (3,7 mg/l).

O início da operação da ETE Barão Geraldo, em 08.12.2008 (SANASA, 2008), pode ter contribuído para o aumento na concentração de oxigênio dissolvido no curso d'água devido ao sistema utilizado (aeróbio), assim como para redução da concentração de DBO. Destaca-se, contudo, que o impacto desta ETE sobre a qualidade do ribeirão Anhumas, de modo geral, foi menos significativo do que o início de operação da ETE Anhumas.

Com relação às concentrações de OD obtidas no ano de 2014, infere-se que o fato de ter se tratado de um ano atípico, com baixa pluviosidade, colaborou para a redução da concentração de OD no curso d'água.

A implantação de infraestrutura no período estudado, com a execução de parte das redes coletoras de esgoto e sua interligação nos sistemas de tratamento, concomitantemente com a entrada em operação e estabilização do funcionamento das ETEs Anhumas e Barão Geraldo, foram essenciais para a redução das concentrações de DBO no curso d'água e aumento da concentração de oxigênio dissolvido. Antes de 2007, as concentrações médias de DBO e de oxigênio dissolvido eram de $21,3 \pm 8,7$ mg/l e $3,1 \pm 1,2$ mg/l, respectivamente, e após 2007, desconsiderando o pico de maio de 2007, as concentrações encontradas foram de $8,2 \pm 3,7$ mg/l e $5,5 \pm 0,9$ mg/l, respectivamente.

Em análise da Figura 47, verifica-se uma tendência à estabilização das concentrações de DBO em valores próximos à 10 mg/l entre os anos de 2012 e 2015 e uma sutil redução entre setembro de 2015 e maio de 2016, onde foram observados valores entre 3 a 5 mg/l, com aumento em julho de 2016 a dezembro de 2016 para valores próximos à 8 mg/l.

Conforme relatórios de sustentabilidade expedidos pela SANASA, em 2013, a empresa investiu, entre outros, na implantação do Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) Parque das Universidades e interceptor de esgotos do Sistema Anhumas - trecho Santa Cândida (SANASA, 2014). Em 2014, deu continuidade à implantação do trecho Santa

Cândida (SANASA, 2015). Em 2015, a empresa realizou obras de ampliação dos SES Solar de Campinas, Parque Pomares, Parque das Universidades e interceptor de esgotos do Sistema Anhumas - trecho Santa Cândida (SANASA, 2016). E em 2016, foram executadas obras de ampliação do SES Parque dos Pomares, Solar de Campinas e reversão de esgoto da região Alphaville (SANASA, 2017). Todas as obras supracitadas estão alocadas na área da bacia do ribeirão Anhumas. Com a implantação de redes de esgoto, e sua interligação com as ETEs, é esperada a redução de aporte de esgoto sanitário *in natura* nos cursos d'água, com conseqüente melhoria da qualidade da água da bacia.

5.5.2. Nitrogênio

Na Figura 48 são apresentados os dados referentes aos parâmetros nitrogênio amoniacal e nitrato no ribeirão Anhumas para o período estudado.

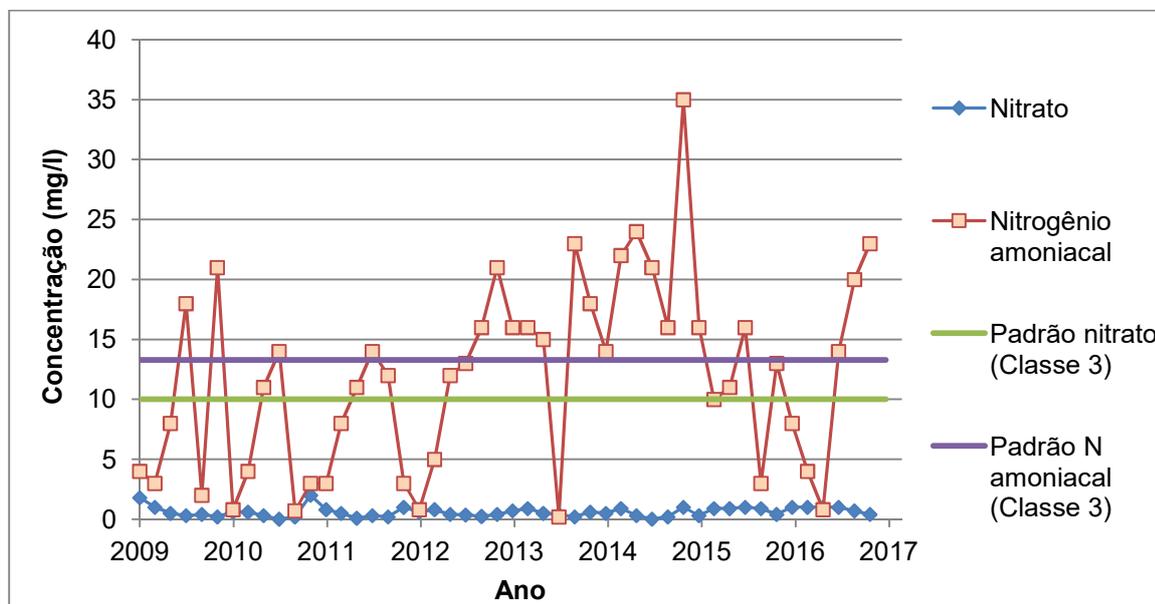


Figura 48 – Dados referentes ao nitrogênio amoniacal e nitrato no ribeirão Anhumas entre 2009 e 2016

No ponto NUMA 04900 da rede básica da CETESB, objeto deste estudo, as análises referentes aos parâmetros nitrogênio amoniacal e nitrato, assim como fósforo, começaram a ser realizadas em janeiro de 2009, o que impossibilita a realização de análise comparativa entre o início de operação das ETEs e as concentrações destes compostos nos cursos d'água.

O fato do início do monitoramento de nitrogênio amoniacal, nitrato e fósforo terem ocorrido apenas em 2009 pode ser explicado pelo fato do ribeirão Anhumas se tratar de curso d'água classe 4, inexistindo, deste modo, padrão de qualidade na legislação vigente para estes compostos.

Silva & Jardim (2007) avaliaram a capacidade suporte e o estado de degradação do rio Atibaia, considerando ameaça para a vida aquática pela presença de amônia. Os resultados revelaram aumento da carga de amônia em decorrência de fontes pontuais e que a principal fonte deste composto era proveniente do ribeirão Anhumas, em Campinas, que contribuía com aproximadamente 70% da carga de amônia total no rio Atibaia. Destaca-se que este estudo foi elaborado antes do início de operação das ETEs Anhumas e Barão Geraldo.

Em análise da Figura 48, verifica-se, ainda, que a forma predominante de nitrogênio em praticamente todas as análises é nitrogênio amoniacal, o que pode indicar poluição recente por esgoto sanitário, uma vez que não há atividades industriais ou agrícolas expressivas na bacia.

A concentração de nitrogênio amoniacal e nitrato obtidas para o período foram de $11,8 \pm 7,9$ mg/l e $0,6 \pm 0,4$ mg/l, respectivamente. Com relação ao nitrogênio amoniacal, a maior concentração obtida foi de 35 mg/l, em novembro de 2014, e a menor foi de 0,2 mg/l, em julho de 2013. Para o nitrato, o valor máximo obtido foi de 2 mg/l, em novembro de 2010, e 0,01 mg/l, em julho de 2010. Destaca-se que, com relação a este último parâmetro, houve atendimento ao padrão para corpos d'água Classe 3 em todos os monitoramentos realizados.

Verificou-se uma variabilidade anual do parâmetro nitrogênio amoniacal na série histórica, sendo os maiores valores obtidos na época de estiagem, conforme pode ser verificado na Figura 49. Como o ano de 2014 foi caracterizado por baixas precipitações, a concentração de nitrogênio amoniacal se manteve elevada durante todo este período.

A variação da concentração de nitrogênio amoniacal em decorrência da pluviosidade se deve, provavelmente, ao efeito de diluição causada pelo aumento de vazão no corpo hídrico. Por se tratar de uma bacia hidrográfica urbanizada, sem grandes áreas agricultáveis, o arraste de nitrogênio amoniacal por meio difuso (poluição difusa) pode não ser significativo. Sendo assim, infere-se que as principais fontes de nitrogênio neste curso d'água são os esgotos sanitários, tratados ou não.

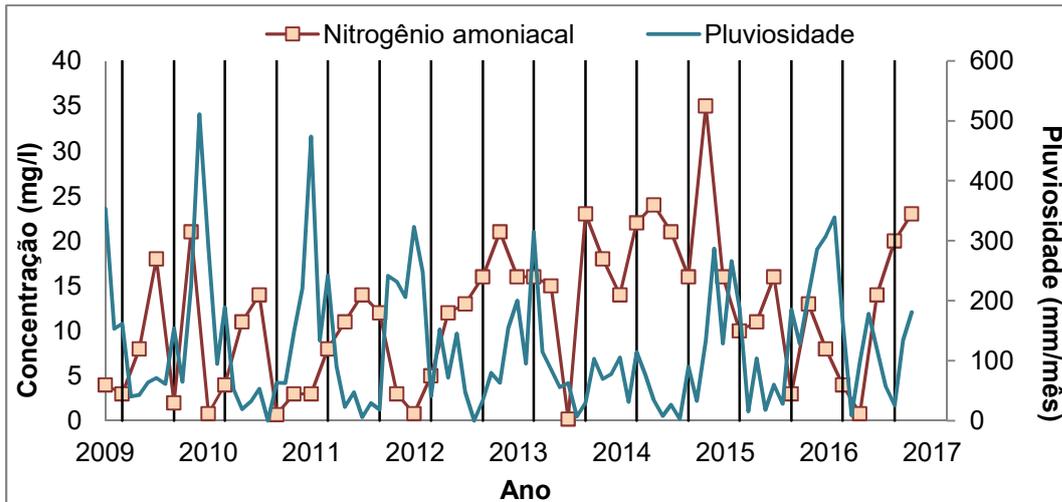


Figura 49 – Dados de nitrogênio amoniacal x pluviosidade entre 2009 e 2016

Conforme pode ser verificado na Figura 50, há uma relação entre a precipitação e a concentração de nitrato entre os anos de 2009 e 2015, sendo que a concentração aumenta com a pluviosidade. A partir de 2015, o comportamento deste composto se altera, deixando de se relacionar com a pluviosidade.

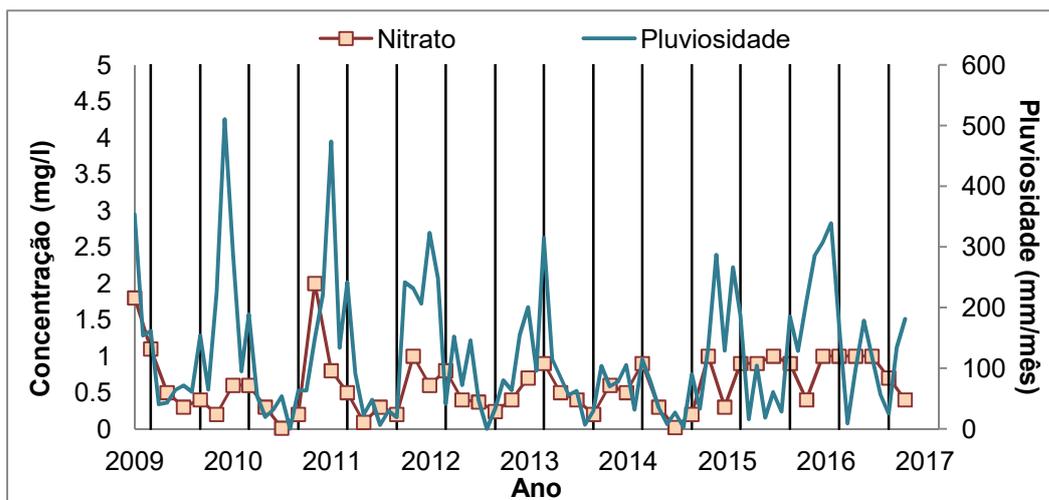


Figura 50– Dados de nitrato x pluviosidade entre 2009 e 2016

Para o período chuvoso, considerado neste estudo de outubro a março, as concentrações médias de nitrogênio amoniacal e nitrato para o período estudado foram de $11,3 \pm 8,9$ mg/l e $0,8 \pm 0,4$ mg/l, respectivamente, e para o período de estiagem, considerado de abril a setembro, de $12,3 \pm 6,9$ mg/l e $0,4 \pm 0,3$ mg/l, respectivamente.

Destaca-se que o nitrogênio amoniacal e o nitrato não integram os padrões de lançamento para efluentes sanitários, nem, tampouco, o padrão de qualidade para corpos d'água classe 4. Deste modo, a remoção destes compostos não tem sido exigido pelo órgão ambiental em decorrência da inexistência de embasamento legal.

Contudo, é importante ressaltar que o ribeirão Anhumas é tributário do rio Atibaia, de classe 2, o qual forma a represa do Salto Grande no município de Atibaia, que possui

regime de escoamento lântico, onde os nutrientes são acumulados. A elevada concentração de nutrientes, em especial nitrogênio e fósforo, pode induzir a floração de algas e cianobactérias neste reservatório, assim como outros problemas de qualidade, afetando seus usos múltiplos.

Silva & Jardim (2007) abordaram a necessidade de investimentos na bacia do ribeirão Anhumas, visando à melhoria da qualidade do rio Atibaia e possibilitando a recuperação do valor paisagístico, recreacional e de proteção da represa de Americana.

5.5.3. Fósforo

Na Figura 51 são apresentados os dados referentes ao monitoramento de fósforo total no ribeirão Anhumas para o período estudado. Destaca-se que para corpos d'água classe 4 não foram definidos padrões de qualidade ou de lançamento para este composto.

Para corpos d'água classe 3 a legislação vigente (BRASIL, 2005) prevê três padrões de fósforo, a saber: 0,05 mg/l para corpos d'água em regime lântico; 0,075 mg/l para ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lântico; e 0,15 mg/l para ambiente lótico e tributários de intermediários.

Considerando as condições do ribeirão Anhumas, adotou-se, para fins de comparação, que se trata de curso d'água tributário de intermediário, uma vez que este é um dos afluentes do rio Atibaia, de classe 2, que, por sua vez, é formador do reservatório de Salto Grande, em Americana.

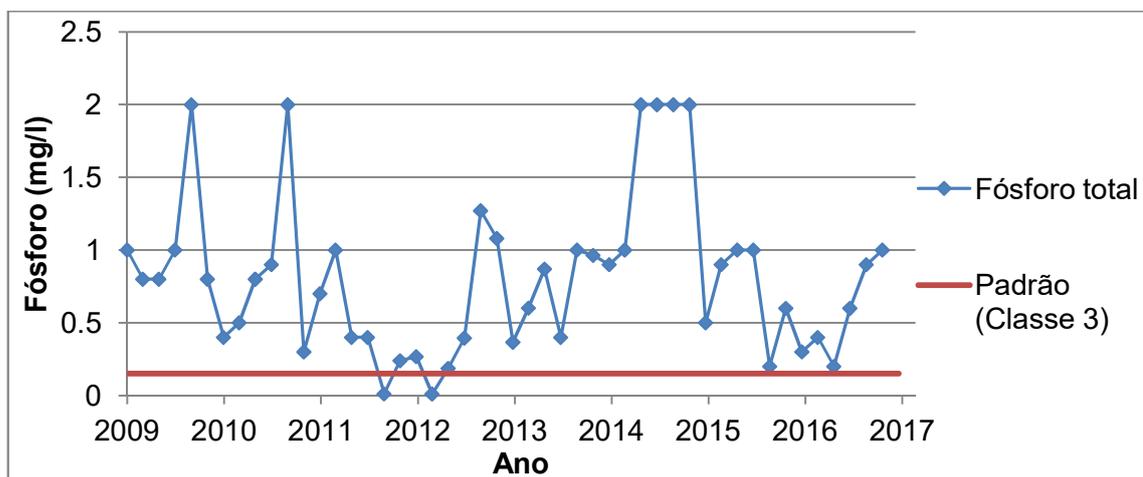


Figura 51 – Dados referentes ao fósforo total no ribeirão Anhumas entre 2009 e 2016

Conforme pode ser verificado na Figura 51, o atendimento ao padrão legal para cursos d'água classe 3 ocorreu apenas nas amostragens realizadas em setembro de 2011 (0,011 mg/l) e março de 2012 (0,01 mg/l). A concentração média deste composto no período estudado foi de $0,8 \pm 0,6$ mg/l, sendo a maior concentração obtida de 2 mg/l, em setembro de 2009, setembro de 2010, e maio a novembro de 2014, e a menor concentração de 0,01 mg/l.

Na Figura 52, verifica-se uma correlação entre a pluviosidade e a concentração de fósforo no curso d'água, sendo que a concentração deste composto diminui no período chuvoso, provavelmente em decorrência dos efeitos de diluição, devido às características de uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica.

Para o período chuvoso considerado neste estudo a concentração de fósforo total foi de $0,7 \pm 0,4$ mg/l, e, para o período de estiagem, de $0,9 \pm 0,6$ mg/l.

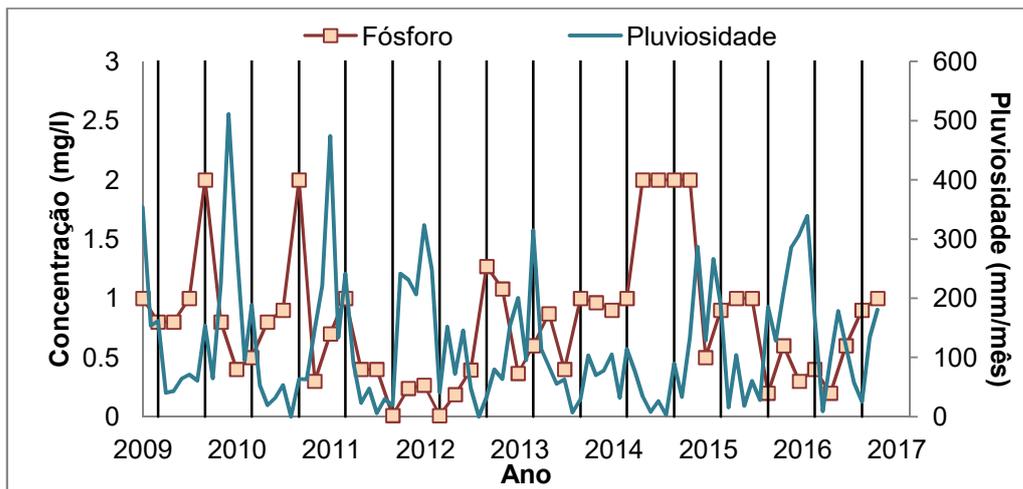


Figura 52 – Dados referentes à fósforo total x pluviosidade entre 2009 e 2016

É fundamental destacar que a concentração de fósforo advinda do ribeirão Anhumas também pode prejudicar os usos múltiplos à jusante deste curso d'água, em especial no reservatório do Salto Grande, em Americana, por ser um dos agentes eutrofizantes de cursos d'água, juntamente com o nitrogênio, conforme citado anteriormente.

5.5.4. pH

Os valores de pH obtidos para o período estudado encontram-se na Figura 53.

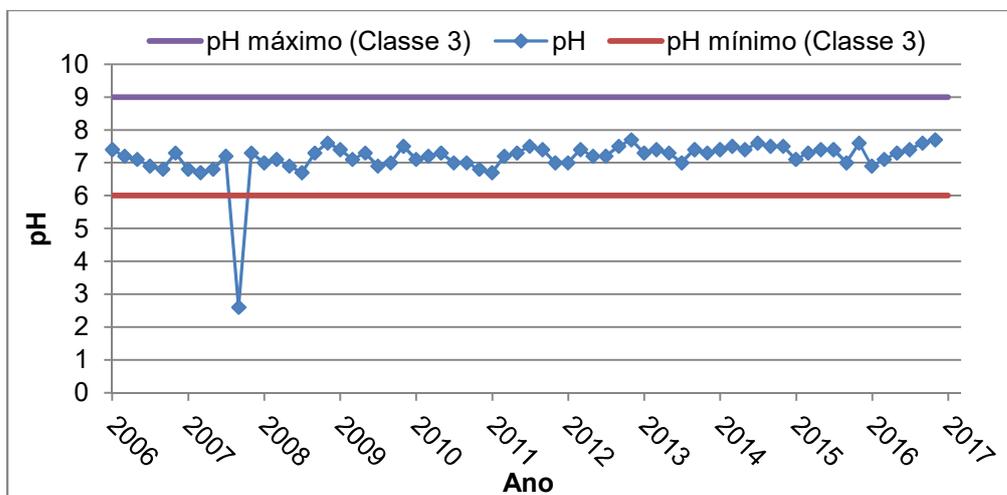


Figura 53 – Dados referentes ao pH no ribeirão Anhumas entre 2006 e 2016

Verificou-se que o pH se manteve dentro da faixa preconizada para rios classe 3, ou seja entre 7 e 9, exceto na amostragem realizada em setembro de 2007, quando o valor obtido foi de 2,6. Esta não conformidade pode estar associada a algum problema relacionado ao condicionamento da ETE Anhumas, cujo início de operação ocorreu em fevereiro de 2007. O valor médio deste parâmetro para o período objeto de análise foi de $7,1 \pm 0,6$.

5.5.5. Condutividade

Com relação à condutividade, os dados encontram-se na Figura 54.

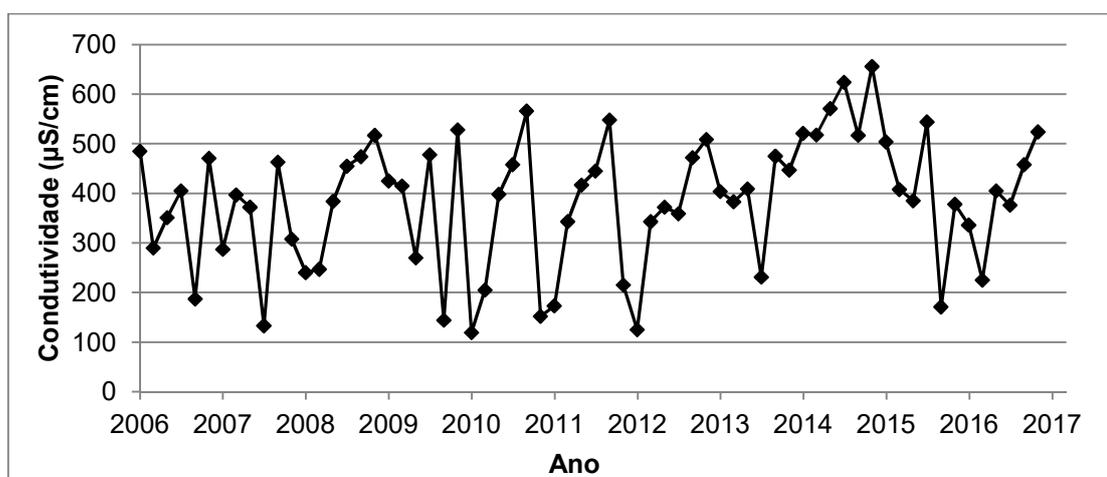


Figura 54 – Dados referentes à condutividade no ribeirão Anhumas entre 2006 e 2016

Conforme CETESB (2017), a condutividade indica a quantidade de sais existentes na água, aumentando à medida que sólidos dissolvidos são adicionados nesta. Pode representar uma medida indireta da concentração de poluentes. De modo geral, níveis superiores a $100 \mu\text{S}/\text{cm}$ indicam ambientes impactados.

A condutividade média do ribeirão Anhumas no período estudado foi de $385 \pm 131 \mu\text{S}/\text{cm}$, não se verificando diferença significativa entre os valores anteriores e posteriores ao início de operação das ETEs Anhumas e Barão Geraldo.

Os valores de condutividade obtidos para este curso d'água podem ser explicados pelo fato de se tratar de uma bacia urbanizada. Ainda, há de se destacar que os tratamentos de esgoto a nível secundário, como os processos adotados nas ETEs supracitadas, não removem todos os sólidos dissolvidos existentes na água, podendo influenciar este parâmetro.

5.5.6. Turbidez

Com relação à turbidez no ribeirão Anhumas, os dados amostrados encontram-se na Figura 55.

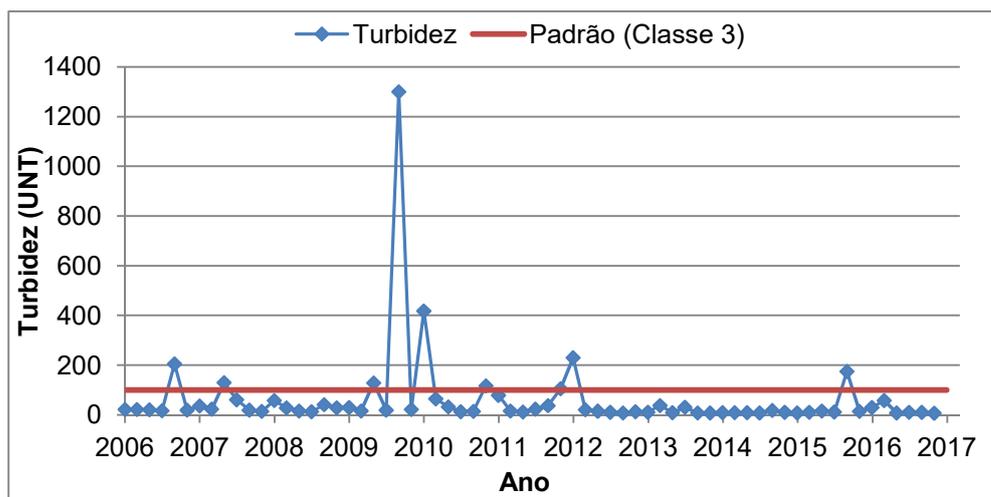


Figura 55 – Dados referentes à turbidez no ribeirão Anhumas entre 2006 e 2016

A turbidez está relacionada ao aporte de materiais em suspensão para o curso d'água, tais como partículas inorgânicas (areia, silte, argila), provenientes, principalmente, de processos erosivos, inclusive das margens dos cursos d'água, e detritos orgânicos. Este parâmetro pode influenciar nas comunidades biológicas aquáticas e afetar adversamente os usos doméstico, industrial e recreacional de um curso d'água (CETESB, 2016).

Conforme pode ser verificado na Figura 55, de modo geral, o ribeirão Anhumas vem atendendo ao padrão referente à classe 3 (100 uT), salvo para as amostragens realizadas em setembro de 2006 (205 UNT), maio de 2007 (130 UNT), maio e setembro de 2009 (129 e 1300 UNT), janeiro e novembro de 2010 (418 e 117 UNT), novembro de 2011 (105 UNT), janeiro de 2012 (230 UNT) e setembro de 2015 (175 UNT). A turbidez média para o período avaliado foi de 61 ± 168 UNT. Desconsiderando o pico de 1300 UNT, ocorrido em setembro de 2009, a média para o período em análise foi de 42 ± 67 UNT.

5.6. Análise da evolução dos índices

5.6.1. IQA

O IQA busca refletir, principalmente, a contaminação dos cursos d'água por esgotos domésticos (CETESB, 2017). A Figura 56 apresenta o IQA do ribeirão Anhumas para o período de 2009 a 2016.

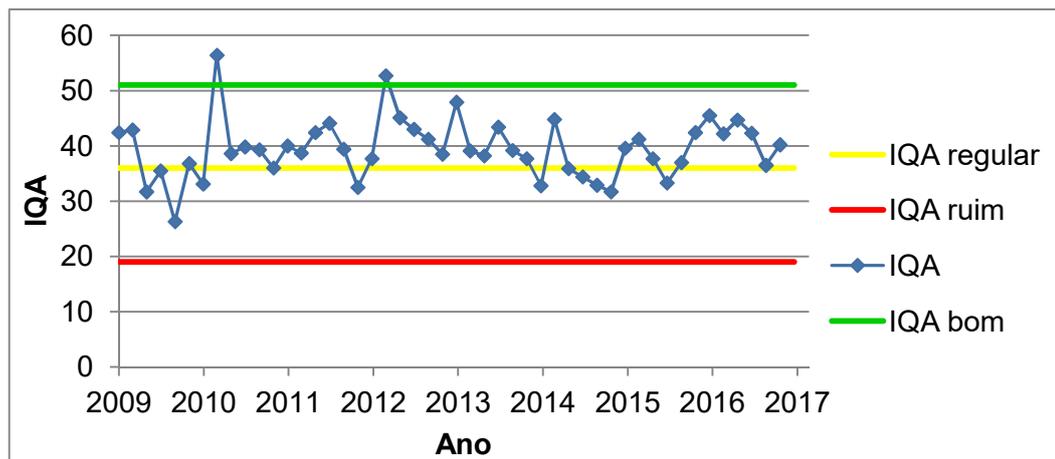


Figura 56 – Dados referentes ao IQA do ribeirão Anhumas entre 2009 e 2016

Conforme pode ser verificado, o ribeirão Anhumas encontra-se predominantemente na faixa de IQA regular (71% das amostras). Em 4% das análises realizadas este curso d'água permaneceu na faixa boa e em 25% na faixa ruim. Nota-se que o IQA está relacionado com a pluviosidade, sendo verificada a permanência da faixa de IQA ruim ao longo do ano de 2014.

5.6.2. IVA

O IVA fornece informações sobre a qualidade da água em termos ecotoxicológicos e seu grau de trofia (CETESB, 2016). A Figura 57 apresenta o IVA do ribeirão Anhumas para o período de 2009 a 2016.

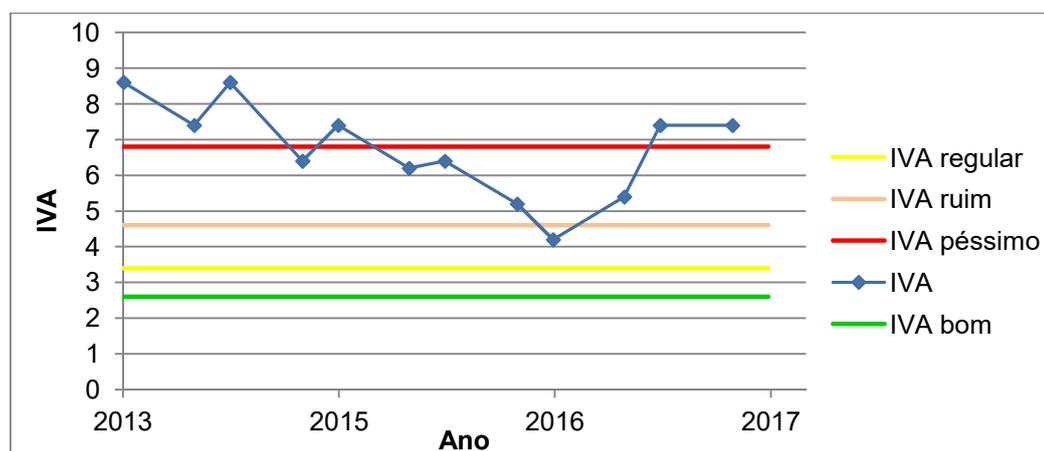


Figura 57 – Dados referentes ao IVA no ribeirão Anhumas entre 2013 e 2016

Conforme pode ser verificado, o ribeirão Anhumas encontra-se predominantemente na faixa de IVA péssimo (50% do tempo). Em 42% das amostras realizadas os valores de IVA para este curso d'água estavam na faixa ruim e em uma amostragem na faixa regular (8%). O IVA considera, para seu cálculo, entre outros elementos, o índice de estado trófico.

5.7. Comparação da qualidade do ribeirão Anhumas com padrões de cursos d'água classe 3

Os valores dos diversos parâmetros avaliados no ribeirão Anhumas foram comparados com os padrões de qualidade de cursos d'água classe 3, visando verificar a porcentagem anual de conformidade de cada item analisado, com a finalidade de averiguar seu potencial para eventual reenquadramento. Ressalta-se que a tabela completa com os dados gerados encontra-se disponível no Anexo E.

As Figura 58 a Figura 61 apresentam a porcentagem anual de atendimento dos parâmetros DBO, OD, nitrogênio amoniacal, nitrato, fósforo, turbidez e pH aos padrões de qualidade de cursos d'água classe 3.

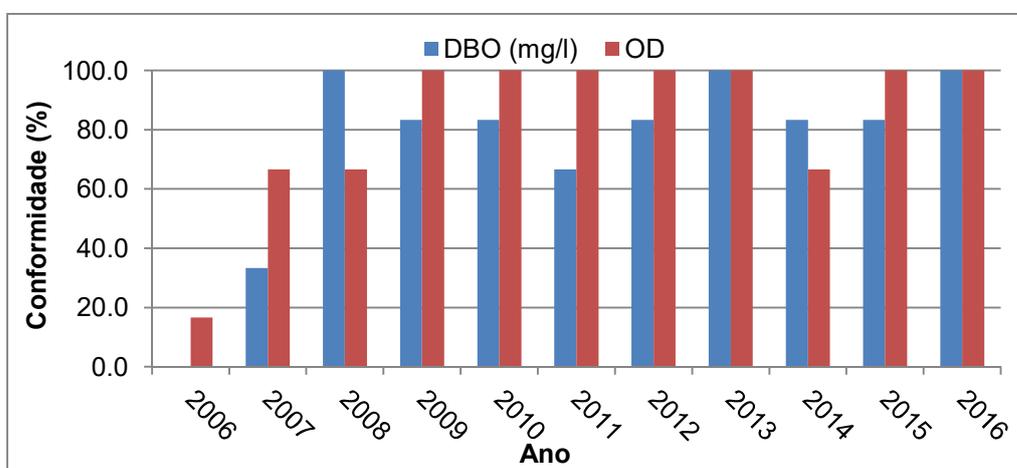


Figura 58 – Conformidade anual da DBO e OD com padrões de classe 3 entre 2006 e 2016

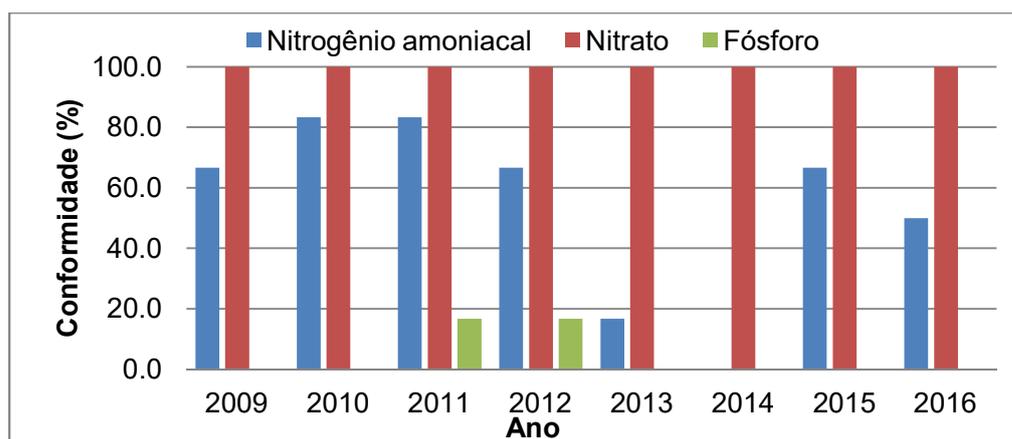


Figura 59 – Conformidade anual do nitrogênio amoniacal, nitrato e fósforo com padrões de classe 3 entre 2009 e 2016

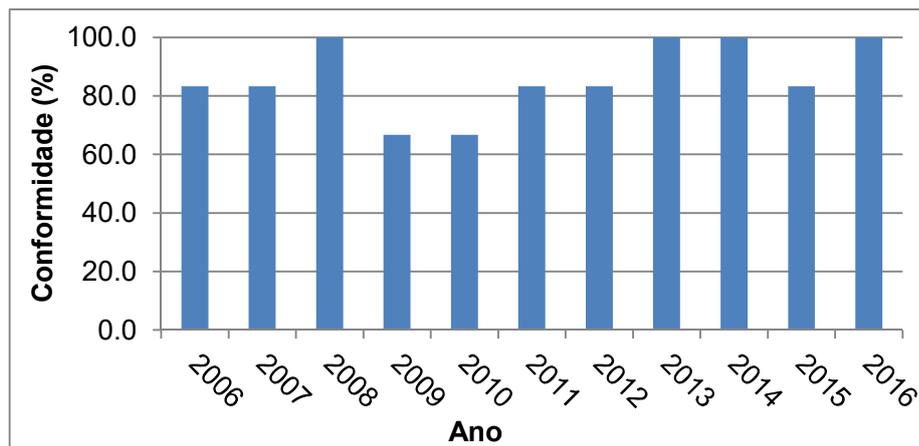


Figura 60 – Conformidade anual da turbidez com o padrão para classe 3 entre 2006 e 2016

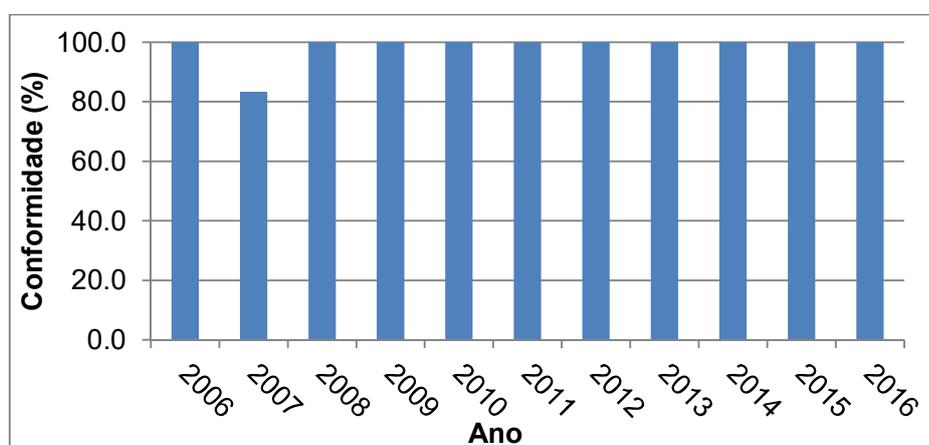


Figura 61 – Conformidade do pH com o padrão para classe 3 entre 2006 e 2016

Conforme pode ser verificado, após 2007, o ribeirão Anhumas no ponto analisado atendeu aos padrões de qualidade referente à rios classe 3 em 83% das análises de DBO realizadas; em quase a totalidade das análises de OD, com exceção das realizadas no ano de 2014; em 83% das análises de turbidez, ressaltando que este parâmetro é fortemente influenciado pela poluição difusa; e em 100% das análises de pH.

Com relação ao nitrato, verifica-se que no ponto estudado o ribeirão Anhumas atendeu ao padrão para rios Classe 3 em todas as análises realizadas. Por sua vez, para o nitrogênio amoniacal houve atendimento ao padrão para rios classe 3 em, no mínimo, 67% das análises realizadas nos anos de 2009 a 2012 e em 2015. Em 2013 apenas uma análise atendeu ao padrão legal e, em 2014, nenhuma das análises realizadas. Ressalta-se que a variação deste parâmetro está vinculada à pluviosidade anual, sendo obtidos maiores valores de nitrogênio amoniacal quanto menor a pluviosidade, o que explica o ocorrido no ano de 2014.

Para o parâmetro fósforo, houve atendimento ao padrão legal para rios classe 3 apenas em uma análise realizada em 2011 e uma em 2012 (17%). Nos demais anos objeto de avaliação todas as amostras apresentaram valores superiores ao padrão legal.

Destaca-se que a legislação prevê a necessidade de redução da concentração de DBO em no mínimo 80% para lançamento dos efluentes em qualquer curso d'água, independente da classe do mesmo. Há, ainda, para cursos d'água classe 4, padrão de qualidade referente ao oxigênio dissolvido. Deste modo, com a implantação das ETES Anhumas e Barão Geraldo em 2007 e 2008, respectivamente, houve melhoria destes parâmetros em decorrência, dentre outros fatores, da exibilidade legal.

Para cursos d'água de classe 4 não há padrões de qualidade relativos aos parâmetros nitrogênio amoniacal e fósforo. A legislação não prevê, ainda, padrões de lançamento para estes compostos, o que dificulta a exigibilidade de sua remoção pelo órgão ambiental, resultando no lançamento de cargas destes, sem nenhuma limitação, nos corpos d'água.

Contudo, o fato do ribeirão Anhumas se encontrar a montante do rio Atibaia, de classe 2, o qual é formador da represa do Salto Grande, em Americana, torna preocupante o fato de não haver a remoção adequada de nutrientes dos efluentes nele lançados, o que pode prejudicar os usos múltiplos da água a jusante, especialmente o recreacional, em decorrência, principalmente, da ocorrência de floração de algas e cianobactérias, entre outros efeitos indesejados.

5.8. Influência do ribeirão Anhumas no rio Atibaia

Foram obtidos junto ao DAEE (<http://www.hidrologia.dae.sp.gov.br/>) e ao SSD-PCJ (<http://ssdpcj.labsid.eng.br/>) dados referentes à vazão do ribeirão Anhumas e do rio Atibaia, respectivamente. Os dados relativos ao ribeirão Anhumas encontram-se disponíveis no Anexo F.

Com relação ao ribeirão Anhumas há poucos dados disponíveis. Foram identificadas duas séries fluviométricas neste curso d'água, sendo uma na sua foz (coordenadas 22°46'11" e 47°05'40"), posto fluviométrico D4-041, com dados de 07.07.2015, 05.08.2015, 02.10.2015, 04.11.2015; e outra denominada "Anhumas-Urbano", posto pluviométrico D4-038, sem coordenadas, com medições realizadas nos dias 12.01.2016, das 12h21 às 15h56, e 11.03.2016, das 14h06 às 14h56.

Com relação ao rio Atibaia foram selecionados dados fluviométricos do posto D3-003 – "Desembargador Furtado" do DAEE (Figura 62), situado nas coordenadas 22°46'10" e 46°59'22", entre os anos de 2015 e 2016, por ser o posto mais próximo situado à montante da confluência com o ribeirão Anhumas.

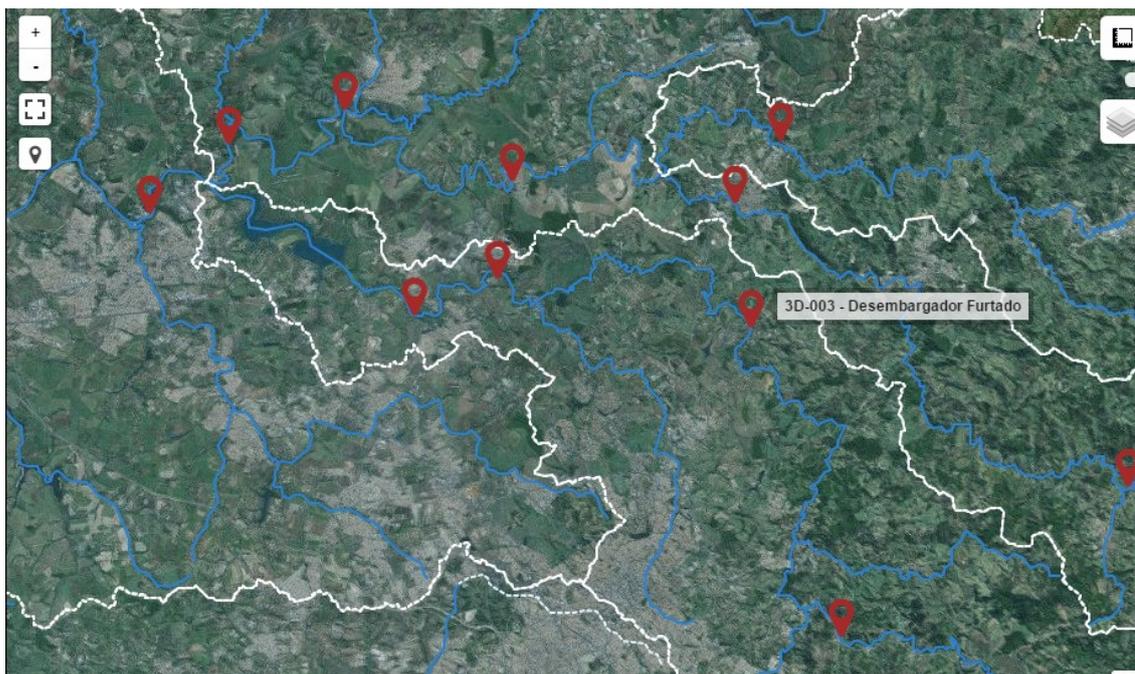


Figura 62 – Localização posto D3-003 do DAEE no rio Atibaia (Fonte: SSD PCJ)

Os poucos dados disponíveis nos postos existentes no ribeirão Anhumas foram comparados com dados do rio Atibaia para o mesmo período, resultando nos valores das Tabela 9 e 10.

Tabela 9 – Vazão do ribeirão Anhumas no posto D4-038 em relação à vazão do rio Atibaia a montante da confluência (Fontes: DAEE e SSD-PCJ – adaptado pela autora)

Data	Vazão - rio Atibaia (montante) (m ³ /s)	Precipitação (posto D3-003) (mm)	Vazão – rib. Anhumas (Posto D4-038) (m ³ /s)	Vazão rib. Anhumas/ Vazão rio Atibaia
12/01/2016 13:00	55,5	9,75	8,67	15,6%
12/01/2016 15:00	71,8	10,75	6,71	9,3%
12/01/2016 16:00	83,6	5,25	1,45	1,7%
13/01/2016 14:00	76,7	0	2,35	3,1%
13/01/2016 17:00	76,1	0	3,1	4,1%

Tabela 10 – Vazão do ribeirão Anhumas no posto D4-041 em relação à vazão do rio Atibaia a montante da confluência (Fontes: DAEE e SSD-PCJ – adaptado pela autora)

Data	Vazão - rio Atibaia (montante) (m ³ /s)	Precipitação (posto D3-003) (mm)	Vazão – rib. Anhumas (Posto D4-041) (m ³ /s)	Vazão rib. Anhumas/ Vazão rio Atibaia
07/07/2015 11:00	4,35	0	1,54	35%
05/08/2015 12:00	1,43	0	1,33	93%
02/10/2015 10:00	14,16	0	1,56	11%
04/11/2015 12:00	12,11	0	1,73	14%

A vazão do ribeirão Anhumas, no posto Anhumas-Urbano, representou 1,7% a 15,6% da vazão do rio Atibaia a montante da confluência com o ribeirão em estudo. Destaca-se que não se sabe, com exatidão, o local em que foi realizada esta medição de vazão.

Verificou-se que a vazão do ribeirão Anhumas em sua foz representou 11% a 93% da vazão do rio Atibaia a montante da confluência, demonstrando, apesar do pequeno espaço amostral disponível, que os poluentes oriundos do curso d'água em estudo podem ser significativas na qualidade do rio Atibaia.

Destaca-se que a montante da confluência com o ribeirão Anhumas e do posto pluviométrico D3-003, a SANASA possui uma captação de, aproximadamente, 5 m³/s, visando atendimento de cerca de 92% da população de Campinas (SANASA, 2017), resultando na redução da vazão do rio Atibaia. Parte desta água captada no rio Atibaia, após consumo pela população e tratamento, é disposta no ribeirão Anhumas, no ribeirão Samambaia e no rio Atibaia, pertencentes à bacia do rio Atibaia, e parte é lançada no ribeirão Quilombo, pertencente à bacia do rio Piracicaba, e na bacia do rio Capivari, principalmente no ribeirão Piçarrão e no próprio rio Capivari, configurando em transposição de bacias.

6. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo, constatou-se a melhora da qualidade da água do ribeirão Anhumas em relação aos parâmetros DBO e OD ao longo do período de 2006 e 2016 em decorrência, principalmente, do início da operação das ETEs Anhumas e Barão Geraldo e da implantação de infraestrutura de saneamento e sua interligação a sistemas de tratamento.

Com relação aos parâmetros nitrogênio amoniacal e fósforo não foram verificadas alterações significativas no período amostrado, que foi de 2009 a 2016, estando sua concentração mais associada à pluviosidade que às ações adotadas pela empresa de saneamento. Considerando que a análise destes foi iniciada apenas em 2009 não foi possível identificar se a implantação das ETEs Anhumas e Barão Geraldo teve alguma influência em relação aos mesmos. Destaca-se a inexistência de legislação referente a estes parâmetros quando se trata de cursos d'água de classe 4.

Para os parâmetros avaliados, salvo nitrogênio amoniacal e fósforo, o atendimento aos padrões de classe 3 foram superiores a 83%, indicando o potencial de reenquadramento deste curso d'água, desde que adotadas ações visando a remoção de nutrientes provenientes de fontes pontuais e difusas.

O ribeirão Anhumas encontra-se predominantemente na faixa de IQA regular e IVA péssimo, indicando a necessidade de estudos mais aprofundados dos parâmetros que compõem esses índices para identificar quais podem estar influenciando nestes resultados, para posterior indicação de ações necessárias para implementação na bacia visando a melhora dos valores obtidos.

Verificou-se que a vazão do ribeirão Anhumas em sua foz representou 11% a 93% da vazão do rio Atibaia a montante da confluência, demonstrando, apesar do pequeno espaço amostral disponível, que os poluentes oriundos do curso d'água em estudo podem ser significativos na qualidade do rio Atibaia.

Considerando que parte da bacia do ribeirão Anhumas ainda não possui rede coletora de esgoto, faz-se necessária a implantação desta infraestrutura e sua interligação aos sistemas de tratamento existentes para a redução do aporte de esgotos sanitários *in natura* nos cursos integrantes da mesma, com consequente melhora da qualidade da água da bacia.

Ainda, a elaboração e execução do plano municipal de saneamento é de fundamental importância para a qualidade de água da bacia, uma vez que prevê a destinação adequada dos esgotos sanitários e dos resíduos sólidos, além de melhorias no sistema de drenagem.

Tendo em vista que o eixo da rodovia Adhemar de Barros (SP-340), em área pertencente à bacia estudada, é um dos vetores de expansão urbana do município de Campinas, com a implantação de novos parcelamentos do solo, a não exigibilidade de remoção de nutrientes para tratamento dos efluentes nestes gerados poderá alterar significativamente a qualidade das águas do ribeirão Anhumas.

Destaca-se que as alterações das características de permeabilidade do solo também afetam a qualidade das águas da bacia, uma vez que o vetor de ocupação desta se estende por áreas anteriormente rurais, permeáveis, e ainda sem redes coletoras de esgoto.

Considerando a representatividade do ribeirão Anhumas na vazão do rio Atibaia, os resultados deste estudo apontam para a necessidade de reenquadramento deste curso d'água para uma classe mais restritiva, no caso classe 3, de modo a fornecer ao órgão ambiental melhores ferramentas para o controle do lançamento de poluentes, especialmente nutrientes neste curso d'água. Este reenquadramento deve constar do plano de bacias do comitê PCJ para sua efetivação.

Caso não seja factível, independentemente da indicação do reenquadramento na revisão do Plano de Bacia PCJ, seria desejável que neste instrumento de gestão fosse apontada a necessidade de implantação de tratamento terciário nas estações de tratamento cujo lançamento é realizado na bacia do rio Atibaia – incluindo seus tributários - visando a remoção de nitrogênio e fósforo, o que iria contribuir de modo efetivo para melhoria da qualidade dos recursos hídricos desta bacia.

Ainda, considerando os valores desconformes de DBO e OD encontrados no ribeirão Anhumas, nos trechos amostrados a montante das ETEs Anhumas, Alphaville e Barão Geraldo, identifica-se a necessidade de intensificar espacialmente os monitoramentos na calha deste curso d'água, quer sejam realizados por órgãos gestores ambientais ou de saneamento, visando auxiliar no conhecimento das principais fontes contribuintes, em seu controle, e na verificação da efetividade das ações implantadas. Deste modo, poderá se acompanhar a recuperação deste corpo d'água, importante afluente do rio Atibaia, formador do reservatório Salto Grande, para que se resgate seus usos múltiplos em toda sua potencialidade.

Este estudo ressaltou a importância das informações geradas no monitoramento ambiental de corpos d'água para auxiliar na tomada de decisão por gestores, na formulação de políticas públicas de modo a aumentar a potencialidade do uso dos recursos hídricos das bacias PCJ, bem como em estudos futuros sobre a recuperação de ambientes aquáticos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA DAS BACIAS PCJ - Fundação Agência das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí. Relatório de gestão e situação das bacias PCJ ano base 2015. Piracicaba: Parla, 2016. 200 p. Disponível em: <http://www.agenciapcj.org.br/docs/relatorios/relatorio-gestao-2015.pdf>. Acesso em: 05.04.2017.

_____. Primeira etapa da revisão do plano das bacias PCJ servirá de base para metas e ações até o ano de 2035. 2017a. Disponível em: <http://www.agenciapcj.org.br/novo/imprensa/366-proposta-de-reenquadramento-do-rio-jundi-ai-foi-aprovada-pelo-conselho-estadual-de-recursos-hidricos>. Acesso em: 01.05.2017.

_____. Proposta de reenquadramento do rio Jundiáí foi aprovada pelo conselho estadual de recursos hídricos. 2017b. Disponível em: <http://www.agenciapcj.org.br/novo/imprensa/366-proposta-de-reenquadramento-do-rio-jundi-ai-foi-aprovada-pelo-conselho-estadual-de-recursos-hidricos>. Acesso em: 01.05.2017.

AGUJARO, Lívia Fernanda; SPERANDIO, Ana Maria Girotti; ISAAC, Ricardo de Lima. Aspectos da balneabilidade e promoção da saúde: estudo de caso no reservatório Salto Grande, Americana-SP. Intellectus, Ano VII, nº 15, p. 62-79, 2011. Disponível em: <http://www.revistaintellectus.com.br/EdicaoAnterior.aspx?id=20>. Acesso em 17.12.2016.

BARRETO, Luciano Vieira; BARROS, Flávia Mariani; BONOMO, Paulo; ROCHA, Felizardo Adenilson; AMORIM, Jhones da Silva. Eutrofização em rios brasileiros. Enciclopédia Brasileira, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, nº 16, p. 2165-2179, 2013. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2013a/biologicas/EUTROFIZACAO.pdf>. Acesso em 30.05.2017.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1.997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm. Acesso em 09.01.2017.

_____. Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2.007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nºs 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. 2007. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm. Acesso em 21.05.2017.

_____. Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2.005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. 2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em 03.11.2016.

_____. Resolução CONAMA 430, de 13 de maio de 2.011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. 2011. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Acesso em 19.02.2017.

CAMPINAS. Decreto nº 18.199, de 19 de dezembro de 2013. Institui o Plano Municipal de Saneamento Básico e dá outras providências. 2013a. Disponível em: <http://campinas.sp.gov.br/uploads/pdf/507862260.pdf>. Acesso em 11.04.2017.

_____. Plano de Saneamento Básico. Produto 1 - diagnóstico, caracterização e análise crítica. 2013b. Disponível em: http://suplementos.campinas.sp.gov.br/admin/download/suplemento_2013-12-19_cod264_1.pdf. Acesso em 11.04.2017.

_____. Plano de Saneamento Básico. Produto 2 - prognósticos, objetivos e metas. 2013c. Disponível em: http://suplementos.campinas.sp.gov.br/admin/download/suplemento_2013-12-19_cod265_1.pdf. Acesso em 11.04.2017.

_____. Plano de Saneamento Básico. Produto 3 – programas e ações. 2013d. Disponível em: http://suplementos.campinas.sp.gov.br/admin/download/suplemento_2013-12-19_cod266_1.pdf. Acesso em 11.04.2017.

_____. Plano de Saneamento Básico. Produto 4 – relatório final. 2013e. Disponível em: http://suplementos.campinas.sp.gov.br/admin/download/suplemento_2013-12-19_cod267_1.pdf. Acesso em 11.04.2017.

_____. Premissa e Princípios Norteadores do Plano Diretor Estratégico. 2016. Disponível em: <http://www.campinas.sp.gov.br/arquivos/desenvolvimento-economico/cidades.pdf>. Acesso em 21.05.2017.

CETESB – Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo 2016. São Paulo: CETESB; 2017; 287 p. Disponível em: <http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/publicacoes-e-relatorios/>. Acesso em: 23.06.2017.

_____. Qualidade das Águas Superficiais no Estado de São Paulo. Parte 1 – Águas Doces - 2015. São Paulo: CETESB; 2016; 401 p. Disponível em: <http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/publicacoes-e-relatorios/>. Acesso em: 03.11.2016.

_____. Qualidade das Águas Superficiais no Estado de São Paulo. Parte 1 – Águas Doces - 2014. São Paulo: CETESB; 2015; 373 p. Disponível em: <http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/publicacoes-e-relatorios/>. Acesso em: 03.11.2016.

_____. Qualidade das Águas Superficiais no Estado de São Paulo 2013. São Paulo: CETESB; 2014; 434 p. Disponível em: <http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/publicacoes-e-relatorios/>. Acesso em: 03.11.2016.

_____. Qualidade das Águas Superficiais no Estado de São Paulo 2012. São Paulo: CETESB; 2013; 370 p. Disponível em: <http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/publicacoes-e-relatorios/>. Acesso em: 03.11.2016.

_____. Qualidade das Águas Superficiais no Estado de São Paulo 2011. São Paulo: CETESB; 2012; 356 p. Disponível em: <http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/publicacoes-e-relatorios/>. Acesso em: 03.11.2016.

_____. Qualidade das Águas Superficiais no Estado de São Paulo 2010. São Paulo: CETESB; 2011; 298 p. Disponível em: <http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/publicacoes-e-relatorios/>. Acesso em: 03.11.2016.

_____. Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo 2009. São Paulo: CETESB; 2010; 310 p. Disponível em: <http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/publicacoes-e-relatorios/>. Acesso em: 03.11.2016.

_____. Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo 2008. São Paulo: CETESB; 2009; 528 p. Disponível em: <http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/publicacoes-e-relatorios/>. Acesso em: 03.11.2016.

_____. Relatório de qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo 2007. São Paulo: CETESB; 2008; 537 p. Disponível em: <http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/publicacoes-e-relatorios/>. Acesso em: 03.11.2016.

_____. Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo 2006. São Paulo: CETESB; 2007; 327 p. Disponível em: <http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/publicacoes-e-relatorios/>. Acesso em: 03.11.2016.

_____. Sistema de Informação Infoáguas. Disponível em: <https://servicos.cetesb.sp.gov.br/infoaguas/>. Acesso em: 10.04.2017.

COBRAPE – Companhia Brasileira de Projetos e Empreendimentos. Plano das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá 2010 – 2020, com propostas de atualização do enquadramento dos corpos d'água e de programa para efetivação do enquadramento dos corpos d'água até o ano de 2035. Relatório Final. 2010; 788 p. Disponível em: http://www.comitepcj.sp.gov.br/download/PB/PCJ_PB-2010-2020_RelatorioFinal.pdf. Acesso em: 04.04.2017.

COELHO, Ricardo Marques (Coord). 2.2. Os solos da bacia do ribeirão das Anhumas. Recuperação Ambiental, participação e poder público: uma experiência em Campinas.

Processo nº 01/02952-1. 2º relatório da segunda fase. 2006. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/projetoanhumas/relatorio.htm>. Acesso em 17.11.2016.

COMITÊS PCJ - Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá. Deliberação dos Comitês PCJ nº 206/14, de 08.08.2014. Aprova proposta de alteração da classe de qualidade do rio Jundiá entre a foz do ribeirão São José e a foz do córrego Barnabé. 2014. Disponível em: <http://www.comitespcj.org.br/images/Download/DelibComitesPCJ206-14.pdf>. Acesso em 05.04.2017.

_____. Deliberação dos Comitês PCJ nº 261/16, de 16.12.2016. Aprova a proposta de alteração da classe de qualidade do Rio Jundiá, em determinados trechos, de Classe 4 para Classe 3 e dá outras providências. 2016. Disponível em: http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/deliberation/CBH-PCJ/11916/delibcomitespcj-261_16.pdf. Acesso em 05.04.2017.

_____. Relatório de situação dos recursos hídricos: versão simplificada; ano base 2014. Piracicaba: Parla, 2015; 54 p. Disponível em: <http://www.agenciapcj.org.br/docs/relatorios/relatorio-situacao-2015.pdf>. Acesso em 04.11.2016.

CONSÓRCIO PCJ – Consórcio Intermunicipal das Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá. Glossário de Termos Técnicos em Gestão de Recursos Hídricos, Saneamento Básico e Meio Ambiente. 1ª edição; 2016; 91 p. Disponível em: <http://agua.org.br/glossario-de-termos-tecnicos-em-gestao-de-recursos-hidricos-saneamento-basico-e-meio-ambiente-1a-edicao/>. Acesso em: 28.02.2017.

DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica. Hidrologia. Banco de Dados Hidrológicos. Disponível em: <http://www.hidrologia.dae.sp.gov.br/Default.aspx?dadosorigem=Pluioim%C3%A9tricos&ugrhi=UGRHI&cidadeugrhi=PIRACICABA%2FCAPIVARI%2FJUNDIAI&prefixoposto=D4-047>. Acesso em: 12.04.2017.

DAGNINO, Ricardo de Sampaio, e CARPI JR., Salvador. Mapeamento participativo de riscos ambientais na Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Anhumas – Campinas, SP. In: III Encontro da ANPPAS, 2006, Brasília. Anais. Disponível em: http://www.anppas.org.br/encontro_anual/encontro3/GT13.html. Acesso em: 17.11.2016.

DAGNINO, Ricardo de Sampaio. Riscos ambientais na Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Pedras, Campinas / São Paulo. 2007. 127 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2007. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000423682>. Acesso em 17.11.2016.

DATAGEO – Infraestrutura de Dados Espaciais Ambientais do Estado de São Paulo. Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. Disponível em: <http://datageo.ambiente.sp.gov.br/>. Acesso em 04.02.2017.

ESPÍNDOLA, Evaldo Luiz Gaeta; LEITE, Maurício Augusto; DORNFELD, Carolina Buso (Orgs.). Reservatório de Salto Grande (Americana, SP): caracterização, impactos e propostas de manejo. São Carlos, SP: RiMA; 2004, 484 p.

FIORUCCI, Antonio R., BENEDETTI FILHO, Edemar. A importância do oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos. Química Nova na Escola. São Paulo, n. 22, p. 10-16, 2005. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc22/a02.pdf>. Acesso em: 12.04.2017.

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde. Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS. Brasília: FUNASA, 112 p. 2014. Disponível em: http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manualcont_quali_agua_tecnicos_trab_emetas.pdf. Acesso em 12.04.2017.

JERONIMO, C. E. M.; FERNANDES; H. G.; MELO, H. N. S.; SOUSA, J. F. Estudo Comparativo entre Técnicas de Determinação da Matéria Orgânica em Efluentes Industriais de Composição Carbonácea. Holos, Ano 28, vol. 2, p. 34-44, 2012. Disponível em: <http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/828>. Acesso em: 23.05.2017.

JOHN, Liana; MARCONDES, Pyr. O valor da água. Camirim editorial; 2010, 172 p. Disponível em: http://www.comitespcj.org.br/images/Download/Livro_OValorDaAgua.pdf. Acesso em 28.02.2017.

MERTEN, Gustavo H., MINELLA, Jean .P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável. Porto Alegre, v. 3, n. 4, p. 33-38, 2002. Disponível em: http://taquari.emater.tche.br/docs/agroeco/revista/ano3_n4/artigo2.pdf. Acesso em: 04.02.2017.

PCJ - Sistema de Suporte à Decisão das Bacias PCJ (SSD PCJ). Disponível em <http://ssdpcj.labsid.eng.br/>. Acesso em 10.04.2017.

PORTO, Rubem La Laina (Coord.). Fundamentos para gestão da água. São Paulo, SP: s.n.; 2012, 232 p.

RASA – Consultoria e Assessoria em Irrigação, Recursos Hídricos e Meio Ambiente. Monitoramento e acompanhamento das metas do Plano de Bacias 2010-2020, nas ações relacionadas ao esgotamento sanitário para o período de 2015 - Relatório Final. 2017; 121 p. Disponível em: <http://www.agenciapcj.org.br/docs/gestao/avaliacao-plano-rh-2010-2020.pdf>. Acesso em: 05.04.2017.

SANASA – Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento S/A. Campinas inaugura maior estação de tratamento de esgoto do estado. 2007. Disponível em: http://www.sanasa.com.br/noticias/not_con3.asp?par_nrod=641&flag=CS. Acesso em 10.04.2017.

_____. ETE Barão Geraldo é inaugurada. 2008. Disponível em: http://www.sanasa.com.br/noticias/not_con3.asp?par_nrod=822&flag=CS. Acesso em 01.05.2017.

_____. Relatório de Sustentabilidade/GRI. 2013 SANASA no Ano Internacional de Cooperação pela Água. 2014. 74 p. Disponível em: <http://www.sanasa.com.br/document/noticias/1801.pdf>. Acesso em: 11.04.2017.

_____. Relatório de Sustentabilidade/GRI. 2014: água boa e segura, com a confiança dos consumidores. 2015. 113 p. Disponível em: <http://www.sanasa.com.br/document/noticias/2024.pdf>. Acesso em: 11.04.2017.

_____. Relatório de Sustentabilidade/GRI. 2015: Garantir disponibilidade e manejo sustentável de água e saneamento para todos. 2016. 100 p. Disponível em: <http://www.sanasa.com.br/document/noticias/2178.pdf>. Acesso em: 11.04.2017.

_____. Relatório de Sustentabilidade/GRI. 2016: Direitos humanos à água potável e ao saneamento básico. 147p. 2017. Disponível em: <http://www.sanasa.com.br/document/noticias/2376.pdf>. Acesso em: 11.07.2017.

_____. SANASA em números - Obras. 2017. Disponível em: <http://www.sanasa.com.br/document/noticias/1573.pdf>. Acesso em 11.07.2017.

SÃO PAULO. Decreto 8.468, de 8 de setembro de 1.976, e suas alterações. Aprova o Regulamento da Lei n.º 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente. Disponível em: <http://www.al.sp.gov.br/norma/?id=62153>. Acesso em 30.10.2016.

_____. Decreto 10.755, de 22 de novembro de 1.977. Dispõe sobre o enquadramento dos corpos de água receptores na classificação prevista no Decreto nº 8.468, de 8 de setembro de 1976 e dá providências correlatas. Disponível em: <http://www.al.sp.gov.br/norma/?id=153028>. Acesso em 30.10.2016.

_____. Lei 13.542, de 08 de maio de 2.009. Altera a denominação da CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental e dá nova redação aos artigos 2.º e 10 da Lei n. 118, de 29 de junho de 1973. Disponível em: <http://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2009/lei-13542-08.05.2009.html>. Acesso em 04.11.2016.

_____. Deliberação CRH 162, de 9 de setembro de 2014. Referenda a proposta de alteração da classe de qualidade do Rio Jundiáí, entre a foz do Ribeirão São José e a foz do Córrego Barnabé, contida na Deliberação dos Comitês PCJ nº 206/14, de 08.08.2014. 2014. Disponível em:

http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/deliberation/%5C8013/deliberacao-crh162_14reenquadramentoriojundiai.pdf. Acesso em 05.04.2017.

_____. Deliberação CRH 202, de 24 de abril de 2017. Referenda a proposta de alteração da classe de qualidade do Rio Jundiá, em determinados trechos, de Classe 4 para Classe 3, contida na Deliberação dos Comitês PCJ nº 261/16, de 16.12.2016.2017. Disponível em: http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/deliberation//CRH/12159/deliberacao_crh_202.pdf. Acesso em 01.05.2017.

SEADE – Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados. Portal de Estatísticas do Estado de São Paulo. Disponível em: <http://www.seade.gov.br/>. Acesso em 16.06.2017.

SILVA, Ana Lúcia. A utilização do modelo WinHSPF no estudo de cargas difusas de poluição da Bacia do Ribeirão da Estiva, SP. 158 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, São Paulo, SP, 2003. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-27102003-134040/en.php>. Acesso em 04.02.2017.

SILVA, Gilberto Silveira da. Avaliação do Estado de Degradação e Capacidade de Suporte da Bacia do Rio Atibaia – Região de Campinas/Paulínia - SP. 178 f. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2004. Disponível em: <http://biq.iqm.unicamp.br/arquivos/teses/vtIs000332313.pdf>. Acesso em 14.01.2017.

SILVA, Gilberto Silvério da; JARDIM; Wilson F. Aplicação do método da carga máxima total diária (CMTD) para a amônia no rio Atibaia, região de Campinas/Paulínia -SP. Engenharia Sanitária Ambiental, vol. 12, nº 2, p. 160-168, Rio de Janeiro, abr/jun. 2007. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522007000200007>. Acesso em: 30.05.2017.

SODRÉ, F.F., MONTAGNER, C.C., LOCATELLI, M.A.F, E JARDIM, W.F. Ocorrência de Interferentes Endócrinos e Produtos Farmacêuticos em Águas Superficiais da Região de Campinas (SP, Brasil). J. Braz. Soc. Ecotoxicol., v. 2, n. 2, p. 187-196, 2007. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Fernando_Sodre/publication/250395500_Ocorrencia_de_Interferentes_Endocrinos_e_Produtos_Farmacuticos_em_Aguas_Superficiais_da_Regiao_de_Campinas_SP_Brasil/links/0046352e7e15a82213000000.pdf. Acesso em: 14.01.2017.

SOUZA, Juliana Rosa de, MORAES, Maria Eugênia Bruck de, SONODA, Sérgio Luiz, SANTOS, Haialla Carolina Rialli Galvão. A importância da qualidade da água e os seus usos múltiplos: caso rio Almada. REDE – Revista Eletrônica do Prodema, vol. 8, n. 1, p. 26-45, Fortaleza, 2014. Disponível em: <http://periodicos.ufc.br/index.php/rede/article/view/1115/1074>. Acesso em: 14.01.2017.

SOUZA, Marielle Medeiros de, e GASTALDINI, Maria do Carmo Cauduro. Avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos. Engenharia Sanitária e Ambiental, vol. 19, nº 3, Rio de Janeiro, julho/setembro 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522014019000001097> . Acesso em: 09.01.2017.

TORRES, Roseli Buzanelli; ADAMI, Samuel Fernando; COELHO, Ricardo Marques (Orgs.). Atlas socioambiental da bacia do ribeirão das Anhumas. Campinas, SP: Pontes Editores; 2014, 183 p.

TUDINSI, José Galizia. Água no século XXI: Enfrentando a escassez. 1ª ed. São Carlos, SP: RiMA; 2003, 248 p.

VON SPERLING, Marcos. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3ª ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 2005, 452 p.

ZAGATTO, Pedro Antonio; ZAGATTO, Nuno Pastro. Tendência da qualidade das águas dos rios da bacia do Piracicaba, dos últimos 35 anos de monitoramento (1978 a 2012). Relatório Técnico. 2014, 142 p. Disponível em: http://www.comitespcj.org.br/images/Download/Rel-Tendencia-Qualidade-Agua_Pedro-Zagatto.pdf. Acesso em 28.02.2017.

ANEXO A – DADOS POPULACIONAIS DE CAMPINAS (FONTE: SEADE)

Tabela A.1– População de Campinas

Ano	População urbana	População	Taxa de crescimento
2006	1,015,112	1,034,904	--
2007	1,026,294	1,045,405	1.10%
2008	1,037,599	1,056,274	1.10%
2009	1,049,029	1,067,421	1.10%
2010	1,060,584	1,079,140	1.10%
2011	1,071,257	1,090,000	1.01%
2012	1,082,038	1,100,970	1.01%
2013	1,092,928	1,112,050	1.01%
2014	1,103,926	1,123,241	1.01%
2015	1,115,037	1,134,546	1.01%
2016	1,122,972	1,142,620	0.71%
Taxa média	--	--	1.06%

**ANEXO B – ÁREA OCUPADA DA BACIA DO RIBEIRÃO ANHUMAS
CONSIDERANDO LEVANTAMENTO REALIZADO COM AUXÍLIO DO PROGRAMA
GOOGLE EARTH**

Tabela B.1– Área ocupada na bacia do ribeirão Anhumas

Ano	Área ocupada (ha)	% em relação à bacia
2006	7.200	48,0
2009	7.302	48,7
2010	7.390	49,3
2011	7.434	49,6
2012	7.556	50,4
2013	7.588	50,6
2014	7.593	50,6
2015	7.593	50,6
2016	7.660	51,1

ANEXO C – VALORES DE PLUVIOSIDADE

Tabela C.1 – Valores de pluviosidade em mm/mês do posto D04-46 (Fonte: DAEE adaptada pela autora)

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Total Ano
2006	149,2	238	250,8	20,8	5	15,2	41,3	11,5	62,6	101,9	258,1	197,6	1352
2007	370,6	158,1	160,5	49,8	72,4	30,8	168,2	0	1,6	114,4	166,8	134,4	1427,6
2008	270,7	205,2	115,1	173,8	53,4	58,1	0	63,7	37	93,1	88,6	167,8	1326,5
2009	353,5	153,4	161,8	40,4	43,2	64	71,3	61	153,8	64,9	224,7	510,9	1902,9
2010	288,1	94,6	188,9	53,4	19,4	31,9	53,5	0	63,3	62,9	148,3	221,1	1225,4
2011	473,7	133,6	241,6	90,4	22,9	47,6	6,1	29,5	18,6	241,7	231,4	206,2	1743,3
2012	323,3	247,9	41	152,2	72,1	145,5	47,7	0	33,6	79,8	63,5	154,9	1361,5
2013	200,4	95,5	314,8	114,8	--	55,7	62,8	6,7	29,6	103,5	69,9	77,7	--
2014	105,2	31,7	114,2	76,7	34,5	8	26,6	2,5	90,1	33,2	134	286,9	943,6
2015	129	266,1	186,8	15,5	103,9	18,1	60,4	28,2	185,3	128,4	209,5	285,9	1617,1
2016	307,4	339,2	168,9	9	98,4	178,4	--	57,5	25,4	134	180,8	--	--
Média mensal	207,1	178,5	176,8	72,4	52,5	59,4	53,8	23,7	63,7	105,3	161,4	224,34	

**ANEXO D – DADOS COMPILADOS DOS RELATÓRIOS DE QUALIDADE DE ÁGUA
DA CETESB (2006 A 2015) E INFOAGUAS (2006 A 2016)**

Tabela D.1 – Dados compilados dos relatórios de qualidade de água da CETESB (2006 a 2015) e Infoaguas (2006 a 2016)

Ano/Parâmetro	Condutividade (μS/cm)	Turbidez (UNT)	Nitrato (mg/l)	N. Amoniacal (mg/l)	OD (mg/l)	DBO (5,20) (mg/l)	Fósforo total (mg/l)
jan-06	485	22	n.a.	n.a.	4,5	28	n.a.
mar-06	290	22	n.a.	n.a.	3,7	14	n.a.
mai-06	351	21	n.a.	n.a.	0,8	34	n.a.
jul-06	405	17	n.a.	n.a.	2	23	n.a.
set-06	187	205	n.a.	n.a.	3,8	18	n.a.
nov-06	471	19	n.a.	n.a.	2,4	n.a.	n.a.
jan-07	287	36	n.a.	n.a.	4	8	n.a.
mar-07	397	23	n.a.	n.a.	3,2	24	n.a.
mai-07	372	130	n.a.	n.a.	0,5	117	n.a.
jul-07	133	61	n.a.	n.a.	6,3	11	n.a.
set-07	463	19	n.a.	n.a.	7,3	14	n.a.
nov-07	308	14	n.a.	n.a.	6,2	6	n.a.
jan-08	240	58	n.a.	n.a.	3,9	7	n.a.
mar-08	247	28	n.a.	n.a.	5,2	5	n.a.
mai-08	384	16	n.a.	n.a.	3,7	8	n.a.
jul-08	455	13	n.a.	n.a.	4,9	6	n.a.
set-08	474	41	n.a.	n.a.	4,2	9	n.a.
nov-08	517	29	n.a.	n.a.	6,2	7	n.a.
jan-09	425	30	1,8	4	5,9	6	1
mar-09	415	16	1,1	3	5,4	5	0,8
mai-09	270	129	0,5	8	5,8	6	0,8
jul-09	478	19	0,3	18	4,5	6	1
set-09	144	1300	0,4	2	6,3	15	2
nov-09	528	22	0,2	21	6,1	8	0,8
jan-10	119	418	0,6	0,8	5,7	9	0,4
mar-10	205	65	0,6	4	5,9	6	5
mai-10	398	32	0,3	11	4,9	7	0,8
jul-10	458	13	0,01	14	5,5	23	9
set-10	566	14	0,2	0,7	5,7	7	2
nov-10	152	117	2	3	5,5	5	0,3
jan-11	173	79	0,8	3	6,8	3	0,7
mar-11	343	16	0,5	8	5,5	5	1
mai-11	417	12	0,09	11	6,6	5	0,4
jul-11	445	23	0,3	14	7	7	0,4
set-11	548	37	0,2	12	5,5	18	0,011
nov-11	215	105	1	3	6,6	14	0,24

Ano/Parâmetro	Condutividade (µS/cm)	Turbidez (UNT)	Nitrato (mg/l)	N. Amoniacal (mg/l)	OD (mg/l)	DBO (5,20) (mg/l)	Fósforo total (mg/l)
jan-12	125	230	0,6	0,8	6,5	3	0,267
mar-12	343	21	0,8	5	5,8	6	0,01
mai-12	372	15	0,4	12	5,8	6	0,154
jul-12	359	11	0,37	13	5,7	12	0,395
set-12	472	8	0,24	16	6,7	8	1,27
nov-12	509	13	0,4	21	5,4	9	1,08
jan-13	404	11	0,7	16	5,6	8	0,367
mar-13	383	38	0,9	16	5,3	10	0,604
mai-13	409	9	0,5	15	5,5	10	0,87
jul-13	231	3	0,4	0,2	6,2	7	0,4
set-13	475	8	0,2	23	5,4	10	1
nov-13	447	8	0,6	18	5,2	10	0,964
jan-14	521	9	0,5	14	2,9	10	0,9
mar-14	518	9	0,9	22	5,4	8	1
mai-14	571	9	0,3	24	5	10	2
jul-14	624	8	0,02	21	5,2	9	2
set-14	517	18	0,2	16	3,7	11	2
nov-14	656	11	1	35	4,1	8	2
jan-15	504	8	0,3	16	4,3	10	0,5
mar-15	408	11	0,9	10	5,3	6	0,9
mai-15	385	16	0,9	11	5	8	1
jul-15	544	12	1	16	4,6	15	1
set-15	171	175	0,9	3	6,6	5	0,2
nov-15	378	14	0,4	13	5	4	0,6
jan-16	336	30	1	8	5,5	3	0,3
mar-16	225	58	1	4	6,5	4	0,4
mai-16	405	8	1	0,8	4,9	5	0,2
jul-16	376	11	1	14	7,5	10	0,6
set-16	458	10	0,7	20	5,9	8	0,9
nov-16	524	7	0,4	23	6,6	6	1

Tabela D.2 – Dados compilados dos relatórios de qualidade de água da CETESB (2006 a 2015) e Infoaguas (2006 a 2016) - continuação

Ano/Parâmetro	Coliformes termot. (UFC/100 ml)	Clorofila (µg/l)	IQA	pH	IVA
jan-06	4900000	n.a.	n.a.	7,4	n.a.
mar-06	790000	n.a.	n.a.	7,2	n.a.
mai-06	1300000	n.a.	n.a.	7,1	n.a.
jul-06	230000	n.a.	n.a.	6,9	n.a.
set-06	3500000	n.a.	n.a.	6,8	n.a.
nov-06	700000	n.a.	n.a.	7,3	n.a.
jan-07	2300	n.a.	n.a.	6,8	n.a.

Ano/Parâmetro	Coliformes termot. (UFC/100 ml)	Clorofila (µg/l)	IQA	pH	IVA
mar-07	35000000	n.a.	n.a.	6,7	n.a.
mai-07	3300000	n.a.	n.a.	6,8	n.a.
jul-07	230000	n.a.	n.a.	7,2	n.a.
set-07	70000	n.a.	n.a.	2,6	n.a.
nov-07	4600000	n.a.	n.a.	7,3	n.a.
jan-08	45000	n.a.	n.a.	7	n.a.
mar-08	230000	n.a.	n.a.	7,1	n.a.
mai-08	11000	n.a.	n.a.	6,9	n.a.
jul-08	11000	n.a.	n.a.	6,7	n.a.
set-08	49000	n.a.	n.a.	7,3	n.a.
nov-08	2000000	n.a.	n.a.	7,6	n.a.
jan-09	30000	n.a.	42,4	7,4	n.a.
mar-09	87000	n.a.	42,9	7,1	n.a.
mai-09	110000	n.a.	31,7	7,3	n.a.
jul-09	2000	n.a.	35,5	6,9	n.a.
set-09	120000	n.a.	26,3	7	n.a.
nov-09	110000	n.a.	36,8	7,5	n.a.
jan-10	130000	n.a.	33,1	7,1	n.a.
mar-10	317	n.a.	56,4	7,2	n.a.
mai-10	60000	n.a.	38,6	7,3	n.a.
jul-10	1700	n.a.	39,8	7	n.a.
set-10	82000	n.a.	39,3	7	n.a.
nov-10	82000	n.a.	36	6,8	n.a.
jan-11	530000	n.a.	40	6,7	n.a.
mar-11	930000	n.a.	38,7	7,2	n.a.
mai-11	270000	n.a.	42,4	7,3	n.a.
jul-11	31000	n.a.	44,1	7,5	n.a.
set-11	90000	n.a.	39,4	7,4	n.a.
nov-11	130000	n.a.	32,5	7	n.a.
jan-12	86000	n.a.	37,7	7	n.a.
mar-12	14000	n.a.	52,7	7,4	n.a.
mai-12	35000	n.a.	45,1	7,2	n.a.
jul-12	14000	n.a.	43	7,2	n.a.
set-12	12000	n.a.	41,2	7,5	n.a.
nov-12	21000	n.a.	38,5	7,7	n.a.
jan-13	5000	n.a.	47,9	7,3	n.a.
mar-13	34000	n.a.	39,1	7,4	n.a.
mai-13	64000	n.a.	38,2	7,3	n.a.
jul-13	68000	n.a.	43,4	7	n.a.
set-13	15000	n.a.	39,2	7,4	n.a.
nov-13	39000	n.a.	37,7	7,3	n.a.
jan-14	37000	9,9	32,8	7,4	8,6
mar-14	2000	8	44,8	7,5	n.a.

Ano/Parâmetro	Coliformes termot. (UFC/100 ml)	Clorofila (µg/l)	IQA	pH	IVA
mai-14	10000	12	35,5	7,4	7,4
jul-14	25000	3,5	34,4	7,6	8,6
set-14	11000	9,2	32,9	7,5	n.a.
nov-14	36000	30,8	31,7	7,5	6,4
jan-15	20000	3,8	39,6	7,1	7,4
mar-15	38000	6,8	41,2	7,3	n.a.
mai-15	66000	3,6	37,7	7,4	6,2
jul-15	34000	3,2	33,3	7,4	6,4
set-15	96000	11,1	37	7	n.a.
nov-15	21000	5,9	42,4	7,6	5,2
jan-16	40000	3,6	45,5	6,9	4,2
mar-16	90000	n.a.	42,2	7,1	n.a.
mai-16	27000	3,2	44,7	7,3	5,4
jul-16	36000	11,1	42,3	7,4	7,4
set-16	150000	n.a.	36,5	7,6	n.a.
nov-16	33000	5,9	40,2	7,7	7,4

**ANEXO E – PORCENTAGEM DE CONFORMIDADE DOS VALORES DOS
PARÂMETROS COM OS PADRÕES PARA RIOS CLASSE 3**

Tabela E.1 – Porcentagem de atendimento aos padrões Classe 3, por ano

Ano \ Parâmetro	Conformidade ao padrão Classe 3 (%)						
	Turbidez	Nitrato	Nitrogênio Amoniacal	OD	DBO	Fósforo	pH
2006	83,3			16,7	0		100
2007	83,3			66,7	33,3		83,3
2008	100			66,7	100		100
2009	66,7	100	66,7	100	83,3	0	100
2010	66,7	100	83,3	100	83,3	0	100
2011	83,3	100	83,3	100	66,7	16,7	100
2012	83,3	100	66,7	100	83,3	16,7	100
2013	100	100	16,7	100	100	0	100
2014	100	100	0	66,7	83,3	0	100
2015	83,3	100	66,7	100	83,3	0	100
2016	100	100	50	100	100	0	100

ANEXO F – VAZÃO DO RIBEIRÃO ANHUMAS E DO RIO ATIBAIA

Tabela F.1 – Vazão do ribeirão Anhumas no posto fluviométrico 4D-038 (Fonte: DAEE)

Data	Hora Inicial	Hora Final	Vazão (m³/s)	Área (m²)	Larg. (m)	Prof. (m)	Veloc. (m/s)
12/01/2016	12:21	12:24	15	9,86	10,9	0,9	1,53
12/01/2016	12:25	12:25	16,1	11,5	11,6	0,99	1,41
12/01/2016	12:36	12:36	13,8	9,42	10,7	0,88	1,46
12/01/2016	12:45	12:48	10,4	7,69	10,7	0,72	1,36
12/01/2016	12:52	12:56	9,72	7,85	11,2	0,7	1,24
12/01/2016	13:00	13:00	8,67	7,51	11,9	0,63	1,15
12/01/2016	13:03	13:06	9,13	7,75	11,7	0,66	1,18
12/01/2016	13:09	13:09	9,62	7,31	10,3	0,71	1,32
12/01/2016	13:13	13:13	10	9,2	12,8	0,72	1,09
12/01/2016	15:10	15:12	6,71	6,04	10,3	0,59	1,11
12/01/2016	15:14	15:16	7,67	6,77	11,9	0,57	7,67
12/01/2016	15:18	15:18	7,77	6,92	12,3	0,56	1,12
12/01/2016	15:20	15:20	6,86	6,56	12,2	0,54	1,05
12/01/2016	15:25	15:25	6,1	5,12	11,4	0,45	1,19
12/01/2016	15:27	15:27	5,68	5,73	11,7	0,49	0,992
12/01/2016	15:29	15:29	4,97	4,94	9,7	0,51	1,01
12/01/2016	15:56	15:58	1,45	3,84	11,9	0,32	0,38
11/03/2016	14:06	14:06	2,35	3,99	10,9	0,37	0,588
11/03/2016	14:09	14:09	2,18	3,84	11,3	0,34	0,568
11/03/2016	14:45	14:45	5,37	5,64	12,6	0,45	0,951
11/03/2016	14:47	14:49	4,76	4,97	11,3	0,44	0,958
11/03/2016	14:51	14:51	4,1	5,16	11,7	0,44	0,796
11/03/2016	14:54	14:54	3,23	4,77	12,1	0,39	0,677
11/03/2016	14:56	14:56	3,1	5,36	14,1	0,38	0,579

Tabela F.2 – Vazão do ribeirão Anhumas no posto fluviométrico 4D-041 (foz) (Fonte: DAEE)

Data	Hora Inicial	Hora Final	Vazão (m³/s)	Área (m²)	Larg. (m)	Prof. (m)	Veloc. (m/s)
07/07/2015	10:37	11:30	1,54	11	17,9	0,61	0,14
05/08/2015	11:35	12:12	1,33	10,4	17,8	0,58	0,128
02/10/2015	10:28	10:39	1,56	11,4	18,2	0,63	0,49
04/11/2015	12:06	12:18	1,73	11,8	17,8	0,66	0,15