

2020

Plano de Segurança da Água

Ano 2019

Adriana A. R. V. Isenburg

Diego de Oliveira Pinto

Romeu Cantusio Neto

Sumário

1. Introdução	1
2. Legislação: Procedimentos de controle e de vigilância da água para consumo humano seu padrão de potabilidade – Portaria de Consolidação nº5/2017 (Anexo XX) e seu processo de revisão.	2
3. Cenário do abastecimento de água para consumo humano no Brasil	3
3.1. Bacias PCJ	5
3.2. Município de Campinas	10
3.3. PSA SANASA	13
3.4. Monitoramento dos mananciais	13
3.4.1. Rio Atibaia	13
3.4.2. Rio Capivari.....	20
3.5. Avaliação da qualidade da água ao longo de 2019 x Planos de Controle SANASA	25
3.6. Controle operacional e laboratorial: Atuação do processo de tratamento no controle de parâmetros críticos de qualidade.	30
3.6.1. <i>Controle da qualidade da água tratada: Estações de Tratamento de Água</i>	30
3.6.2. <i>Rotinas e Gestão de Controle da Qualidade da Água na Rede de Distribuição</i>	34
3.6.2.1. <i>Avaliação dos Pontos Críticos</i>	39
4. <i>Considerações Finais</i>	43
5. <i>Referências</i>	45

AGRADECIMENTOS

Com a finalização deste Relatório não poderíamos deixar de agradecer ao Biólogo Dr. Romeu Cantusio Neto que, juntamente com a Eng^a. Adriana Isenburg, coordenou a implantação e desenvolvimento do Plano de Segurança da Água na Sanasa desde 2012.

Dr. Romeu Cantusio Neto que, ao longo dos seus 33 anos de contribuição à Sanasa, atuou de forma exemplar no Laboratório de Microbiologia, liderando diversas linhas de pesquisas científicas. Seu trabalho contribuiu significativamente para com a inovação e desenvolvimento da Sanasa e do saneamento no Brasil.

Lista de Figuras

<i>Figura 1 - Evolução das normas de qualidade da água para consumo humano e do padrão de potabilidade. (Fonte: Brasil, 2020)</i>	<i>2</i>
<i>Figura 2 - Variação da precipitação mensal verificada na Estação Meteorológica do CEPAGRI / UNICAMP, no período de 2010 a 2019.....</i>	<i>7</i>
<i>Figura 3 - Esquema hidráulico do sistema de transposição das águas da bacia hidrográfica do Paraíba do Sul para a bacia PCJ.....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 4 - Interligação dos reservatórios Jaguari (Bacia Paraíba do Sul) e Atibaína (Bacia PCJ).</i>	<i>8</i>
<i>Figura 5 - Evolução do Volume Equivalente do Sistema Cantareira no período de 2013 a 2019</i>	<i>9</i>
<i>Figura 6 – Controle de vazões no ponto de captação de água de Valinhos no período de 2014 a 2019. ..</i>	<i>10</i>
<i>Figura 7 - Pontos de monitoramento avaliados, na bacia do rio Atibaia.</i>	<i>14</i>
<i>Figura 8 - Variação do IQA no trecho do rio Atibaia ao longo dos últimos anos.....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 9 - Comparação entre o período de 2014-2018 com ano de 2019 no ponto de captação de água de Campinas/SP (ATIB 02065), considerando os resultados dos parâmetros de qualidade: turbidez (UNT), Nitrogênio Nitrato (mg/L), DBO 5,20 (mg/L), Fósforo Total (mg/L)</i>	<i>16</i>
<i>Figura 10 - Variação do IAP no trecho do rio Atibaia ao longo dos últimos anos.</i>	<i>17</i>
<i>Figura 11 - Avaliação do ICE no rio Atibaia, para o período de 2014 a 2019.</i>	<i>20</i>
<i>Figura 12 - Pontos de monitoramento avaliados, na bacia do rio Capivari.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 13 - Variação do IQA no trecho do rio Capivari ao longo dos últimos anos.</i>	<i>22</i>
<i>Figura 14 - Comparação entre o período de 2014-2018 com ano de 2019 no ponto de captação de água de Campinas/SP (CPIV 02130), considerando os resultados dos parâmetros de qualidade: turbidez (UNT), Nitrogênio Nitrato (mg/L), DBO 5,20 (mg/L), Fósforo Total (mg/L).</i>	<i>23</i>
<i>Figura 15 - Variação do IAP no ponto de captação de Campinas do rio Capivari, ao longo dos últimos anos.</i>	<i>24</i>
<i>Figura 16 - Avaliação do ICE no rio Capivari, para o período de 2014 a 2019.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 17 - Fluxograma de processo das ETAs 1, 2 e 3 e 4.</i>	<i>29</i>
<i>Figura 18 - Média mensal dos níveis de turbidez da água bruta do rio Atibaia, e das filtradas das ETAs 1, 2, 3 e 4 (eixo y primário); bem como concentração de cistos de Giardia spp. por litro de água bruta do rio Atibaia (eixo y secundário) – ano 2019.</i>	<i>33</i>
<i>Figura 19 - Gráficos relacionando as análises realizadas no ano de 2019 com as ETAs e atendimento aos padrões de potabilidade.....</i>	<i>35</i>

Figura 20 - Monitoramento de Cloro Residual Total nos pontos de amostragem em redes e hospitais. ...39

Figura 21 - Situação dos Pontos de Monitoramento, no ano de 2019, conforme faixa de avaliação para o padrão Cloro Residual Total.41

Figura 22 - Programa de troca de redes contratadas junto à Caixa Econômica Federal.42

Lista de Quadros

<i>Quadro 1 - Indicadores de Saneamento no Brasil, em 2019.</i>	<i>4</i>
<i>Quadro 2 - Indicadores de Saneamento Básico - Bacia PCJ.....</i>	<i>5</i>
<i>Quadro 3 - Indicadores de Saneamento na bacia PCJ</i>	<i>11</i>
<i>Quadro 4 - Relação dos Pontos de Amostragem avaliados – Rio Atibaia.</i>	<i>13</i>
<i>Quadro 5 - Valores do IQA, suas respectivas classes e significados.</i>	<i>14</i>
<i>Quadro 6 - Parâmetros adotados para avaliação do ICE e respectivo limite, conforme Resolução CONAMA 357/2005.</i>	<i>19</i>
<i>Quadro 7 - Classificação do Índice de Conformidade ao Enquadramento.</i>	<i>19</i>
<i>Quadro 8 - Relação dos Pontos de Amostragem avaliados - Rio Capivari.....</i>	<i>21</i>
<i>Quadro 9 - Parâmetros físico-químicos e microbiológicos, Limite Operacional (LO), Limite Crítico (LC) e frequência de monitoramento no ponto de captação de água bruta do rio Atibaia, em 2019.....</i>	<i>26</i>
<i>Quadro 10 - Média mensal dos resultados de monitoramento dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos analisados no ponto de captação do rio Atibaia em 2019.</i>	<i>27</i>
<i>Quadro 11 - Identificação dos Pontos de Atenção (PA), Pontos de Controle (PC), Pontos Críticos de Controle (PCC) e "Pare" (nenhuma providência necessária) para os perigos microbiológicos estudados.</i>	<i>30</i>
<i>Quadro 12 - Relação dos parâmetros avaliados.....</i>	<i>34</i>
<i>Quadro 13 - Síntese de Análises realizadas no ano de 2019.</i>	<i>36</i>
<i>Quadro 14 - Resultado das análises dos pontos de monitoramento, no ano de 2019.</i>	<i>40</i>

1. Introdução

A construção e a aplicação do Plano de Segurança da Água (PSA) é uma busca constante de mudanças de paradigmas, pois, de uma forma geral, o controle da qualidade da água para consumo humano é baseado, principalmente, em laudos analíticos, os quais não são suficientes para assegurar a devida análise e gestão de riscos associados ao sistema de abastecimento de água; fato este já bem discutido nas versões dos relatórios do Plano de Segurança da Água (PSA) SANASA anteriormente publicados (Isenburg, A.A.R.V e Cantusio Neto, R., 2017 e 2018; Isenburg, A.A.R.V e Cantusio Neto, R., Pinto, D.O., 2019).

Sempre partindo da abrangência de informações para a construção contínua de um PSA, foram e são utilizadas neste Relatório as normas e diretrizes já bem estabelecidas, como as versões Guideline for Drinking Water Quality da Organização Mundial da Saúde (OMS), bem como a própria legislação sobre os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade vigente no Brasil (Portaria de Consolidação n.5/2017, Anexo XX); dentre outros documentos que norteiam todo o processo de cada etapa para a devida implementação do PSA/SANASA, ao longo destes anos (Brasil, 2017; WHO & IWA, 2009).

Diante dessas prerrogativas, o processo de melhoria contínua pressuposto no PSA torna-se a cada ano um grande desafio, em função da constante necessidade em incluir, validar e revalidar ferramentas de avaliação e gestão de risco para as devidas ações, bem como o envolvimento de todo o sistema de gestão da qualidade (dentre outros) na Empresa, para cada etapa estabelecida.

2. Legislação: Procedimentos de controle e de vigilância da água para consumo humano seu padrão de potabilidade – Portaria de Consolidação nº5/2017 (Anexo XX) e seu processo de revisão.

A Potabilidade da água para consumo humano é assunto de grande importância no que diz respeito à saúde da população. No Brasil, a norma vigente em 2019 é a Portaria de Consolidação nº5 (Anexo XX), que foi publicada em setembro de 2017. Esta norma dispõe sobre o padrão de potabilidade, procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano, e consolidou a Portaria MS nº 2.914/2011, não promovendo alterações quanto ao seu conteúdo, parâmetros ou requisitos (Brasil, 2017).

A norma brasileira que regula a potabilidade da água já se encontra na sua 5ª versão e, desde 1977 vem passando por revisões, considerando avanços no conhecimento técnico-científico, experiências internacionais, disponibilidade de novas tecnologias de tratamento e controle de qualidade da água, surgimento (conhecimento) de novos poluentes, e avaliação e gestão de riscos (Brasil, 2020).

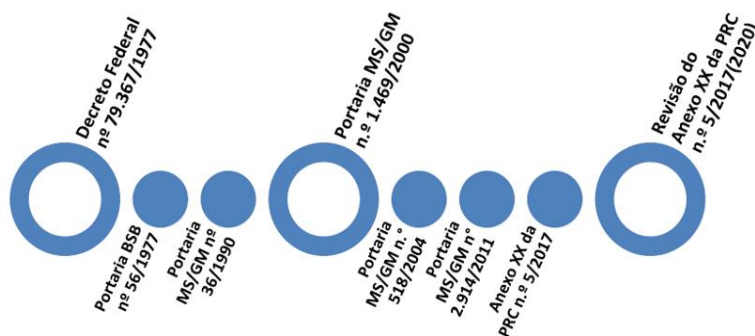


Figura 1 - Evolução das normas de qualidade da água para consumo humano e do padrão de potabilidade. (Fonte: Brasil, 2020)

Ao longo de 2019 esta norma passou por processo de revisão, sob responsabilidade do Ministério da Saúde e conduzidos pela Coordenação-Geral de

Vigilância em Saúde Ambiental – CGVAM (Departamento de Saúde Ambiental, do Trabalhador e Vigilância das Emergências em Saúde Pública - DSASTE, da Secretaria de Vigilância em Saúde – SVS). No processo de revisão as discussões são divididas em dois grandes temas, trabalhados em grupos distintos: (i) Tema I - “Competências e Responsabilidades”; (ii) Tema II - “Padrão de Potabilidade”, o qual é ainda subdividido em dois Subgrupos: “Microbiologia” e “Químicos”. Essas discussões contam com o auxílio de grupos de trabalho compostos pelo setor saúde, instituições de ensino e pesquisa, associações das empresas de abastecimento de água, órgãos de saneamento, meio ambiente e recursos hídricos, entre outros (Brasil, 2020).

A SANASA faz parte deste grupo de trabalho e contribui nas discussões e construção do processo de revisão da norma vigente.

3. Cenário do abastecimento de água para consumo humano no Brasil

O Ministério de Desenvolvimento Regional faz o acompanhamento das informações sobre saneamento no Brasil através do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS. Estas informações são publicadas num Painel iterativo, disponível em <http://snis.gov.br/painel-informacoes-saneamento-brasil/web/>, que apresenta as informações relativas aos quatro eixos do Saneamento: Abastecimento de Água; Esgotamento Sanitário; Manejo dos Resíduos Sólidos Urbanos e; Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas. Estas informações são disponibilizadas por região e, até a data de elaboração deste relatório as informações divulgadas referem-se ao ano de 2018 e encontram-se de forma resumida no quadro 1, a seguir.

Quadro 1 - Indicadores de Saneamento no Brasil, em 2019.

Abastecimento de Água				
Atendimento por Região	Norte	57,5%	Média Nacional de Atendimento: 83,7%	Água potável não contabilizada ou perdida: 39,2%
	Nordeste	73,9%		
	Centro-Oeste	89,7%		
	Sudeste	91,1%		
	Sul	90,5%		
Esgotamento Sanitário				
Atendimento com Esgotamento Sanitário por Região	Norte	12,3%	Média Nacional de Atendimento com Esgoto: 54,1%	Média Nacional de Tratamento de esgoto gerado: 49,1%
	Nordeste	28,3%		
	Centro-Oeste	57,7%		
	Sudeste	79,5%		
	Sul	46,3%		
Manejo dos Resíduos Sólidos Urbanos				
Atendimento por Região	Norte	84,4%	Média Nacional de atendimento: 92,1%	64,1 milhões de tonelada de resíduo com disposição final no solo, sendo: • 12,9% em Lixões; • 75,1% em Aterros Sanitários • 12,0% em Aterros Controlados
	Nordeste	85,9%		
	Centro-Oeste	92,5%		
	Sudeste	96,2%		
	Sul	91,7%		
Drenagem e Manejo de Águas Pluviais – DMAPU				
<ul style="list-style-type: none"> • 34,7% dos municípios possuem cadastro técnico no sistema de DMAPU <ul style="list-style-type: none"> • 19,6% dos municípios possuem Plano Diretor de DMAPU • 54,3% dos municípios possuem sistema exclusivo para drenagem • 22,5% dos municípios possuem sistema unitário (misto com esgotamento sanitário) • 66,1% dos municípios não possuem mapeamento de áreas de riscos de inundação <ul style="list-style-type: none"> • 3,5% de domicílios em riscos de inundação • 105,1 mil pessoas desabrigadas ou desalojadas por eventos hidrológicos 				

Fonte: Ministério de Desenvolvimento Regional / SNIS, ano de 2019. Disponível em <http://snis.gov.br/painel-informacoes-saneamento-brasil/web/>

Os números apresentados no quadro 1 demonstram que a questão do saneamento no Brasil é preocupante, especialmente nas regiões Norte e Nordeste, sendo necessárias ações urgentes para a melhoria dos índices. As regiões Sul e Sudeste, apesar de apresentarem indicadores mais elevados carecem de melhorias nos sistemas de coleta e, principalmente, de tratamento de esgotos. Ressalta-se ainda que 22,5% dos municípios possuem sistema de drenagem interligado ao de esgotamento sanitário e que 105,1 mil pessoas sofreram sérios problemas em consequência de eventos hidrológicos.

3.1. Bacias PCJ

O Relatório de Situação 2020 das bacias PCJ, disponível em https://agencia.baciaspcj.org.br/wp-content/uploads/Relatório_situação-2020-2019.pdf apresenta as condições do saneamento básico, em termos de abastecimento de água e esgotamento sanitário, das bacias PCJ, para o ano base de 2019.

A seguir são apresentados os principais indicadores destes eixos para o período de 2014 a 2018, contendo, além dos gráficos de acompanhamento dos indicadores, os valores verificados.

Quadro 2 - Indicadores de Saneamento Básico - Bacia PCJ

Indicador	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Observação
Disponibilidade per capita - DH (m ³ /hab.ano)	1014,33	1000,97	990,92	980,96	971,08	961,29	>2500 m ³ /hab.ano - BOM 1500<DH≤2500 m ³ /hab.ano - ATENÇÃO ≤1500 m ³ /hab.ano – CRÍTICA
Índice de Atendimento de Água – IAA (%)	97,7	97,8	98,0	98,3	98,4	ND	≥ 95% - BOM 80% ≤ IAA <95% - REGULAR < 80% - RUIM
Índice de Esgoto Coletado – IEC (%)	92,3	93,0	91,0	92,2	93,3	93,3	≥ 90% - BOM 50% ≤ IEC <90% - REGULAR < 50% - RUIM
Índice de Esgoto Tratado – IET	72,7	72,6	73,1	76,1	76,8	77,8	≥ 90% - BOM 50% ≤ IET <90% - REGULAR < 50% - RUIM
Eficiência do sis. de esgotamento (%) - IEE	62,7	64,6	64,9	67,9	67,0	66,6	≥ 80% - BOM 50% ≤ IEE <80% - REGULAR < 50% - RUIM

Fonte: Relatório de Situação dos Recursos Hídricos 2020 (ano base 2019) – UGRHI 05 – Bacias Hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, Agência das Bacias PCH, disponível em https://agencia.baciaspcj.org.br/wp-content/uploads/Relat%C3%B3rio_situa%C3%A7%C3%A3o-2020-2019.pdf

Os dados demonstram a situação crítica das bacias PCJ, com a disponibilidade hídrica caindo a cada ano e se apresentando na faixa crítica para abastecimento, ou seja, abaixo de 1.500 m³/hab.ano. Quanto ao indicador de abastecimento, nota-se que o indicador encontra-se acima de 98%, ou seja, muito próximo da universalização do abastecimento. Com relação ao sistema de esgotamento sanitário, o índice de esgoto coletado se encontra na faixa classificada como “BOM”, por outro lado, os indicadores de tratamento de esgoto e de eficiência do sistema de esgotamento (referente à proporção de redução da carga orgânica poluidora) estão na faixa REGULAR, com média para o ano de 2019 de 77,8% e 66,6%, respectivamente, verificando-se uma pequena redução neste último, com relação

ao ano anterior, demonstrando a necessidade de investimentos em unidades complementares de tratamento de esgoto para a melhoria desses indicadores.

É importante destacar a influência do Sistema Cantareira nas bacias PCJ, cuja operação e gestão interfere diretamente na disponibilidade hídrica dos rios Piracicaba e Jaguari.

A renovação da outorga do Sistema Cantareira passou por um período de intensas discussões até a aprovação da Resolução Conjunta ANA/DAEE nº 926, de 29 de maio de 2017, renovando a outorga para utilização da vazão máxima média mensal de até 33 m³/s do Sistema Cantareira para o abastecimento da Região Metropolitana de São Paulo. Esta autorização ficou condicionada ao atendimento de vazões mínimas para garantia do atendimento aos municípios das Bacias PCJ, ficando definidas as seguintes condicionantes:

- Vazão mínima instantânea de 0,25 m³/s para jusante dos reservatórios Jacareí/Jaguari, no rio Jaguari;
- Mínima instantânea de 0,25 m³/s para jusante dos reservatórios Cachoeira/Atibainha, no rio Atibaia;
- Mínima média diária de 10,0 m³/s no posto de controle da Captação de Valinhos, no rio Atibaia, e de 2,0 m³/s no posto de controle de Buenópolis, no rio Jaguari;
- Mínima instantânea de 0,10 m³/s para jusante do reservatório Paiva Castro, no rio Juqueri.

É importante analisar o reflexo destas medidas juntamente com as condições meteorológicas vivenciadas. Assim, fizemos uma avaliação do volume precipitado, registrado na Estação Meteorológica do CEPAGRI / UNICAMP. O gráfico a seguir apresenta a variação da precipitação mensal para o período de 2010 a 2019.

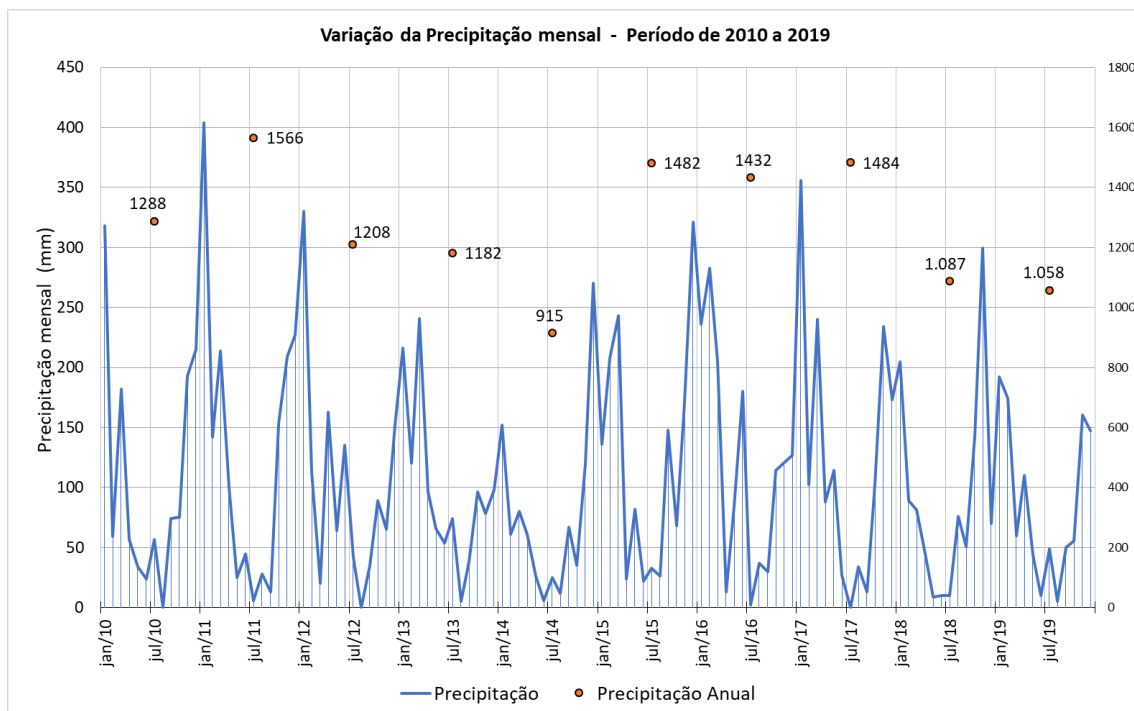


Figura 2 - Variação da precipitação mensal verificada na Estação Meteorológica do CEPAGRI / UNICAMP, no período de 2010 a 2019

Fonte: CEPAGRI / UNICAMP

Conforme apresentado na figura 2, verifica-se que no ano de 2019 ocorreu a segunda menor precipitação anual verificada nesse período (1.058 mm), abaixo deste registro somente no ano de 2014 ocorreu volume menor (915 mm).

Associada às novas regras operativas do Sistema Cantareira, entrou em operação de forma experimental em março de 2018 o sistema de transposição das águas da bacia hidrográfica do Paraíba do Sul – PS (UGRHI 2) para a do Piracicaba, Capivari e Jundiaí – PCJ (UGRHI 5), com a interligação dos rios Jaguari, pertencente à bacia do Paraíba do Sul, e o Atibainha, na bacia PCJ.

As figuras 3 e 4 apresentam o esquema hidráulico do sistema de reversão e o caminhamento da referida interligação.

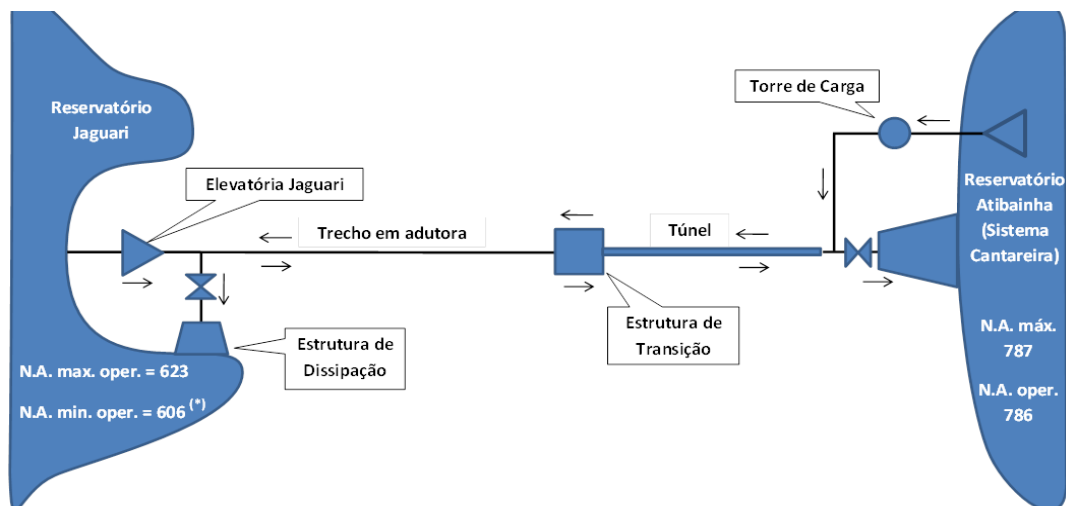


Figura 3 - Esquema hidráulico do sistema de transposição das águas da bacia hidrográfica do Paraíba do Sul para a bacia PCI.

Fonte: Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental – EIA/RIMA para a Interligação entre as Represas Jaguari (Bacia do Paraíba do Sul) e Atibainha (Bacias PCI), Volume I, Prime Engenharia / SABESP (fig. 1.2, Tomo 1-4).

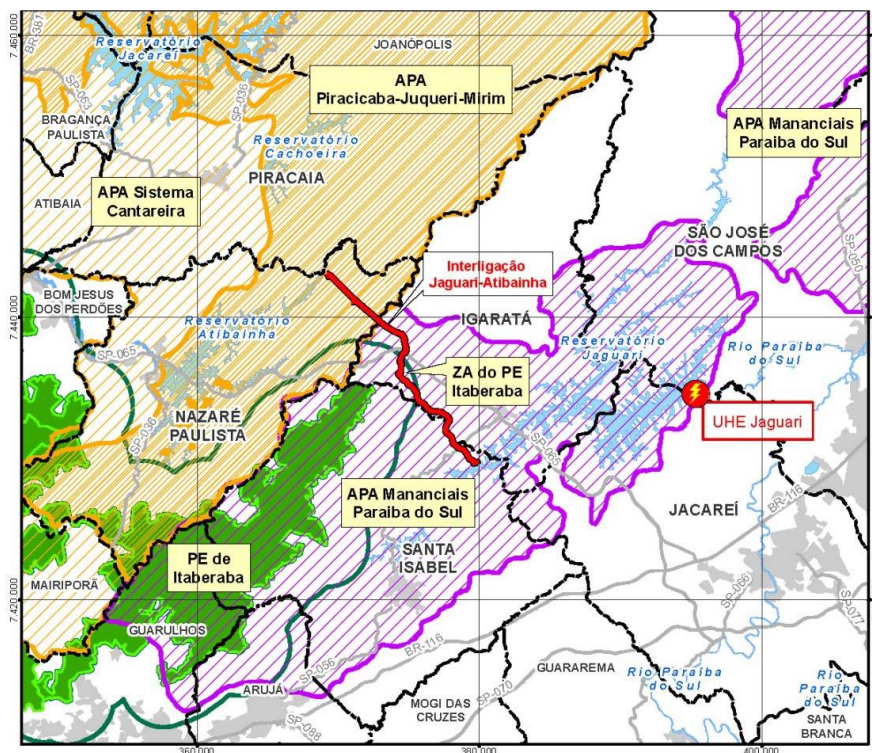


Figura 4 - Interligação dos reservatórios Jaguari (Bacia Paraíba do Sul) e Atibainha (Bacia PCI).

Fonte: RIMA Interligação Jaguari-Atibainha, SABESP / Prime Engenharia, p. 43, disponível em <http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=548>

Esta obra consiste num sistema composto por estação elevatória, com capacidade máxima de 8,5 m³/s e média de 5,13 m³/s e uma extensão de 19,6 km interligação em adutora em vala, túnel e estruturas de transição e descarga.

O gráfico a seguir apresenta a variação do volume equivalente do Sistema Cantareira, no período de 2013 a 2019, com destaque para as vazões revertidas pela bacia do Paraíba do Sul para o Sistema Cantareira e as vazões disponibilizadas tanto para a bacia PCJ, quanto para a do Alto Tietê.

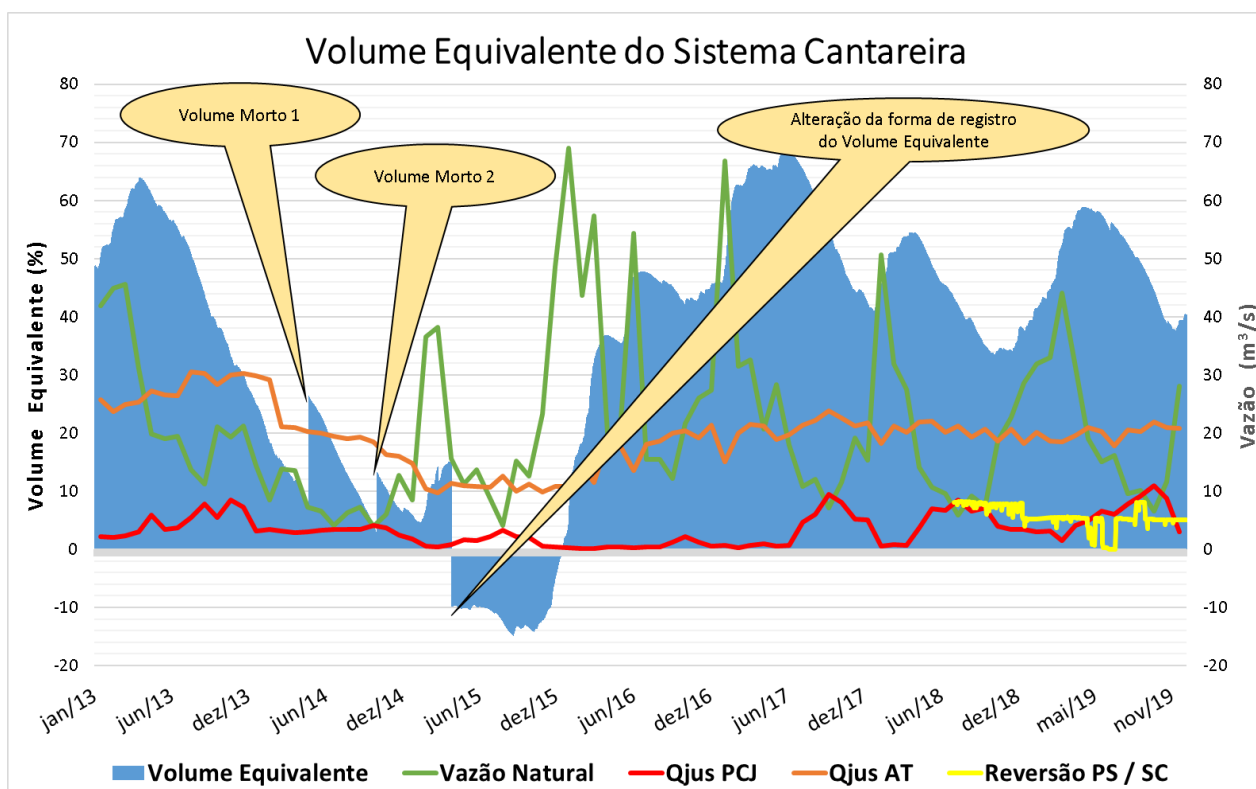


Figura 5 - Evolução do Volume Equivalente do Sistema Cantareira no período de 2013 a 2019

O ano de 2019 finalizou com um volume equivalente do Sistema Cantareira de 40,35%, sendo registrado no dia 31/12/2019 a reversão de 4,50 m³/s para a bacia PCJ e 18,84 m³/s para o Alto Tietê.

A avaliação do rio Atibaia é feita de forma rotineira e, com as condicionantes estabelecidas pela Resolução Conjunta ANA/DAEE 926/2017, sendo que para a renovação da outorga do Sistema Cantareira é feita uma avaliação da vazão no ponto da captação de Valinhos, a qual é limitada à mínima média diária de 10 m³/s. O

gráfico a seguir apresenta o controle das vazões verificadas no ponto da captação de água de Valinhos, no período de 2014 a 2019.

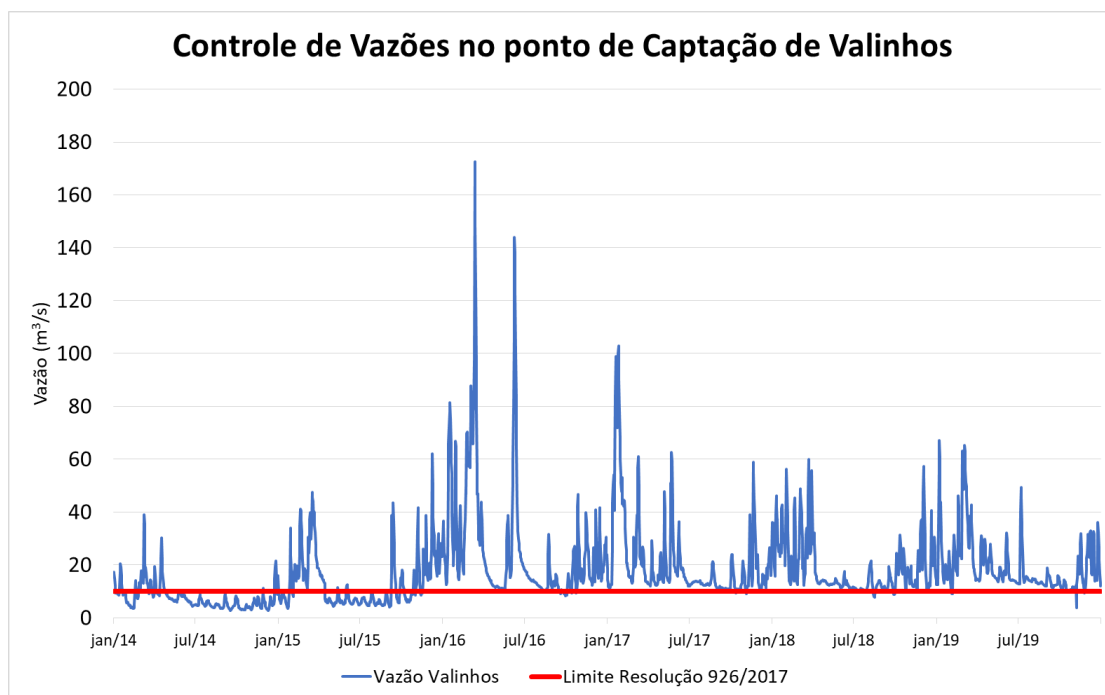


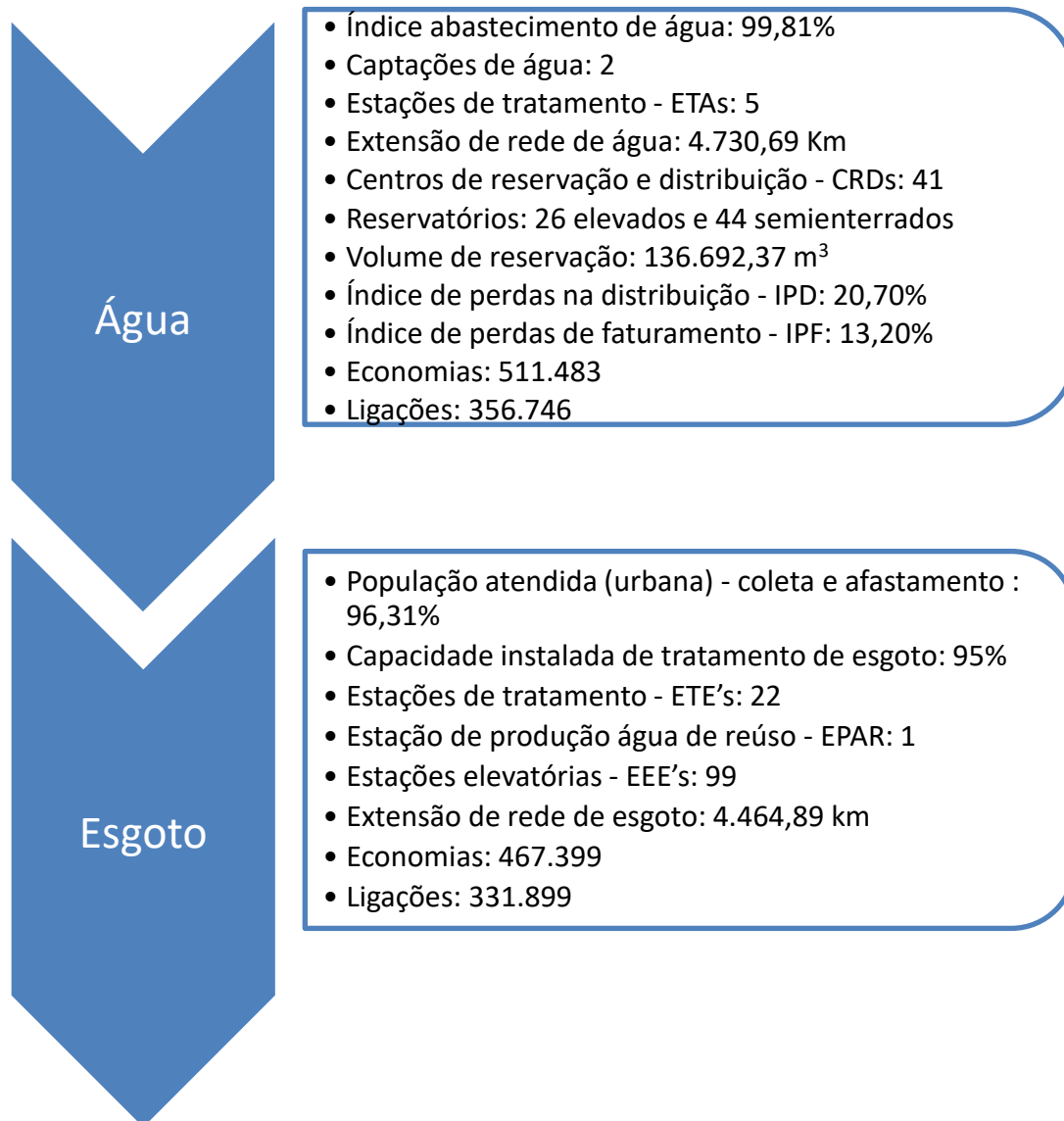
Figura 6 – Controle de vazões no ponto de captação de água de Valinhos no período de 2014 a 2019.

Como pode ser verificado no gráfico, as vazões em 2014 e 2015 foram as mais críticas, sendo verificado nos meses de maio a novembro de 2014 praticamente todos os dias com vazões abaixo de $10 \text{ m}^3/\text{s}$, o mesmo ocorrendo no ano seguinte, nos meses de maio a agosto. A partir de 2016 houve uma sensível melhora e as vazões praticamente se mantêm acima do definido pela Resolução Conjunta 926/2017.

3.2. Município de Campinas

O município de Campinas, situado na região central das Bacias PCJ, abriga uma população de 1.213.792 habitantes, conforme estimativa do IBGE (2020). Os indicadores de abastecimento e esgotamento da cidade verificados em dezembro de 2019 estão apresentados no quadro a seguir.

Quadro 3 - Indicadores de Saneamento na bacia PCJ



A SANASA vem avançando no Programa de Universalização do Saneamento, para tanto, está implementando as obras contratadas junto ao Ministério de Desenvolvimento Regional / Caixa Econômica Federal, por meio do Programa Saneamento para Todos, com recursos do PAC/FGTS, assinando, em 26/09/2017, contratos número: 441.917-02 – Sistema de Abastecimento de Água e 441.921-63 – Sistema de Esgotamento Sanitário.

As obras objeto dos citados contratos consistem no seguinte:

Operação de Crédito nº 441.917-02 – Sistema de Abastecimento de Água – SAA

- ✓ **Valor Global: R\$ 141.752.733,10**
- ✓ **Financiamento: R\$ 127.577.459,79**
- ✓ **Contrapartida: R\$ 14.175.273,31**

Resumo das obras: Adutora de Água Bruta com extensão de 2.700m, $\varnothing = 1.000\text{mm}$; 6 subadutoras com extensão total de 31.230m; 27 Reservatórios com reservação total de 65.330 m³; 4 Estações Elevatórias de Água; e Implantação de 57.828m redes de distribuição.

Operação de Crédito nº 441.921-63 – Sistema de Esgotamento Sanitário - SES

- ✓ **Valor Global: R\$ 273.419.285,59**
- ✓ **Financiamento: R\$ 259.748.321,31**
- ✓ **Contrapartida: R\$ 13.670.964,28**

Resumo das obras: Implantação de 141.858m de Redes Coletoras; 30.040 m de Interceptores e Coletores Tronco; 21 Estações Elevatórias de Esgoto Bruto; 16.226m Linhas de Recalque; 6 Estações de Tratamento de Esgotos a serem em ampliadas.

Estas obras deverão estar concluídas no segundo semestre de 2023. Ressalta-se que a SANASA está finalizando a Estação de Produtora de Água de Reuso Boa Vista, localizada na bacia do Quilombo, com a conclusão desta obra, Campinas terá capacidade instalada para tratamento de todos os esgotos do município.

Com a finalidade de garantir a disponibilidade de água para o município, principalmente em situações de escassez hídrica, a SANASA solicitou junto ao Ministério de Desenvolvimento Regional recursos para o desenvolvimento de um projeto de barramento no rio Atibaia, em Sousas, com a finalidade de permitir uma garantia adicional de 2m³/s em situações emergenciais. Essa solicitação foi aprovada e encontra-se em processo licitatório para a elaboração dos projetos.

3.3. PSA SANASA

O PSA SANASA desenvolve suas atividades avaliando todas as unidades do sistema de abastecimento de água, desde o manancial até o ponto de consumo.

Durante o ano de 2019 foram incrementadas ações de controle e prevenção visando a melhoria da qualidade da água, nesse sentido, foi reduzida a dependência para abastecimento da população a partir do rio Capivari.

A seguir são apresentadas de forma sintetizada as avaliações das diversas unidades do sistema de abastecimento de água.

3.4. Monitoramento dos mananciais

3.4.1. Rio Atibaia

Para realizar a avaliação da qualidade da água do rio Atibaia foram analisados os principais indicadores de qualidade disponibilizados pela CETESB, considerando: IQA (Índice de Qualidade da Água) e IAP (Índice de Qualidade da Água para fins de Abastecimento Público) dos pontos de amostragem conforme relacionado no quadro 4 e demonstrado na figura 7.

Quadro 4 - Relação dos Pontos de Amostragem avaliados – Rio Atibaia.

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	MUNICÍPIO
ATIB 02010	Na captação de Atibaia, junto a régua do DAEE 3E-063	Atibaia
ATIB 02030	Na captação de Itatiba. Rua Fioravante Piovani	Itatiba
ATIB 02035	Na captação de Valinhos, junto a régua do DAEE 3D-007	Valinhos
ATIB 02065	Na captação de Campinas, junto à régua do DAEE 3D-003	Campinas
ATIB 02300	Na captação da Rhodia, em Paulínia	Paulínia
ATIB 02605	Ponte da Rodovia SP 332, que liga Campinas a Cosmópolis	Paulínia
ATIB 02800	Na captação de Sumaré, perto do Mini-Pantanal de Paulínia	Paulínia
ATIB 02900	Ponte de Salto Grande, a jusante do Reservatório da CPFL	Americana

Fonte: INFOAGUAS / CETESB, disponível em:

<https://sistemainfoaguas.cetesb.sp.gov.br/AguasSuperficiais/RelatorioQualidadeAguasSuperficiais>

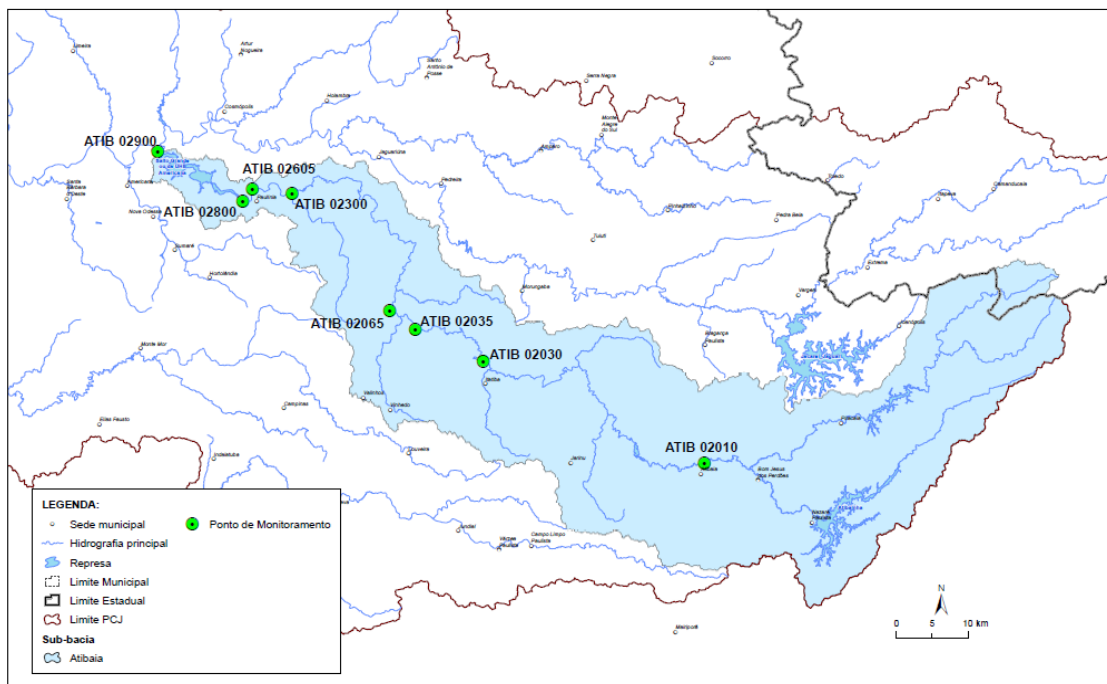


Figura 7 - Pontos de monitoramento avaliados, na bacia do rio Atibaia.

Para o cálculo do IQA são consideradas variáveis de qualidade que indicam a presença de efluentes sanitários no corpo de água, fornecendo uma visão geral sobre as condições de qualidade das águas superficiais (CETESB, 2019), conforme gráficos exibidos na figura 9, que apresenta os valores de IQA nos pontos de monitoramento da CETESB, referentes ao rio Atibaia. O quadro 5 apresenta os valores o IQA, suas respectivas classes e significados.

Quadro 5 - Valores do IQA, suas respectivas classes e significados.

Valor IQA	Classes	Significado
$79 < IQA \leq 100$	Excelente	Águas apropriadas para tratamento convencional visando o abastecimento público.
$51 < IQA \leq 79$	Bom	
$36 < IQA \leq 51$	Médio	
$19 < IQA \leq 36$	Ruim	Águas impróprias para tratamento convencional visando o abastecimento público, sendo necessários tratamentos avançados.
$IQA \leq 19$	Muito ruim	

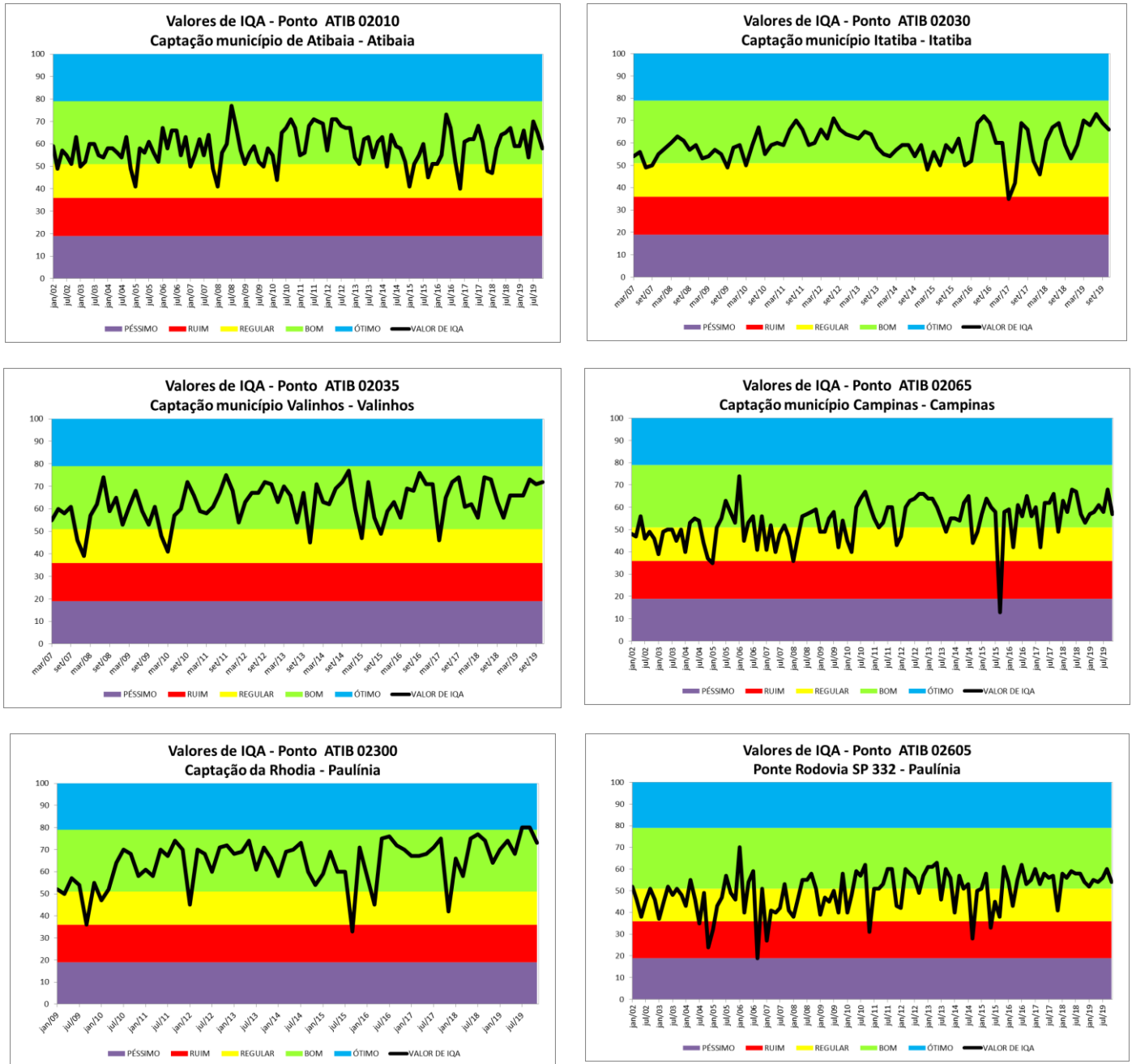


Figura 8 - Variação do IQA no trecho do rio Atibaia ao longo dos últimos anos.

Os gráficos apresentados na figura 8 demonstram grande oscilação do IQA no rio Atibaia considerando a avaliação histórica dos parâmetros. Ao longo do ano de 2019 todos os pontos do trecho do rio Atibaia apresentaram classificação na categoria “BOM” e demonstraram melhora das condições de qualidade em relação ao período 2014-2018.

Os gráficos apresentados na figura 9 comparam os resultados de parâmetros de qualidade observados no período entre 2014-2018 com o ano de 2019 para o ponto

de captação de água do município de Campinas/SP (ATIB 02065). Nesta avaliação é possível notar redução de 82% dos níveis de turbidez (UNT), 17% de redução da concentração de Nitrogênio Nitrato (mg/L), 20% de redução na DBO 5,20 (mg/L) e 25% de redução na concentração de Fósforo Total (mg/L); além do aumento de 7% na concentração de Oxigênio Dissolvido (mg/L).

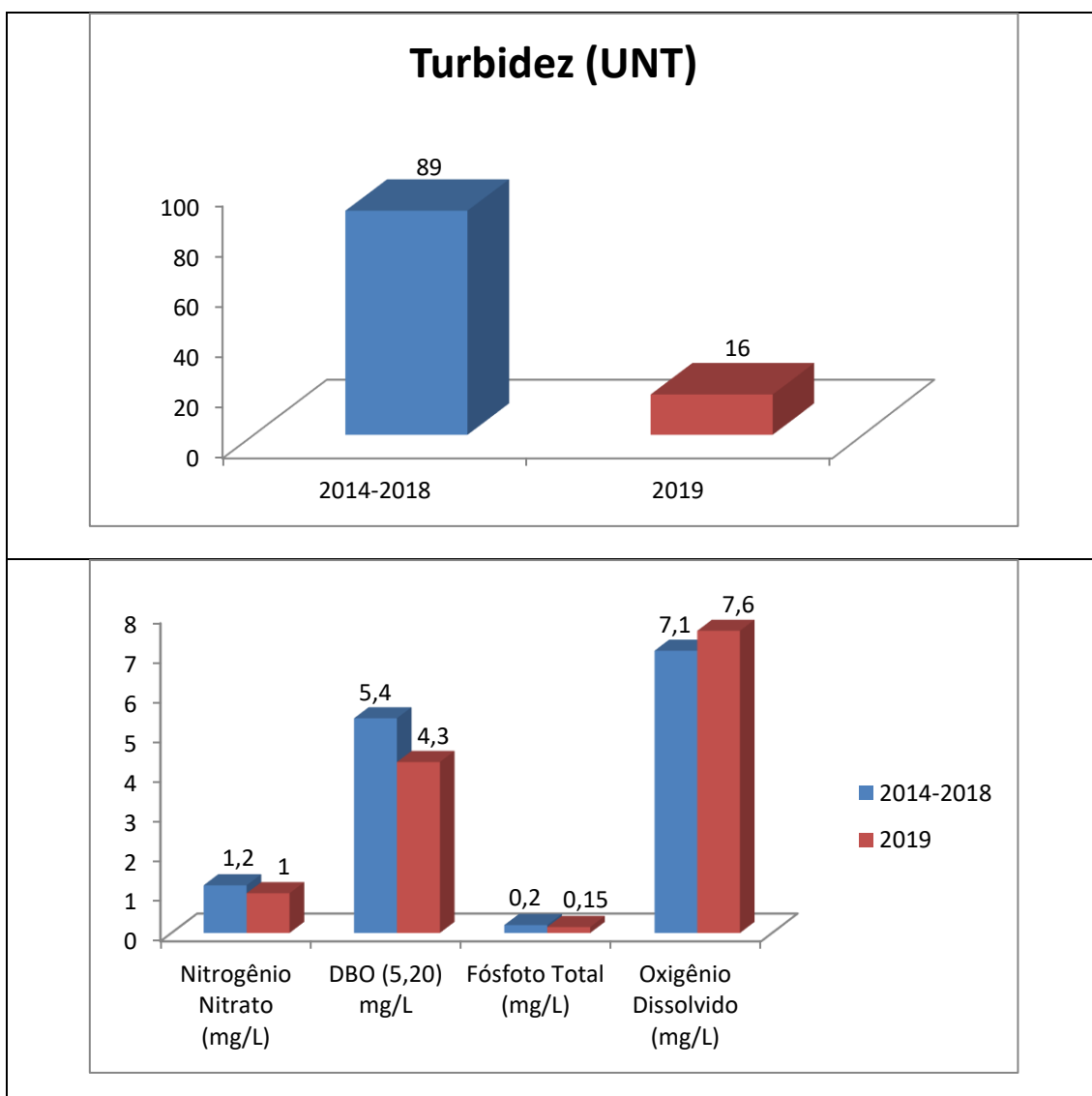


Figura 9 - Comparação entre o período de 2014-2018 com ano de 2019 no ponto de captação de água de Campinas/SP (ATIB 02065), considerando os resultados dos parâmetros de qualidade: turbidez (UNT), Nitrogênio Nitrato (mg/L), DBO 5,20 (mg/L), Fósforo Total (mg/L)

No entanto, por não contemplar outros parâmetros relevantes para a qualidade e segurança da água para consumo humano, a avaliação do IQA pode ser

complementada com outros índices de qualidade utilizados pela CETESB, como o IAP (Índice de Qualidade da Água para fins de Abastecimento Público).

Além das variáveis consideradas no IQA, no IAP também são contempladas as substâncias tóxicas e as variáveis que afetam a qualidade organoléptica da água, de forma que o IAP é o produto da ponderação dos resultados atuais do Índice de Qualidade das Águas - IQA e do Índice de Substâncias Tóxicas e Organolépticas - ISTO.

O ISTO é composto pelos grupos: ST - grupo de variáveis que indicam a presença de substâncias tóxicas (Potencial de Formação de Trihalometanos - PFTHM, Número de Células de Cianobactérias, Cádmio, Chumbo, Cromo Total, Mercúrio e Níquel) e SO - grupo de variáveis que afetam a qualidade organoléptica da água (Ferro, Manganês, Alumínio, Cobre e Zinco).

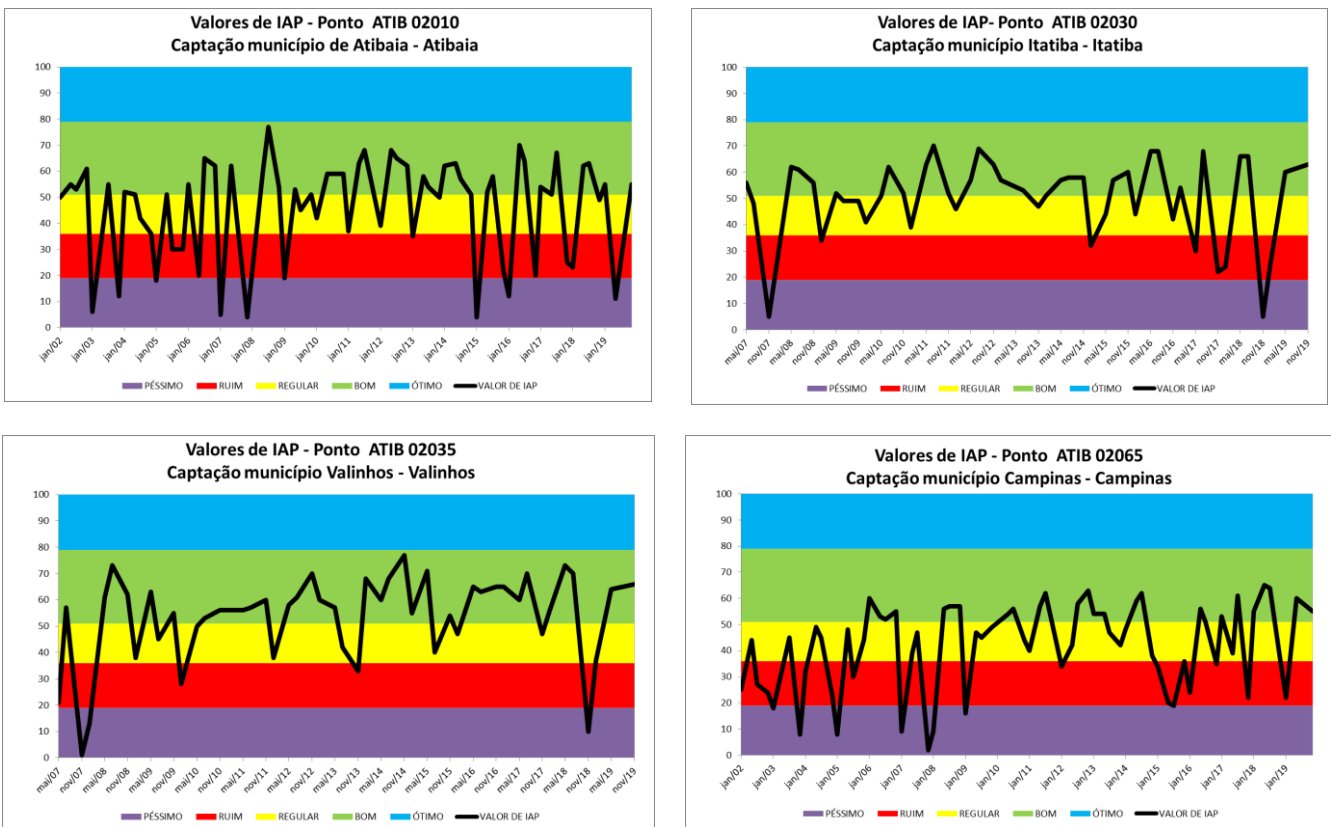


Figura 10 - Variação do IAP no trecho do rio Atibaia ao longo dos últimos anos.

Conforme demonstrado na figura 10, o IAP apresenta grande oscilação ao longo do rio Atibaia. É possível notar que no período que compreende os meses finais de 2018 e início de 2019 houve queda nos níveis do IAP em todos os pontos do trecho,

com alguma melhora ao longo do ano de 2019. O mesmo padrão é observado no ponto de captação de água de Campinas/SP (ATIB 02065).

Tal fato pode ser atribuído à relação entre o IAP e a distribuição de chuvas ao longo dos períodos do ano, na qual há tendência de queda do IAP no período chuvoso. Isso ocorre devido ao carreamento de matéria orgânica para os rios, influenciando no potencial de formação de Trihalometanos (THM), um dos fatores que mais impactam no IAP deste trecho do rio Atibaia, segundo dados da CETESB.

Para compor a avaliação da segurança hídrica do rio Atibaia, além da análise dos indicadores disponibilizados pela CETESB, foi realizada uma avaliação do Índice de Conformidade ao Enquadramento – ICE.

Este indicador é baseado no CCME WQI (*Canadian Council of Ministers of the Environmental Water Quality Index*), o qual foi desenvolvido por uma comissão de especialistas em qualidade da água em 1997, e já é utilizado pelo PSA SANASA para as avaliações e análises dos parâmetros de qualidade da água tratada – sistema de armazenamento e distribuição (Isenburg, A.A.R.V e Cantusio Neto, R., Pinto, D.O., 2019).

O ICE considera três fatores:

- ✓ Abrangência do impacto causado pela desconformidade ao enquadramento;
- ✓ Frequência com que estas ocorrem e;
- ✓ Amplitude da desconformidade.

Para o cálculo do ICE foram avaliados seis parâmetros e esta análise foi realizada tomando como base os resultados disponibilizados no INFOAGUAS / CETESB, no período de 2014 a 2019. Os limites adotados para os parâmetros avaliados encontram-se no quadro a seguir e se referem aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 (Brasil, 2005), para rios classificados como 2.

Quadro 6 - Parâmetros adotados para avaliação do ICE e respectivo limite, conforme Resolução CONAMA 357/2005.

PARÂMETRO	LIMITE*
DBO _{5,20}	≤ 5 mg/L O ₂
Fósforo Total	≤ 0,1 mg/L P
Nitrogênio Amoniacal	≤ 3,7 mg/L N
Oxigênio Dissolvido	≥ 2 mg/L O ₂
Turbidez	≤ 100 UNT
<i>E. coli</i>	≤ 1.000 NMP/100mL

*Fonte: Resolução CONAMA 357/2005.

Os critérios de classificação adotados para as categorias do ICE são apresentados no quadro 7.

Quadro 7 - Classificação do Índice de Conformidade ao Enquadramento.

CATEGORIA	ABRANGÊNCIA	SIGNIFICADO
EXCELENTE	95 – 100	Qualidade da água protegida, condições próximas aos níveis naturais.
BOM	80 – 94	Qualidade da água protegida, apresenta pequeno grau de ameaça ou impacto.
MEDIANO	65 – 79	Qualidade da água geralmente protegida, apresenta ameaça ocasional.
MARGINAL	45 – 64	Qualidade da água frequentemente ameaçada ou danificada.
RUIM	0 – 44	Qualidade da água sempre ameaçada ou danificada.

Fonte: Amaro, C.A, 2009.

Para avaliação do ICE foram considerados os mesmos pontos de amostragem, conforme relacionado no quadro 4 e figura 7.

A avaliação do ICE para o rio Atibaia é apresentada na figura a seguir.

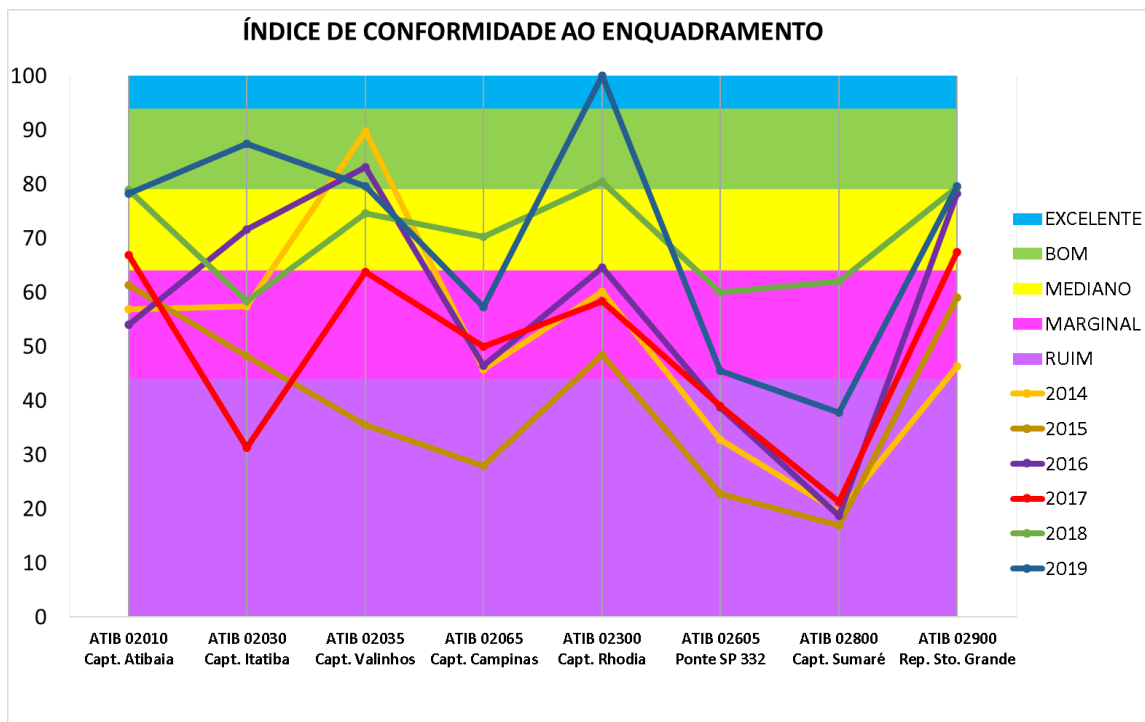


Figura 11 - Avaliação do ICE no rio Atibaia, para o período de 2014 a 2019.

O gráfico demonstra que nos anos de 2014 a 2017 o ICE resultou nas faixas MARGINAL e RUIM em todos os pontos monitorados a partir da captação de Campinas.

No ano de 2018 ocorreu uma sensível melhora e no ano de 2019 houve uma oscilação considerável, principalmente pela ocorrência de excesso de Fósforo Total, no ponto de captação em Campinas e de ocorrências fora de padrão para os parâmetros DBO, OD, Fósforo Total e *E. coli*, nos demais pontos a jusante de Campinas.

3.4.2. Rio Capivari

Para o rio Capivari foram avaliados os pontos de amostragem conforme relacionado no quadro 8 e demonstrado na figura 12.

Quadro 8 - Relação dos Pontos de Amostragem avaliados - Rio Capivari.

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	MUNICÍPIO
CPIV 02030	Ponte na Estrada SP 360 Jundiaí / Itatiba, B. Mato Dentro	Jundiaí
CPIV 02060	Ponte próxima à Granja Dina, em Louveira	Louveira
CPIV 02100	Condomínio São Joaquim, em Vinhedo	Valinhos
CPIV 02130	Captação de Campinas, rodovia Bandeirantes	Campinas
CPIV 02160	Estrada de terra que liga Campinas a Monte Mor	Campinas
CPIV 02200	Ponte na estrada que liga Monte Mor a fazenda Rio Acima	Monte Mor
CPIV 02700	Ponte na represa da Usina São Paulo	Rafard
CPIV 02900	Ponte no canalial, próximo à foz do rio Tietê	Tietê

Fonte: INFOAGUAS / CETESB, disponível em:

<https://sistemainfoaguas.cetesb.sp.gov.br/AguasSuperficiais/RelatorioQualidadeAguasSuperficiais>

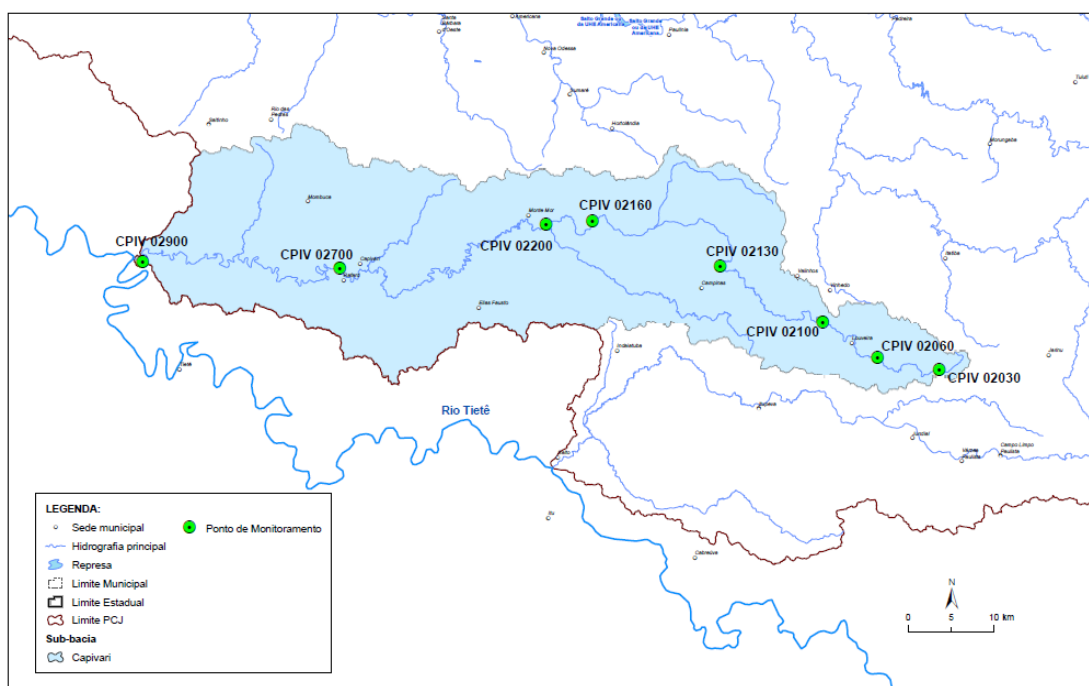


Figura 12 - Pontos de monitoramento avaliados, na bacia do rio Capivari.

Os gráficos apresentados na figura 13 demonstram os valores de IQA para os oito pontos monitorados pela CETESB no rio Capivari ao longo dos últimos anos.

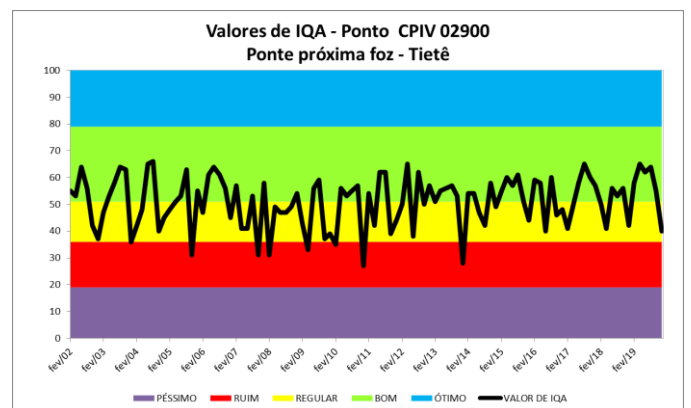
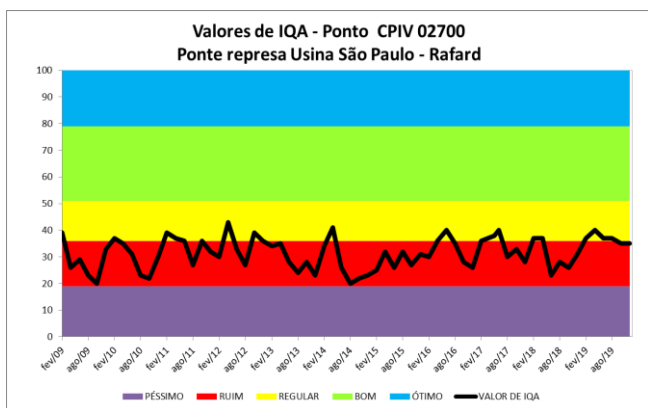
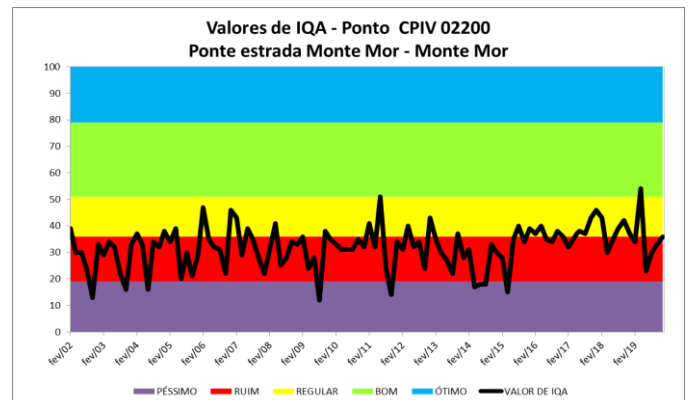
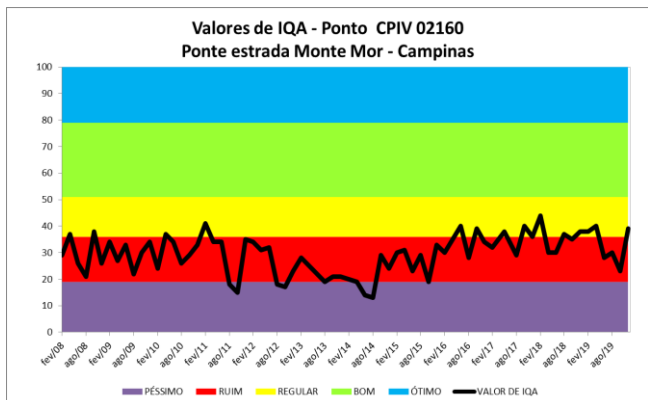
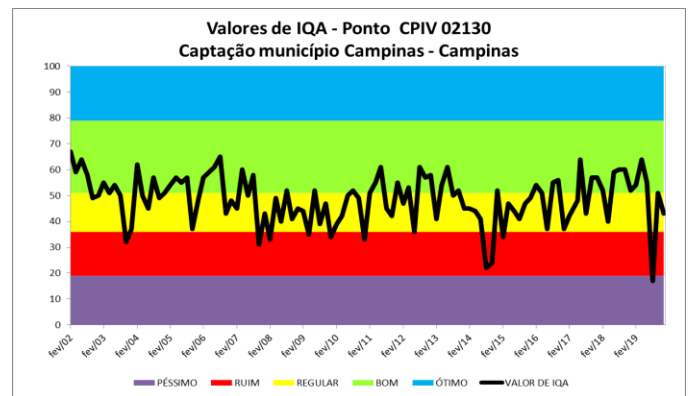
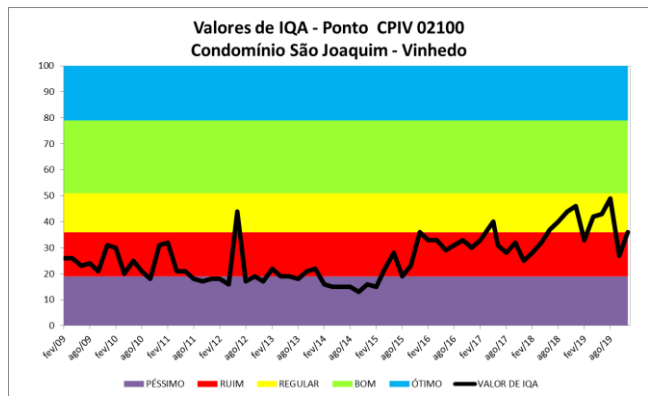
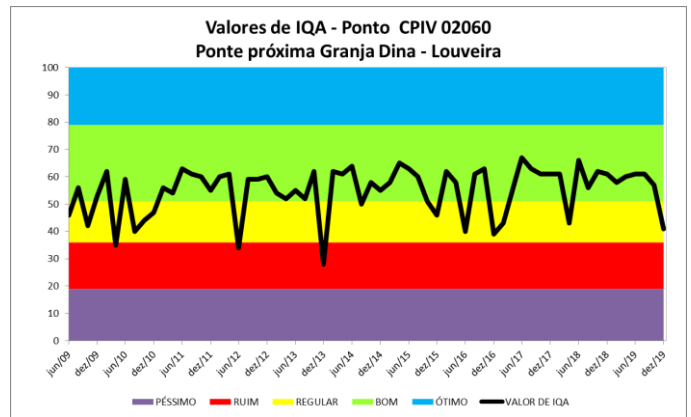
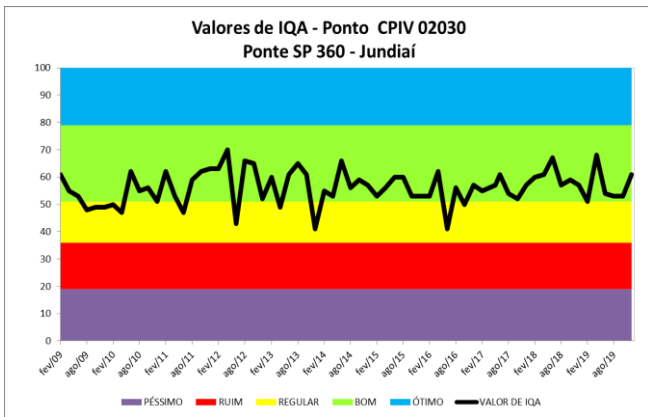


Figura 13 - Variação do IQA no trecho do rio Capivari ao longo dos últimos anos.



Conforme observado no rio Atibaia, o rio Capivari também apresenta intensa oscilação do IQA considerando os valores históricos. No entanto, esta variação ocorre em faixas de categorias inferiores evidenciando maior aporte de lançamento de efluentes não tratados ou não adequadamente tratados neste trecho do rio, e conseqüentemente a má qualidade das águas.

No comparativo entre o período de 2014-2018 e o ano de 2019 para o ponto de captação de água de Campinas/SP (CPIV 02130), houve piora nos parâmetros: turbidez (UNT), Nitrogênio Nitrato (mg/L), DBO 5,20 (mg/L) e Fósforo Total (mg/L). A concentração de Oxigênio Dissolvido (mg/L) manteve a mesma média. A figura 14 demonstra estas informações.

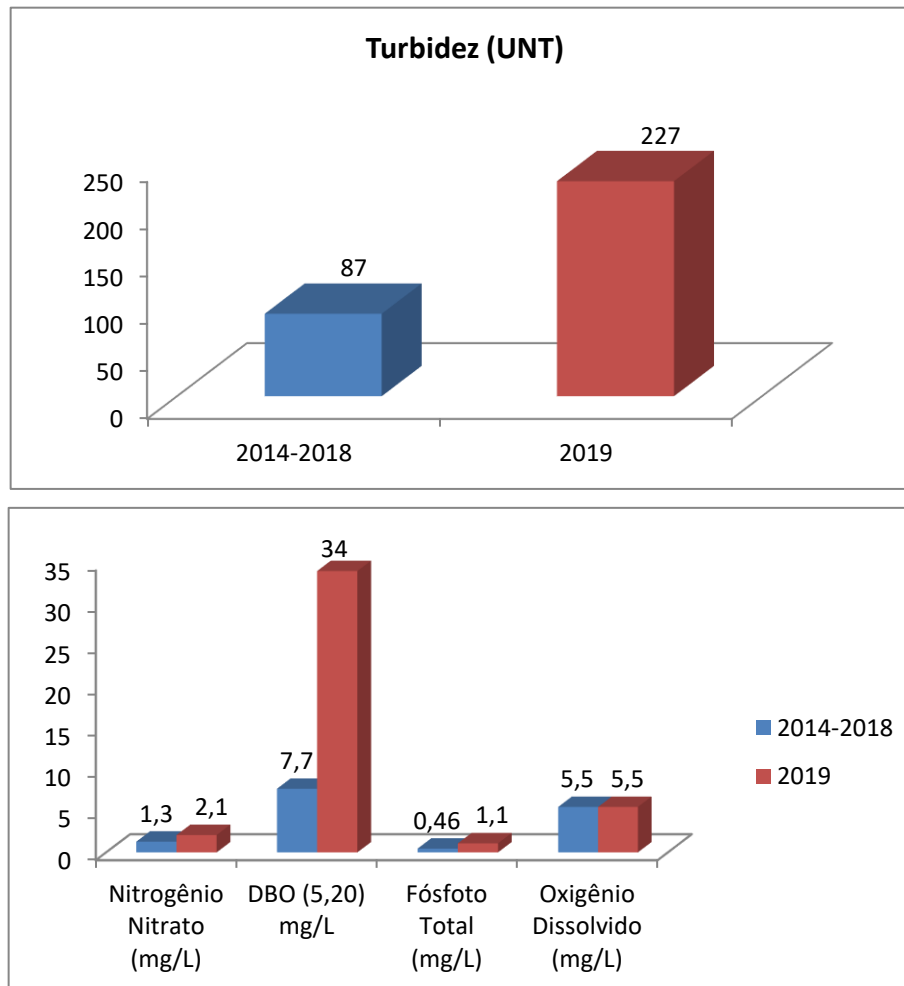


Figura 14 - Comparação entre o período de 2014-2018 com ano de 2019 no ponto de captação de água de Campinas/SP (CPIV 02130), considerando os resultados dos parâmetros de qualidade: turbidez (UNT), Nitrogênio Nitrato (mg/L), DBO 5,20 (mg/L), Fósforo Total (mg/L).

Quanto ao IAP, os dados registrados no ponto de captação de Campinas/SP confirmam a má qualidade da água do rio Capivari neste ponto, incluindo resultados na categoria “Péssimo”. Assim como observado na análise do rio Atibaia, os piores resultados do IAP neste ponto do rio Capivari ponto foram obtidos nos meses de fevereiro e dezembro de 2019, sendo em agosto o melhor resultado, corroborando o impacto da relação entre períodos mais secos / chuvosos nos resultados do índice.

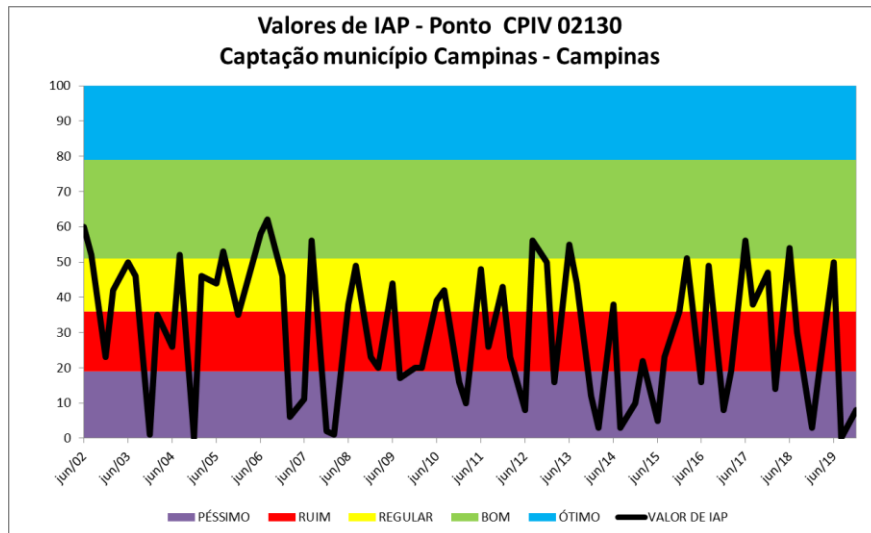


Figura 15 - Variação do IAP no ponto de captação de Campinas do rio Capivari, ao longo dos últimos anos.

A avaliação do ICE, valida as informações já discutidas relacionadas ao IQA e IAP para o rio Capivari, confirmando a má qualidade das águas neste manancial.

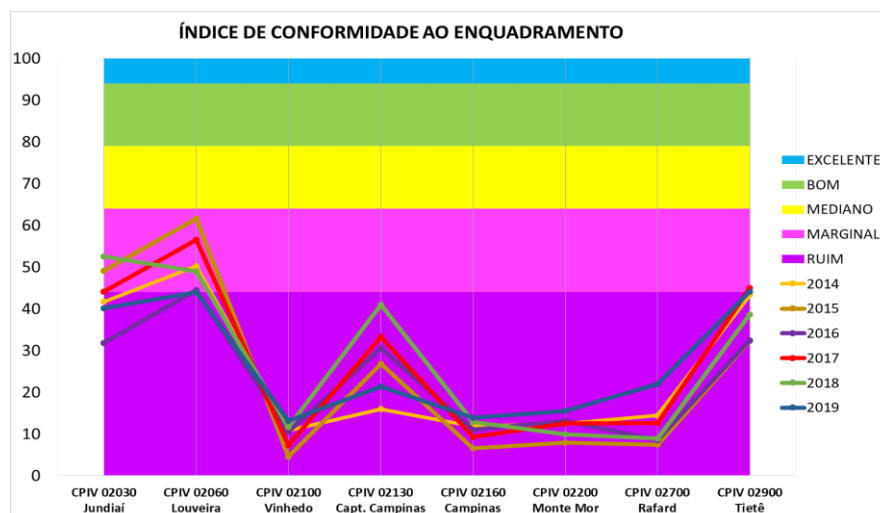


Figura 16 - Avaliação do ICE no rio Capivari, para o período de 2014 a 2019.

O gráfico apresentado na figura 16 demonstra a situação crítica do rio Capivari, ao longo de seu percurso, de acordo com as informações da CETESB. Este cenário é resultado da alta incidência de Fósforo, Nitrogênio Amônia e *E. coli* excedendo os limites estabelecidos, praticamente em todos os pontos monitorados.

Vale ressaltar que a Sanasa vem demandando esforços para minimizar a dependência do volume captado do rio Capivari, em razão da baixa vazão desse manancial, bem como dos problemas qualitativos existentes resultantes da alta concentração de efluentes lançados, sem o devido tratamento.

Dessa forma, a operação dessa unidade vem sendo minimizada e, atualmente, é realizada apenas no período diurno, visando a garantia da segurança hídrica da bacia hidrográfica.

3.5. Avaliação da qualidade da água ao longo de 2019 x Planos de Controle SANASA

Além do monitoramento realizado pela CETESB em diversos pontos da Bacia PCI (incluindo os rios Atibaia e Capivari), a SANASA também realiza o monitoramento da qualidade da água bruta nos pontos de captação utilizados para abastecimento público da cidade de Campinas/SP e em pontos à montante, de acordo com as legislações vigentes.

No ponto de captação do rio Atibaia foram monitorados ao longo do ano de 2019 vinte e quatro (24) parâmetros, incluindo físico-químicos e microbiológicos, sendo dezenove (19) semanais, e cinco (05) mensalmente, conforme é demonstrado no quadro 9.

Quadro 9 - Parâmetros físico-químicos e microbiológicos, Limite Operacional (LO), Limite Crítico (LC) e frequência de monitoramento no ponto de captação de água bruta do rio Atibaia, em 2019.

Parâmetro	Limite Operacional (LO)	Limite Crítico (LC)	Frequência
Temperatura (°C)	< 25	≤ 40	Semanal
pH	6,0 a 7,5	6,0 a 9,0	Semanal
Cor (mg Pt/L)	N.A.	≤ 75	Semanal
Turbidez (NTU)	< 100	≤ 1500	Semanal
DBO (mg O ₂ /L)	< 4,0	≤ 5	Semanal
DQO (mg O ₂ /L)	N.A.	N.C.	Semanal
Ferro (mg/L)	N.A.	≤ 0,30	Semanal
Fósforo Total (mg/L)	N.A.	≤ 0,1	Semanal
Manganês (mg/L)	N.A.	≤ 0,1	Semanal
Nitrog. Amon. (mg N/L)	< 2,0	< 3,7	Semanal
Nitrog. Total (mg N/L)	N.A.	N.C.	Semanal
Nitrato (mg N/L)	< 2,0	≤ 10	Semanal
Nitrito (mg N/L)	< 0,3	≤ 1,0	Semanal
O.D. (mg O ₂ /L)	≥ 6	≥ 5	Semanal
Res. Totais (mg/L)	N.A.	N.C.	Semanal
Res. Dissolvidos	N.A.	≤ 500	Semanal
Surfactantes (mg/L)	N.A.	≤ 0,5	Semanal
<i>E.coli</i> (NMP/100 mL)	N.A.	≤ 600	Semanal
Clorofila <i>a</i> (ppb)	≤ 10	≤ 30	Semanal
Fitop. - n ^o Org/mL	N.A.	N.C.	Mensal
Fitop. - n ^o UPA/mL	N.A.	N.C.	Mensal
Cianobactérias (n ^o cél/mL)	≤ 1000	≤ 20000	Mensal
<i>Giardia</i> spp (cistos/L)	N.A.	1	Mensal
<i>Cryptosporidium</i> spp. (oocistos/L)	N.A.	1	Mensal

Os Limites Críticos (LC) atendem às exigências estabelecidas por órgãos governamentais, legislações, padrões da empresa e / ou dados científicos; já os Limites Operacionais (LO) são mais restritivos e estabelecidos em um nível que é atingido antes que o LC seja violado, isto é, devem evitar (ou sinalizar previamente) que os LC sejam atingidos, e foram estabelecidos de acordo com o histórico de

monitoramento dos últimos anos (Isenburg, A.A.R.V e Cantusio Neto, R., Pinto, D.O., 2019).

Quanto à qualidade da água bruta no ponto de captação do rio Atibaia ao longo do ano de 2019, os resultados analíticos demonstram que a maioria dos parâmetros está de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005.

O Quadro 10 apresenta as médias mensais dos parâmetros monitorados, classificados em cores de acordo com os LO e LC.

Quadro 10 - Média mensal dos resultados de monitoramento dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos analisados no ponto de captação do rio Atibaia em 2019.

Parâmetros	jan	fev	mar	abr	maio	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Temperatura (°C)	18,0	20,0	22,0	19,8	18,8	18,5	18,2	19,8	22,2	20,8	20,3	20,8
Cor (mg Pt/L)	450	303	279	287	125	163	137	102	106	69	179	895
Turbidez (NTU)	68,4	49,8	47,5	41,4	18,8	26,8	18,6	13,3	14,8	10,5	28,8	224,6
pH	7,6	7,6	7,3	7,3	7,1	7,1	6,8	6,8	7,3	7,3	7,2	7,4
DBO (mg O2/L)	5	3	3	3	2	4	2	4	4	3	4	4
DQO (mg O2/L)	60	66	64	76	53	62	58	51	63	62	66	89
Ferro (mg/L)	4,15	3,59	4,07	4,47	2,13	3,16	1,96	1,66	1,85	1,60	2,61	5,64
Fósf. Total (mg/L)	0,411	0,397	0,186	0,220	0,124	0,269	0,140	0,135	0,164	0,147	0,209	0,431
Manganês (mg/L)	0,07	0,08	0,09	0,06	0,19	0,09	0,07	0,05	0,07	0,06	0,06	0,11
N.Amونيال(mgN /L)	0,5	0,7	0,5	0,5	0,7	0,8	1,0	1,1	0,8	0,9	0,8	0,6
N.Total (mg N /L)	0,81	1,02	0,77	0,94	1,14	1,82	1,31	1,46	1,33	1,50	1,28	1,20
N.Nitrato (mg N /L)	1,5	1,3	1,5	1,1	0,8	1,0	0,8	0,9	0,9	0,9	1,1	1,7
N.Nitrito (mg N /L)	0,09	0,07	0,07	0,10	0,09	0,09	0,08	0,09	0,09	0,11	0,10	0,07
O. Dissolvido	6,5	6,9	6,5	8,1	7,1	7,0	6,8	6,3	6,5	6,8	6,4	6,9
Res.Totais (mg/L)	152	133	141	231,8	190	185	146,6	106,25	147,8	118,5	139,5	302,6
Res.Dissolvidos	86	94	85	84	90	107	82,8	80	95,4	85	86,75	106,8
Surfactantes (mg/L)	0,085	0,258	0,104	0,112	0,139	0,232	0,157	0,183	0,160	0,199	0,175	0,140
E. coli (NMP/100mL)	9,1E+03	1,9E+04	8,7E+03	2,4E+04	1,0E+04	3,5E+04	1,2E+04	1,4E+04	7,3E+03	1,8E+04	1,5E+04	3,8E+04
Clorofila (ppb)	7,8	7,6	5,4	5,2	3,6	5,9	4,3	3,8	6,8	12,7	9,2	8,9
Fitop. - N. ORG/mL	191	243	215	299	263	227	287	179	346	919	382	370
Fitop. - N. UPA/mL	89	193	137	190	79	98	149	159	203	381	256	136
Cianobactérias (nº cél/mL)	191	454	107	896	573	131	0	358	466	0	919	96
Giardia spp (cistos/L)	5	37	10	70	39	27	29	27	23	71	20	9
Cryptosporidium spp (oocistos/L)	ND	1	ND	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
IQA	55	56	58	57	72	68	67	68	74	76	70	70

Na cor verde: parâmetro atende ao LO e, conseqüentemente ao LC; Amarelo: parâmetro encontra-se entre os LO e LC; e Vermelho: parâmetro não atende aos LO e LC. IQA classificado na categoria “Bom” em todos os meses.

De acordo com os resultados do monitoramento do ano de 2019, o IQA médio mensal calculado para o ponto de captação de água bruta do rio Atibaia apresentou classificação na categoria “Bom” em todos os meses, o que corresponde à qualidade

da água bruta apropriada para tratamento convencional visando o abastecimento público. Estes resultados vão ao encontro dos resultados disponibilizados pela CETESB, conforme discutido no item 3.4.1 deste Relatório.

Vale lembrar que todas as Estações de Tratamento de Água da SANASA utilizam o tratamento convencional em suas plantas, composto pelas etapas: captação e adução da água bruta; pré cloração; coagulação, floculação e decantação; filtração; desinfecção (pós cloração) e fluoretação.

Cada uma das ETAs possui seus respectivos Planos de Controle registrados e organizados de acordo com sistema de gestão ISO 9001/2015 (ABNT, 2015). Nestes documentos constam, detalhadamente, informações sobre os parâmetros que devem ser monitorados em cada etapa do processo de tratamento, métodos analíticos utilizados – de acordo com *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 23ª edição (APHA, AWWA e WEF, 2017), profissional responsável pela aprovação da análise, Limite Operacional (LO), Limite Crítico (LC), Pontos de Controle (PC) e Pontos Críticos de Controle (PCC), frequência que o parâmetro deve ser monitorado, bem como o local de registro e Plano Reação.

As ETAs contam também com seus diagramas de fluxo referente ao controle do processo de tratamento, que são constantemente revisados e validados pelos respectivos coordenadores.

A figura 17 apresenta os fluxogramas de processo das ETAs 1, 2 e 3 e 4.

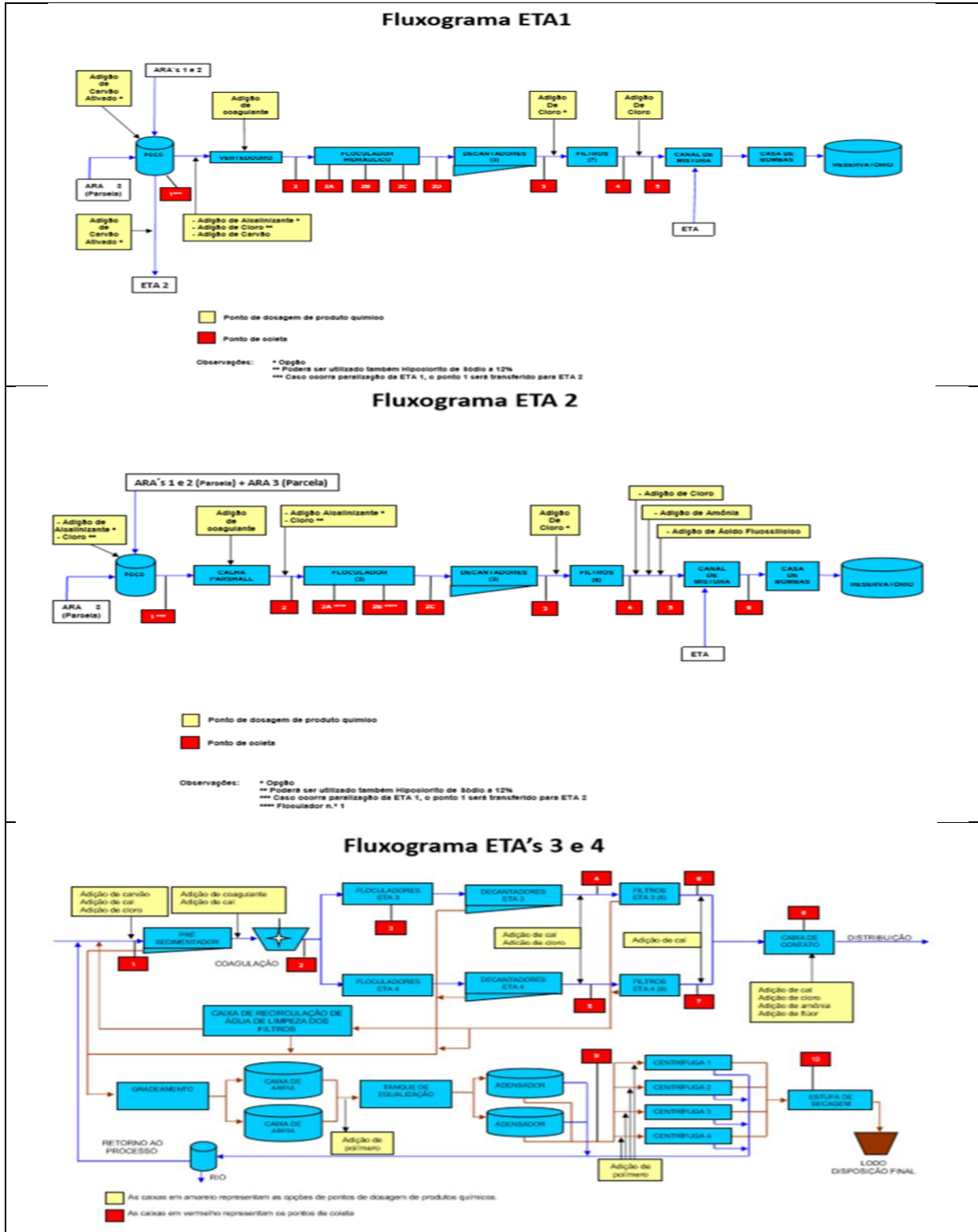


Figura 17 - Fluxograma de processo das ETAs 1, 2 e 3 e 4.

Conforme demonstrado no quadro 9, os parâmetros de qualidade analisados no ponto de captação de água de Campinas/SP, no rio Atibaia, atenderam aos critérios

da resolução CONAMA 357/2005 e apresentaram classificação na categoria “Bom” no IQA durante os meses de 2019.

No entanto, através de planos de monitoramentos bem definidos e ferramentas de gestão, como o ICE, é possível analisar os principais parâmetros que impactam na qualidade dos respectivos pontos de monitoramento ao longo dos anos, e assim, identificar a presença de perigos não contemplados, que devem ser priorizados no Plano de Segurança da Água.

3.6. Controle operacional e laboratorial: Atuação do processo de tratamento no controle de parâmetros críticos de qualidade.

3.6.1. Controle da qualidade da água tratada: Estações de Tratamento de Água

Quanto aos parâmetros apresentados no Quadro 9 destacam-se os microbiológicos (*E. coli*, cistos de *Giardia* spp. e oocistos de *Cryptosporidium* spp.), que são perigos caracterizados pelo Plano de Segurança da Água (PSA) da SANASA de acordo com a Matriz de priorização de Riscos (PINTO D.O.; ISENBURG A.A.R.V. e CANTUSIO NETO, R., 2019), com pontos de controle e pontos críticos de controle estabelecidos no processo de tratamento de água.

Quadro 11 - Identificação dos Pontos de Atenção (PA), Pontos de Controle (PC), Pontos Críticos de Controle (PCC) e "Pare" (nenhuma providência necessária) para os perigos microbiológicos estudados.

Pontos de coleta	Etapas do Tratamento	Bactérias (Coliformes totais e <i>E. coli</i>)	<i>Giardia</i> e <i>Cryptosporidium</i>	Vírus Entéricos	Turbidez	Algas	Cianobactérias
1	Captação	PA	PA	PA	Pare	PCC	PCC
2	Coagulação	PA	PC	PC	PC	PCC	PC
3	Decantação	PA	PC	PC	PC	PCC	PC
4	Filtração	PC	PCC	PCC	PCC	PC	PC
5	Desinfecção	PCC	PCC	PCC	Pare	Pare	PC

Escherichia coli é o principal indicador de contaminação fecal conhecido até o momento, e sua presença na água sugere que patógenos entéricos também podem estar presentes. A ocorrência deste indicador nas águas brutas captadas do rio Atibaia demonstra contaminação de origem fecal, provavelmente proveniente de descarte de efluentes domésticos não tratados, ou não adequadamente tratados. Durante o processo de tratamento da água nas ETAs, a principal etapa para eliminação destes microrganismos é a desinfecção, na qual produto da concentração residual de desinfetante utilizado e o tempo mínimo de contato (Ct) – que são estabelecidos pela legislação, bem como o desinfetante residual mantido nas redes de distribuição, são utilizados para assegurar a ausência de patógenos na água tratada e a integridade do sistema.

Giardia spp e *Cryptosporidium* spp. são protozoário parasitas, e estão entre os principais contaminantes associados à veiculação hídrica. Esses patógenos foram responsáveis por diversos surtos no mundo, e causam grande preocupação para a saúde pública e autoridades sanitárias (Branco, N. 2018).

Giardia spp. é um dos parasitos intestinais de maior ocorrência mundial, sendo que 2% da população adulta e 6% a 8% das crianças estão infectadas com esse protozoário nos países desenvolvidos. Nos países em desenvolvimento, aproximadamente 33% dos habitantes apresentam cistos em suas fezes (CDC, 2020). Estudos apontam a existência de oito espécies pertencentes ao gênero *Giardia*, sendo que a única espécie infecciosa para o ser humano é *G. duodenalis*. A aplicação de técnicas de genotipagem aos isolados de *G. duodenalis* oriundos de humanos e animais (THOMPSON e ASH, 2016) culminou com a identificação de oito genótipos distintos, também denominados de assembleias, que diferem quanto à especificidade de hospedeiros. Apenas os genótipos (ou assembleias) A e B infectam o ser humano, mas também uma variedade de outros mamíferos (XIAO e FENG, 2017). Salienta-se que novos estudos em filogenia têm sugerido a existência de novas espécies/assembleias, porém com dados ainda em discussão (THOMPSON e ASH, 2019).

O protozoário *Cryptosporidium* spp. permanece como uma das principais causas de diarreia infantil, contribuindo com 12% do total da mortalidade por diarreia ao

redor do mundo, sendo apenas superado por rotavírus (BRANCO, 2018). Atualmente há o registro de trinta e seis espécies, das quais pelo menos dezessete podem infectar o ser humano. A complexidade do ciclo de vida destes protozoários com a comprovação de que são capazes de se multiplicar em biofilmes (KOH et al., 2013) acarretam em maiores desafios e preocupações para o saneamento, uma vez que sua multiplicação nos sistemas produtores de água, especialmente na rede de distribuição ou em biofilmes formados nos filtros das Estações de Tratamento de Água (ETA's), contribuiria para a presença do protozoário em água já tratada ou dificultaria a remoção dos mesmos na filtração, etapa estabelecida como Ponto Crítico de Controle (PCC) na remoção de (oo) cistos de protozoários pelo sistema de tratamento convencional.

Vale ressaltar que os métodos de detecção destes protozoários são complexos, caros e apresentam limitações analíticas. Por isso, tem sido proposta a utilização de 'surrogates' – indicadores da presença dos cistos de *Giardia* spp e oocistos de *Cryptosporidium* spp. em amostras de água (HEADD e BRADFORD, 2016).

Por muitos anos foram utilizados indicadores bacteriológicos – como *Escherichia coli*, para este fim. Porém esta abordagem é discutível devido à fraca correlação entre eles (*E. coli* e protozoários patogênicos), uma vez que a ausência do indicador bacteriológico demonstra a inativação de bactérias patogênicas, e não significa, necessariamente, ausência dos patógenos que são mais resistentes (USEPA, 2017).

Na avaliação da qualidade parasitológica da água tratada, torna-se necessário o emprego de indicadores utilizando parâmetros de controle de processos físicos da remoção de partículas, tais como: cor, pH e principalmente a turbidez. Apesar de não se dispor de informações conclusivas sobre relações numéricas entre a remoção de turbidez e a de (oo)cistos de protozoários em processos de tratamento de água, considera-se que sob condições otimizadas de coagulação e floculação, somada a manutenção do padrão de turbidez da água filtrada em até 0,3 NTU, há remoção de 3,0 log (99,9%) desses patógenos (USEPA, 2006).

O gráfico da figura 18 apresenta, no eixo y primário, a evolução dos valores para as médias mensais de turbidez (NTU) considerando: água bruta do rio Atibaia, e água

filtrada das ETA's 1, 2, 3 e 4; e no eixo y secundário a concentração de *Giardia* spp. (cistos/L), ao longo do ano de 2019.

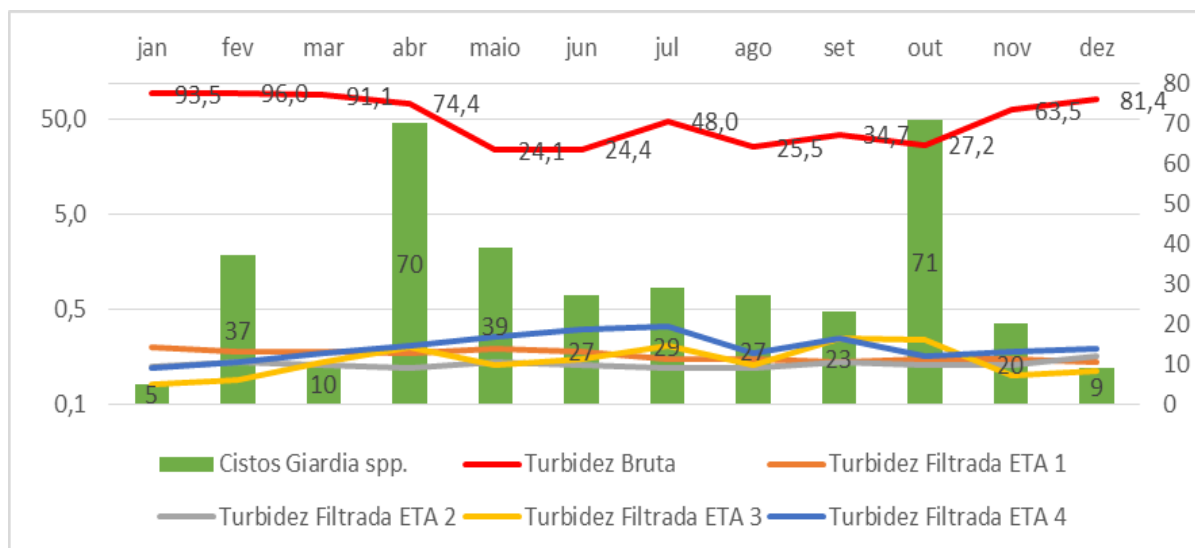


Figura 18 - Média mensal dos níveis de turbidez da água bruta do rio Atibaia, e das filtradas das ETAs 1, 2, 3 e 4 (eixo y primário); bem como concentração de cistos de *Giardia* spp. por litro de água bruta do rio Atibaia (eixo y secundário) – ano 2019.

O parâmetro turbidez na água bruta apresenta-se com características sazonais – grande flutuação ao longo tempo (dia, mês, estações), e demanda grande atenção e desafio relativos à remoção adequada pelos processos de tratamento.

Os valores apresentados no gráfico na figura 18 são referentes às médias mensais de turbidez ao longo de 2019, destacando que o menor nível registrado para água bruta foi de 8 NTU, e o maior de 1.956 NTU. Apesar da tamanha variação dos valores de turbidez da água bruta captada, vale destacar que as ETAs 1, 2, 3 e 4 da SANASA obtiveram médias anuais de turbidez para água filtrada de: 0,17 NTU, 0,13 NTU, 0,15 NTU e 0,21 NTU, respectivamente, atendendo a legislação, que determina Valor Máximo de 0,5 NTU para amostras de água filtrada (Brasil, 2017).

Vale ressaltar que a SANASA iniciará estudos de avaliação da aplicabilidade da detecção de Esporos de Bactérias Aeróbias (EBA) como indicador da eficiência de remoção de cistos e oocistos de protozoários pelo sistema de tratamento convencional de água.

Esporos de bactérias aeróbias (EBA) são bons candidatos a indicadores de remoção dos protozoários por não ser patogênicos, possuir métodos de detecção simples e baratos, além de apresentarem grande resistência a fatores adversos, e características morfológicas semelhantes aos (oo)cistos. A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA) recomenda a utilização de esporos de bactérias aeróbias como indicador da ocorrência e remoção de oocistos de *Cryptosporidium* spp. em sistemas de abastecimento de água (USEPA, 2017).

3.6.2. Rotinas e Gestão de Controle da Qualidade da Água na Rede de Distribuição

Diariamente a SANASA produz mais de 260 milhões de litros de água tratada. O quadro 12 apresenta o número mínimo de amostras e sua frequência a serem realizadas pelo controle de qualidade da SANASA, conforme as exigências da Portaria de Consolidação N. 5 – Anexo XX.

Quadro 12 - Relação dos parâmetros avaliados.

Sistema que abastece uma população superior a 250 mil habitantes			Tipo de manancial captado: superficial (Rio)	
Parâmetro	Saída do tratamento		Rede de Distribuição	
	N. de amostras	Frequência	N. de amostras	Frequência
Cor	1	a cada 2 horas	87	Mensal
Turbidez e Cloro Residual Total	1	a cada 2 horas	339	Mensal
pH e Flúor	1	a cada 2 horas	Dispensada a análise	
Trihalometanos	1	Trimestral	4	Trimestral
Demais parâmetros	1	Semestral	1 (*)	Semestral (*)
Microbiológico (Colif. Totais e <i>Escherichia coli</i>)	2	Semanal	339	Mensal

(*) Dispensada a análise na rede de distribuição quando o parâmetro não for detectado na saída do tratamento e/ou no manancial.

Fonte: Portaria de Consolidação nº 5/2017 – Anexo XX (Ministério da Saúde).

Durante o ano de 2019, foram coletadas 4.913 amostras de água tratada na rede de distribuição que resultaram 53.234 exames de avaliação de potabilidade. Os gráficos apresentados na figura 19 sintetizam as informações apresentadas.

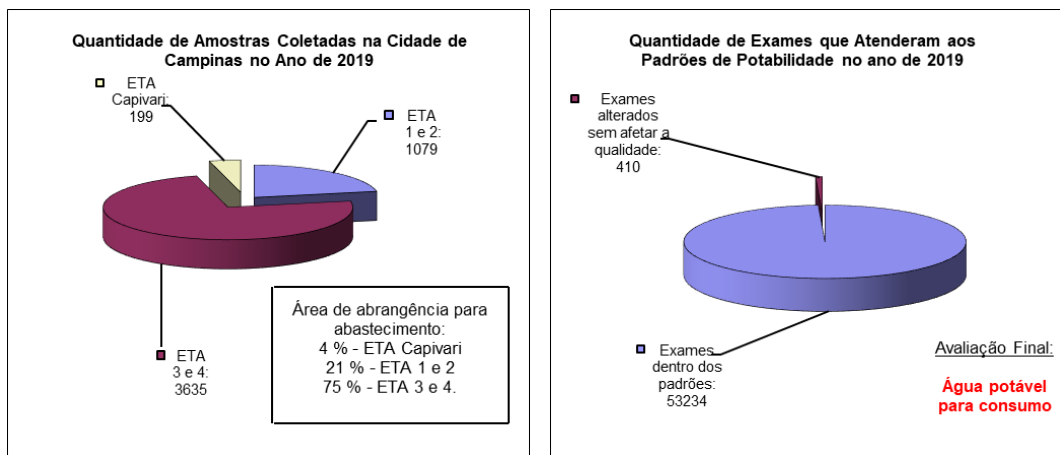


Figura 19 - Gráficos relacionando as análises realizadas no ano de 2019 com as ETAs e atendimento aos padrões de potabilidade.

Como avaliação final, a água tratada e distribuída pela SANASA atende aos padrões de potabilidade para consumo humano.

Nos quadros a seguir são apresentados os resultados das análises dos parâmetros requeridos pela Portaria de Consolidação n.5/2017 - Anexo XX que são realizadas mensalmente em nossos laboratórios de controle de qualidade, a partir de amostras coletadas na rede de distribuição.

Quadro 13 - Síntese de Análises realizadas no ano de 2019.

Estação de tratamento – ETA 1 e 2 - Rua Abolição n. 2375 – Swift - Campinas																
Ano de 2019	Número de amostras analisadas	Análises Bacteriológicas				Análises Físico-Químicas										Atende as Legislações
		Coliformes Totais		<i>Escherichia coli</i>		Cor aparente		Turbidez		Flúor		pH		Cloro Residual Total		
		Amostras dentro do padrão	Amostras fora do padrão	Amostras dentro do padrão	Amostras fora do padrão	Amostras dentro do padrão	Amostras fora do padrão	Amostras dentro do padrão	Amostras fora do padrão	Amostras dentro do padrão	Amostras fora do padrão	Amostras dentro do padrão	Amostras fora do padrão	Amostras dentro do padrão	Amostras fora do padrão	
Jan	92	91	1	92	0	92	0	92	0	92	0	92	0	81	11	Sim
Fev	86	83	3	86	0	86	0	86	0	84	2	86	0	72	14	Sim
Mar	87	86	1	87	0	87	0	87	0	84	3	87	0	73	14	Sim
Abr	85	83	2	85	0	85	0	85	0	85	0	85	0	79	6	Sim
Mai	92	91	1	92	0	92	0	92	0	90	2	92	0	89	3	Sim
Jun	85	85	0	85	0	84	1	84	1	85	0	85	0	80	5	Sim
Jul	92	92	0	92	0	91	1	91	1	92	0	92	0	90	2	Sim
Ago	94	94	0	94	0	94	0	94	0	94	0	94	0	89	5	Sim
Set	92	92	0	92	0	92	0	92	0	91	1	92	0	88	4	Sim
Out	95	95	0	95	0	93	2	94	1	95	0	95	0	89	6	Sim
Nov	88	88	0	88	0	87	1	88	0	87	1	88	0	79	9	Sim
Dez	91	90	1	91	0	89	2	90	1	91	0	91	0	81	10	Sim
Total	1079	1070	9	1079	0	1072	7	1075	4	1070	9	1079	0	990	89	Sim

Quadro 13 – Síntese de Análises realizadas no ano de 2019 (continuação).

Estação de tratamento – ETA 3 e 4 - Rod. Heitor Penteadó – Km 7 – Sousas / Campinas																
Ano de 2019	Número de amostras analisadas	Análises Bacteriológicas				Análises Físico-Químicas										Atende as Legislações
		Coliformes Totais		Escherichia coli		Cor Aparente		Turbidez		Flúor		pH		Cloro Residual Total		
		Amostras dentro do padrão	Amostras fora do padrão	Amostras dentro do padrão	Amostras fora do padrão	Amostras dentro do padrão	Amostras fora do padrão	Amostras dentro do padrão	Amostras fora do padrão	Amostras dentro do padrão	Amostras fora do padrão	Amostras dentro do padrão	Amostras fora do padrão	Amostras dentro do padrão	Amostras fora do padrão	
Jan	310	303	7	310	0	305	5	309	1	310	0	310	0	290	20	Sim
Fev	288	280	8	288	0	287	1	287	1	284	4	288	0	279	9	Sim
Mar	293	291	2	293	0	289	4	291	2	288	5	293	0	275	18	Sim
Abr	288	283	5	288	0	287	1	287	1	287	1	288	0	279	9	Sim
Mai	312	306	6	312	0	307	5	305	7	310	2	312	0	301	11	Sim
Jun	288	288	0	288	0	287	1	287	1	285	3	288	0	280	8	Sim
Jul	310	305	5	310	0	309	1	309	1	307	3	310	0	305	5	Sim
Ago	316	313	3	316	0	314	2	315	1	316	0	316	0	313	3	Sim
Set	311	308	3	311	0	306	5	307	4	307	4	311	0	299	12	Sim
Out	319	314	5	319	0	318	1	318	1	319	0	319	0	311	8	Sim
Nov	294	288	6	294	0	293	1	293	1	290	4	294	0	281	13	Sim
Dez	306	301	5	306	0	305	1	306	0	306	0	306	0	297	9	Sim
Total	3635	3580	55	3635	0	3607	28	3614	21	3609	26	3635	0	3510	125	Sim

Quadro 13 – Síntese de Análises realizadas no ano de 2019 (continuação).

Estação de tratamento – ETA Capivari - Rod. Bandeirantes – Km 86 - Campinas																
Ano de 2019	Número de amostras analisadas	Análises Bacteriológicas				Análises Físico-Químicas										Atende as Legislações
		Coliformes Totais		Escherichia coli		Cor Aparente		Turbidez		Flúor		pH		Cloro Residual Total		
		Amostras dentro do padrão	Amostras fora do padrão	Amostras dentro do padrão	Amostras fora do padrão	Amostras dentro do padrão	Amostras fora do padrão	Amostras dentro do padrão	Amostras fora do padrão	Amostras dentro do padrão	Amostras fora do padrão	Amostras dentro do padrão	Amostras fora do padrão	Amostras dentro do padrão	Amostras fora do padrão	
Jan	17	16	1	17	0	17	0	17	0	17	0	17	0	14	3	Sim
Fev	16	14	2	16	0	13	3	13	3	16	0	16	0	16	0	Sim
Mar	16	15	1	16	0	16	0	16	0	16	0	16	0	15	1	Sim
Abr	16	16	0	16	0	16	0	16	0	16	0	16	0	15	1	Sim
Mai	17	16	1	17	0	15	2	16	1	16	1	17	0	17	0	Sim
Jun	16	16	0	16	0	16	0	16	0	16	0	16	0	14	2	Sim
Jul	17	17	0	17	0	16	1	16	1	17	0	17	0	17	0	Sim
Ago	17	17	0	17	0	17	0	17	0	17	0	17	0	17	0	Sim
Set	17	17	0	17	0	16	1	17	0	17	0	17	0	17	0	Sim
Out	17	17	0	17	0	16	1	16	1	17	0	17	0	17	0	Sim
Nov	16	14	2	16	0	13	3	13	3	16	0	16	0	16	0	Sim
Dez	17	17	0	17	0	17	0	17	0	17	0	17	0	17	0	Sim
Total	199	192	7	199	0	188	11	190	9	198	1	199	0	192	7	Sim

3.6.2.1. Avaliação dos Pontos Críticos

Os pontos de monitoramento da rede de distribuição estão agrupados em 16 rotinas que avaliam 232 pontos distribuídos em 50 pontos residenciais; 40 pontos comerciais e/ou de serviços; 24 pontos de unidades de saúde; 53 pontos de unidades de ensino; 22 pontos em unidades públicas; 14 pontos de reservatórios da Sanasa; e 29 pontos em unidades institucionais municipal, estadual e federal. Além disso, existe uma rotina que avalia a qualidade de 16 hospitais, permitindo assim uma análise de toda a malha de distribuição de água.

Para a avaliação dos pontos de monitoramento foi utilizado o parâmetro Cloro Residual Total como base referencial, pois é o mais representativo em termos da análise da qualidade da água. Com a finalidade de estudar os Pontos Críticos da rede de distribuição foram adotadas 5 faixas de análise:

- 1 - Dentro do padrão – nenhuma ocorrência de amostra fora do padrão;
- 2 - Monitoramento - Até 25% de ocorrências fora do padrão;
- 3 - Alerta – de 25 a 50% de ocorrências fora do padrão;
- 4 - Crítico – de 50 a 75% de ocorrências fora do padrão;
- 5 - Extremamente crítico – acima de 75% de ocorrências fora do padrão.

A figura a seguir apresenta a variação dos pontos de análise de redes e de hospitais no período de 2004 a 2019.

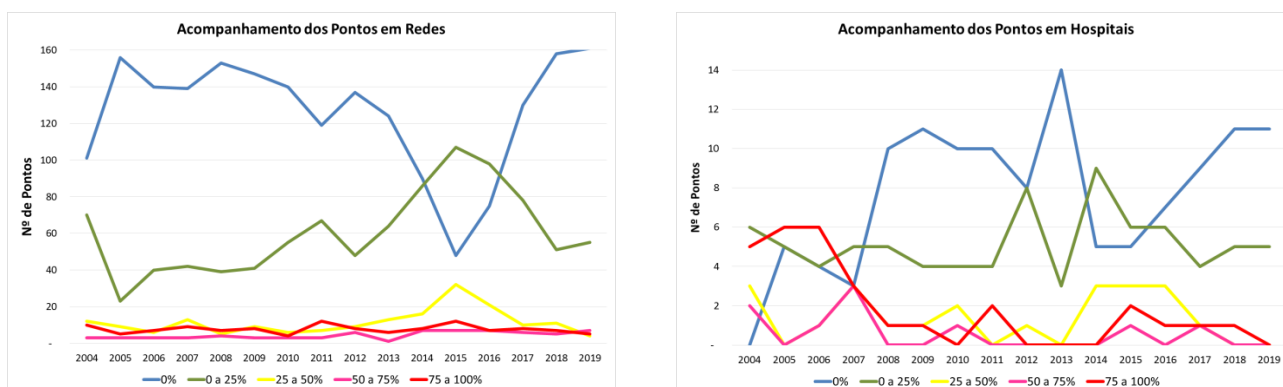


Figura 20 - Monitoramento de Cloro Residual Total nos pontos de amostragem em redes e hospitais.

Como pode ser verificado o ano de 2018 apresentou uma melhora significativa do padrão de qualidade da água na rede de distribuição e o mesmo foi verificado no monitoramento dos hospitais, essa tendência se manteve no ano de 2019. O resultado das análises por faixa de avaliação é demonstrado no quadro a seguir.

Quadro 14 - Resultado das análises dos pontos de monitoramento, no ano de 2019.

Faixa de avaliação	Análise de pontos na rede de distribuição	Análise de pontos em hospitais
1 – Dentro do Padrão	161	11
2 – Monitoramento	55	5
3 – Alerta	4	-
4 – Crítico	7	-
5 – Extremamente Crítico	5	-
TOTAL	232	16

Como pode ser verificado 93% dos pontos monitorados estão nas faixas 1 e 2 nos pontos de monitoramento nas redes de distribuição e todos os hospitais estão classificados nessas faixas. A figura a seguir apresenta a espacialização destas informações.

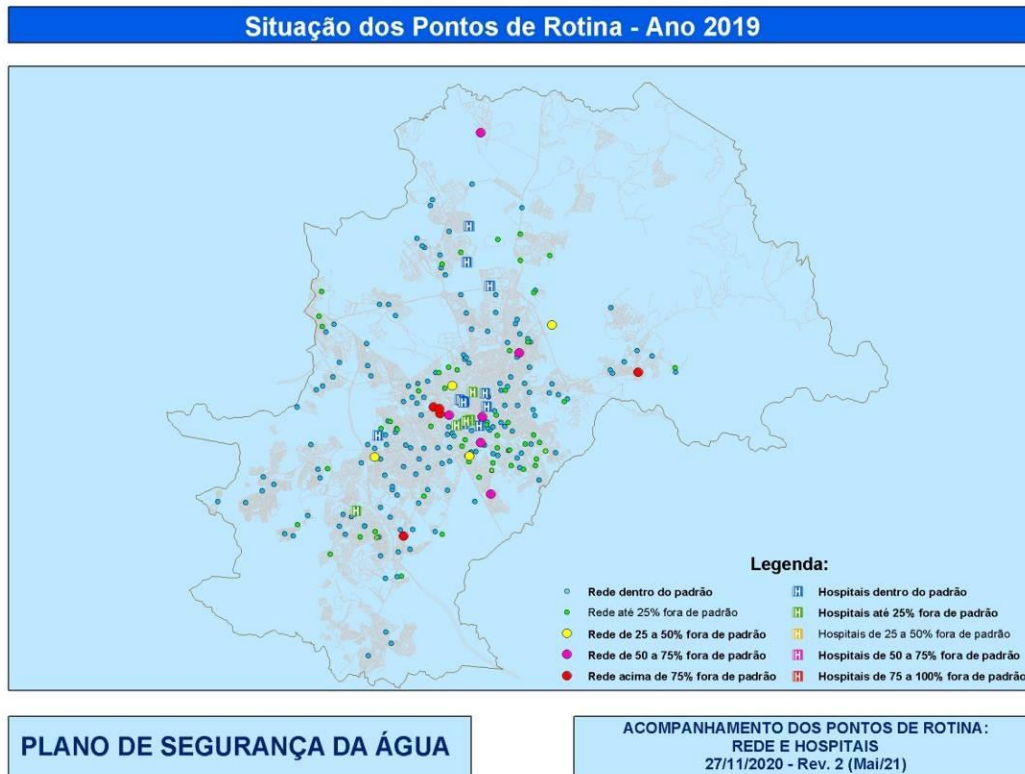


Figura 21 - Situação dos Pontos de Monitoramento, no ano de 2019, conforme faixa de avaliação para o padrão Cloro Residual Total.

Como pode ser verificado, a maior incidência de pontos com incidência de teor de Cloro abaixo do padrão localiza-se na região central, onde a rede é muito antiga e principalmente em ferro fundido.

A Sanasa assinou um contrato de financiamento junto à Caixa Econômica Federal, no valor de R\$ 282.829.578,73, com 5% de contrapartida, que prevê a troca de 423.543 m de rede de distribuição. Estas obras já se encontram em andamento e serão executadas em diversos bairros do município. A figura a seguir apresenta a espacialização das obras de troca de redes contratadas.

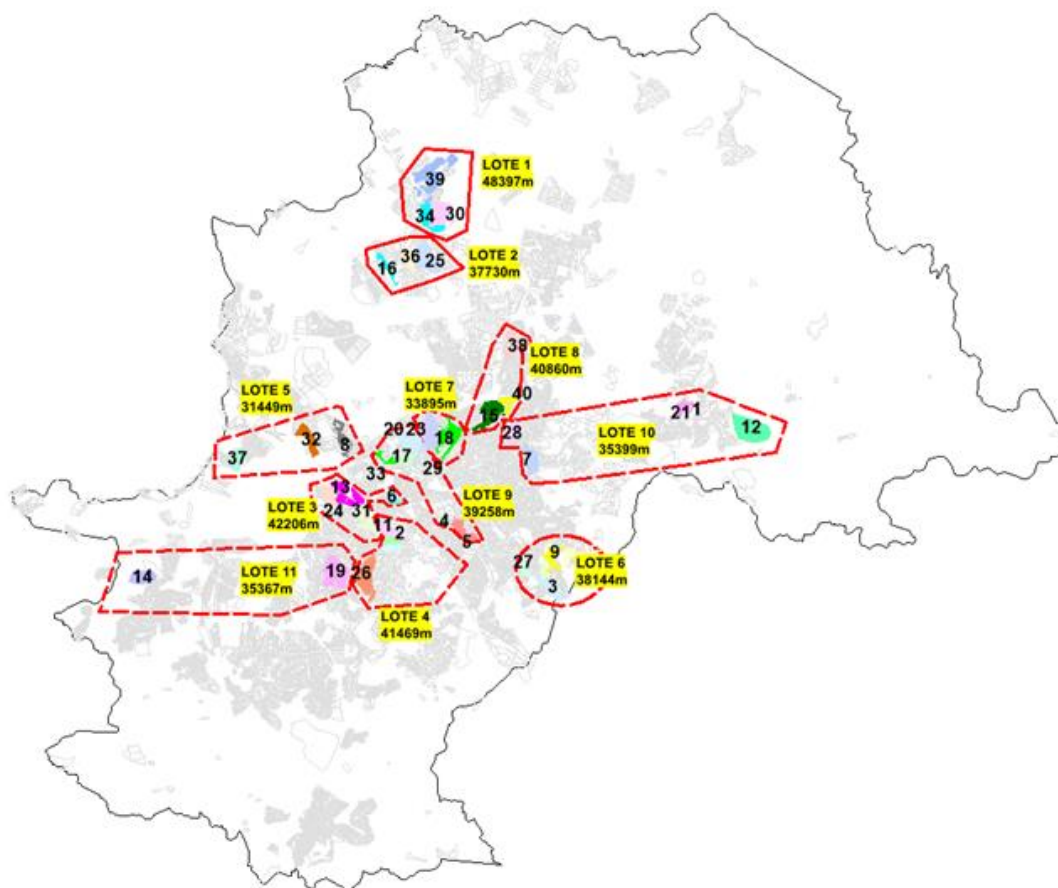


Figura 22 - Programa de troca de redes contratadas junto à Caixa Econômica Federal.

A execução destas redes será acompanhada e monitorada pelo Programa de Segurança da Água.

Vale lembrar que o Laboratório Central conta com Plano de Controle referente ao monitoramento da rede de distribuição, registrado e organizado de acordo com sistema de gestão ISO 9001/2015 (ABNT, 2015). Neste documento constam, detalhadamente, informações sobre os parâmetros que devem ser monitorados, métodos analíticos utilizados (de acordo com *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 23ª edição), profissional responsável pela execução da análise, critérios de aprovação, frequência que o parâmetro deve ser monitorado, bem como o local de registro e o Plano Reação.

Caso o critério de aprovação não seja atendido, o Plano Reação prevê acionar os setores responsáveis pelo Processo de Tratamento, bem como pelas Operações de Rede. Essas ocorrências são avaliadas caso a caso, e então tomadas as decisões que

podem incluir recoletas de amostras para confirmação do resultado, descargas (em locais específicos) e manutenção da rede, entre outras medidas de correção.

Quando detectada a necessidade de descarga na rede, imediatamente uma equipe do setor de Operação de Rede vai ao local de amostragem onde o parâmetro não-conforme foi coletado e realiza o procedimento.

Após realização destes procedimentos, são coletadas novas amostras para confirmação do êxito na operação e, conseqüentemente, a amostra deverá estar de acordo com os critérios de aprovação estabelecidos pela legislação (Portaria de Consolidação nº5/2017 – Anexo XX).

Caso o resultado não-conforme permaneça após os procedimentos realizados, é feito o desmonte e limpeza do cavalete, além de estudo mais completo incluindo avaliação da qualidade da água à montante e jusante, bem como dos reservatórios que alimentam o respectivo ponto que apresentou resultado não conforme.

Além das ações imediatas de correção, são tomadas também medidas de “caráter permanente” caso o problema persista em pontos específicos, como a substituição de redes antigas, geralmente constituídas de ferro fundido ou galvanizado, que consomem rapidamente o cloro presente na água. É razoável supor que esta seja a causa principal da concentração de cloro residual abaixo do limite mínimo nos pontos apresentados.

4. Considerações Finais

O Plano de Segurança da Água da SANASA, instituído em março de 2012, conta com diversos componentes estruturais, recursos humanos e normativas que contribuem na busca pelos seus principais objetivos. Esses componentes estão descritos nos Relatórios Anuais de 2016, 2017, 2018, 2019 (atual), e também em apresentações realizadas pelos seus membros em diversos eventos institucionais, técnico-científico e outros.

Os dois primeiros relatórios (2016 e 2017) trouxeram em detalhes a organização das principais etapas envolvidas no processo de abastecimento, apresentando características físicas, estruturais e de qualidade desde a captação, passando pelo

tratamento até o armazenamento e distribuição da água em Campinas/SP. Abordaram também aspectos sobre disponibilidade hídrica na bacia hidrográfica dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (PCJ), bem como questões de gestão hídrica envolvidas nos comitês de bacias.

O terceiro relatório (2018), além de também contemplar e atualizar as informações de qualidade e disponibilidade da água (comum a todos os relatórios) apresentou estrutura de acordo com os Planos de Segurança da Água preconizados pela Organização Mundial da Saúde (OMS). Neste formato, contemplou etapas como: Avaliação do Sistema, Monitoramento Operacional e Planos de gestão, com intuito de contextualizar os principais conceitos e as aplicações de um PSA, além de relatar o seu funcionamento na SANASA.

No relatório atual (2019), a organização priorizou apresentar de forma mais prática os resultados obtidos decorrentes dos planos de monitoramento operacionais e planos de gestão já aplicados, e como são tratados os Pontos Críticos de Controle e as eventuais ocorrências e não-conformidades dentro do PSA.

Para os próximos anos, entendemos como um grande desafio a proposição e implantação de melhorias contínuas no nosso sistema de tratamento, que embora já seja bem operado e capaz de atender as legislações vigentes, é colocado à prova frente à tamanha carga poluidora lançadas nos mananciais de abastecimento. Somado a este, outro ponto de grande relevância é o fortalecimento da legislação vigente (Portaria de Consolidação nº5/2017 – Anexo XX), que norteia o estabelecimento das metas a serem atingidas e, atualmente, contempla a necessidade de que os sistemas de abastecimento mantenham a avaliação sistemática sob a perspectiva dos riscos à saúde conforme os princípios dos Planos de Segurança da Água (PSA) recomendados pela Organização Mundial da Saúde (OMS).

5. Referências

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO/IEC 9001/2015: Sistemas de Gestão da Qualidade. (2015)

AMARO, CRISTIANE ARAUJO. Proposta de um índice para avaliação de conformidade da qualidade dos corpos hídricos ao enquadramento / C. A. Amaro – ed. rev. – São Paulo, 2009.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA), AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA), WATER ENVIRONMENTAL FEDERATION (WEF). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 23rd Edition. 2017

ANA – Agência Nacional de Águas. Portal da Qualidade das Águas. Indicadores de Qualidade – Índice de Qualidade das Águas (IQA). Disponível em <http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>.

Branco, Nilson. Caracterização molecular de *Cryptosporidium* spp. e *Giardia duodenalis* nos mananciais utilizados para o abastecimento urbano de Campinas, São Paulo, Brasil e comparação de dois métodos de filtração para detecção desses protozoários. Tese de doutorado. Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Instituto de Biologia (IB). 2018

Brasil, 2020. Ministério da Saúde - DEPARTAMENTO DE SAÚDE AMBIENTAL, DO TRABALHADOR E VIGILÂNCIA DAS EMERGÊNCIAS EM SAÚDE PÚBLICA COORDENAÇÃO GERAL DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE AMBIENTAL PROGRAMA NACIONAL DE VIGILÂNCIA DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO. Brasília, Fevereiro de 2020. Revisão da Norma de Potabilidade da Água para Consumo Humano. Disponível em <https://www.saude.gov.br/images/pdf/2020/marco/06/Documento-de-contextualiza--o-sobre-o-processo-de-revis--o.pdf>.

Brasil, 2017. Portaria de Consolidação nº 5, de 28/09/2017. Ações e Serviços de Saúde – Seção II do capítulo V, Art. 129, Anexo XX – Do Controle e da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano e seu padrão de Potabilidade – Origem: Portaria MS/GM

2.914/2011: estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

BRASIL, 2005. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA 357 de 17 de março de 2005. Brasília, DF, 2005.

CANADIAN ENVIRONMENTAL QUALITY GUIDELINES - CCME Water Quality Index 1.0 User's Manual - Canadian Council of Ministers of the Environment, 2001.

CENTER FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION (CDC) 2020. Sources of Infection and Risk Factors. General Epidemiology. Disponível em: <https://www.cdc.gov/parasites/giardia/infection-sources.html>.

HEADD, B.; BRADFORD, S.A. Use of aerobic spores as a surrogate for *Cryptosporidium* oocysts in drinking water supplies. *Water Research* 90 (2016) 185-202

ISENBURG, ADRIANA A. R. V.; CANTUSIO NETO, ROMEU - Relatórios internos SANASA - Plano de Segurança da Água, Ano 2016. Maio de 2017.

ISENBURG, ADRIANA A. R. V.; CANTUSIO NETO, ROMEU - Relatórios internos SANASA - Plano de Segurança da Água, Ano 2017. Junho de 2018

ISENBURG, ADRIANA A. R. V.; CANTUSIO NETO, ROMEU; PINTO, DIEGO DE O. - Relatórios internos SANASA - Plano de Segurança da Água, Ano 2018. Novembro de 2019.

KOH, W.; CLODE, P.L.; MONIS, P.; THOMPSON, R.C. Multiplications of the waterborne pathogen *Cryptosporidium parvum* in an aquatic biofilm system. *Parasites & Vectors*, v.6, p.270, 2013.

MINISTRY OF HEALTH. Drinking-water Standards for New Zealand 2005. revised 2018. Wellington: Ministry of Health, 2018.

PINTO DO; ISENBURG AARV E CANTUSIO NETO R. Water Safety Plan Implementation in Water Supply Company of Campinas city, São Paulo State, Brazil. Abstract Book, P175, pg. 190. 20th Symposium on Health-Related Water Microbiology (HRWM). Vienna, Austria. 2019.

THOMPSON, R.C.A.; ASH, A. Molecular epidemiology of Giardia and Cryptosporidium infections – What’s new? *Infection, Genetics and Evolution*, v. 40, p. 315-323, 2019.

THOMPSON, R.C.A.; ASH, A. Molecular epidemiology of Giardia and Cryptosporidium infections. *Infection, Genetics and Evolution*, v. 40, p. 315-323, 2016.

USEPA – UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Federal Register / Vol. 82, No. 7 / Wednesday, January 11, 2017 / Proposed Rules. [EPA-HQ-OW-2016-0627; FRL-9957-49-OW]. 2017

USEPA – UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. National Primary Drinking Water. Regulations: long term 2 enhanced surface water treatment rule; Final Rule. Federal Register – Part II – 40CFR, Parts 9, 141 and 142. Thursday, January 5, 2006.

World Health Organization & International Water Association. Water safety plan manual: step-by-step risk management for drinking-water suppliers. World Health Organization (2009).

XIAO, L., FENG, Y. Molecular epidemiologic tools for waterborne pathogens *Cryptosporidium* spp. and *Giardia duodenalis*. *Food and Waterborne Parasitology*, v.8-9, p. 14-32, 2017.