

NOVEMBRO/2019

# PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA

ANO 2018

ADRIANA A. R. V. ISENBURG  
ROMEUCANTUSIONETO  
DIEGODEOLIVEIRAPINTO

 **SANASA**  
CAMPINAS

NOSSA VIDA É INOVAR

## SUMÁRIO

1.	Finalidade	1
2.	Âmbito de Aplicação	1
3.	PSA - Conceitos Gerais e Objetivos	1
3.1.	Justificativa	3
4.	PSA SANASA - Avanços	3
4.1.	PSA (Manancial)	4
4.1.1.	Sondas Multiparâmetros	4
4.1.2.	Operação ETE Capuava, Valinhos/SP	4
4.1.3.	Estação de Tratamento de Água do rio Capivari – ETA Capivari	4
4.2.	PSA (Tratamento) e PSA (Distribuição)	4
4.2.1.	Laboratório Central e Acreditação ABNT NBR ISO/IEC 17025	4
4.2.2.	Gestão da qualidade da água no sistema de distribuição	5
4.2.3.	Centro Brasileiro de Pesquisa Internacional das Águas (Brazilian Water Research Center – BWRC)	8
5.	Desenvolvimento e Implementação do Plano de Segurança da Água em Campinas	9
5.1.	Etapas de Implantação	10
I.	Etapa 1: Avaliação do Sistema	10
a)	Avaliação do principal manancial – rio Atibaia	10
b)	Descrição e avaliação do Sistema de Abastecimento	13
c)	Identificação e análise de perigos potenciais e caracterização de riscos	13
d)	Perigos Biológicos	15
	Protozoários patogênicos ( <i>Giardia spp.</i> e <i>Cryptosporidium spp.</i> )	15
	Vírus entéricos	17
	Algas, cianobactérias e cianotoxinas	19
e)	Perigos Químicos	20
	Metais	20
	Contaminantes emergentes	21
	Subprodutos da desinfecção	22
f)	Grupo de Indicadores	22
	Coliformes Totais	23
	<i>Escherichia coli</i>	24
	Bactérias heterotróficas	26
	Turbidez	27
g)	Eventos Perigosos	29
h)	Identificação e avaliação de medidas de controle e pontos críticos de controle	29
i)	Construção e Validação dos Diagramas de Fluxo	31
II.	Etapa 2: Monitoramento Operacional	33
a)	Estabelecimento de limites críticos	33
b)	Estabelecimento de procedimentos de monitoramento	33
III.	Etapa 3: Planos de Gestão	33
a)	Estabelecimento de Gestão de Rotina	33
b)	Estabelecimento de Gestão em Condições de Emergência e Comunicação	34
c)	Validação e Verificação do PSA	34
6.	Próximos Passos	34
6.1.	Avaliação Quantitativa de Risco Químico (AQRQ) e Microbiológico (AQRM)	34
6.2.	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)	34
6.3.	Plano de contingência/Barragens	35
6.4.	Sistema Operacional Digital	35
7.	Referências Bibliográficas	36

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Objetivos do Plano de Segurança da Água.....	2
Figura 2 - Evolução do ICPQ nos pontos de monitoramento de hospitais.....	6
Figura 3 - Evolução do ICPQ nos pontos de monitoramento de rede.....	6
Figura 4 - Situação dos Pontos de Rotina na Rede de Distribuição e Hospitais, de acordo com a classificação do ICPQ, no ano de 2018.....	7
Figura 5 - Estrutura do Plano de Segurança da Água.....	9
Figura 6 - Evolução do volume equivalente do Sistema Cantareira no período de 2013 a 2018.....	10
Figura 7 - Evolução do volume de chuvas verificado no município de Campinas, no período de 2011 a 2018.....	11
Figura 8 - Níveis médios diários verificados na captação de água do município de Campinas, no rio Atibaia, no período de 2011 a 2018.....	12
Figura 9 - Evolução do volume de água captado no rio Atibaia, para atendimento ao município de Campinas, no período de 2011 a 2018.....	12
Figura 10 - SANASA em Números, com dados atualizados até dezembro de 2018.....	13
Figura 11 - Média mensal da concentração de cistos de <i>Giardia spp.</i> no ponto de captação do rio Atibaia ao longo do ano de 2018.....	16
Figura 12 - Média mensal da concentração de oocistos de <i>Cryptosporidium spp.</i> no ponto de captação do rio Atibaia ao longo do ano de 2018. Com exceção dos meses de maio e agosto, não foram detectados oocistos de <i>Cryptosporidium spp.</i> .....	17
Figura 13 - Termociclador q-PCR, Rotor Gene Q – Qiagen. Utilizado para Reação de PCR em Tempo Real, no monitoramento de vírus entéricos em amostras hídricas.....	18
Figura 14 - Média mensal da concentração de clorofila-a no ponto de captação de água bruta do rio Atibaia em 2018.....	19
Figura 15 - Média mensal dos resultados para Presença/Ausência de Coliformes Totais em 100mL de água coletada na rede de distribuição no ano de 2018.....	23
Figura 16 - Média mensal da concentração de <i>E. coli</i> (NMP/100mL) no ponto de captação do rio Atibaia ao longo do ano de 2018.....	25
Figura 17 - Média mensal dos resultados para Presença/Ausência de <i>E. coli</i> em 100mL de água coletada na rede de distribuição no ano de 2018.....	25
Figura 18 - Média mensal dos níveis de turbidez da água no ponto de captação do rio Atibaia ao longo do ano de 2018.....	27
Figura 19 - Média mensal dos níveis de turbidez da água filtrada das Estações de Tratamento de Água 1, 2, 3 e 4 ao longo do ano de 2018. A linha vermelha destaca o VMP determinado pela legislação. ....	28
Figura 20 - Árvore de Decisão – Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) adaptada para sistemas de abastecimento de água.....	30
Figura 21 - Fluxograma do processo de tratamento da ETA 1.....	31
Figura 22 - Fluxograma do processo de tratamento da ETA 2.....	31
Figura 23 - Fluxograma do processo de tratamento das ETAs 3 e 4.....	32

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Matriz semiquantitativa de Priorização de Risco. ....	14
Quadro 2 - 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. ....	32

## 1. FINALIDADE

O objetivo do presente documento é relatar o andamento dos trabalhos do Plano de Segurança da Água (PSA Campinas) desenvolvidos no ano de 2018, quando foram formalizados e incorporados novos procedimentos e metodologias, descrevendo as ações relativas ao referido Plano.

## 2. ÂMBITO DE APLICAÇÃO

O presente procedimento abrange todo o sistema de abastecimento de água do município de Campinas/SP.

## 3. PSA - CONCEITOS GERAIS E OBJETIVOS

O conceito de Planos de Segurança da Água foi melhor definido com a publicação da terceira edição das *Guidelines for Drinking Water Quality* (GDWQ), publicado pela Organização Mundial da Saúde (WHO – *World Health Organization*, do inglês), em 2004 (WHO, 2004), que abordou os princípios a serem seguidos nos Planos. Em 2009, a WHO juntamente com a IWA (International Water Association) publicou um manual para o desenvolvimento dos Planos de Segurança da Água, descrevendo um passo a passo a ser seguido pelos responsáveis pelo fornecimento de água às municipalidades para a prevenção de riscos no sistema de abastecimento de água (WHO, 2009).

Em 2012 e 2013, o Ministério da Saúde publicou documentos orientando quanto à avaliação dos Planos do ponto de vista da Saúde Pública do Brasil – “Plano de Segurança da Água – Garantindo a Qualidade e Promovendo a Saúde – Um olhar do SUS” (Brasil, 2012; Brasil, 2013).

Esses documentos nortearam os planos de gestão para serem desenvolvidos no Brasil, em atendimento à antiga Portaria MS 2.914/2011, hoje incorporada à Portaria de Consolidação nº 5 de 2017, Anexo XX, (Brasil, 2017) que estabelece em seu Art. 13, Seção IV:

*“Compete ao responsável pelo sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água para consumo humano:*

*IV – manter avaliação sistemática do sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água, sob a perspectiva dos riscos à saúde, com base nos seguintes critérios:*

- a) Ocupação da bacia contribuinte ao manancial;*
- b) Histórico das características das águas;*
- c) Características físicas do sistema;*
- d) Práticas operacionais; e*
- e) Na qualidade da água distribuída, conforme os princípios dos Planos de Segurança da Água (PSA) recomendados pela Organização Mundial de Saúde (OMS) ou definidos em diretrizes vigentes no País.”*

O documento publicado pelo Ministério da Saúde estabelece:

*Tais planos de gestão são conceituados pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como Planos de Segurança da Água (PSA) e, de uma maneira geral, constituem-se das seguintes etapas:*

- 1) Etapas preliminares, que envolvem o planejamento das atividades; o levantamento das informações necessárias; e a constituição da equipe técnica multidisciplinar de elaboração e implantação do PSA;*

2) *Avaliação do sistema, que envolve a descrição do sistema de abastecimento de água, a construção e validação do diagrama de fluxo; a identificação e análise de perigos potenciais e caracterização de riscos; e o estabelecimento de medidas de controle dos pontos críticos;*

3) *Monitoramento operacional, cujo objetivo é o de controlar os riscos e garantir que as metas de saúde sejam atendidas. Envolve a determinação de medidas de controle dos sistemas de abastecimento de água; a seleção dos parâmetros de monitoramento; e o estabelecimento de limites críticos e de ações corretivas;*

4) *Planos de gestão, que possibilitem a verificação constante do PSA e envolvam o estabelecimento de ações em situações de rotina e emergenciais; a organização da documentação da avaliação do sistema; o estabelecimento de comunicação de risco; e a validação e verificação periódica do PSA;*

5) *Revisão do PSA, que deve considerar os dados coletados no monitoramento; as alterações dos mananciais e das bacias hidrográficas; as alterações no tratamento e na distribuição; a implementação de programas de melhoria e atualização; e os perigos e riscos emergentes. O PSA deve ser revisado após desastres e emergências para garantir que estes não se repitam;*

6) *Validação e verificação do PSA, com o objetivo de avaliar o funcionamento do PSA e saber se as metas de saúde estão sendo alcançadas.*

*O PSA é um instrumento com abordagem preventiva, com o foco na garantia da segurança da água para consumo humano. Seus objetivos específicos são:*

- *Prevenir ou minimizar a contaminação dos mananciais de captação;*
- *Eliminar a contaminação da água por meio do processo de tratamento adequado; e*
- *Prevenir a (re)contaminação no sistema de distribuição da água (reservatórios e rede de distribuição) (WHO, 2011).*

*Assim, o PSA tem como finalidade ajudar os responsáveis pelo abastecimento de água na identificação e priorização de perigos e riscos em sistemas e soluções alternativas coletivas de abastecimento de água, desde o manancial até o consumidor (Brasil, 2013).*

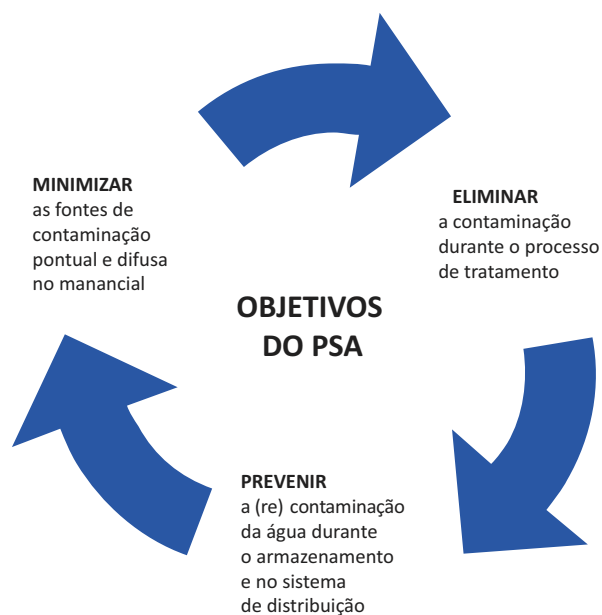


Figura 1 - Objetivos do Plano de Segurança da Água.

### 3.1. Justificativa

A prática usual utilizada para controle da qualidade da água para consumo humano é baseada na conformidade dos dados resultantes do monitoramento com os valores paramétricos estipulados nas normas de qualidade estabelecidas.

No entanto, já se sabe que essa metodologia de controle de qualidade do produto final, frequentemente lenta, complexa e dispendiosa, apresenta um conjunto de limitações sérias, como por exemplo:

- Limitada correlação entre microrganismos patogênicos eventualmente presentes na água e os organismos indicadores geralmente adotados nas normas em que se baseia a metodologia de controle de qualidade do produto final. Na prática do abastecimento de água, tem-se verificado fraca correlação entre os indicadores bacteriológicos com vírus e protozoários patogênicos, talvez devido à sua diferenciada capacidade de resistência aos produtos químicos geralmente utilizados no processo de desinfecção.
- Os métodos analíticos utilizados no monitoramento dos parâmetros microbiológicos são, por norma, suficientemente demorados para servir de elemento para prevenção de situações de surtos de doenças. Esse tipo de controle permite identificar que a água encontrava-se própria (ou imprópria) para consumo no momento da realização das análises laboratoriais, sendo apenas possível o conhecimento desses resultados algum tempo após o seu consumo.
- A significância estatística dos resultados de monitoramento do produto final é limitada. Por um lado, os volumes de água submetidos a monitoramento de conformidade com as normas são relativamente insignificantes quando comparados com os volumes de água distribuída; por outro lado, as frequências de amostragem geralmente adotadas em sistemas de distribuição pública de água dificilmente garantem uma adequada representatividade da sua qualidade, tanto temporal quanto espacialmente.

Dessa forma, a implementação de PSA em sistemas públicos de abastecimento de água para consumo humano, baseada na análise e gestão de riscos, constitui uma abordagem inovadora e eficaz para estabelecer critérios e procedimentos que protejam os sistemas da presença, não só de microrganismos patogênicos, mas também de substâncias químicas em concentrações tóxicas, assegurando a qualidade da água produzida e fornecida aos consumidores (Bensoussan et al., 2015).

Destaca-se que a SANASA apresentou o projeto de implementação do Plano de Segurança da Água em Viena, na Áustria, durante o 20º Simpósio Internacional de Microbiologia da Água Relacionada à Saúde (*International Symposium on Health Related Water Microbiology – WaterMicro2019*), organizado pela International Water Association – IWA, em setembro de 2019 (Pinto, Isenburg e Cantusio Neto., 2019).

## 4. PSA SANASA - AVANÇOS

O PSA SANASA busca atender aos conceitos e requisitos estabelecidos pelos Planos de Segurança da Água propostos pela Organização Mundial da Saúde (OMS) e Ministério da Saúde. Vale lembrar que um Plano de Segurança da Água sempre deve contemplar todo o sistema de abastecimento, desde o manancial de captação até o ponto de consumo de água. Assim, apenas como forma de organização, o PSA SANASA foi segmentado em três partes principais:

- 1- PSA Manancial;

2-PSA Tratamento;

3-PSA Distribuição.

Dessa forma, o PSA SANASA, que já conta com toda a estrutura apresentada nos Relatórios dos anos de 2016 e 2017 (Isenburg e Cantusio Neto, 2017/2018), está promovendo e acompanhando as seguintes melhorias:

### 4.1. PSA (Manancial)

#### 4.1.1. Sondas Multiparâmetros

Com a finalidade de intensificar o monitoramento da qualidade da água bruta, tanto no ponto de captação quanto à montante deste, a SANASA está avaliando a instalação de sondas multiparâmetros com transmissão de dados on-line, em locais estratégicos.

#### 4.1.2. Operação ETE Capuava, Valinhos/SP

A Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Capuava é responsável pelo tratamento dos efluentes domésticos do município de Valinhos/SP e tem o lançamento final feito no ribeirão Pinheiros, cuja foz situa-se no rio Atibaia, cerca de 2 km a montante do ponto de captação de água utilizada para o abastecimento de Campinas/SP, prejudicando a qualidade da água captada para o tratamento e distribuição à população.

Em março de 2019 a SANASA e o Departamento de Água e Esgoto de Valinhos/SP (DAEV) assinaram um convênio de cooperação técnica para operação e gerenciamento da Estação de Tratamento de Esgoto – ETE Capuava. A parceria, que permitirá o tratamento de todo o esgoto proveniente do município de Valinhos e da bacia de esgotamento Samambaia, localizada em Campinas, prevê a ampliação e modernização da ETE Capuava, a operação da estação e a implantação de uma Estação Produtora de Água de Reúso - EPAR (Correio Popular, 2019a).

Essa parceira contribuirá diretamente para a melhoria da qualidade da água do rio Atibaia e também para a otimização do tratamento da água realizado pela SANASA, promovendo progressos em saúde pública e ambiental.

#### 4.1.3. Estação de Tratamento de Água do rio Capivari – ETA Capivari

Com a crise hídrica vivenciada no período de 2014/2015, a SANASA Campinas passou a reavaliar o sistema de abastecimento de água considerando as melhores práticas para otimizá-lo. Assim, demandou 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.

### 4.2. PSA (Tratamento) e PSA (Distribuição)

#### 4.2.1. Laboratório Central e Acreditação ABNT NBR ISO/IEC 17025

O Laboratório Central, localizado junto às Estações de Tratamento de Água (ETAs) 1 e 2, já conta com ampla estrutura para o atendimento do controle de qualidade das etapas dos processos de tratamento, saída das ETAs e sistema de distribuição de água da cidade de Campinas/SP, atendendo à Portaria de Consolidação nº 5/2017 do Ministério da Saúde – Anexo XX (Brasil, 2017). A partir do segundo semestre de 2019, uma das prioridades quanto à amostragem referente às análises exigidas



pela legislação citada foi a acreditação conforme critérios definidos pela ABNT NBR ISO/IEC 17025. Ressalta-se também que esse laboratório deverá ser otimizado para recebimento dessa mesma certificação, contemplando análises bacteriológicas e físico-químicas, fortalecendo-se como base analítica para o PSA (Tratamento) e PSA (Distribuição).

### 4.2.2. Gestão da qualidade da água no sistema de distribuição

Para a avaliação e gestão da qualidade da água distribuída à população de Campinas/SP, além da análise dos indicadores e parâmetros de qualidade estabelecidos pelas legislações, foi desenvolvido o Índice de Conformidade ao Padrão de Qualidade (ICPQ). Esse indicador foi instituído a partir de estudos utilizando Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE) (Amaro, 2009), o qual foi baseado no CCME WQI - Canadian Council of Ministers of the Environmental Water Quality Index (CCME, 2001). Esse índice apresenta as seguintes categorias (em porcentagem de 0 a 100): EXCELENTE: 95 – 100; BOM: 80 – 94; MEDIANO: 65 – 79; MARGINAL: 45 – 64 e RUIM: 0 – 44.

O cálculo do ICPQ considera três fatores:

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

Para construção desse indicador foram levados em consideração os resultados analíticos de parâmetros de controle da qualidade da água distribuída, que se mostraram mais significativos em razão da frequência de análises e representatividade, nos últimos 15 anos (2004 – 2018). São eles:

- Cor;
- Turbidez;
- Cloro;
- Flúor.

O parâmetro pH não foi utilizado para a construção desse indicador devido à sua mínima variação, e em razão dos resultados permanecerem dentro do padrão estabelecido pela legislação ao longo do período estudado. Parâmetros microbiológicos (*E. coli*) também não foram incorporados à avaliação desse indicador devido aos resultados analíticos demonstrarem baixa ocorrência desse microrganismo nas amostras da rede de distribuição, conforme exemplificado posteriormente no item 5.1/l/f (Grupo de indicadores).

Assim, a utilização do ICPQ mostrou-se uma ferramenta de gestão rápida e eficaz, corroborando para a avaliação da qualidade da água distribuída, possibilitando, dessa forma, sinalizar as medidas estratégicas necessárias para a melhoria da segurança da água distribuída à população.

Os cálculos foram feitos para cada um dos 233 pontos de rotina monitorados mensalmente na rede de distribuição e 19 pontos analisados quinzenalmente nos hospitais da cidade.

Os gráficos apresentados nas figuras 2 e 3 apresentam a evolução do ICPQ nos pontos de monitoramento de hospitais e rede, para o período de 2004 a 2018.

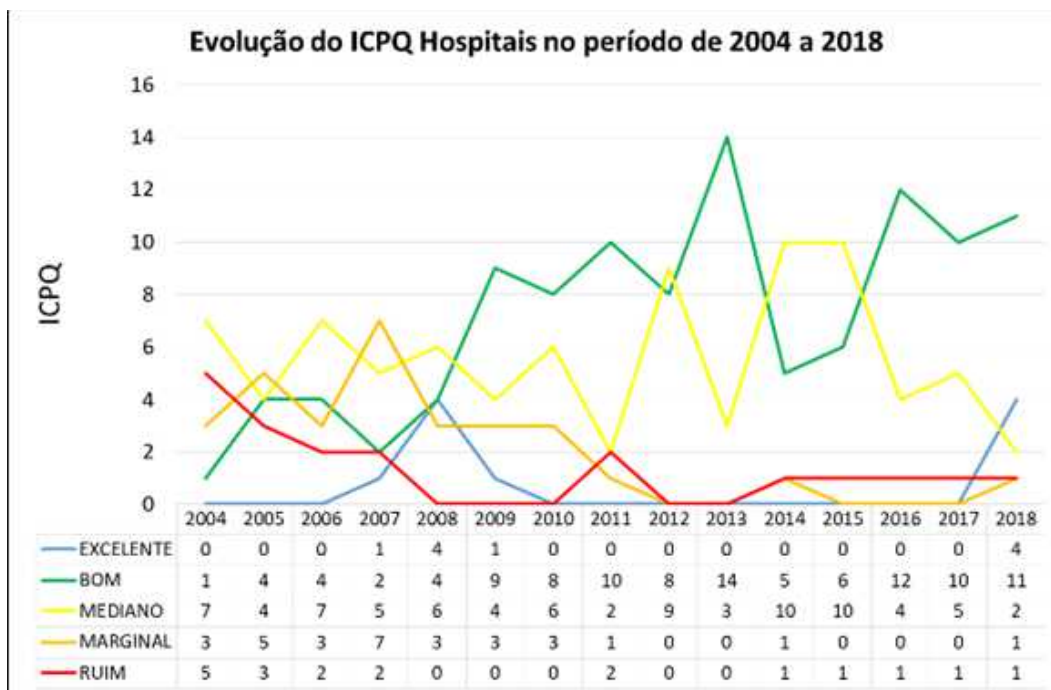


Figura 2 - Evolução do ICPQ nos pontos de monitoramento de hospitais.

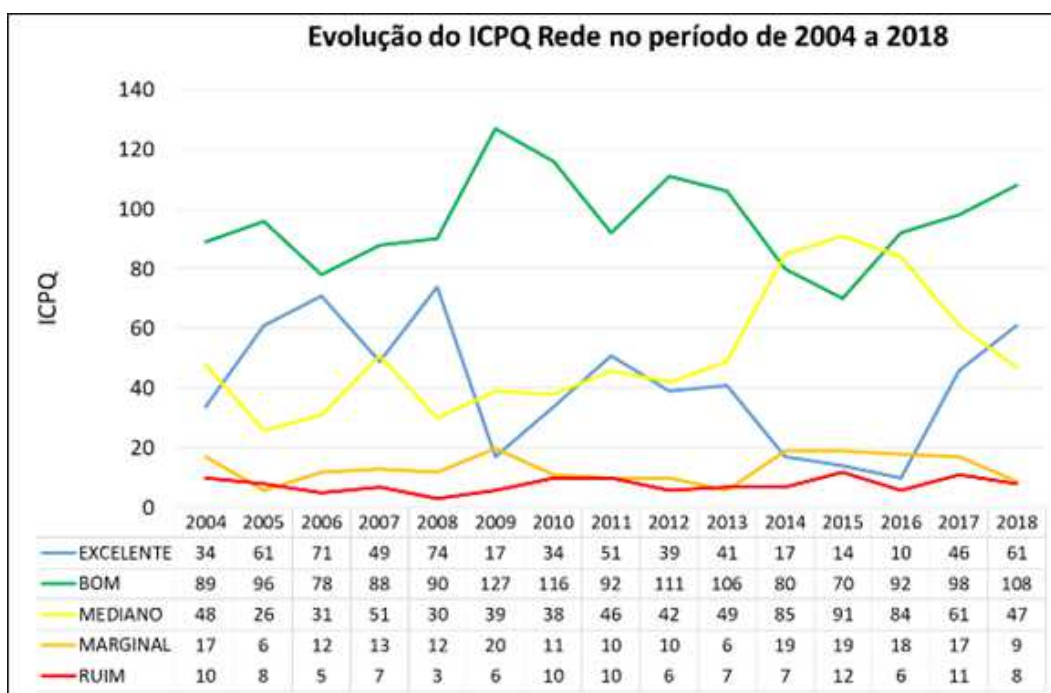


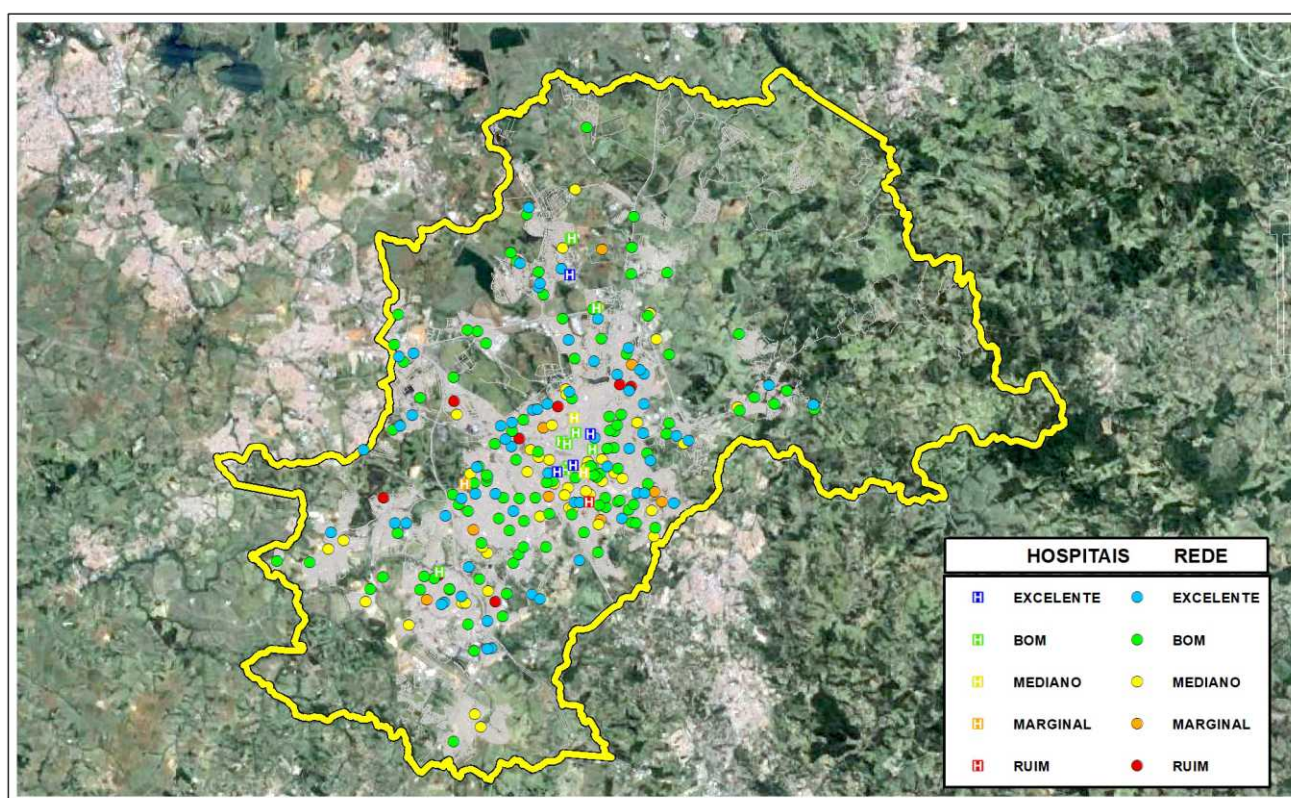
Figura 3 - Evolução do ICPQ nos pontos de monitoramento de rede.

Conforme pode ser verificado nos gráficos, o indicador apresenta uma melhora nos pontos monitorados, tanto para hospitais quanto para os pontos de redes, sendo que, no ano de 2018, 79% dos hospitais e 73% dos pontos monitorados em redes estiveram classificados nas faixas BOM e EXCELENTE, respectivamente.

Vale ressaltar que o único hospital classificado na faixa RUIM é atendido por poço próprio, sendo que a baixa qualidade da água nesse ponto justifica-se pela estagnação da água na rede de distribuição, em função da falta de uso. Destacamos que houve notificação da Vigilância Sanitária.

Vale lembrar também que a SANASA realiza avaliação contínua do estado de conservação das redes de distribuição. Através desse trabalho é possível concluir que a maioria dos pontos avaliados nas faixas RUIM e MARGINAL localiza-se em finais de redes ou redes antigas, que demandam troca de redes ou execução de obras de melhoria.

A figura 4 apresenta a espacialização dos pontos de rotina monitorados no ano de 2018 e sua classificação de acordo com o ICPQ.



PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA

SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA  
CONTROLE DE QUALIDADE  
CAMPINAS

Figura 4 - Situação dos Pontos de Rotina na Rede de Distribuição e Hospitais, de acordo com a classificação do ICPQ, no ano de 2018.

### 4.2.3. Centro Brasileiro de Pesquisa Internacional das Águas (Brazilian Water Research Center – BWRC).

A SANASA e a Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) estão estruturando, com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), a criação de um Centro Brasileiro de Pesquisas relacionadas à Água (Brazilian Water Research Center – BWRC), que contará com pesquisadores renomados de diversos países.

Os projetos de pesquisa a serem desenvolvidos no BWRC se desdobrarão em conhecimento, produtos e políticas públicas. Entre as metas do BWRC, destacam-se:

- a. Desenvolvimento de estratégias de segurança hídrica para mitigar as mudanças climáticas e a falta de infraestrutura existente;
- b. Desenvolvimento de tecnologias de filtração inovadoras e mais eficientes, aliado a tratamentos avançados, tanto para água quanto para esgoto, visando oferecer água de baixo custo e qualidade superior para a região de Campinas;
- c. Melhora no sistema de distribuição de água, com ênfase na diminuição das perdas de água e o desenvolvimento de equipamentos que permitam o monitoramento em tempo real do consumo, a equalização da pressão nas linhas de distribuição e sua relação com as perdas;
- d. Promoção de inovação e transferência de tecnologia.

As linhas de pesquisa do BWRC dividem-se em três principais grupos:

- 1- Segurança Hídrica;
- 2- Qualidade da Água e Efluente;
- 3- Distribuição de Água, Perdas e Monitoramento Remoto.

O desenvolvimento dos trabalhos desse importante centro de pesquisa trará contribuições significativas para a construção e complementação do PSA SANASA.

## 5. DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DO PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA EM CAMPINAS

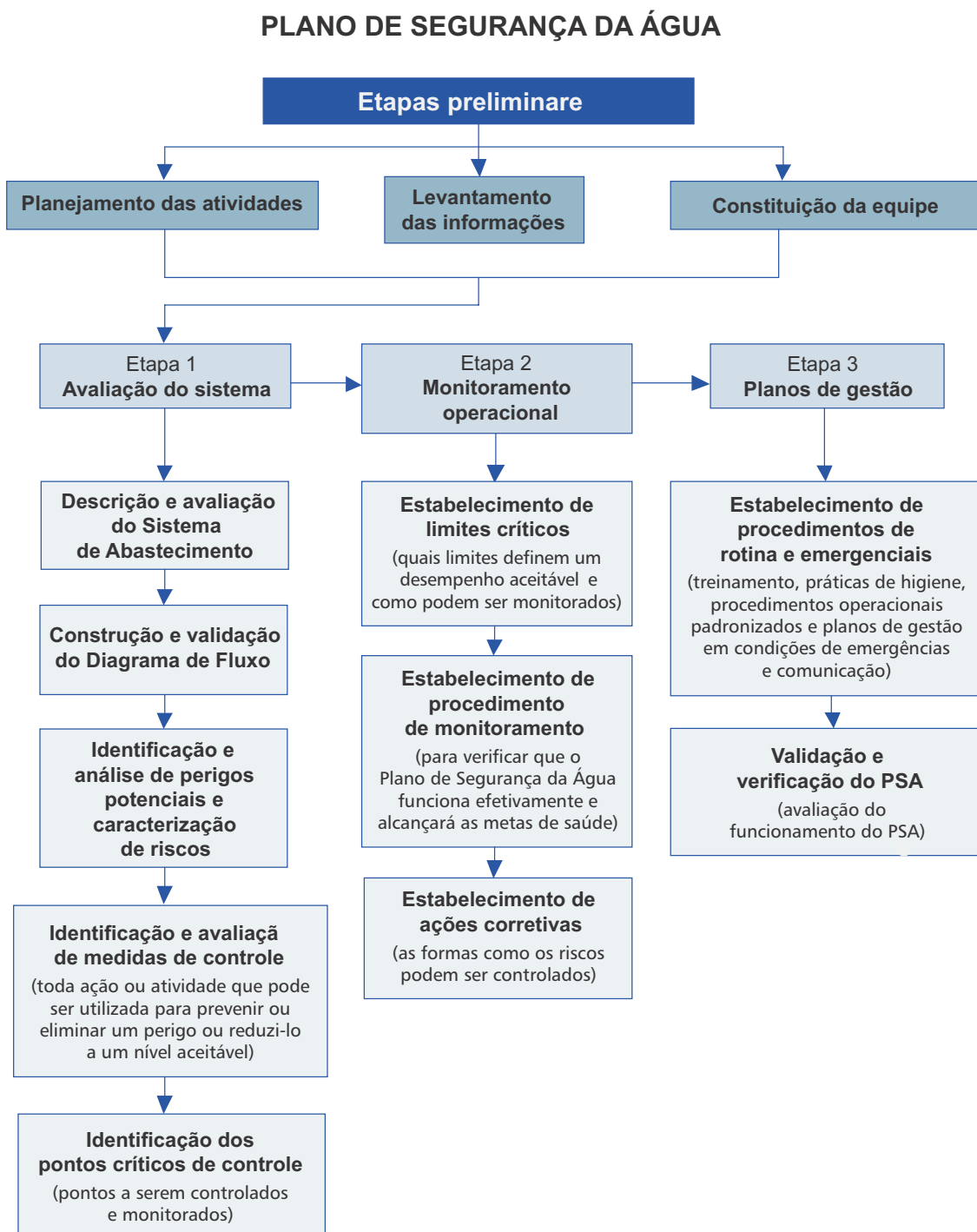


Figura 5 - Estrutura do Plano de Segurança da Água.

Fonte: Plano de Segurança da Água: Garantindo a qualidade e promovendo a saúde: um olhar do SUS, Ministério da Saúde, Brasília / DF, 2013.

## 5.1. Etapas de Implantação

### I. Etapa 1: Avaliação do Sistema

#### a) Avaliação do principal manancial – rio Atibaia

A crise hídrica vivenciada nos anos de 2014 e 2015 intensificou as ações de controle e monitoramento dos recursos hídricos em toda a região.

A SANASA, com a finalidade de minimizar riscos de desabastecimento, vem monitorando os mananciais, com o objetivo de antecipar ações necessárias ao atendimento ininterrupto da população.

A seguir são apresentados alguns indicadores e ocorrências que vêm sendo acompanhados especialmente para o período de 2011 a 2018:

#### a) Acompanhamento do volume equivalente do Sistema Cantareira.

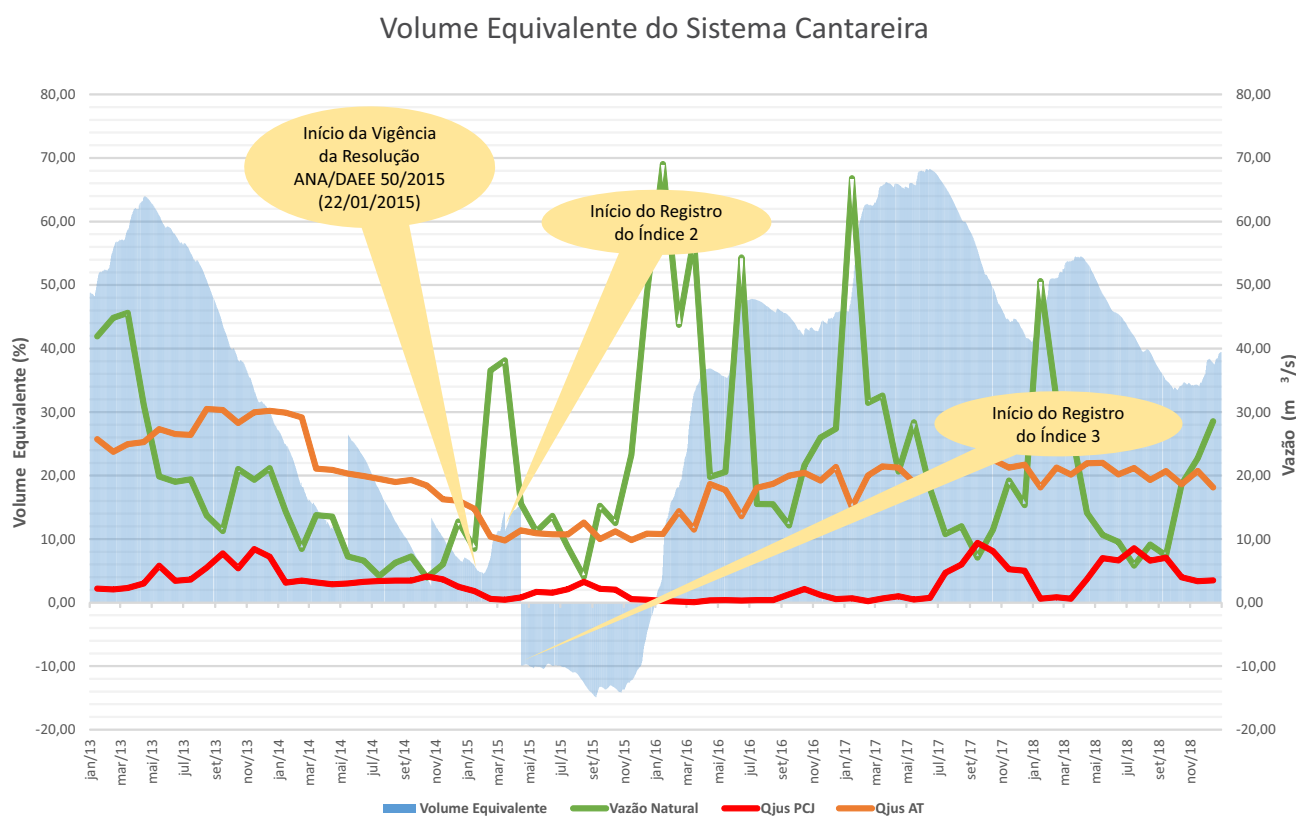


Figura 6 - Evolução do volume equivalente do Sistema Cantareira no período de 2013 a 2018.

O gráfico apresentado na figura 6 demonstra a evolução do volume equivalente do Sistema Cantareira, no período de 2013 a 2018. É importante ressaltar que esse período compreende a crise hídrica verificada nos anos de 2014/2015, quando entraram em operação os “Volumes Mortos” 1 e 2, em 16/05/2014 e 24/05/2014, respectivamente, que correspondem à utilização da reserva técnica do Sistema, bem como a alteração dos índices de registro do volume equivalente. Destaca-se ainda que o Sistema somente demonstrou uma melhora com a imposição de Regras Operativas aos usuários, através da Resolução Conjunta ANA/DAEE nº 50/2015, de 22/01/2015 (ANA, 2015).

Apesar dessas medidas, o gráfico apresentado na figura 6 demonstra que o Sistema encerrou o ano de 2018 em situação de Alerta, com apenas 39,46% de volume.

b) Evolução da chuva anual verificada em Campinas/SP, no período de 2011 a 2018.

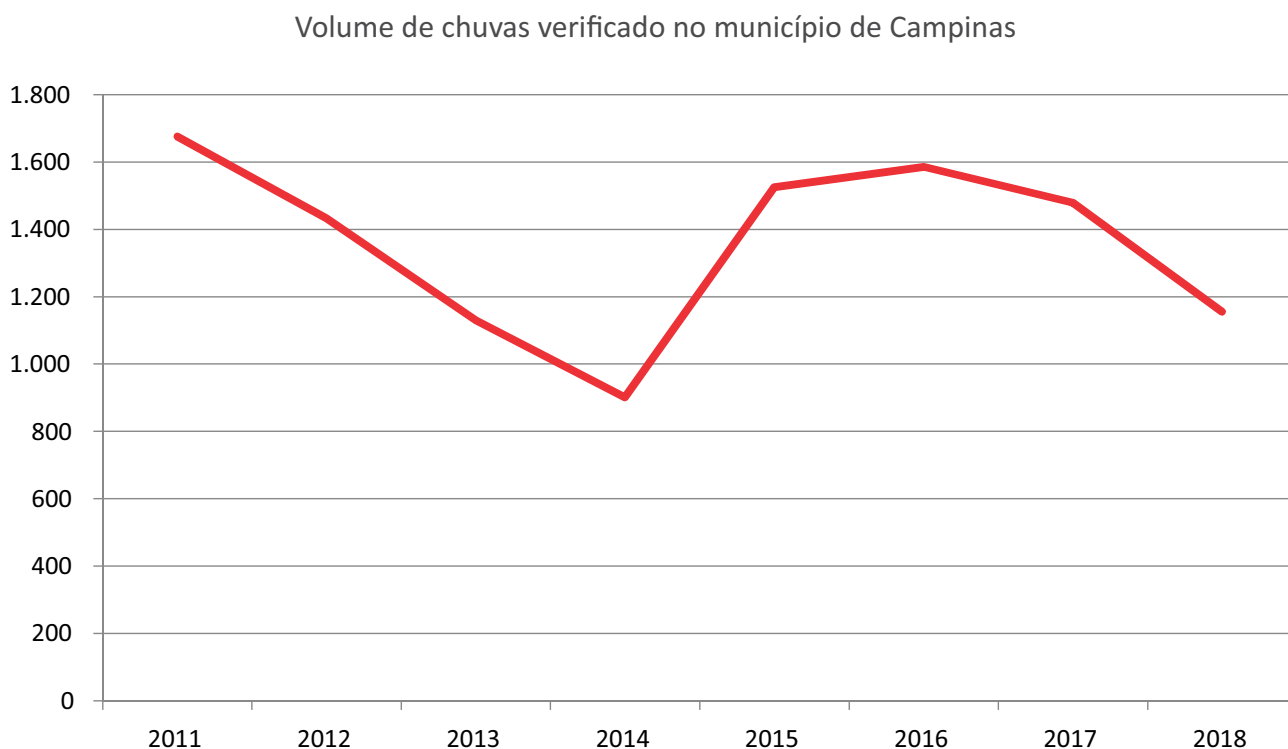


Figura 7 - Evolução do volume de chuvas verificado no município de Campinas, no período de 2011 a 2018.

O gráfico apresentado na figura 7 demonstra a evolução do volume de chuva nos anos de 2011 a 2018. É importante destacar que, apesar de um aumento considerado do volume de chuva no ano de 2015, ocorreu uma diminuição constante nos anos de 2017 e 2018.

c) Níveis médios diários do rio Atibaia, no ponto de captação de Campinas.

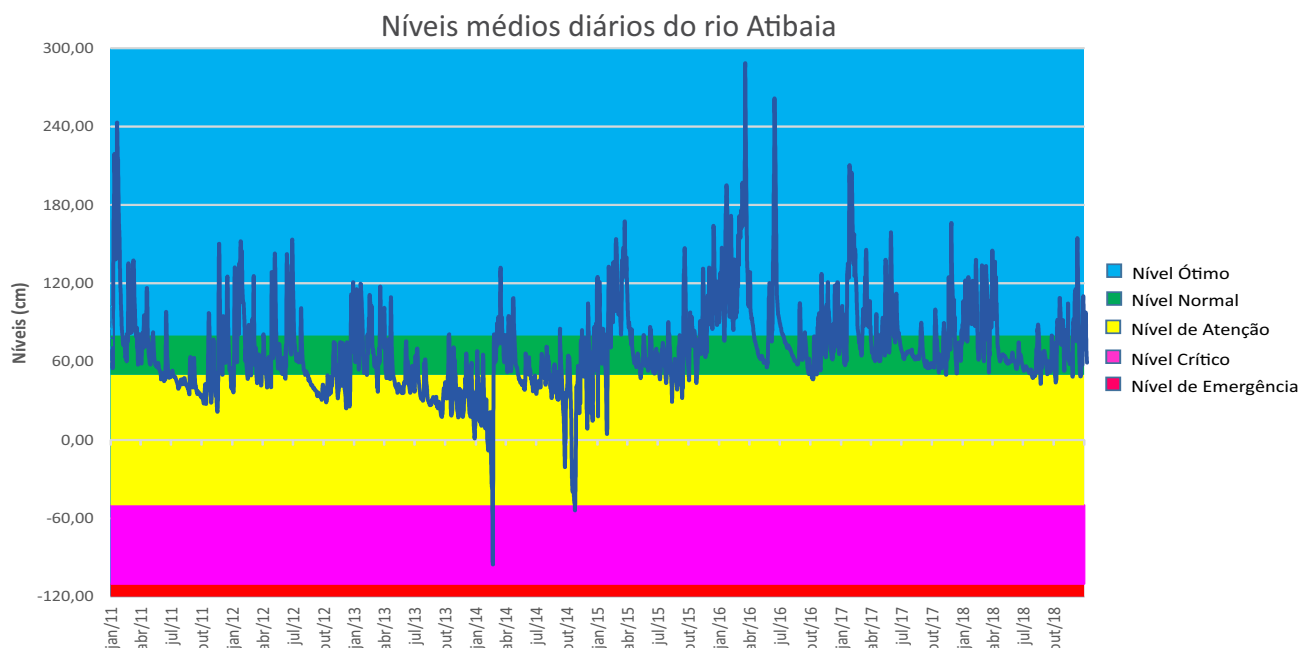


Figura 8 - Níveis médios diários verificados na captação de água do município de Campinas, no rio Atibaia, no período de 2011 a 2018.

O gráfico apresentado na figura 8 demonstra a variação do nível do rio Atibaia, no ponto de captação do município de Campinas/SP. Verifica-se no ano de 2014 e início de 2015 a ocorrência de níveis críticos e, apesar da melhora nos anos subsequentes, o ano de 2018 apresentou algumas ocorrências na faixa de ATENÇÃO.

d) Evolução do volume captado no rio Atibaia para atendimento ao município de Campinas/SP.

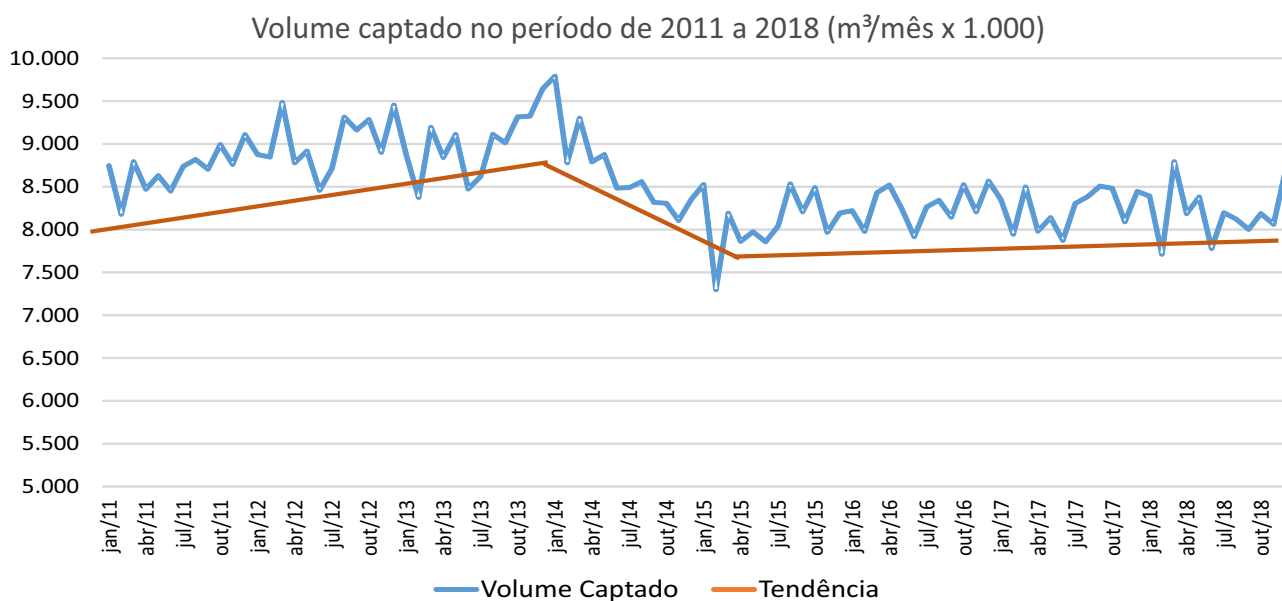


Figura 9 - Evolução do volume de água captado no rio Atibaia, para atendimento ao município de Campinas, no período de 2011 a 2018.



O gráfico apresentado na figura 9 demonstra a evolução do volume captado no rio Atibaia, no período de 2011 a 2018. Foi traçada uma linha de tendência para facilitar a interpretação, na qual se pode verificar a existência de três períodos distintos. O primeiro, de 2011 a 2013, com um crescimento gradativo do volume captado no rio Atibaia. O segundo período, entre início do ano de 2014 até maio de 2015, evidenciado pela forte crise hídrica, quando o volume captado sofreu um declínio acentuado. Em seguida, no terceiro período, entre maio de 2015 e final de 2018, nota-se um discreto crescimento, mas com uma redução considerável nos volumes consumidos, resultante da mudança de hábitos da população.

### b) Descrição e avaliação do Sistema de Abastecimento

Os Relatórios do PSA SANASA referentes aos anos de 2016 e 2017 (Isenburg e Cantusio Neto, 2017/2018) apresentam detalhadamente a descrição e avaliação do Sistema de Abastecimento. A SANASA disponibiliza informações sobre os indicadores de abastecimento e esgotamento, as quais são atualizadas mensalmente e publicadas no Portal da SANASA (SANASA, 2018), denominado SANASA em Números. A figura 10 apresenta as informações referentes a dezembro de 2018.

<b>Á G U A</b>	Índice abastecimento de água:	99,81%	<b>G E R A L</b>	População Campinas (IBGE):	1.194.094 habitantes	
	Captações de água:	2		Área (IGC):	795,35 km <sup>2</sup>	
	Estações de Tratamento de Água/ETAs:	5		Receita Líquida 2017 (milhares):	R\$ 846.136	
	Estação de Tratamento de Lodo de ETAs/ETL:	1		Funcionários:	2.200	
	Extensão de rede de água:	4.700,29 km		Distritos de Manutenção - Domasas:	10	
	Centros de Reservação e Distribuição/CRDs:	41		Agências de atendimento:	11 fixas e 2 móveis	
	Reservatórios:	26 elevados e 43 semi-enterrados		<b>E S G O T O</b>	População atendida (urbana com coleta e afastamento):	96,05%
	Volume de reservação:	134.092,37 m <sup>3</sup>			Capacidade instalada de tratamento de esgoto:	95,00%
	Volume água tratada e distribuída:	99.660.496 m <sup>3</sup>			Estações de tratamento/ETEs:	22
	Média mensal de água tratada e distribuída:	8.305.041 m <sup>3</sup>			Estação Produtora de Água de Reúso/EPAR:	1
	Pontos de distribuição/booster:	3			Estações elevatórias/EEEs:	98
	Índice de perdas na distribuição/IPD:	20,79%			Extensão de rede de esgoto:	4.413,55 km
	Índice de perdas de faturamento/IPF:	12,95%			Economias:	462.183
	Economias:	504.983			Ligações:	326.693
	Total de Ligações:	350.640				
Residencial:	316.892					
Pública:	1.307					
Comercial:	32.000					
Industrial:	441					

Figura 10 - SANASA em Números, com dados atualizados até dezembro de 2018.

### c) Identificação e análise de perigos potenciais e caracterização de riscos

Os perigos biológicos estão associados à presença de algas potencialmente tóxicas e microrganismos na água (bactérias, vírus e protozoários), que podem representar ameaças à saúde. Os perigos químicos estão associados à presença de substâncias químicas em concentrações tóxicas, que, quando acima dos limites, podem ser nocivas à saúde. Essas substâncias podem ocorrer naturalmente ou surgir durante os processos de tratamento e armazenamento da água. Os perigos físicos estão associados às características estéticas da água, tais como cor, turbidez, gosto e odor. Os perigos radiológicos estão associados à contaminação da água a partir de fontes de radiação. A radiação pode ser emitida de forma natural ou antrópica, por meio de contaminação por efluentes da indústria ou radionuclídeos (VIEIRA e MORAIS, 2005).

Uma vez identificados os possíveis perigos e eventos perigosos, deve-se analisá-los em função do seu grau de risco, caracterizando-os e priorizando-os com o emprego de técnicas como Matriz de Priorização de Risco (AS/NZS, 2004) e Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC). Os perigos e/ou eventos perigosos com consequências mais severas devem ser priorizados em relação àqueles cujos impactos são insignificantes ou cuja ocorrência é improvável (BARTRAM et al., 2009; VIERA e MORAIS, 2005; Brasil, 2013).

A matriz de priorização de riscos é o principal método utilizado para avaliação dos riscos à saúde em sistema de abastecimento de água, desde a captação até a distribuição (WHO, 2011, VIEIRA e MORAIS, 2005).

O método consiste na determinação da probabilidade de um perigo / evento perigoso ocorrer e a magnitude de suas consequências à saúde. Um recurso muito utilizado é a matriz frequência x severidade, a qual pode ser construída em base quantitativa, semiquantitativa ou qualitativa (CGVAM, 2016).

O quadro 1 apresenta a Matriz de Priorização de Riscos adotada.

Quadro 1 - Matriz semiquantitativa de Priorização de Risco.

Frequência		Severidade				
		1	2	4	8	16
		Muito Baixa	Baixa	Moderada	Elevada	Crítica
5	Diária a semanalmente	Baixo (5)	Moderado (10)	Alto (20)	Alto (40)	Extremo Plano de Emergência
4	Quinzenal a mensal	Baixo (4)	Moderado (8)	Alto (16)	Alto (32)	Extremo Plano de Emergência
3	Semestral a anual	Baixo (3)	Moderado (6)	Moderado (12)	Alto (24)	Extremo Plano de Emergência
2	Acima de um ano ate 5 anos	Baixo (2)	Baixo (4)	Moderado (8)	Alto (16)	Extremo Plano de Emergência
1	Acima de 5 anos	Baixo (1)	Baixo (2)	Baixo (4)	Moderado (8)	Extremo Plano de Emergência

Nível	Severidade	Significado da Severidade
1	Insignificante	Sem impacto detectável.
2	Baixo	Pequeno impacto sobre a qualidade estética / organoléptica da água e/ou baixo risco à saúde que pode ser minimizado em etapa seguinte do sistema de abastecimento.
3	Moderado	Elevado impacto estético e/ou com potencial risco à saúde que pode ser minimizado em etapa seguinte do sistema de abastecimento.
4	Elevado	Potencial impacto à saúde que não pode ser minimizado em etapa seguinte do sistema de abastecimento, necessitando de realização de monitoramento operacional e medidas de controle.
5	Catastrófica	Risco elevado à saúde com interrupção do fornecimento de água.

### Análise do Risco:

**Risco Baixo ≤ 5:** risco baixo, tolerável, sendo controlável por meio de procedimentos de rotina.

**Risco Moderado 6 a 12:** risco moderado, necessidade de atenção e de identificação de pontos críticos de controle (PCC), pontos críticos (PC) ou pontos de atenção (PA).

**Risco Alto 16 a 40:** risco alto é não tolerável, necessidade de adoção de medidas de controle, e/ou ações de gestão ou de intervenção física a médio e longo prazo, sendo necessária a identificação de pontos críticos de controle (PCC), pontos críticos (PC) ou pontos de atenção (PA), estabelecimento de limites críticos e monitoramento dos perigos para cada ponto identificado.

**Risco Extremo:** risco não tolerável, necessidade de adoção imediata de plano de emergência.

Fonte: CGVAM, 2016.

Em continuidade, são apresentadas a identificação e a análise dos principais perigos associados ao sistema de abastecimento de água, contemplando desde o manancial de captação de água bruta até a distribuição de água tratada. Esses perigos são evidenciados através das análises de controle da qualidade realizadas pela SANASA, bem como de estudos publicados ao longo dos últimos anos.

### d) Perigos Biológicos

#### • Protozoários patogênicos (*Giardia* spp. e *Cryptosporidium* spp.)

*Giardia* spp. é um protozoário cosmopolita, sendo sua prevalência ao redor de 20% a 30% nos países em desenvolvimento e 3,0% a 7,0% nos países desenvolvidos (FINK e SINGER, 2017). No Brasil, a parasitose está presente em todas as cinco regiões: Sudeste, Sul, Nordeste, Norte e Centro-Oeste, com achados de maior prevalência na região Sudeste (COELHO et al., 2017).

Existem 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 culminou com a identificação de oito genótipos distintos (A, B, C, D, E, F, G e H), que diferem quanto à especificidade de hospedeiros, sendo infectantes para o ser humano os genótipos A e B. O quadro clínico dessa parasitose é variável, desde infecções assintomáticas, que são bastante comuns, até quadros de sintomatologia severa caracterizada por diarreia, dor epigástrica, cólicas abdominais, náusea, má absorção intestinal, intolerância alimentar e reações alérgicas (FINK e SINGER, 2017).

*Giardia duodenalis* é um dos patógenos que causam maior preocupação ao setor de tratamento de água, juntamente com *Cryptosporidium* spp. Esse parasito flagelado foi responsável por 40% dos 523 surtos epidêmicos por veiculação hídrica ocasionados por protozoários parasitas, ao redor do mundo, entre 1954 e 2010 (BALDURSSON e KARANIS, 2011).

O protozoário *Cryptosporidium* spp. é considerado a principal causa dos surtos de gastroenterite no mundo, e o segundo patógeno de maior importância (rotavírus ocupa a primeira posição) como agente causador de diarreia moderada a severa, em crianças de até 5 anos (KOTLOFF et al., 2013). Nesse contexto, contribui com 12% do total da mortalidade por diarreia ao redor do mundo (MMBAGA e HOUPPT, 2017).

Novos conhecimentos trazem maior complexidade na relação desse protozoário com a área de saneamento, indicando que *Cryptosporidium* spp. poderia se multiplicar em biofilmes e completar seu ciclo na ausência de células hospedeiras (ALDEYARBI e KARANIS, 2016).

Atualmente são reconhecidas 36 espécies de *Cryptosporidium*, sendo que 17 delas acometem o ser humano. Trata-se de um protozoário de vertebrados que provoca infecção no homem e várias espécies animais, conhecida como cryptosporidiose, que pode acometer de forma severa principalmente as crianças, diabéticos, idosos, indivíduos imunocomprometidos como portadores do HIV e imunossuprimidos, principalmente os receptores de transplantes (CONDLOVÁ et al., 2018).

*Giardia* e *Cryptosporidium* estão entre os principais contaminantes associados à veiculação hídrica e causam grande preocupação para a saúde pública e autoridades sanitárias. Esses patógenos são resistentes aos desinfetantes químicos usualmente empregados nas estações de tratamento de água. Essa característica somada à abundância no ambiente e o pequeno tamanho dos cistos e oocistos (formas de resistência e transmissão) os tornam potencialmente capazes de atravessar as barreiras físicas das estações de tratamento de água, comprometendo a segurança do sistema de abastecimento.

A SANASA realiza o monitoramento de cistos de *Giardia* spp. e oocistos de *Cryptosporidium* spp. no ponto de captação de água bruta (Figuras 11 e 12), conforme determinado pela Portaria de Consolidação nº 5/2017 do Ministério da Saúde – Anexo XX (Brasil, 2017).

Além desse monitoramento, a SANASA tem realizado estudos de caracterização molecular (Durigan et al., 2014) e ocorrência desses protozoários em toda a bacia de contribuição, incluindo efluentes brutos, tratados e sedimentos de leito do rio (Pinto et al., 2016; Franco et al., 2016; Yamashiro et al., 2015; Barros Júnior et al., 2010), bem como desenvolvimentos de projetos para avaliação de métodos de remoção e inativação desses patógenos, e controle analítico (Cantusio et al., 2011; Santos et al., 2013). Esses estudos serviram como base para as revisões e publicações das legislações de potabilidade do Ministério da Saúde dos últimos anos.

Cistos de *Giardia* spp.

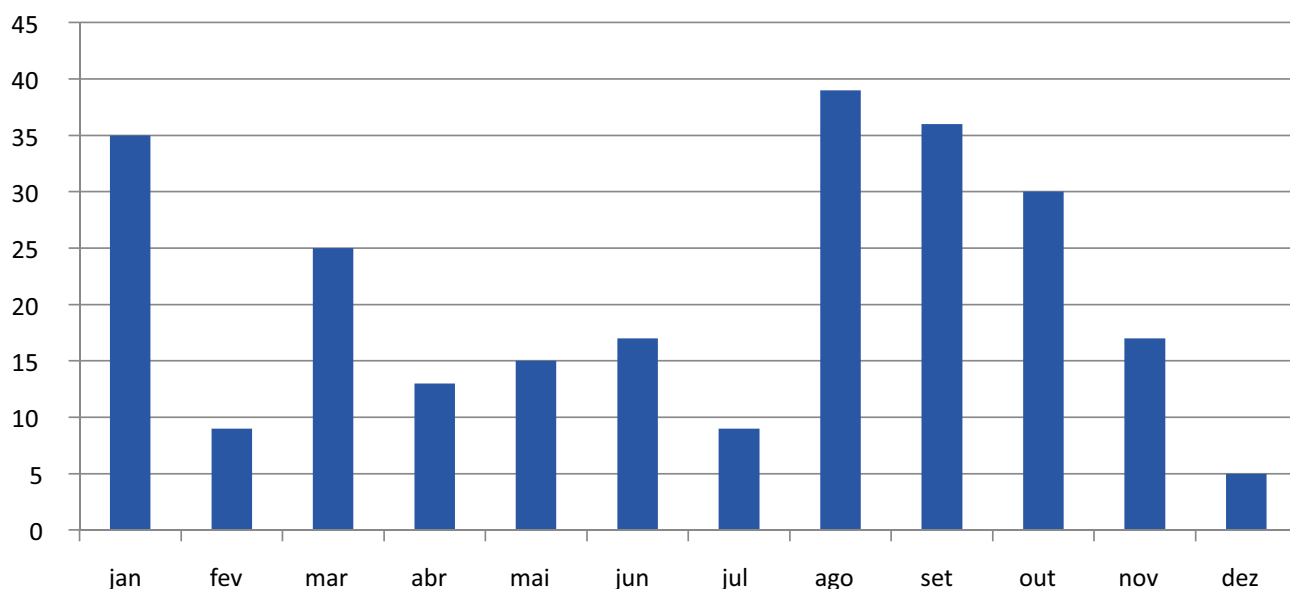


Figura 11 - Média mensal da concentração de cistos de *Giardia* spp. no ponto de captação do rio Atibaia ao longo do ano de 2018.

Oocistos de *Cryptosporidium* spp.

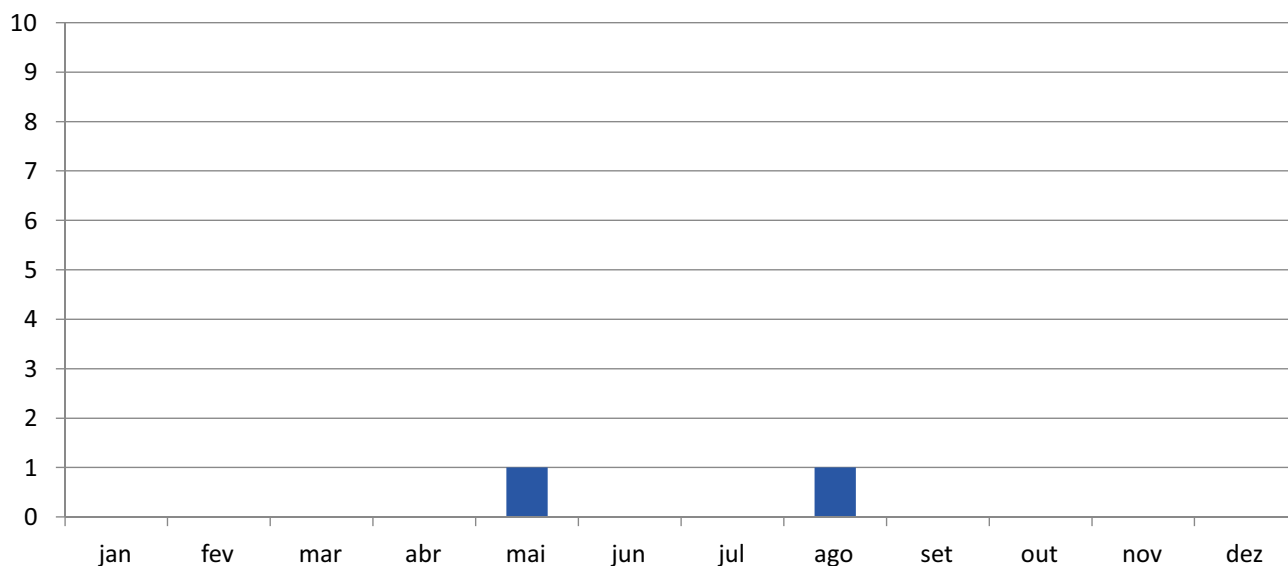


Figura 12 - Média mensal da concentração de oocistos de *Cryptosporidium* spp. no ponto de captação do rio Atibaia ao longo do ano de 2018. Com exceção dos meses de maio e agosto, não foram detectados oocistos de *Cryptosporidium* spp.

**Caracterização de risco:**

*Giardia* spp.: A16

Risco alto, necessidade de adoção de medidas de controle, e/ou ações de gestão ou de intervenção física a médio e longo prazo, sendo necessária a identificação de pontos críticos de controle (PCC), pontos críticos (PC) ou pontos de atenção (PA), estabelecimento de limites críticos e monitoramento dos perigos para cada ponto identificado.

*Cryptosporidium* spp.: M12

Risco moderado, necessidade de atenção e de identificação de pontos críticos de controle (PCC), pontos críticos (PC) ou pontos de atenção (PA).

• **Vírus entéricos**

Os vírus entéricos têm se constituído nos últimos anos em grande preocupação para as autoridades de saúde pública, saneamento e meio ambiente, devido a grandes surtos de doenças de veiculação hídrica e emergência ou reemergência de novos agentes virais (Parasidis et al., 2013). Os vírus entéricos representam todos os grupos virais presentes no trato gastrointestinal humano e que, após transmissão fecal-oral, podem causar infecção e doença em indivíduos susceptíveis. São considerados a principal causa de surtos de gastroenterite aguda em países desenvolvidos e em desenvolvimento (Parasidis et al., 2013; CETESB, 2017).

Entre os agentes virais de maior impacto para a saúde pública, podem ser destacados os vírus das hepatites A, rotavírus, norovírus, adenovírus e enterovírus, os quais são responsáveis pela contaminação de diversos ecossistemas aquáticos brasileiros. A alta circulação de vírus no ambiente vem sendo relacionada às condições sanitárias inadequadas das comunidades, incluindo a falta na cobertura de serviços ou ineficácia de tecnologias convencionais na eliminação ou redução da carga viral presente na água ou no esgoto (Prado, T. e Miagostovich, M. P, 2014).

Os vírus entéricos podem ser excretados em altas concentrações por indivíduos infectados ( $10^5$  –  $10^{11}$  partículas/g fezes), sendo detectados em águas residuárias, principalmente quando ocorrem surtos na comunidade. Esses vírus são altamente estáveis no meio ambiente, mantêm a infecciosidade nos processos convencionais de tratamento de água e esgoto e são resistentes à cloração (CETESB, 2017).

Na Portaria de Consolidação nº 5/2017 do Ministério da Saúde – Anexo XX (Brasil, 2017), o monitoramento de vírus entéricos no ponto de captação de água bruta consta como uma recomendação com o objetivo de subsidiar estudos de avaliação de risco microbiológico. A SANASA, comprometendo-se com o seu reconhecido pioneirismo dentre as empresas de saneamento, está estruturando seu laboratório para a implantação do monitoramento de vírus, através de técnicas de biologia molecular (q-PCR).



Figura 13 - Termociclador q-PCR, Rotor Gene Q – Qiagen. Utilizado para Reação de PCR em Tempo Real, no monitoramento de vírus entéricos em amostras hídricas.

- Algas, cianobactérias e cianotoxinas

A presença de algas e cianobactérias na água bruta aduzida às ETA's podem causar problemas operacionais em várias etapas de tratamento (dificuldade de coagulação e floculação, baixa eficiência do processo de sedimentação, colmatação dos filtros e aumento da necessidade de produtos para a desinfecção) e, como consequência desses problemas operacionais, verifica-se a redução na eficiência dos processos de tratamento e problemas na água tratada, desde alterações no sabor e odor, até a liberação de toxinas produzidas pelas cianobactérias.

Ressalta-se que as cianobactérias ou cianofíceas, também conhecidas como algas azuis, ocorrem naturalmente nos ecossistemas de água doce. No entanto, em condições de eutrofização, como a alta concentração de nutrientes (fósforo e nitrogênio), temperatura e pH em águas neutroalcalinas, favorecem o crescimento excessivo desses microrganismos procariontes (florações) e podem representar um sério risco à saúde da população, em razão da capacidade de esses organismos produzirem potentes toxinas (cianotoxinas), que, de acordo com suas estruturas químicas e por sua ação farmacológica, são conhecidas como neurotoxinas e hepatotoxinas, também toxinas irritantes ao contato (WHO, 1999; CETESB, 2013a).

No Brasil, várias cianobactérias já foram relatadas como potenciais produtoras de toxinas, como espécies de *Microcystis*, *Cylindrospermopsis*, *Dolichospermum* (antiga *Anabaena*), *Planktothrix*, *Aphanizomenon*, entre outras.

A presença de cianotoxinas na água de consumo humano implica em sérios riscos à saúde pública, já que são hidrossolúveis e passam pelo sistema de tratamento convencional, sendo inclusive resistentes à fervura. Assim, o monitoramento das cianobactérias potencialmente tóxicas e cianotoxinas nos mananciais de água para abastecimento público é imprescindível para identificar os locais com risco potencial. Também são necessários estudos epidemiológicos em populações de risco, para quantificar os efeitos adversos à saúde, que vão desde reações alérgicas, como erupções cutâneas, irritação nos olhos, sintomas respiratórios e, em alguns casos, gastroenterites, insuficiência hepática e renal ou morte (USEPA, 2017).

A SANASA realiza diariamente o rastreamento e controle de algas e cianobactérias. O monitoramento de cianotoxinas é realizado em decorrência de florações eventuais, nos pontos de captação de água bruta, bem como em pontos a montante. Em complementação, é realizado o monitoramento da concentração de clorofila-a nesses mesmos pontos, com frequência semanal e a contagem mensal de algas e cianobactérias nos pontos de captação.

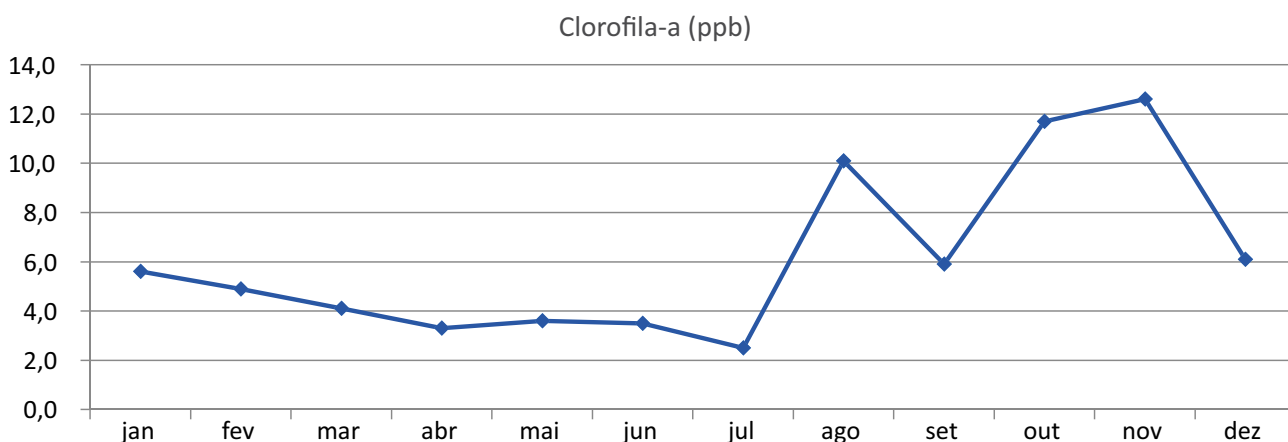


Figura 14 - Média mensal da concentração de clorofila-a no ponto de captação de água bruta do rio Atibaia em 2018.

A SANASA tem desenvolvido projetos de pesquisa voltados ao estudo da ocorrência de cianobactérias e produção de toxinas nas bacias hidrográficas da região de Campinas/SP, abordando aspectos biológicos e toxicológicos desses microrganismos (Genuario et al., 2016; Silvia-Stenico et al., 2009; Fiore et al., 2009).

### **Caracterização de risco:**

Alga: não oferece risco direto à saúde.

Cianobactéria: extremo (em função do número de células).

Cianotoxina: extremo (se estiver presente na água tratada acima dos VMP pela legislação).

## e) Perigos Químicos

### • Metais

Metais são elementos que ocorrem em todos os ecossistemas, embora as concentrações naturais variem de acordo com a geologia local. A perturbação do solo em áreas enriquecidas com metais pode aumentar a erosão e mobilizar metais para os corpos hídricos. Além disso, atividades humanas podem concentrar metais em áreas que não são naturalmente enriquecidas. Esses metais podem chegar até os corpos hídricos quando são liberados no ar, água e solo (USEPA, 2019).

Os metais tóxicos constituem contaminantes químicos nas águas, pois mesmo em pequenas concentrações trazem efeitos adversos à saúde, e por isso constituem-se em padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria de Consolidação nº 5/2017 do Ministério da Saúde.

Nas águas naturais, os metais podem se apresentar na forma de íons hidratados de complexos estáveis que se mantêm em suspensão; podem ser absorvidos em partículas em suspensão que se mantêm na massa líquida, ou se misturam nos sedimentos do fundo. Podem também ser incorporados por organismos vivos. Os caminhos preferenciais pelos quais os metais são transportados na água dependem de diversos fatores de naturezas físicas, químicas e biológicas.

Enquanto alguns metais são essenciais como nutrientes, todos os metais podem ser tóxicos, dependendo da concentração. Os metais que comumente causam efeitos tóxicos são: arsênio, cádmio, cromo, cobre, chumbo, mercúrio, níquel, selênio e zinco.

Metais como Fe e Mn, que provocam alterações organolépticas, são analisados pela SANASA na água distribuída. Os resultados obtidos demonstram que esses parâmetros atendem aos padrões determinados pela legislação. Excepcionalmente, em casos esporádicos como rompimento de redes, podem ocorrer alterações nos resultados de Fe e Mn, mas que são prontamente atendidos através das medidas corretivas para a normalização do problema.

Já outros metais contemplados pela Portaria (incluindo os metais tóxicos) são analisados mensalmente em laboratórios externos (acreditados conforme ISO/IEC 17025), visto que o equipamento destinado a essas análises (ICP-Plasma) encontra-se em manutenção. Após a restauração deste ou aquisição de um novo equipamento, a SANASA voltará a analisar toda a série de metais tóxicos visando à melhoria contínua desse monitoramento.

O monitoramento dos metais é de suma importância, não apenas para o cumprimento da legislação, mas também para a avaliação da qualidade da malha de rede de distribuição.



- **Contaminantes emergentes**

Os dados de pesquisas científicas publicadas na literatura demonstram a importância de investigar ocorrência de diversos contaminantes químicos nos mananciais de abastecimento público, incluindo os chamados de emergentes. Muitos deles ainda não são previstos nas legislações no Brasil, porém apresentam toxicidade reconhecida (Motagner et al., 2019).

Dentre os contaminantes que geram preocupação podemos citar pesticidas, fármacos, produtos de cuidados pessoais, hormônios, filtros solares, drogas ilícitas, compostos perfluorados, microplásticos, nanomateriais, entre outros (Montagner et al., 2019). A toxicidade de muitos deles tem sido alvo de vários estudos e já existem algumas propostas de critérios de qualidade de água, os quais deverão em breve ser incluídos nas legislações brasileiras.

Diante desse cenário a SANASA vem realizando estudos com o objetivo de avaliar a capacidade de remoção de contaminantes emergentes em Estação Produtora de Água de Reúso (EPAR) através de sistema de tratamento com Biorreator acoplado a membrana de ultrafiltração, conforme apresentado no 48º Congresso Nacional de Saneamento da ASSEMAE, 2018 (Lima et al., 2017).

Dentre os contaminantes emergentes, alguns compostos são ainda classificados pelos seus potenciais ou capacidades de alterarem as funções do sistema endócrino e, conseqüentemente, causar efeitos adversos em um organismo saudável. Os interferentes endócrinos são definidos pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA) como: “um agente exógeno que interfere na síntese, secreção, transporte, ligação, ação ou eliminação dos hormônios naturais do corpo que são responsáveis pela manutenção da homeostase, reprodução, desenvolvimento e/ou comportamento (Raimundo, 2011). A cafeína atua como um excelente indicador por estar associada a compostos com atividade estrogênica que podem alterar o metabolismo hormonal do ser humano.

Assim, considerando a crescente preocupação quanto às dificuldades de remoção dos disruptores endócrinos através de sistemas convencionais de tratamento de água e esgoto, a SANASA vem realizando estudos de determinação e adequação de metodologias analíticas para detecção desses compostos, conforme apresentado no 6º Workshop da Pós-Graduação da Faculdade de Tecnologia da UNICAMP (Oliveira, A. F. e Medeiros, M. A. C., 2014).

Da mesma forma, há na literatura diversos trabalhos avaliando tratamentos complementares para minimizar o descarte de compostos interferentes endócrinos nos corpos d'água. Os processos oxidativos avançados como ozonização, microfiltração, osmose reversa, fotocatalise homogênea e heterogênea, oxidação eletroquímica e o uso do reagente de Fenton têm se mostrado eficientes na remoção desses contaminantes (Raimundo, C. C. M., 2011).

Quanto aos agrotóxicos, a Portaria de Consolidação nº 5 estabelece às empresas de saneamento a avaliação de 27 agrotóxicos. Desses, a SANASA analisa 16 compostos mensalmente em laboratório próprio e 11 compostos são analisados semestralmente em laboratórios terceirizados (acreditados conforme ISO/IEC 17025) que possuem instrumentos e detectores apropriados para esses compostos, com os resultados sempre atendendo aos padrões de potabilidade exigidos e acompanhados pela Vigilância Sanitária.

Vale lembrar que o BWRC promoverá, dentre outras, linhas de pesquisa focadas no desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias para aprimoramento da identificação e remoção de contaminantes emergentes no processo de tratamento da água. As pesquisas terão foco tanto em Estações de Tratamento de Esgoto (ETE), visando processos capazes de evitar a contaminação dos mananciais, como nas Estações de Tratamento de Água, visando processos capazes de prover água para consumo humano livre desses contaminantes para a população de Campinas/SP.

- **Subprodutos da desinfecção**

O uso da desinfecção da água para consumo humano é considerado um grande triunfo do século XX. Antes do uso dessa prática, milhões de pessoas morreram de doenças infecciosas transmitidas pela água. Grandes surtos recentes de doenças transmitidas pela água servem como alerta para a necessidade do controle de patógenos presentes na água, bem como da contínua reavaliação das técnicas de desinfecção utilizadas.

Embora organismos patogênicos ofereçam risco primário à saúde humana, os subprodutos da desinfecção (DBPs – *disinfection by-products*, do inglês) também causam danos graves à saúde, principalmente em longo prazo.

Desinfetantes, além de efetivamente eliminar os microrganismos, são poderosos oxidantes que, no processo de oxidação da matéria orgânica naturalmente presente na água, atuam formando os DBPs. Atualmente, cloro, ozônio, dióxido de cloro e cloramina são os desinfetantes mais populares em uso, e cada um produz seu próprio conjunto de subprodutos químicos na água.

A maioria dos países desenvolvidos criou regulamentos para controlar os subprodutos da desinfecção e minimizar a exposição dos consumidores a compostos químicos perigosos, dentre eles: trihalometanos (THMs), ácidos haloacéticos (HAAs), que são monitorados mensalmente pela SANASA. Vários fatores interferem na formação de tais produtos, como por exemplo: pH, temperatura, tempo reacional, nitrogênio amoniacal, etc.

O Brazilian Water Research Center (BWRC) promoverá, dentre outras, linhas de pesquisa focadas no desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias para remoção e/ou inativação de patógenos, visando sanar o problema da geração de subprodutos da desinfecção, melhorando a segurança hídrica associada ao consumo de água potável de Campinas/SP.

### f) Grupo de Indicadores

Um “indicador” é um parâmetro que pode ser mensurado e usado como um substituto para outro parâmetro ou condição, que não pode ou que é difícil de ser mensurado diretamente. Indicadores são usados em muitos contextos e a definição para um indicador pode variar baseada no seu uso, ressaltando que um contaminante não pode ser indicador dele mesmo. No contexto de sistema de abastecimento de água, um indicador atua como um substituto para demonstrar a presença de patógeno/composto nocivo, ou predizer vulnerabilidades, como por exemplo: vias de violação na integridade do sistema de distribuição, contaminação no sistema de distribuição ou riscos potenciais à saúde pública (surtos).

Muitos contaminantes têm sido identificados como causas de surtos de veiculação hídrica após exposição à água potável. Esses contaminantes podem entrar no sistema de distribuição através de múltiplas vias. Patógenos aquáticos são biologicamente diversos, incluindo bactérias, vírus e protozoários. Enquanto alguns métodos para detecção de patógenos e microrganismos estão sendo desenvolvidos, outros exigem mão-de-obra qualificada, requerem longos períodos de incubação, reagentes específicos, ou são muito caros. Além disso, monitorar diretamente um único patógeno apenas proverá informações sobre aquele patógeno específico e pode não prover informações sobre outros contaminantes potenciais. Os recursos e tecnologia necessários para monitorar todos os patógenos potenciais não estão disponíveis para a maioria dos sistemas de distribuição.

Da mesma forma, vários compostos químicos podem contaminar os sistemas de distribuição.

Oportunamente o monitoramento para cada composto químico que pode estar presente num sistema de distribuição é simplesmente inviável para a maioria dos sistemas de distribuição de água, devido a limitações técnicas e de recursos.

Logo, o uso de um indicador como substituto para medidas diretas de patógenos ou compostos químicos é uma ferramenta significativa para investigar a qualidade da água, através de uma abordagem efetiva e viável.

Segue abaixo a apresentação dos principais indicadores utilizados no controle de qualidade da água realizado pela SANASA, contemplando desde o manancial de captação de água bruta até o sistema de distribuição.

- **Coliformes Totais**

O grupo dos coliformes totais inclui tanto bactérias do trato gastrointestinal de humanos e outros animais de sangue quente, como também diversos gêneros de bactérias não entéricas. Por essa razão sua enumeração em águas e alimentos é menos representativa, como indicador de contaminação fecal, do que a enumeração de Coliformes Termotolerantes ou *E. coli*.

Coliformes totais estão tipicamente associados com a eficiência do tratamento, e devem estar ausentes em uma estação de tratamento de efluentes adequadamente tratados. A presença de coliformes totais no sistema de distribuição pode ser devido a um tratamento inadequado, indicando problemas na integridade do sistema de distribuição e/ou eventual crescimento de biofilmes, mas não é indicador de contaminação de origem fecal (Silva, N. et al., 2005).

Alguns dos coliformes totais são capazes de se multiplicar em condições ambientais, o que limita seu uso como indicador de contaminação fecal em sistemas aquáticos. Coliformes totais são adequados para predizer vulnerabilidades no sistema quanto à presença de bactérias patogênicas, mas podem não ser suficientes para predizer vulnerabilidade para um surto originado por outros microrganismos contaminantes, como protozoários e vírus.

A SANASA realiza o monitoramento e controle desse parâmetro na saída das ETA's e na rede de distribuição, conforme determinado pela Portaria de Consolidação nº 5/2017 do Ministério da Saúde – Anexo XX (Brasil, 2017), e utiliza métodos de análise atualizados de acordo com a edição mais recente do 'Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater' (APHA, 2017).

Os resultados demonstram que a qualidade da água fornecida pela SANASA está de acordo com a referida legislação (Brasil, 2017), que considera aceitável percentual de até 5% de presença de coliformes totais nas amostras analisadas, conforme figura abaixo.

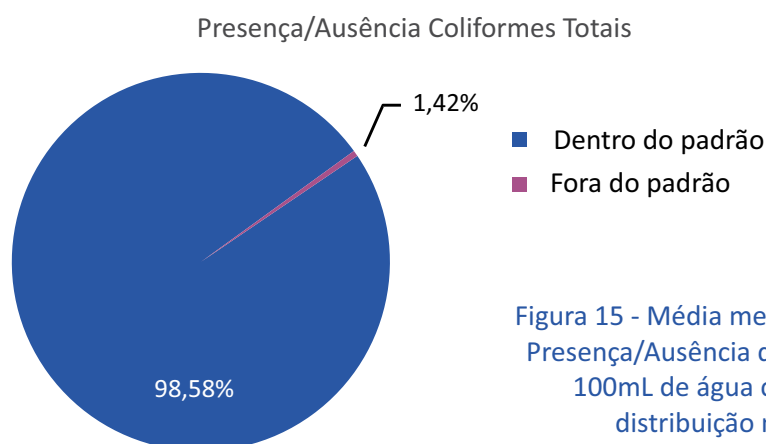


Figura 15 - Média mensal dos resultados para Presença/Ausência de Coliformes Totais em 100mL de água coletada na rede de distribuição no ano de 2018.

**Caracterização de risco: M6**

Risco moderado, necessidade de atenção e de identificação de Pontos Críticos de Controle (PCC), Pontos de Controle (PC) ou Ponto de Atenção (PA).

- *Escherichia coli*

*Escherichia coli* (*E. coli*) está inclusa no grupo de coliformes totais e coliformes termotolerantes. Cerca de 95% dos coliformes existentes nas fezes humanas e de outros animais são *E. coli* e, dentre as bactérias de habitat reconhecidamente fecal (dentro do grupo dos coliformes termotolerantes), *Escherichia coli* é a mais conhecida e facilmente diferenciada dos membros não fecais. Todos os demais membros do grupo têm uma associação duvidosa com a contaminação fecal e *Escherichia coli*, embora também possa ser introduzida a partir de fontes não fecais, é o melhor indicador de contaminação fecal conhecido até o momento.

A presença de *E. coli* no sistema de distribuição de água é uma forte evidência de contaminação fecal humana ou animal, a qual sugere que patógenos entéricos também podem estar presentes. *E. coli* tem a mesma resistência a fatores ambientais que outras bactérias entéricas, entretanto é mais sensível a fatores ambientais do que vírus e cistos/oocistos de protozoários patogênicos (Silva, N. et al., 2005).

Vários estudos demonstram que *E. coli* é capaz de sobreviver em biofilmes nos sistemas de distribuição, podendo assim ser utilizada para indicar que o sistema de distribuição de água está vulnerável à contaminação fecal por uma variedade de vias.

A SANASA realiza o monitoramento e controle desse parâmetro nos mananciais de abastecimento (ponto de captação e pontos a montante) de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005 (Brasil, 2005); bem como na saída das ETA's e na rede de distribuição conforme determinado pela Portaria de Consolidação nº 5/2017 do Ministério da Saúde – Anexo XX (Brasil, 2017). Os métodos utilizados para as análises são atualizados de acordo com a edição mais recente do 'Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater' (APHA, 2017).

A concentração de *E. coli* no ponto de captação do rio Atibaia (água bruta) demonstra contaminação de origem fecal, proveniente de descarte de efluentes domésticos não tratados ou não adequadamente tratados. O nível de contaminação apresentado está em desacordo com o proposto pela legislação, de até 600 UFC ou NMP/100 mL (CETESB, 2013b); e exige o monitoramento de cistos de *Giardia* spp. e oocistos de *Cryptosporidium* spp. no ponto de captação, de acordo com a Portaria de Consolidação nº 5/2017 do Ministério da Saúde – Anexo XX (Brasil, 2017), conforme detalhado anteriormente.

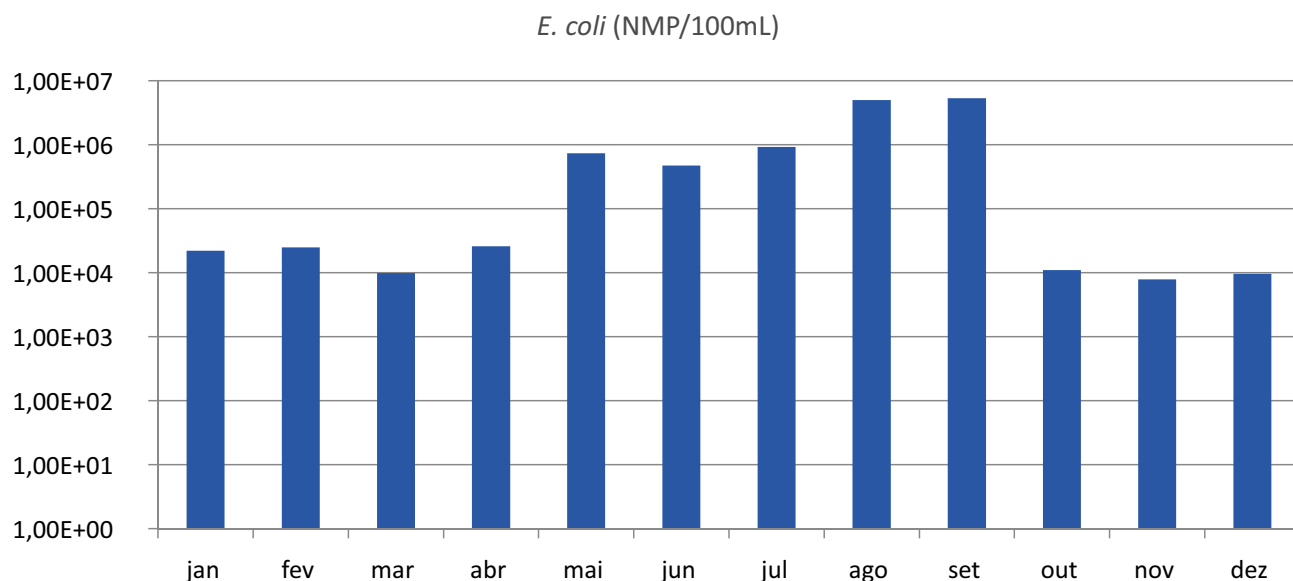


Figura 16 - Média mensal da concentração de *E. coli* (NMP/100mL) no ponto de captação do rio Atibaia ao longo do ano de 2018.

**Caracterização de risco: A20**

Risco alto e não tolerável. Necessidade de adoção de medidas de controle, e/ou ações de gestão ou de intervenção física a médio e longo prazo, sendo necessária a identificação de Pontos Críticos de Controle (PCC), Pontos de Controle (PC) ou Pontos de Atenção (PA), estabelecimento de Limites Críticos e monitoramento do perigo para cada ponto identificado.

Os resultados das análises de presença/ausência de *E. coli* nas amostras das saídas das ETA's e na rede de distribuição demonstram total conformidade com a legislação, com nenhum resultado fora do padrão bacteriológico (Figura 17).

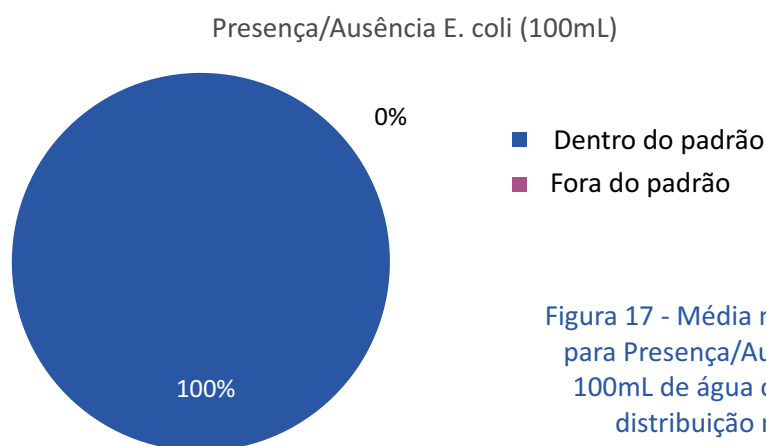


Figura 17 - Média mensal dos resultados para Presença/Ausência de *E. coli* em 100mL de água coletada na rede de distribuição no ano de 2018.

**Caracterização de risco: Extremo (Raro x Catastrófica)**

Risco não tolerável, necessidade de adoção imediata de plano de emergência.

Apesar de não ter sido detectado *E. coli* em nenhuma amostra nas saídas das ETA's e rede de distribuição ao longo de todo o ano de 2018, o risco é caracterizado como “Extremo” devido à severidade das consequências em um eventual resultado positivo. Por isso, os Planos de Controle devem ser mais criteriosos focando na manutenção da segurança da qualidade da água.

- **Bactérias heterotróficas**

Bactérias heterotróficas constituem uma ampla classe de organismos que utiliza nutrientes orgânicos para se desenvolver, incluindo população bacteriana geral. Nenhuma evidência epidemiológica válida relaciona o consumo de bactérias heterotróficas em águas destinadas ao consumo humano com aumento de riscos para a saúde (WHO, 2003).

A contagem de bactérias heterotróficas é importante para o controle de qualidade do sistema de distribuição de água, pois atua como monitoramento da eficiência do processo de tratamento; avaliação das alterações na qualidade da água tratada e do sistema de distribuição; avaliação do crescimento de bactérias no sistema de distribuição; avaliação do crescimento bacteriano contribuído pela água tratada; comparação da população de bactérias no sistema de distribuição antes e depois de alterações no processo de tratamento, como por exemplo: sistema de desinfecção, concentração do desinfetante, ou nível de filtração.

A SANASA realiza o monitoramento e controle desse parâmetro na saída das ETA's e na rede de distribuição conforme determinado pela Portaria de Consolidação nº 5/2017 do Ministério da Saúde – Anexo XX (Brasil, 2017). Os métodos utilizados para as análises são atualizados de acordo com a edição mais recente do 'Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater' (APHA, 2017).

**Caracterização de risco: B4**

Risco baixo, sendo controlável por meio de procedimentos de rotina.

- **Turbidez**

Turbidez é a medida da transparência da água em função da concentração de material suspenso que diminui a passagem de luz através da água. Materiais suspensos incluem partículas do solo (argila, areia), algas, plânctons, microrganismos e outros. Esses materiais apresentam tamanhos variando entre 0,004 mm (argila) até 1,0 mm (areais). A turbidez pode afetar a cor da água (USEPA, 2012).

Altos níveis de turbidez aumentam a temperatura da água, pois as partículas suspensas absorvem mais calor, que, por sua vez, reduz a concentração de oxigênio dissolvido (OD). Altos níveis de turbidez também reduzem a quantidade de luz que penetra na água, reduzindo consequentemente a fotossíntese e produção de OD. Fontes de turbidez incluem: erosão do solo; descarga de resíduos, escoamento urbano, crescimento excessivo de algas e outros (USEPA, 2012).

Seguem abaixo os resultados dos níveis de turbidez da água bruta, coletada no ponto de captação do rio Atibaia. De acordo com CONAMA 357/2005 (Brasil, 2005), os rios de classe 2 devem apresentar turbidez máxima de 100 NTU.

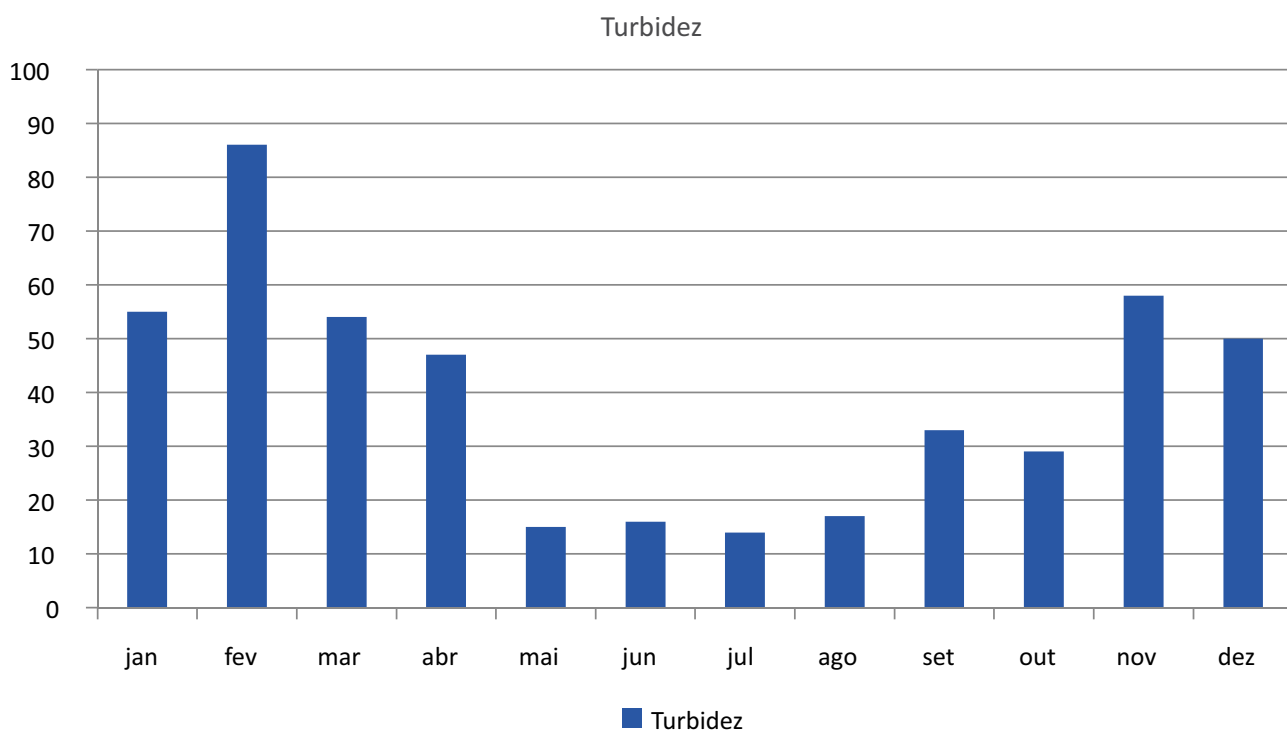


Figura 18 - Média mensal dos níveis de turbidez da água no ponto de captação do rio Atibaia ao longo do ano de 2018.

**Caracterização de risco: M12**

Risco moderado, necessidade de atenção e de identificação de Pontos Críticos de Controle (PCC), Pontos de Controle (PC) ou Pontos de Atenção (PA).

Uma distinção chave entre os níveis de turbidez na planta de tratamento e na rede de distribuição deve ser feita, pois podem indicar problemas diferentes. A Organização Mundial de Saúde (OMS) afirma que para que o processo de desinfecção ocorra da maneira eficiente, os níveis de turbidez devem ser de até 1.0 NTU. Altos níveis de turbidez podem proteger microrganismos da desinfecção e indicam que oocistos de *Cryptosporidium* spp. podem ultrapassar a etapa de filtração e contaminar a água tratada. A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA) recomenda que o tratamento da água deve ser otimizado para obtenção de níveis de turbidez menores do que 0.2 NTU na água tratada.

A Portaria de Consolidação nº 5/2017 do Ministério da Saúde – Anexo XX (Brasil, 2017) determina o Valor Máximo Permitido (VMP) de 0.5 NTU em 95% das amostras para água pós-filtração ou pré-desinfecção. Os resultados apresentados pela figura 19 comprovam a qualidade da água filtrada no processo das ETA's da SANASA, de acordo com a legislação.

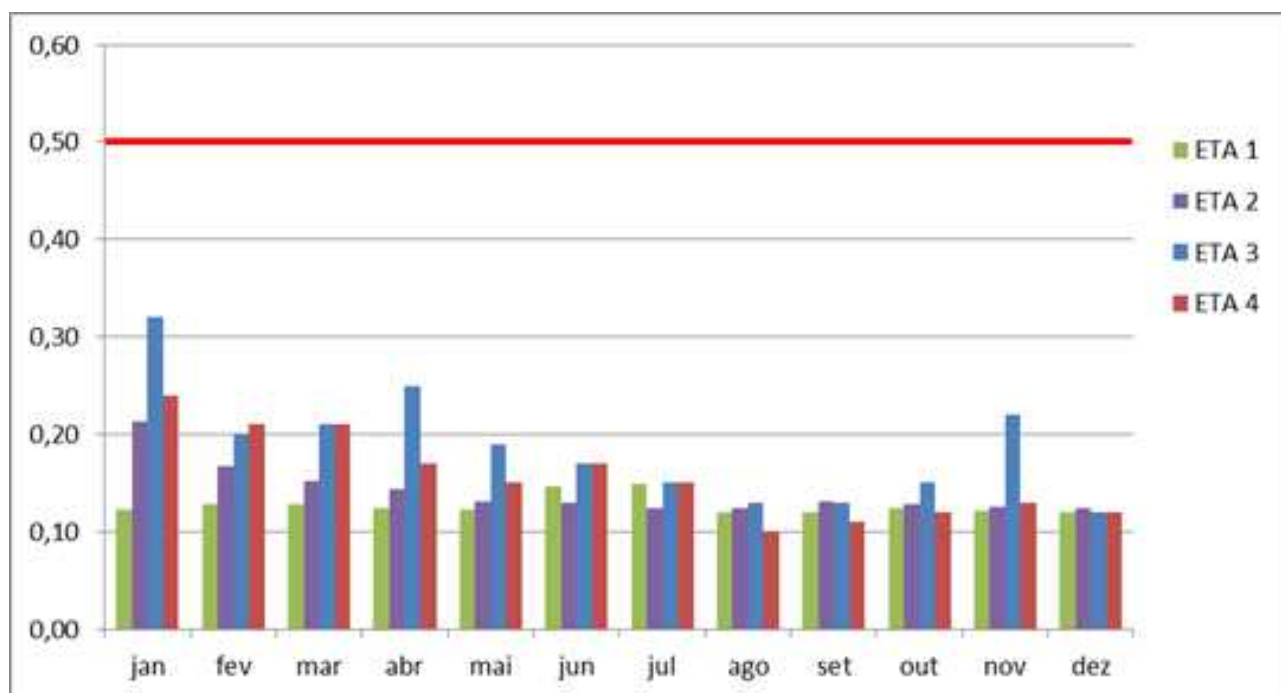


Figura 19 - Média mensal dos níveis de turbidez da água filtrada das Estações de Tratamento de Água 1, 2, 3 e 4 ao longo do ano de 2018. A linha vermelha destaca o VMP determinado pela legislação.

**Caracterização de risco: Extremo**

Risco não tolerável, necessidade de adoção imediata de plano de emergência.



Visando a manutenção da segurança hídrica, as ETA's da SANASA trabalham com a meta de manter os níveis de turbidez da água filtrada em até 0.3 NTU, contribuindo para maior eficiência na remoção desses protozoários da água tratada.

Apesar de não se dispor de informações conclusivas sobre relações numéricas entre a remoção de turbidez e a de (oo)cistos de protozoários, 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 redução de 3,0 log (99,9%) desses patógenos.

### g) Eventos Perigosos.

Além da identificação dos principais perigos e caracterização dos riscos para priorização das medidas de controle e planos de ação, o PSA SANASA tem realizado o mapeamento dos eventos perigosos associados a todo o sistema de abastecimento de água. Exemplo disso, a avaliação contínua das redes de distribuição (como trocas e descargas evitando a infiltração, oxidação, fissuras e consequentemente degradação da água potável); outro exemplo de ação de mitigação é a construção da nova ETE Capuava de Valinhos/SP, que tratará todo o esgoto desta cidade e a parte que vem sendo tratada na ETE Samambaia de Campinas, totalizando quatrocentos litros por segundo de esgoto tratado (Correio Popular, 2019b).

A estruturação do BWRC prevê projetos de recuperação, proteção da flora e fauna silvestre associadas às bacias hidrográficas.

O mapeamento das indústrias potencialmente poluidoras de nossas bacias também está sendo construído para um maior entendimento quanto às interferências na qualidade dos mananciais.

### h) Identificação e avaliação de medidas de controle e pontos críticos de controle.

A SANASA possui Instruções Técnicas e Normativas que estabelecem os Planos de Controle para as atividades relacionadas ao controle da qualidade da água, abrangendo todas as etapas do sistema de abastecimento.

Nesses documentos estão estabelecidas medidas de controle para os perigos identificados e priorizados. Essas medidas de controle, previamente estabelecidas, são executadas de acordo com ações determinadas no Plano Reação e, em seu conjunto, garantem o cumprimento de forma sistemática das metas de proteção à saúde. Vale ressaltar a importância da avaliação e acompanhamento das medidas de controle quanto à eficácia na manutenção do perigo em níveis aceitáveis.

Nesses estão estabelecidas também informações, como: método analítico, instrumentação utilizada, técnico responsável pela ação, critério de aprovação, pontos de coleta, frequência de amostragem e local de registro para cada etapa do processo de tratamento da água. Todos esses documentos estão padronizados de acordo com as normas ISO 9001/2015 (ABNT, 2015).

Para cada perigo identificado e classificado de acordo com a Matriz de Priorização de Riscos, foram estabelecidos os Pontos de Controle (PC), Pontos Críticos de Controle (PCC) e Pontos de Atenção, utilizando a Árvore de Decisão (figura 20). Trata-se de uma ferramenta utilizada para estudos de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC), adaptada para sistemas de abastecimento de água.

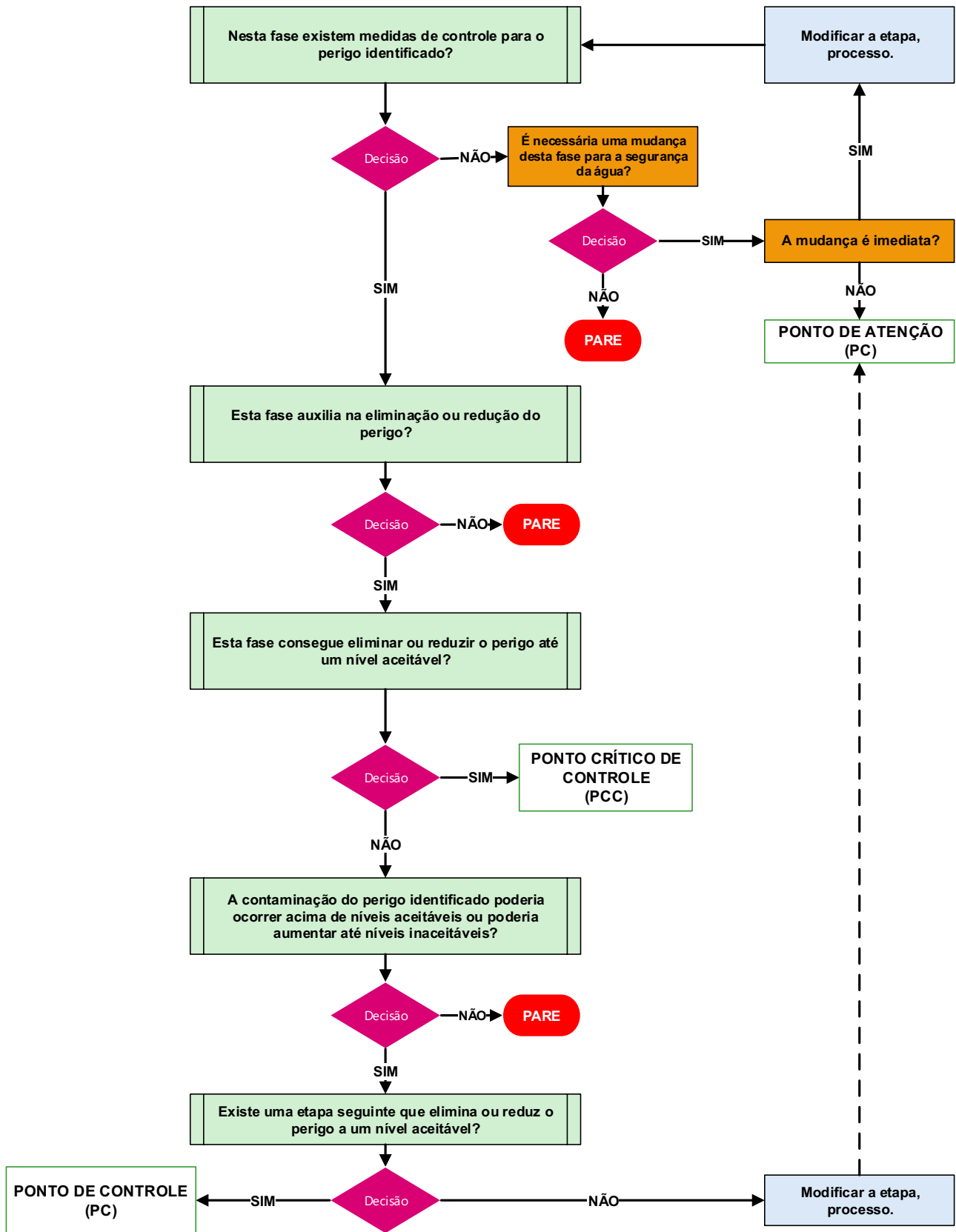


Figura 20 - Árvore de Decisão – Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) adaptada para sistemas de abastecimento de água (Fonte: CGVAN, 2016).

i) Construção e Validação dos Diagramas de Fluxo

Os diagramas de fluxo referentes aos processos de tratamento de água pelas ETA's foram revisados e atualizados, conforme segue abaixo.

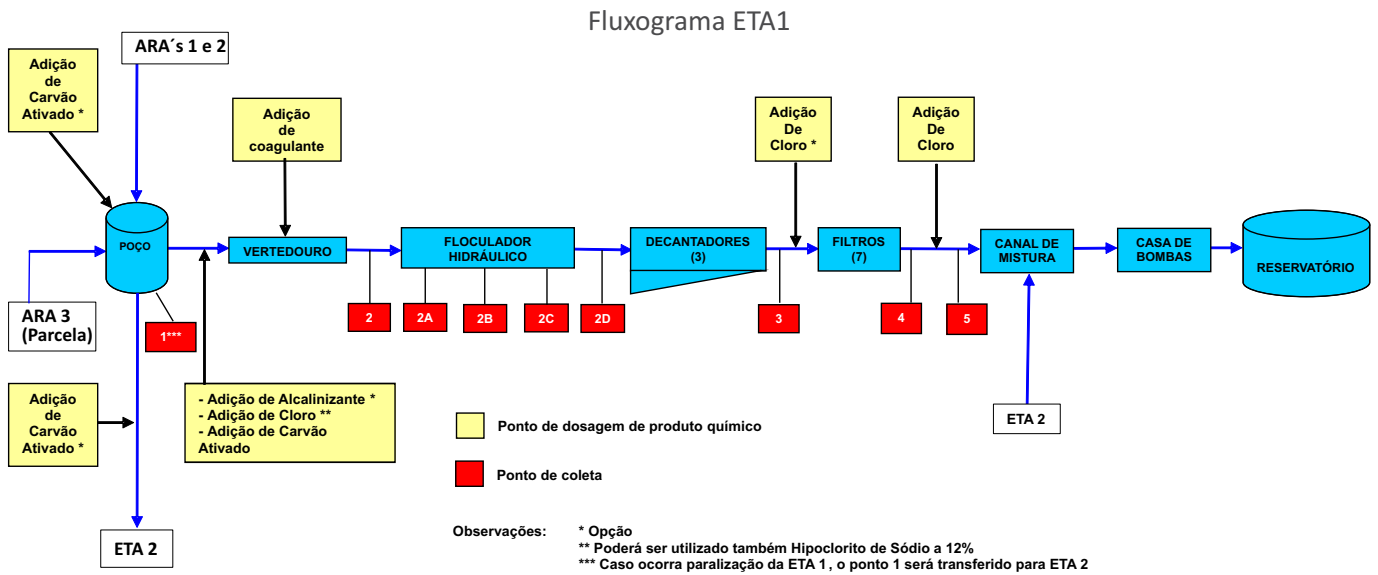


Figura 21 - Fluxograma do processo de tratamento da ETA 1.

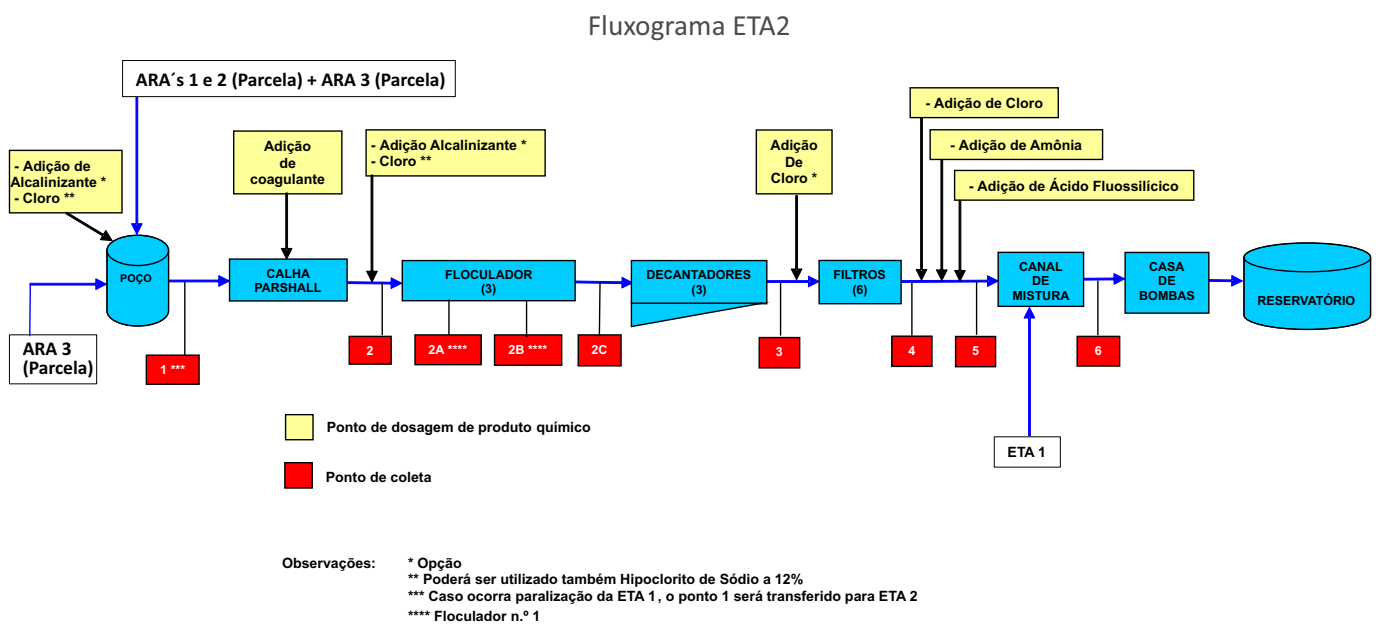


Figura 22 - Fluxograma do processo de tratamento da ETA 2.

Fluxograma ETAs 3 e 4

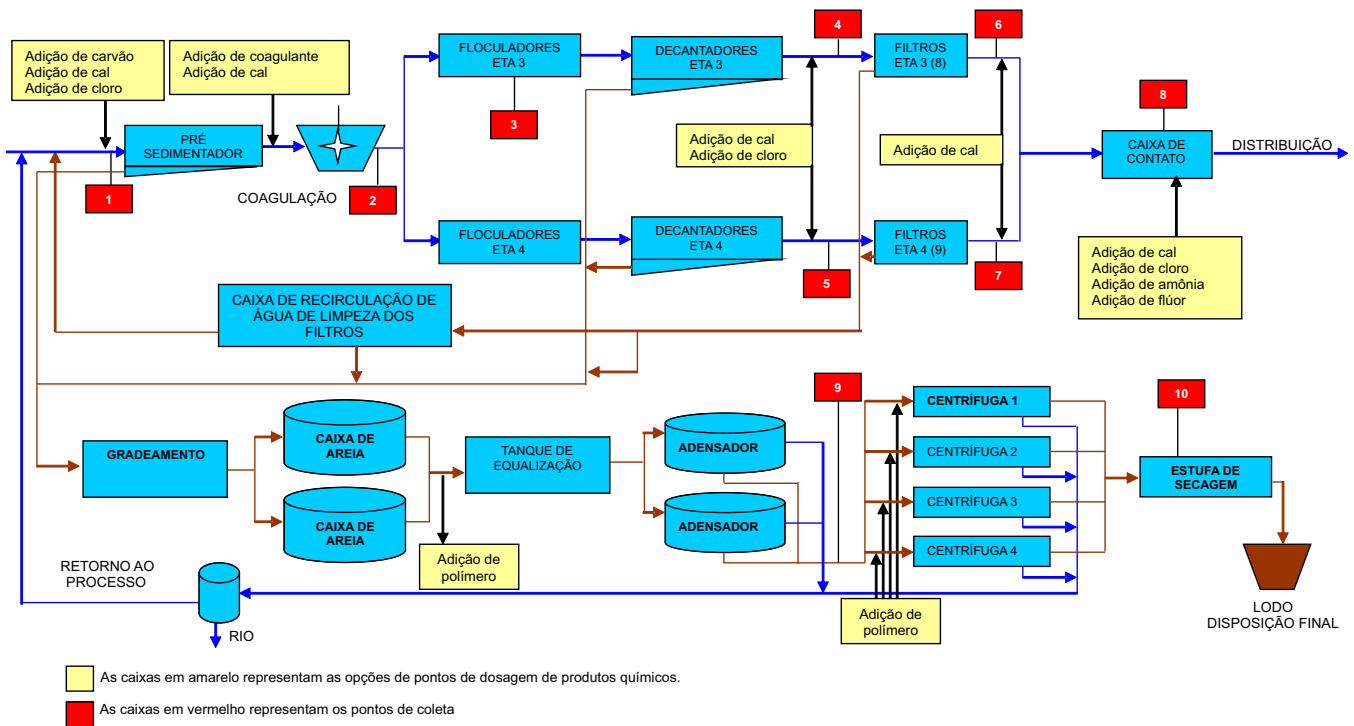


Figura 23 - Fluxograma do processo de tratamento das ETAs 3 e 4.

Seguindo a metodologia APPCC (Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle), de acordo com os perigos identificados e classificados na matriz de priorização de riscos, foram determinados os Pontos Críticos de Controle do processo de tratamento, conforme quadro 2.

Quadro 2 - 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 e 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

Os Pontos de Controle são caracterizados por situações ou etapas do processo nas quais os perigos identificados na etapa anterior podem estar presentes, e que a perda ou falta de controle não implica em perigo significativo para a saúde. Por sua vez, os PCC (Pontos Críticos de Controle) referem-se a etapas do processo ou operação que devem ser supervisionados para possibilitar a eliminação ou redução dos perigos a níveis aceitáveis. Nesse caso, são definidos Limites Críticos (LC) criteriosamente respeitados para o alcance das metas referentes à garantia da segurança hídrica.

### II. Etapa 2: Monitoramento Operacional

#### a) Estabelecimento de limites críticos

O monitoramento operacional de todo o sistema de abastecimento de água realizado pela SANASA ocorre de forma descentralizada, contemplando os setores envolvidos em cada etapa. Assim, desde a captação e adução da água bruta, passando pelo processo de tratamento e distribuição da água tratada, bem como o controle da qualidade analítica dos parâmetros determinados pela legislação, e dos insumos e materiais utilizados no processo, são monitorados de acordo com as respectivas legislações e normas internas, seguindo critérios descritos na ISO 9001/2015 (ABNT, 2015).

No processo de tratamento da água, o Critério de Aprovação estabelecido nos Planos de Controles foi segmentado em Limite Crítico (LC) e Limite Operacional (LO), visando obter maior abrangência e segurança, conforme abaixo:

**Limite Crítico (LC):** atendem às exigências estabelecidas por órgãos governamentais, legislações, padrões da empresa e dados científicos.

**Limite Operacional (LO):** são mais restritivos e estabelecidos em um nível que é atingido antes que o limite crítico seja violado; isto é, devem evitar que os limites críticos sejam atingidos. Foram estabelecidos de acordo com o histórico dos últimos anos de resultados analíticos de controle da qualidade e/ou desempenho operacional.

#### b) Estabelecimento de procedimentos de monitoramento

Adotando o princípio de múltiplas barreiras, para cada etapa do processo operacional há o monitoramento realizado pelo respectivo setor responsável, visando identificar eventuais problemas na produção de água para consumo humano.

O monitoramento deve fornecer informações a tempo para permitir ajustes no processo, evitando, assim, perda de controle, ou seja, o descumprimento dos limites críticos. Na prática, os limites operacionais propiciam margem de segurança, servindo de alerta e também permitindo um tempo maior para ajustes de processo.

Assim, busca-se com os resultados que são gerados pelo controle da qualidade e/ou processo em cada etapa do sistema de abastecimento que sejam analisados e confrontados com os Planos de Controle previamente estabelecidos, nos quais já estão descritos os principais perigos priorizados através da matriz de riscos, bem como os respectivos planos de ação.

### III. Etapa 3: Planos de Gestão

#### a) Estabelecimento de Gestão de Rotina

Através da implantação do Sistema de Gestão da Qualidade - ISO 9001/2015 (ABNT, 2015), os recursos disponíveis na SANASA são transformados em produtos e serviços para os clientes, visando

atender às suas necessidades e obter níveis de satisfação cada vez mais elevados.

Esse Sistema é apenas uma parte do constante esforço da SANASA no sentido de levar saúde à população. Seu aprimoramento, através de um processo de melhoria contínua, faz com que a SANASA ocupe um lugar de destaque entre as empresas municipais de saneamento do Brasil.

Dessa forma, o PSA SANASA também é conduzido dentro das normas do sistema de gestão já implantado, aliando os aspectos organizacionais aos aspectos técnicos diretamente associados ao PSA, buscando atuar como uma ferramenta de auditoria técnica.

Procedimentos como registro e documentação do serviço de reclamações, calibração dos equipamentos de monitoramento, banco de dados do monitoramento de rotina, aspectos operacionais, avaliação do banco de dados de monitoramento, realização de manutenção preventiva, documentação de todas as ações realizadas e outros já estão incorporados na rotina da gestão.

### b) Estabelecimento de Gestão em Condições de Emergência e Comunicação

Atualmente, o processo de comunicação e interlocução com áreas pertinentes diretamente relacionadas com a qualidade da água e saúde do consumidor tem sido estabelecido através do SEI/PMC (SEI – Sistema Eletrônico de Informações / Órgãos Municipais / SANASA), por trâmites e relatórios on-line.

Cabe ressaltar que está em fase de estudo a elaboração de canais específicos de comunicação das ações desenvolvidas pela SANASA para o conhecimento da população, além das informações que já estão disponíveis no Portal SANASA, através do site: [www.sanasa.com.br](http://www.sanasa.com.br).

### c) Validação e Verificação do PSA

Toda a sistemática para a validação e verificação do PSA tem sido realizada por visitas técnicas (discussões e análises das respectivas Instruções Técnicas) e acompanhamentos nos diversos setores da empresa.

## 6. Próximos Passos

### 6.1. Avaliação Quantitativa de Risco Químico (AQRQ) e Microbiológico (AQRM)

Avaliação Quantitativa de Risco consiste na estimativa numérica de efeitos adversos à saúde devido à exposição de indivíduos e populações a perigos. Essa metodologia é, há algum tempo, o paradigma central de estudos sobre danos à saúde decorrentes da exposição a substâncias químicas (Avaliação Quantitativa de Risco Químico - AQRQ) (USEPA, 2014). Posteriormente foi adaptada à exposição a organismos patogênicos (Avaliação Quantitativa de Risco Microbiológico - AQRM) e tem servido de base à formulação de diretrizes e normas de qualidade da água para consumo humano (HAAS et al., 1999; WHO, 2017).

Genericamente, a metodologia de AQR pressupõe quatro etapas fundamentais: i) Identificação do perigo; ii) Avaliação da exposição; iii) Avaliação da dose-resposta e iv) Caracterização do risco.

Essas etapas serão desenvolvidas futuramente e estarão disponíveis nos próximos Relatórios do PSA SANASA. Para tanto, serão consideradas particularidades inerentes à adaptação da metodologia aos riscos microbiológicos e químicos associados ao abastecimento de água para consumo humano.

### 6.2. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) são uma agenda mundial adotada durante a

Cúpula das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável, em setembro de 2015, composta por 17 objetivos e 169 metas a serem atingidos até 2030, construída com o envolvimento ativo da UNESCO.

Nessa agenda estão previstas ações mundiais nas áreas de erradicação da pobreza, segurança alimentar, agricultura, saúde, educação, igualdade de gênero, redução das desigualdades, energia, água e saneamento, padrões sustentáveis de produção e de consumo, mudança do clima, cidades sustentáveis, proteção e uso sustentável dos oceanos e dos ecossistemas terrestres, crescimento econômico inclusivo, infraestrutura, industrialização, entre outras.

Dentre as metas estabelecidas, a preocupação com a existência de água potável e segura para todos é o centro do ODS 6. Indissociável dessa temática é a oferta de saneamento e higiene, uma vez que a falta destes pode levar à contaminação do solo, de rios, mares e fontes de água para abastecimento.

O aspecto social da água, recurso indispensável à vida, é apenas um dos vieses do ODS 6. O uso racional pela indústria e agricultura, aumentando a eficiência, também é abordado.

Nesse contexto, com a implementação do Plano de Segurança da Água juntamente com a criação do BWRC, a SANASA apoia e contribui diretamente para o alcance das metas previstas pela UNESCO.

### 6.3. Plano de contingência/Barragens

Diante dos recentes episódios de escassez, e da eminência de novos, tem sido notória a busca para mitigar a falta de água para consumo humano (destacada na reportagem publicada no Jornal Correio Popular – 09/06/2019) (Nunes, 2019). “Os reservatórios de Pedreira e Amparo vão exigir investimentos no total de R\$ 740 milhões e representam uma das últimas possibilidades para reserva de água nas Bacias do PCJ”. As estruturas deverão ampliar a capacidade de armazenamento em 85,3 milhões de metros cúbicos, além da capacidade de fornecimento de 17,2 mil litros por segundo. Em março, o DAEE retomou as obras para reforçar o abastecimento na região, que deve beneficiar mais de cinco milhões de pessoas em 23 cidades. A água será distribuída por meio de sistema adutor, um conjunto de canais e estações de bombeamento. Os novos reservatórios também poderão fomentar o Ecoturismo local por meio dos esportes náuticos e pesca. A empresa responsável pela obra estima contratar cerca de 700 trabalhadores, o que gerará renda e contribuirá para a economia da cidade de Pedreira.

Após a crise hídrica ocorrida em 2014, o Governo do Estado priorizou investimentos para atender à demanda crescente por recursos. Nesse sentido, as barragens Pedreira e Duas Pontes foram projetadas para intensificar a oferta hídrica, além de aprimorar a operação do Sistema Cantareira, especialmente nas épocas de estiagem. A entrega dos dois reservatórios está prevista para 2021 (TN/AAN)”.

### 6.4. Sistema Operacional Digital

A equipe do PSA SANASA está trabalhando na construção de uma ferramenta que possibilitará o acompanhamento de diversos parâmetros em tempo real durante todo o processo de tratamento de água (captação de água bruta até ponto de consumo), permitindo a tomada de decisão de forma mais rápida e promovendo a gestão preventiva de risco, principal objetivo do PSA.

## 7. Referências Bibliográficas

ALDEYARBI, H. M.; KARANIS, P. Electron microscopic observation of the early stages of asexual multiplication of *Cryptosporidium parvum* in vitro axenic culture. *European Journal of Protistology*, v.52, p. 36-44, 2016.

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. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 12rd Edition. 2017

ANA – Agência Nacional das Águas. Resolução Conjunta ANA/DAEE nº 50/2015. Disponível em: <http://www.agencia.baciaspcj.org.br/docs/gestao/resolucao-ana-dae-50.pdf>. 2015.

AS/NZS. Risk Management 4.360:2004. Sydney: Standards Australia; Wellington: Standards New Zealand, 2004. 30 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO/IEC 17025:2017 - Requisitos Gerais para Competência de Laboratórios de Ensaio e Calibração.

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

BALDURSSON, S.; KARANIS, P. Waterborne transmission of protozoan parasites: review of worldwide outbreaks - an update 2004-2010. *Water Research*, v. 45 (20), 6603-6614, 2011.

BARROS JUNIOR, A. L.; CANTUSIO NETO, R.; PINTO D.O.; Franco, R.M.B. Investigação da presença dos protozoários *Cryptosporidium* spp. e *Giardia* spp., em sedimento do rio Capivari, Campinas, São Paulo, Brasil. *Revista Saúde (UnG. Online)*, v. 4, p. 48-48, 2010.

BARTRAM, J.; CORRALES, L.; DAVISON, A.; DEERE, D.; DRURY, D.; GORDON, B.; HOWARD, G.; RINEHOLD, A.; STEVENS, M. *Water Safety Plan Manual: step-by-step risk management for drinking water suppliers*. World Health Organization. Geneva, 2009.

Bensoussan, M. d'Avila; Bensoussan, F. H. *Plano de Segurança da Água na Visão de Especialistas [livro eletrônico] / editor responsável 1ª edição, 2015.*

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. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. *Plano de segurança da água: garantindo a qualidade e promovendo a saúde: um olhar do SUS / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde,*



Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. Brasília: Ministério da Saúde, 2013.

Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. Plano de segurança da água: garantindo a qualidade e promovendo a saúde: um olhar do SUS / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. Brasília: Ministério da Saúde, 2012.

BRASIL. 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.

CANTUSIO NETO, R.; LUCIANA URBANO SANTOS; Maria Inês Zanoli Sato; Franco, R.M.B. Controle de qualidade analítica dos métodos utilizados para a detecção de protozoários patogênicos em amostras de água. Arquivos do Instituto Biológico (Online), v. 78, p. 169-174, 2011.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (São Paulo). Relatório Científico Final. Vírus entéricos emergentes em águas residuárias da cidade de São Paulo: Epidemiologia e Controle Ambiental. Processo nº 2013/26586-1, 2017.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (São Paulo). Manual de cianobactérias planctônicas: legislação, orientações para o monitoramento e aspectos ambientais / CETESB; Maria do Carmo Carvalho [et al.]. São Paulo: CETESB, 2013a.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (São Paulo). Decisão de Diretoria nº 112/2013E, de 09 de abril de 2013. Dispõe sobre o estabelecimento dos valores limites do parâmetro Escherichia coli (E. coli), para avaliação da qualidade dos corpos de água do território do Estado de São Paulo. 2013b.

CGVAM do Ministério da Saúde - MS. Oficina de Trabalho sobre Plano de Segurança da Água. Instituto Federal, Goiás, Campus Formosa, 2016.

COELHO, C. H.; DURIGAN, M.; LEAL, D. A. G.; SCHNEIDER, A. B.; FRANCO, R.M.B.; SINGER, S. M. Giardiasis as a neglected disease in Brazil: Systematic Review of 20 Years of Publications. PLoS Neglected Tropical Diseases, 2017.

ČONDLOVÁ, Š.; HORČIČKOVÁ, M.; SAK, B.; KVĚTOŇOVÁ, D.; HLÁSKOVÁ, L.; KONEČNÝ, R.; STANKO, M.; MCEVOY, J.; KVÁČ, M. Cryptosporidium apodemi sp. n. and Cryptosporidium ditrichi sp. n. (Apicomplexa: Cryptosporidiidae) in Apodemus spp. European Journal of Protistology, v. 63, p. 1-12, 2018.

CORREIO POPULAR (Jornal). “Parceria ampliará o tratamento. Financiamento ajudará a modernizar a Estação de Tratamento Capuava”. Cidades, página A6. 19/03/2019. (2019a)

CORREIO POPULAR (Jornal). “Parceria Campinas e Valinhos”. Opinião, página A2. 22/03/2019. (2019b)

DURIGAN, M.; BARROS JÚNIOR A. L.; CANTUSIO NETO, R. Study and application of Real Time PCR for detection and characterization of *Giardia* spp. cysts in the wastewater treatment plant, in the city of Campinas, São Paulo, Brazil. In: ICOPA XIII MÉXICO, 2014, MÉXICO. 13th INTERNATIONAL CONGRESS OF PARASITOLOGY, 2014.

FINK, M. Y.; SINGER, S. M. The Intersection of Immune Responses, Microbiota, and Pathogenesis in Giardiasis. *Trends in Parasitology*, v. 33(11), p. 901-913, 2017.

IORE, M. F.; Genuário, D.B.; Silva, C.S.P.; TÂNIA KEIKO SHISHIDO; LUIZ ALBERTO BERALDO DE MORAES; CANTUSIO NETO, R.; Silvia-Stenico, M.E. Microcystin production by a freshwater spring cyanobacterium of the genus *Fischerella*. *Toxicon*, v. 53, p. 754-761, 2009.

FRANCO, R.M.B.; Nilson Branco; AMARO, BCT; NETO, R. C.; FIUZA, V. R. S. *Cryptosporidium* Species and *Giardia* Genotypes Detected in Surface Water Supply of Campinas, Southeast Brazil, by Molecular Methods. *JOURNAL OF VETERINARY MEDICINE AND RESEARCH*, v. 3, p. 1053, 2016.

GENUÁRIO, D. B.; LORENZI, A. S.; Livia Fernanda Agujaro; Isaac, R. L.; AZEVEDO, M. T. P.; ROMEU CANTUSIO NETO; MARLI DE FÁTIMA IORE. CYANOBACTERIAL COMMUNITY AND MICROCYSTIN PRODUCTION IN RECREATIONAL RESERVOIR WITH CONSTANT MICROCYSTIS BLOOMS. *Hydrobiologia* (The Hague. Print), v. 00, p. 1-21, 2016.

HAAS, C.N.; ROSE, J.B. AND GERBA, C.P. *Quantitative Microbial Risk Assessment*. New York: John Wiley & Sons, 1999, 449p.

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

KOTLOFF, K.L.; NATARO, J.P.; BLACKWELDER, W.C.; NASRIN, D.; FARAG, T.H.; PANCHALINGAM, S.; WU, Y.; SOW, S.O.; SUR, D.; BREIMAN, R.F.; FARUQUE, A.S.; ZAIDI, A.K.; SAHA, D.; ALONSO, P.L.; TAMBOURA, B.; SANOGO, D.; ONWUCHEKWA, U.; MANNA, B.; RAMAMURTHY, T.; KANUNGO, S.; OCHIENG, J.B.; OMORE, R.; OUNDO, J.O.; HOSSAIN, A.; DAS, S.K.; AHMED, S.; QURESHI, S.; QUADRI, F.; ADEGBOLA, R.A.; ANTONIO, M.; HOSSAIN, M.J.; AKINSOLA, A.; MANDOMANDO, I.; NHAMPOSSA, T.; ACÁCIO, S.; BISWAS, K.; O'REILLY, C.E.; MINTZ, E.D.; BERKELEY, L.Y.; MUHSEN, K.; SOMMERFELT, H.; ROBINSBROWNE, R.M.; LEVINE, M.M. Burden and aetiology of diarrhoeal disease in infants and young children in developing countries (the Global Enteric Multicenter Study, GEMS): a prospective, case-control study. *The Lancet*, v. 382 (9888), p. 209–222, 2013.

LIMA, E. F.; RAIMUNDO, C. C. M.; NETO, R. C.; LEIN, D. REMOVAL OF EMERGING CONTAMINANTS IN WASTEWATER RECLAMATION PLANT. In: ISTA 18, 2017, LIMEIRA. 18 INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TOXICITY ASSESSMENT, 2017.

SANTOS LU; D. Alves; A. Guaraldo; CANTUSIO NETO, R.; MAURÍCIO DURIGAN; Franco, R.M.B. Infectivity of *Giardia duodenalis* cysts from UV light-disinfected wastewater effluent using a nude BALB/c mouse model. *ISRN PARASITOLOGY*, v. 2013, p. 713958, 2013.

MMBAGA, B. T.; HOUP, E. R. Cryptosporidium and Giardia infections in children: a review. *Pediatric Clinics of North America*, v. 64(4), p. 837-850, 2017.

Montagner CC, Sodré FF, Acayaba RD, Vidal C, Campestrini I, Locatelli MA, Pescara IC, Albuquerque AF, Umbuzeiro GA and Jardim WF. Ten Years-Snapshot of the Occurrence of Emerging Contaminants in Drinking, Surface and Ground Waters and Wastewaters from São Paulo State, Brazil. *J. Braz. Chem. Soc.*, Vol. 30, No. 3, 614-632, 2019.

NUNES, TOTE. DAEE antecipa etapa do Plano de Segurança. Intenção é tranquilizar a população sobre obras da represa. *Jornal Correio Popular*. Campinas, 09 de junho de 2019; p. A8.

PARASIDIS, T. A.; KONSTANTINIDIS, T. G.; ALEXANDROPOULOU, I. G. Environmental monitoring of enteric viruses in wastewater. *Virol Mycol.* 2, e106. doi: 10.4172/21610517.1000e106. 2013.

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.

PINTO, D.O.; URBANO, L.; NETO, R. C. Immunomagnetic separation study applied to detection of Giardia spp. cysts and Cryptosporidium spp. oocysts in water samples. *Water Science and Technology: Water Supply (Print)*, v. 16, p. 144-149, 2016.

PRADO T.; MIAGOSTOVICH M. Virologia ambiental e saneamento no Brasil: uma revisão narrativa. *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro, 30(7):1367-1378, 2014.

RAIMUNDO, C. C. M. Contaminantes emergentes em água tratada e seus mananciais: sazonalidade, remoção e atividade estrogênica. Tese de doutorado. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Química, 2011.

RICHARDSON, S.D.; J.E. SIMMONS, AND G. RICE. Disinfection byproducts: the next generation. *Environmental science & technology* 36(9):198A-205A, (2002).

SANASA – Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento S.A. Sanasa em números, dezembro de 2018. Disponível em <http://www.sanasa.com.br/document/noticias/1581.pdf>.

SILVA, N.; CANTUSIO NETO, R.; JUNQUEIRA, V. C.A.; SILVEIRA, N.F.A.S. Manual de métodos de análise microbiológica da água. São Paulo: Livraria Varela, 2005.

SILVIA-STENICO, M. E.; CANTUSIO NETO, R.; ALVES, I.R.; LUIZ ALBERTO BERALDO DE MORAES; TÂNIA KEIKO SHISHIDO; MARLI DE FÁTIMA FIORE. Hepatotoxin Microcystin-LR Extraction Optimization. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, v. 20, p. 535-542, 2009.

United States Environmental Protection Agency. CADDIS Volume 2; Metals, 2019. Disponível em: <https://www.epa.gov/caddis-vol2/metals>. Acesso em: 11/06/2019.

United States Environmental Protection Agency. National Aquatic Resource Surveys; Indicators: Cyanobacteria. 2017. Disponível em: <https://www.epa.gov/national-aquatic-resource-surveys/indicators-cyanobacteria>. Acesso em: 10/06/2019.

United States Environmental Protection Agency. Microbiological Risk Assessment (MRA) Tools, Methods, and Approaches for Water Media. Office of Science and Technology, Office of Water. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC 20460, 2014.

United States Environmental Protection Agency. Water: Monitoring & Assessment. Turbidity, 2012. Disponível em: <https://archive.epa.gov/water/archive/web/html/vms55.html>. Acesso em: 11/06/2019.

VIEIRA, J.M.P.; MORAIS, C. Planos de Segurança da Água para Consumo Humano em Sistemas Públicos de Abastecimento. In: UNIVERSIDADE DO MINHO. Instituto Regulador de Águas e Resíduos. Guia Técnico nº 7. Minho, 2005. p. 161.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. Guidelines for drinking water quality:. 4ª ed incorporating the first addendum. Geneva: WHO, 2017. 541p

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality. Geneva: WHO. Fourth edition, 2011.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. Water Safety Plan Manual Step-by-step risk management for drinking-water suppliers, 2009. <https://iwa-network.org/events/20th-international-symposium-on-health-related-water-microbiology>.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. Guidelines for drinking-water quality, volume 1: Recommendations. WHO, Geneva (3rd edition), 2004.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. Heterotrophic Plate Counts and Drinking-water Safety. Edited by J. Bartram, J. Cotruvo, M. Exner, C. Fricker, A. Glasmacher. Published by IWA Publishing, London, UK, 2003, ISBN: 1 84339 025 6.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. Toxic Cyanobacteria in Water. A guide to their public health consequences, monitoring and management, 1999, Wiley, New York.

World Health Statistics (2017): monitoring health for the SDGs, Sustainable Development Goals.

YAMASHIRO, S.; DIEGO AVERALDO GUIGUET LEAL; CANTUSIO NETO, R.; FRANCO, R.M.B. ASSESSMENT OF PATHOGENIC PROTOZOA IN LENTIC AND LOTIC COMPARTMENTS OF A TROPICAL RESERVOIR IMPACTED BY CYANOCATERIA BLOOMS IN BRAZIL. Int. J. Biosci., v. 6, p. 304-317-317, 2015.



 **SANASA**  
C A M P I N A S

NOSSA VIDA É INOVAR

SOCIEDADE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E SANEAMENTOS S/A  
ISO 9001 | AV. DA SAUDADE, 500 | PONTE PRETA | 13041-903 | CAMPINAS/SP