

INSTITUTO FEDERAL
São Paulo
Câmpus Caraguatatuba

BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

ANA LÚCIA FERREIRA RAMOS

**O IMPACTO DA SAZONALIDADE EM UM SISTEMA DE
DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA NO LITORAL PAULISTA:
CASO DO SAA PORTO NOVO EM
CARAGUATATUBA/SP**

CARAGUATATUBA

2022

ANA LÚCIA FERREIRA RAMOS

**O IMPACTO DA SAZONALIDADE EM UM SISTEMA DE
DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA NO LITORAL PAULISTA:
CASO DO SAA PORTO NOVO EM
CARAGUATATUBA/SP**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC),
apresentado ao Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia, Câmpus
Caraguatatuba como exigência para a
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil

Orientador: Prof. Esp. Denis Bek Arruda

Coorientador: Prof. Me. Emerson Roberto
de Oliveira

CARAGUATATUBA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Serviço de Biblioteca e Documentação do IFSP Câmpus Caraguatatuba

R175i Ramos, Ana Lucia Ferreira
O impacto da sazonalidade em um sistema de distribuição de água no litoral norte paulista: caso do SAA Porto Novo em Caraguatatuba-SP. / Ana Lucia Ferreira Ramos. -- Caraguatatuba, 2022.
29 f. : il.

Orientadores: Prof. Esp. Denis Bek Arruda e Prof. Me. Emerson Roberto de Oliveira.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) -- Instituto Federal de São Paulo, Caraguatatuba, 2022.

1. Engenharia Civil. 2. Abastecimento de água. 3. População sazonal. 4. Alta temporada turística. 5. Litoral Norte de São Paulo. I. Arruda, Denis Bek, orient. II. Oliveira, Emerson Roberto de, coorient. III. Instituto Federal de São Paulo. IV. Título.

CDD: 624

Ficha catalográfica elaborada por Elis Regina Alves dos Santos
Bibliotecária - CRB 8/8099

ATA N.º 21/2022 - DAE-CAR/DRG/CAR/IFSP

Ata de Defesa de Trabalho de Conclusão de Curso - Graduação

Na presente data realizou-se a sessão pública de defesa do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado **O IMPACTO DA SAZONALIDADE EM UM SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA NO LITORAL PAULISTA: CASO DO SAA PORTO NOVO EM CARAGUATATUBA/SP** apresentado(a) pelo(a) aluno(a) **ANA LÚCIA FERREIRA RAMOS (CG1704478)** do Curso **SUPERIOR EM BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL (Câmpus Caraguatatuba)**. Os trabalhos foram iniciados às **10:00 h do dia 18/02/2022** pelo(a) Professor(a) presidente da banca examinadora, constituída pelos seguintes membros:

Membros	IES	Presença (Sim/Não)	Aprovação/Conceito (Quando Exigido)
Denis Bek Arruda (Presidente/Orientador)	IFSP	SIM	Aprovado
Vassiliki Terezinha Galvão Boulomytis (Examinador Interno)	IFSP	SIM	Aprovado
Luciene Pimentel da Silva (Examinador Externo)	PUCPR	SIM	Aprovado
Ruan Larisson T. Vilela (Examinador Interno)	IFSP	SIM	Aprovado

Observações: sem observações

A banca examinadora, tendo terminado a apresentação do conteúdo da monografia, passou à arguição do(a) candidato(a). Em seguida, os examinadores reuniram-se para avaliação e deram o parecer final sobre o trabalho apresentado pelo(a) aluno(a), tendo sido atribuído o seguinte resultado:

[x] Aprovado(a) [] Reprovado(a) Nota (quando exigido): _____

Proclamados os resultados pelo presidente da banca examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, eu lavrei a presente ata que assino juntamente com os demais membros da banca examinadora.

IFSP - Câmpus Caraguatatuba, 22 de fevereiro de 2022

Avaliador externo: [x] Sim [] Não

Assinatura:

Documento assinado eletronicamente por:

- Denis Bek Arruda, PROF ENS BAS TEC TECNOLOGICO-SUBSTITUTO, em 22/02/2022 08:44:39.
- Vassiliki Terezinha Galvao Boulomytis, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 22/02/2022 08:54:04.
- Ruan Larisson Toninatto Vilela, PROF ENS BAS TEC TECNOLOGICO-SUBSTITUTO, em 22/02/2022 09:19:15.
- Luciene Pimentel da Silva, 72755393734 - Pessoa Externa, em 22/02/2022 17:45:11.
- Ana Lucia Ferreira Ramos, CG1704478 - Discente, em 22/02/2022 19:17:01.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 22/02/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifsp.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 300652
Código de Autenticação: 650c49f328



AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, aos meus avós, a minha mãe e a toda a minha família por acreditar no meu potencial, me incentivar e apoiar em meio as adversidades.

Aos meus professores, pelos ensinamentos que me possibilitaram chegar até aqui e, principalmente, ao meu orientador, Prof. Esp. Denis Bek Arruda, e ao meu coorientador, Prof. Me. Emerson Roberto de Oliveira, que me conduziram com muita paciência e dedicação durante a realização deste trabalho.

À SABESP, pela cessão dos dados utilizados e aos meus superiores, Rui César Rodrigues Bueno, Cesar Roberto Gomes e Arthur Alexandre Neto pela oportunidade de me aprofundar e atuar nessa área tão importante à vida.

Aos meus amigos, pela parceria e compreensão nessa longa jornada. E a todos que de alguma maneira contribuíram para minha graduação no curso de Engenharia Civil.

RESUMO

No Brasil, as cidades litorâneas apresentam alta densidade populacional, são as destinações turísticas mais procuradas para o verão e, grande parte delas, possuem como principal fonte de renda o turismo. No Litoral Norte de São Paulo não é diferente, dispendo de taxas de crescimento populacional superiores à do estado e população sazonal que chega a quadruplicar no verão. Considerando a importância de um sistema de abastecimento eficiente que entregue água em quantidade e qualidade adequadas aos consumidores, o presente trabalho procurou investigar quais são os impactos provenientes da alta temporada turística no maior sistema da região, o SAA Porto Novo, a fim de gerar um quadro real que facilite a visualização, discussão e resolução futura desses impactos no abastecimento. A partir do levantamento bibliográfico e documental dos principais fatores que interferem na eficiência dos sistemas e os seus principais efeitos, da coleta de dados junto a concessionária responsável pela região, a SABESP, e da análise do SAA Porto Novo em relação aos problemas levantados, concluiu-se que a variação sazonal da população no Litoral Norte de São Paulo, as suas altas taxas de crescimento populacional e os elementos climáticos locais causam impactos no abastecimento público de água no período da alta temporada turística, sendo os principais: a indisponibilidade hídrica, a turbidez elevada dos mananciais e a sobrecarga dos sistemas hidráulico e elétrico, que geram desabastecimentos locais, vazamentos e baixa pressão na distribuição de forma pontual.

Palavras-chaves: Abastecimento de Água; População Sazonal; Alta temporada turística; Litoral Norte de São Paulo.

ABSTRACT

In Brazil, coastal cities have a high population density, are the most popular tourist destinations for the summer and, most of them, have tourism as their main source of income. The North Coast of São Paulo is no different, with population growth rates higher than the state and seasonal population that quadruples in the summer. Considering the importance of an efficient supply system that delivers water in adequate quantity and quality to consumers, the present work sought to investigate what are the impacts of the high tourist season in the largest system in the region, the SAA Porto Novo, to generate a real framework that facilitates the visualization, discussion and future resolution of these impacts on supply. From the bibliographic and documentary survey of the main factors that interfere with the efficiency of the system and their main effects, the data collection with the concessionaire responsible for the region, SABESP, and the analysis of SAA Porto Novo about the problems raised, concluded it is concluded that the seasonal variation of the population on the North Coast of São Paulo, its high population growth rates and the local climatic elements cause impacts on the public water supply during the high tourist season, the main ones being: water unavailability, the high turbidity of the springs and the overload of the hydraulic and electrical systems, which generate local shortages, leaks, and low pressure in the distribution on a timely basis.

Keywords: Water supply; Seasonal population; High tourist season; North Coast of São Paulo.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, de acordo com dados do IBGE (2017), a faixa de 200 km de litoral concentra cerca de 58% de sua população total como mostrado na Figura 1. Além da alta densidade populacional, as zonas costeiras são as principais destinações turísticas no período de dezembro a março, fazendo com que a população mais que dobre nesses períodos.



Figura 1 - Distribuição da População no Brasil. Fonte: IBGE (2017).

O Litoral Norte do Estado de São Paulo, apesar de contribuir com apenas 0,2% da população total do país devido ao seu processo recente de urbanização, apresenta um crescimento populacional acelerado com taxas superiores à do estado (APAMLN, 2020), evidenciadas no Figura 2. Além dessas taxas elevadas de crescimento, no verão a população chega a quadruplicar, conforme Alexandre Neto (2018).

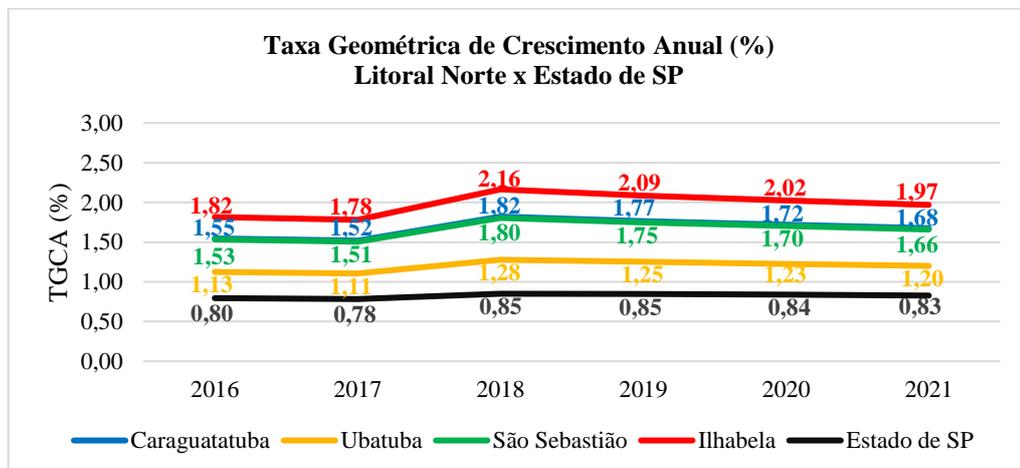


Figura 2 - Taxa Geométrica de Crescimento Anual (TGCA): Litoral Norte x Estado de SP. Fonte: Autoria própria (Base: SIDRA).

Essa característica está presente, pois o turismo é a principal vocação do Litoral Norte, sendo a grande oferta de praias e cachoeiras um atrativo para a região. Contudo, o efeito dessa dinâmica socioeconômica impacta negativamente a demanda por recursos naturais e a forma de consumo de água (CBH-LN, 2020), o que requer abordagens mais elaboradas para resolver as questões relacionadas à gestão da água. (APAMLN, 2020).

O aumento constante da demanda hídrica urbana no litoral dificulta o atendimento público de água, visto que a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), concessionária que atende os quatro municípios que compõe o Litoral Norte, atualiza constantemente os seus sistemas de abastecimento de água buscando acompanhar tal majoração, a consequente ocupação do território e a variação sazonal da população.

No período da alta temporada turística, a população flutuante constitui, segundo o CBH-LN (apud APAMLN, 2020), um fator que afeta consideravelmente a operação das concessionárias, já que durante períodos de pico os sistemas operam com sobrecargas, ficando expostos a entrar em colapso, frente as fortes chuvas e quedas de energia comuns nessa época do ano, chegando em alguns casos a causar interrupções dos sistemas de abastecimento.

Tendo em vista a importância do abastecimento público de água para à vida, à saúde e o desenvolvimento socioeconômico dos seres humanos, sendo este uma das metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e do Novo Marco Regulatório do Saneamento (Lei nº 14.026/2020) – que visam o acesso universal e equitativo a água potável e segura para todos – o presente trabalho ganha destaque e busca gerar um quadro real que facilite a visualização, discussão e resolução futura desses impactos e também agregue novas informações sobre os impactos provenientes da temporada de verão no abastecimento de água na região.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O objeto do estudo está inserido no município de Caraguatatuba, localizado no Litoral Norte do estado de São Paulo nas coordenadas geográficas 23°37'21''S e 45°24'43''W. Segundo o IBGE (2021), sua população estimada em 2021 é de 125.194 habitantes. Possuindo área territorial de 484,947 km², que corresponde a uma densidade demográfica de 258,16 habitantes/km². O município de Caraguatatuba conta com um sistema público de abastecimento de água com 60.553 ligações ativas e 71.650 economias, com índice de hidrometração de 100%. Atualmente, o município possui quatro sistemas produtores de água: Porto Novo, Guaxinduba, Massaguaçu e Tabatinga.

O Sistema de Abastecimento de Água (SAA) Porto Novo abastece em Caraguatatuba os bairros: Travessão, Perequê-Mirim, Barranco Alto, Pegorelli, Vapapesca, Praia das Palmeiras, Balneário Mar Azul, Recanto do Sol, Jaraguá, Tarumãs, Porto Novo, Juqueriquerê, Colônias de Férias, Ilha Morena, Morro do Algodão, Vila Saveiros, Golfinho, Pontal Santa Marina, Jardim Britânia, Tinga, Indaiá, Poiars, Jardim Gaivotas e Jardim Aruan. E, em São Sebastião: Jaraguá, Enseada, Canto do Mar, Cigarras, São Francisco, Reserve Du Moulin, Pontal da Cruz, Praia Deserta, Porto Grande, Portal da Olaria, Arrastão, Centro, Vila Amélia, Topolândia e Varadouro. A área de abastecimento desse sistema está retratada na Figura 3.



Figura 3 - Área abastecida pelo SAA Porto Novo. Fonte: Adaptado do software Google Earth Pro.

O tratamento de água ocorre na ETA Porto Novo, implantada no ano de 1998 na estrada do Rio Claro com capacidade nominal de 550 L/s, e por meio do processo de floto-filtração é efetivado o tratamento, representado na Figura 4. A água tratada é distribuída tanto para Caraguatatuba, abrangendo a região sul e central, quanto para a região norte do município de São Sebastião, na proporção de 52% e 48% respectivamente (SABESP, 2015).

Esquema da Flotofiltração

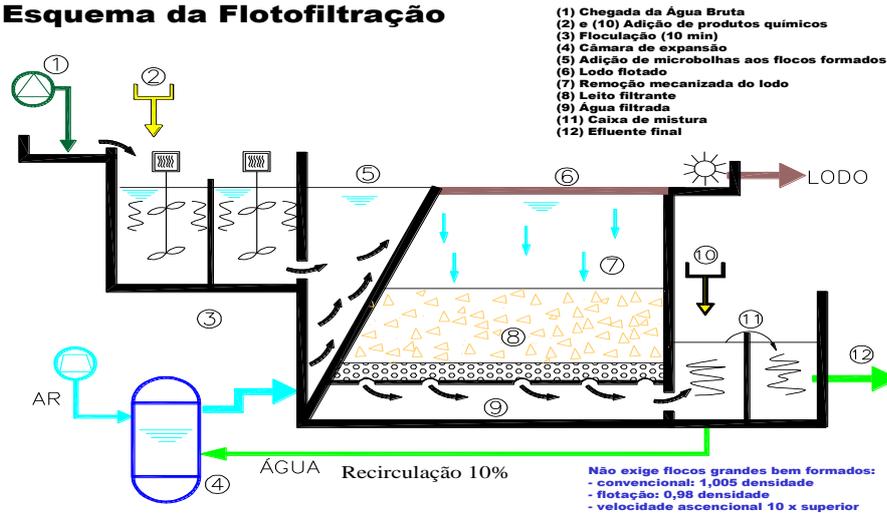


Figura 4 - Processo de floto-filtração da ETA Porto Novo. Fonte: SABESP (2007).

No Sistema Porto Novo a água bruta é captada superficialmente a partir de dois mananciais, o Alto Rio Claro (Figura 5) e o Baixo Rio Claro (Figura 6), com uma vazão média de retirada, segundo a SABESP (2015), de 225 L/s e 750 L/s respectivamente. No Alto Rio Claro a captação conta com sistema de gradeamento e caixa de areia e no Baixo Rio Claro, é realizada por meio de comportas com gradeamento na margem do rio, existindo no local um represamento.



Figura 5 – Captação do Alto Rio Claro. Fonte: SABESP (2007).



Figura 6 - Captação do Baixo Rio Claro. Fonte: SABESP (2007).

A adução no Alto Rio Claro é feita por uma adutora em ferro dúctil, por gravidade, com destino a ETA Porto Novo. Já no Baixo Rio Claro, é realizada por meio de dois conjuntos elevatórios de eixo vertical, que recalcam diretamente do reservatório de acumulação, situado próximo da captação, para a ETA Porto Novo (SABESP, 2015).

O lodo flotado retirado por removedores horizontais no processo de floto-filtração, de acordo com a SABESP (2015), é encaminhado a um canal de descarga e posteriormente ao córrego Perequê, afluente da margem esquerda do rio Juqueriquerê. As águas de lavagem dos filtros também são encaminhadas ao mesmo canal de descarga.

Após a água ser tratada na ETA Porto Novo, é aduzida para o reservatório Porto Novo, com capacidade de 1.000 m³. Desta reservação, por bombeamento, a água tratada é encaminhada para os reservatórios Palmeiras Norte, de 10.000 m³, e Benfica, de 1.750 m³, além das estações elevatórias de água tratada e *boosters*, que complementam a distribuição (SABESP, 2015).

O Sistema Porto Novo apresenta uma estação elevatória de água bruta, a EEAB Baixo Rio Claro, e quatro de água tratada: as EEATs CDP, Porto Novo-Caraguá, Porto Novo-São Sebastião e Palmeiras Norte. Também possui cinco *boosters*: Jaraguazinho, Rio do Ouro, Morro do Algodão, Palmeiras Norte-Centro e Palmeiras Norte-Jaraguazinho/Rio do Ouro. As estações elevatórias e *boosters* são monitoradas automaticamente a partir da Central de Comando Operacional (CCO), localizada na ETA Porto Novo (SABESP, 2015).

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo Geral

Investigar quais são os impactos gerados pela alta temporada turística no SAA Porto Novo para gerar um quadro atual e confiável.

3.2. Objetivos Específicos

- Facilitar a visualização e resolução de problemas de abastecimento futuros;
- Descobrir impactos que abranjam os diversos sistemas do Litoral Norte de São Paulo.

4. METODOLOGIA

Esta pesquisa é classificada como exploratória e caracterizada como estudo de caso que, segundo Gil (2002), consiste no estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos de

maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento. Além disso, consiste numa pesquisa bibliográfica e também documental, pois, de acordo com o mesmo autor, a investigação trabalha com materiais que não receberam ainda um tratamento analítico, ou que ainda podem ser reelaborados de acordo com os objetos da pesquisa.

A princípio, foram levantados de forma qualitativa os principais fatores que interferem na eficiência dos sistemas de abastecimento de água, seja na captação, no tratamento ou na distribuição, durante o período da alta temporada turística no litoral. São eles:

- Disponibilidade hídrica;
- Aumento do consumo;
- Precipitações (turbidez elevada);
- Quedas de energia;

A partir da análise desses impactos, obteve-se os principais efeitos gerados nos sistemas de abastecimento, sendo eles: desabastecimento, vazamentos e baixa pressão.

Em seguida, foram coletados dados quantitativos e qualitativos necessários para comprovar a intensidade dos impactos causados nos sistemas de abastecimento nesse período. Os dados foram fornecidos pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) e foram estruturados para produzir um relato mais fidedigno do cenário da alta temporada turística no Litoral Norte.

Por fim, foi realizada uma análise do Sistema de Abastecimento de Água Porto Novo em relação aos problemas levantados, comparando-os com os demais sistemas do Litoral Norte de São Paulo.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Causas

Os principais fatores que causam impactos nos sistemas de abastecimento de água durante a alta temporada turística no Litoral Norte de São Paulo, segundo dados da SABESP, estão dispostos a seguir.

5.1.1. Disponibilidade hídrica

A Bacia Hidrográfica do Litoral Norte, pertencente a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) 3, é composta por 34 bacias hidrográficas conforme mostrado na Figura 7.

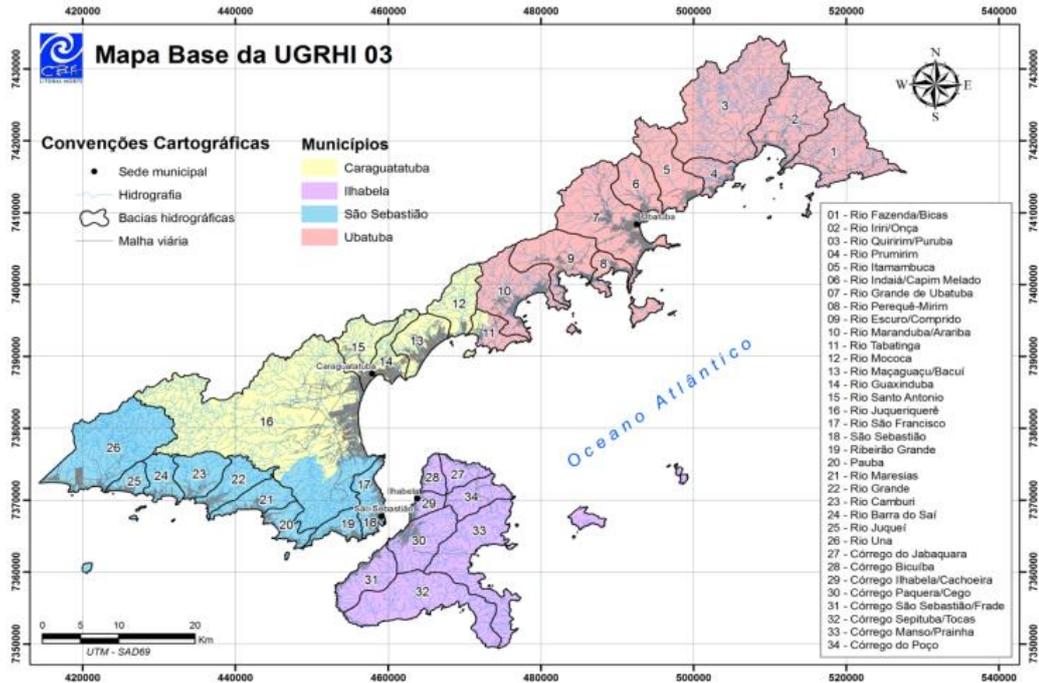


Figura 7 - Mapa Base da UGRHI 3. Fonte: CBH-LN (2017).

Quanto a disponibilidade hídrica, pode-se perceber através da análise da Tabela 1 que os valores de recursos hídricos disponíveis são altos para UGRHI 3. Contudo, quando a questão é analisada do ponto de vista das bacias hidrográficas o cenário é outro, tendo bacias que já se encontram em situação de criticidade hídrica elevada, como o caso do Rio São Francisco, mostrado na Figura 8 (CBH-LN, 2017).

Tabela 1 - Disponibilidade hídrica, superficial e subterrânea, da UGRHI 3. Fonte: Adaptado de CBH-LN (2017).

DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUPERFICIAL E SUBTERRÂNEA (L/s)				
Município	Q _{7,10}	Q _{médio}	Q _{95%}	Reservas Explotáveis
Caraguatatuba	7.040	27.400	10.070	3.020
Ilhabela	4.980	19.380	7.110	2.130
São Sebastião	5.870	22.860	8.400	2.520
Ubatuba	10.120	39.350	14.460	4.340
TOTAL	27.000	107.000	39.000	12.000

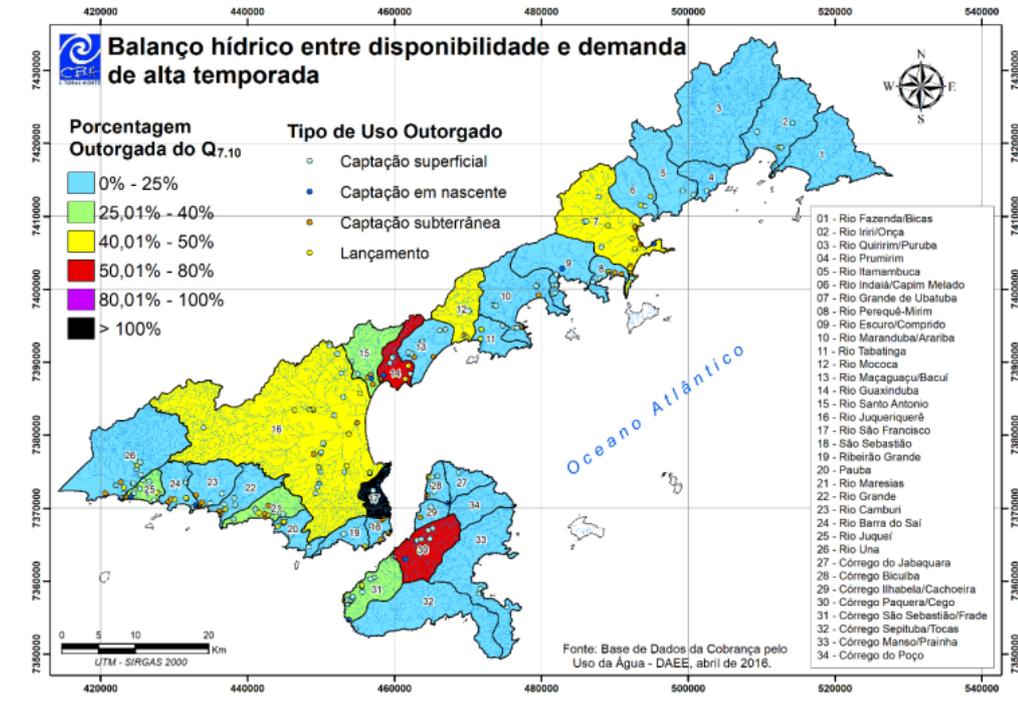


Figura 8 - Balanço hídrico entre disponibilidade e demanda de alta temporada. Fonte: CBH-LN (2017).

Segundo dados da SABESP, o Litoral Norte de São Paulo conta com 32 captações superficiais e 4 captações subterrâneas para o abastecimento público da população, totalizando uma vazão outorgada de 2.085 L/s, no período de dezembro a março, e 1.878,5 L/s, de abril a novembro, possuindo disponibilidade hídrica muito alta na maior parte das suas bacias hidrográficas (APAMLN, 2020).

A prevalência de captações superficiais sobre as subterrâneas ocorre devido a elevada densidade de corpos hídricos superficiais de boa qualidade na região, o que facilita a adoção desta fonte de recurso (CBH-LN, 2020).

Cerca de $\frac{3}{4}$ da vazão outorgada no Litoral Norte, de acordo com o CBH-LN (2020), visa atender à demanda de abastecimento público, considerando tanto a população residente, como a população de uso ocasional.

Apesar do aumento da demanda hídrica em relação a população ocasional ter caráter temporário, ela gera impactos nos serviços de abastecimento e nos recursos hídricos.

5.1.2. Aumento do consumo

O Litoral Norte de São Paulo apresenta clima tropical com precipitação com sazonalidade bem marcada, composta por verões chuvosos e invernos secos, e com umidade relativa com valores médios mensais superiores a 80%, não tendo sazonalidade definida ao longo do ano (APAMLN, 2020). A Tabela 2 abaixo mostra o comportamento da chuva e da

temperatura nos quatro municípios, considerando valores médios calculados a partir de uma série de dados de 30 anos, segundo o Climatempo.

Tabela 2 - Dados climatológicos médios de 30 anos dos municípios do Litoral Norte de São Paulo. Fonte: Autoria própria (Base: Climatempo).

Meses		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Caraguatatuba	T _{mín} (°C)	20	21	20	18	16	14	14	14	15	17	18	19
	T _{máx} (°C)	26	27	26	25	22	21	21	22	22	23	24	25
	Precipitação (mm)	295	236	221	121	101	65	80	63	129	145	177	251
Ubatuba	T _{mín} (°C)	23	24	23	22	21	19	18	18	19	20	21	22
	T _{máx} (°C)	25	26	25	24	22	22	21	21	21	22	23	24
	Precipitação (mm)	202	159	194	151	131	103	126	100	179	170	161	186
São Sebastião	T _{mín} (°C)	23	24	23	22	20	18	17	18	18	19	21	22
	T _{máx} (°C)	27	27	26	25	23	22	22	22	22	23	24	25
	Precipitação (mm)	280	229	245	146	124	88	98	80	151	159	185	241
Ilhabela	T _{mín} (°C)	24	24	24	23	21	20	19	19	19	20	21	23
	T _{máx} (°C)	26	26	25	24	23	22	21	21	21	22	23	24
	Precipitação (mm)	185	140	183	131	126	94	108	84	155	150	152	176

Conforme apresentado na Tabela 2, os meses da alta temporada, de dezembro a março, possuem as maiores temperaturas e índices pluviométricos. Apesar das temperaturas máximas não chegarem a valores tão altos, caso haja o aumento da porcentagem de umidade do ar, a sensação térmica e o abafamento serão maiores nesse período, aumentando o consumo de água.

Considerando que nessa época já é esperado um consumo maior, esse fator pode fazer com que ele supere as expectativas e haja sobrecarga no sistema de abastecimento, causando a diminuição do nível dos reservatórios que pode gerar baixa pressão na distribuição e faltas d'água.

Além disso, há o cenário em que a estação de tratamento consegue produzir um volume adequado de água para atender o consumo, porém os reservatórios e até mesmo as redes de distribuição não estão dimensionadas para suportar essa carga.

5.1.3. Precipitações (turbidez elevada)

Outro elemento climático que impacta no abastecimento de água é a precipitação pluvial, visto que apresenta maior influência na geração de turbidez pela ação mecânica das gotas e seu potencial desagregador da estrutura da camada superficial do solo (PENEDO, 2015).

O volume de água pluvial que não é retido por infiltração ou interceptação, escoam superficialmente até encontrar um curso d'água, crescendo conforme o aumento da intensidade

e duração da precipitação, carreando consigo sedimentos de solo e detritos. De acordo com Penedo (2015), fatores como a declividade do solo, cobertura vegetal e áreas impermeáveis também influenciam no volume escoado.

Além da contribuição da precipitação para o aumento da turbidez dos mananciais, segundo Penedo (2015), o lançamento direto de efluentes domésticos e industriais não tratados nos cursos d'água também auxiliam no incremento desse parâmetro, visto que carregam material particulado de origem biológica e química.

A ANA (2022) descreve a turbidez como uma propriedade óptica que indica o grau de atenuação que um feixe de luz sofre ao atravessar a água, ocorrendo devido a absorção e espalhamento da luz causada pelos sólidos em suspensão (silte, areia, argila, detritos). De acordo com o Ministério da Saúde (2006), a turbidez natural das águas está, geralmente, compreendida na faixa de 3 a 500 unidades de turbidez (uT), sendo o ideal para fins de potabilidade inferior a 1 unidade.

A turbidez é um dos nove parâmetros do Índice de Qualidade das Águas (IQA), o qual avalia a qualidade da água bruta que será utilizada para abastecimento público após tratamento conforme as suas características e a classifica a partir de indicadores estabelecidos (SIMA, 2022).

Para realizar o abastecimento de água para população, as concessionárias devem atender aos padrões de potabilidade, exigidos pela Portaria GM/MS N° 888, de 4 de maio de 2021, de acordo com os seus parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos, além de não oferecer riscos à saúde.

Em relação aos padrões de potabilidade, a turbidez é um fator indesejado, visto que, segundo o Ministério da Saúde (2006), além dos aspectos estéticos pode reduzir a eficiência da cloração, pela proteção física dos microrganismos do contato direto com os desinfetantes, provocar sabor e odor na água e contribuir para formação extra de lodo nas estações de tratamento.

Os meses referentes a alta temporada turística, de acordo com a Tabela 2, possuem um maior volume de precipitação que os demais ao longo do ano, tornando o cenário propício para o aumento dos níveis de turbidez dos mananciais. Segundo Motta *et al.*, conforme citado por Penedo (2015):

“A depreciação da qualidade da água devido a elevação da turbidez pode ter consequências diversas para o abastecimento público, como a contaminação com patógenos ou substâncias tóxicas, riscos de ocorrência de eutrofização e o conseqüente aumento no custo do tratamento para fornecimento a rede de abastecimento.”

As concessionárias coletam e controlam os dados de turbidez da água bruta e da água tratada com base em amostras coletadas ao longo do dia em horários determinados. Em situações de chuvas intensas em que a turbidez dos mananciais apresenta parâmetros de água bruta acima da portaria e supera o potencial de tratamento das ETAs, o tratamento é suspenso ou reduzido, ocasionando queda na reservação, redução das pressões na distribuição e faltas d'água.

5.1.4. Quedas de energia

A energia elétrica é fundamental para o funcionamento das captações, das estações de tratamento de água, da adução até os reservatórios e até mesmo da distribuição por meio de *boosters* e estações elevatórias. Em casos de queda de energia, haverá paralização do sistema de abastecimento de água, acarretando diminuição do nível dos reservatórios, pouca pressão na distribuição e faltas d'água.

De acordo com Barros (2020):

“As interrupções de energia elétrica podem ser ocasionadas tanto por aspectos gerenciáveis pelas distribuidoras, tais como falha em equipamento, má alocação de equipe e desligamento programado, quando por aspectos não gerenciáveis pelas distribuidoras, tais como condição climática severa, índice de violência regional e furto de cabo e equipamento”.

Mesmo após o retorno da luz, segundo a SANEPAR (2014), a normalização do abastecimento de água é mais demorada, visto que as tubulações ficam vazias e para retomar o abastecimento, o bombeamento deve seguir determinados parâmetros para não romper as tubulações com a alta pressão.

Uma alternativa para manter a regularidade do fornecimento de água por algumas horas em casos de instabilidade do sistema elétrico é a utilização de geradores de energia. Contudo, este equipamento tem um alto custo, muitas vezes é inviável economicamente para as concessionárias e, em alguns casos, as instalações não possuem espaço hábil para o mesmo.

5.2. Efeitos

As falhas do sistema de abastecimento produzidas pelos impactos da alta temporada podem ocorrer de forma simultânea e estarem associados entre si, como poderá ser visto nos tópicos a seguir.

5.2.1. Desabastecimento

O desabastecimento, geralmente, ocorre em situações de paralização das ETAs, consumo excessivo, vazamentos e problemas hidráulicos do sistema, seja na reservação ou na distribuição de água.

Segundo Souza (2016), o desabastecimento em residências caracteriza um impacto socioambiental, visto que incentivam a população a buscar outras maneiras de abastecimento clandestinos.

A falta d'água pode ser: localizada, em apenas um cliente ou região; generalizada, comprometendo um ou mais setores de abastecimento; e, programada, quando é necessário realizar alguma manutenção no sistema.

Em casos emergenciais, de acordo com Vieira *et al.* (2021), contratam-se caminhões pipa, de forma a abastecer de imediato, mesmo precariamente, as residências mais afetadas, permitindo ações concretas para resolução do problema fossem desenvolvidas nesse ínterim.

Para que a população não sinta os efeitos do desabastecimento é necessário que os imóveis tenham reservatórios, conforme determinado pela NBR 5626/2020 e pelo decreto estadual 12.342/78, que especifica a necessidade de um reservatório capaz de garantir abastecimento por no mínimo 24 horas.

5.2.2. Vazamentos e rompimentos de rede

Os vazamentos e rompimentos de rede são algumas das origens de perdas de água nos sistemas de abastecimento, sendo classificados como perdas reais ou físicas, ou seja, volumes de água que não são consumidos e faturados, pois foram perdidos ao longo do percurso do sistema. A captação, a elevação, a adução, o tratamento, a reservação e a distribuição são locais passíveis de perdas, mas de acordo com Hunaidi *et al.*, como citado por Moraes *et al.* (2010) é na distribuição que estão concentrados os mais altos índices.

Os vazamentos podem ser divididos em: visíveis, não-visíveis e inerentes. Os visíveis são aflorantes ou ocorrentes nos cavaletes, os não-visíveis são aqueles que ainda não afloraram para superfície, mas são detectados por métodos acústicos de pesquisa e os inerentes, além de não aflorar, não podem ser detectados, conforme mostrado na Figura 9.



Figura 9 - Tipos de vazamentos. Fonte: FUNASA, 2014.

Segundo Moraes *et al.* (2010), as principais causas de vazamentos nas redes são: a redução do diâmetro da rede devido ao aumento de incrustações nas tubulações; a excessiva flutuação da pressão ao longo do dia; a deterioração da qualidade física, química e biológica da

água distribuída devido à degradação da rede; e, os altos índices de ruptura e reparos nas redes e adutoras.

O desperdício de um bem essencial à vida como a água é preocupante, principalmente considerando o contexto atual de escassez e racionamento em alguns municípios brasileiros e de pandemia de Covid-19, visto a sua importância para o controle de doenças. De acordo com Medina e Reis (2011):

“Os problemas derivados dos vazamentos, além do desperdício do recurso que deve ser usado racionalmente, incluem também grandes perdas econômicas, perdas de energia, riscos para a saúde pública pela entrada de poluentes na rede, incremento de riscos geológicos e comprometimento estrutural de obras de engenharia tais como pavimentos, edifícios, pontes, etc.”

Quando os vazamentos se tornam críticos em um determinado setor, a pressão da água nas redes cai para níveis abaixo do estabelecido pelas normas e legislações, levando à insatisfação dos clientes por não receberem água na pressão adequada para a sua utilização (MORAIS *et al.*, 2010).

Além disso, segundo Fontana e Morais (2013) a ocorrência de rupturas na rede de distribuição faz com que seja necessária a interrupção do abastecimento durante a reparação da infraestrutura, gerando desabastecimento.

5.2.3. Baixa pressão

A NBR 12.218/2017 estabelece que a pressão estática máxima nas redes de distribuição de água deve ser de 400 kPa, podendo chegar a 500 kPa em regiões com topografia acidentada, e a pressão dinâmica mínima, de 100 kPa. Contudo, ela também permite valores de projeto da pressão estática superiores à máxima e os da pressão dinâmica inferiores à mínima, desde que justificados técnica e/ou economicamente.

Na alta temporada turística, o aumento do consumo acarreta em uma queda considerável da pressão dinâmica das redes de abastecimento devido a perda de carga. Além disso, a presença de vazamentos nas redes de distribuição também contribui com a perda de carga no sistema, reduzindo a oferta de água e, até mesmo, ocasionando desabastecimento.

Os impactos gerados na produção, em reduções de vazão ou paradas das estações de tratamento, e na reservação de água também causam as baixas pressões das redes, visto que para recuperar o nível dos reservatórios após esses eventos, há um grande aumento de perda de carga nas tubulações.

5.3. Análise do Sistema de Abastecimento de Água Porto Novo

Quanto a disponibilidade hídrica, o SAA Porto Novo, não sofre com a sazonalidade da população, visto que a bacia com maior disponibilidade hídrica do Litoral Norte, segundo a APAM-LN (2020), é a do Rio Juqueriquerê. Contudo, outros sistemas sofrem com esse

problema, como é o caso do SAA São Francisco, que capta a água do Rio São Francisco, que possui a menor disponibilidade hídrica da região. Por esse motivo, há a integração dos SAA Porto Novo com o SAA São Francisco, para o abastecimento da divisa de Caraguatatuba e São Sebastião até a região central do município.

Apesar de não apresentar problemas relacionados a disponibilidade de água para captação, em épocas de chuva possui um aumento considerável na turbidez da sua água bruta, conforme mostrado na Figura 10.



Figura 10 - Barragem do Alto Rio Claro com chuvas. Fonte: SABESP (2007).

De acordo com um estudo feito pela SABESP (2021), na alta temporada de 2020/2021 no Litoral Norte de São Paulo, houve um grande volume de precipitação nos mananciais em um curto período de tempo, entre os dias 31/12/2020 a 02/01/2021, acarretando em queda de encosta, assoreamento e fragilidade nas adutoras das captações.

A turbidez da água bruta do SAA Porto Novo chegou a 500 uT, sendo que a ETA Porto Novo consegue tratar através do processo de floto-filtração apenas 200 uT com vazão reduzida devido a necessidade de lavagem continua dos filtros, o que levou a parada da ETA. Além disso, a quantidade de detritos na água bruta ocasionou um vazamento na adutora de 400 mm da captação do Alto Rio Claro. (SABESP, 2021)

Tanto a parada da ETA devido a turbidez, quanto a perda na produção devido o vazamento, acarretaram na queda do nível do reservatório, que só foi recuperado no dia 06/01/2021. Sendo o consumo maior do que o volume produzido, é necessário reduzir a pressão nas redes de distribuição para que não haja o esvaziamento total do reservatório, o que pode gerar desabastecimento nos pontos críticos. (SABESP, 2021)

Outra adversidade presente durante o período da alta temporada é o alto consumo, que de acordo com a Figura 11, chegou a atingir uma vazão de 809 L/s no ano de 2018, sendo que

a produção nominal da ETA Porto Novo é de apenas 550 L/s, o que demonstra claramente a sobrecarga no sistema.

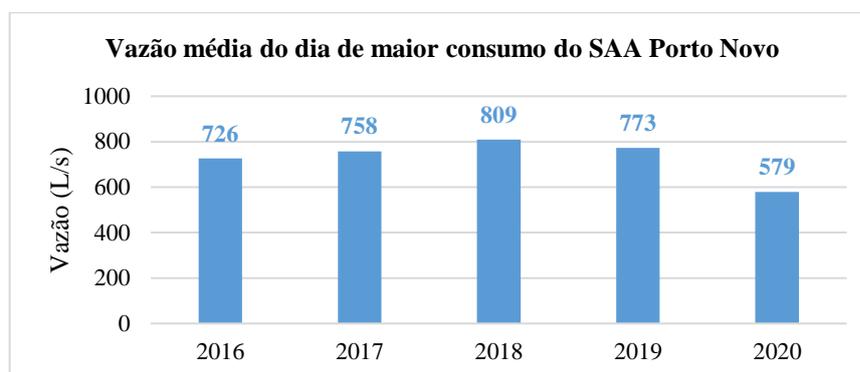


Figura 11 - Vazão média do dia de maior consumo do SAA Porto Novo. Fonte: Autoria própria (Base: SABESP).

Também conforme a Figura 11, em 2020, apesar do consumo da alta temporada estar abaixo dos outros anos por conta da pandemia de Covid-19 e do lockdown aderido pelos municípios, a vazão permaneceu 29 L/s acima da produção nominal da ETA.

Já em relação as quedas de energia no sistema, de acordo com a SABESP, o SAA Porto Novo apresentou 11 ocorrências de falta de energia no período de natal e ano novo, sendo que apenas 1 foi programada. Entre as ocorrências, 6 tiveram duração abaixo de 1 hora e 5 foram acima desse valor, sendo o maior tempo sem energia de 4 horas e 30 minutos. Os motivos principais foram oscilações, quedas de árvores e curtos nas entradas de energia elétrica da Concessionária EDP São Paulo.

Sobre as ocorrências abertas de desabastecimento, vazamentos e baixa pressão, coletou-se os dados da Central de Atendimento Telefônico da SABESP de abril a novembro de 2020, que representam a baixa temporada, e de dezembro de 2020 a março de 2021, a alta temporada. Esses dados estão dispostos na Figura 12 abaixo.

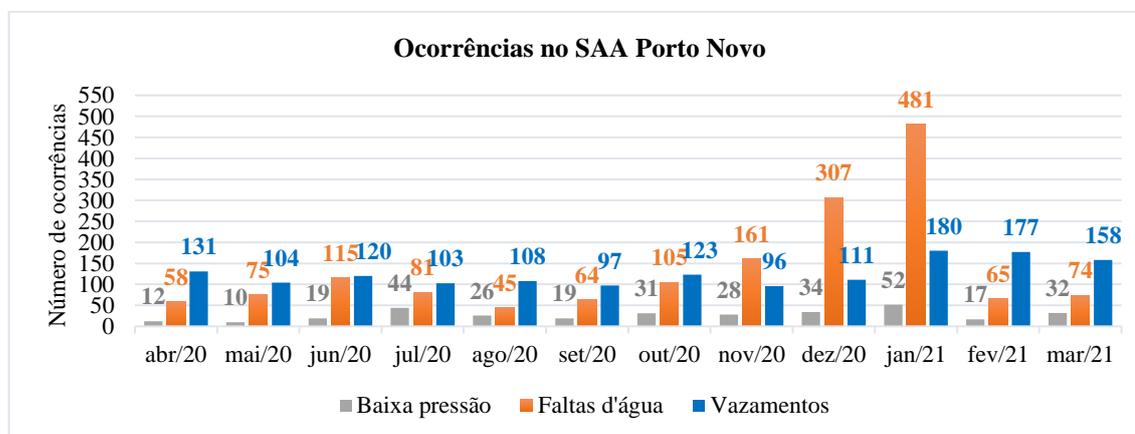


Figura 12 - Ocorrências de baixa pressão, faltas d'água e vazamentos no SAA Porto Novo. Fonte: Autoria própria (Base: SABESP, 2021).

Ao analisarmos a quantidade de ocorrências de faltas d'água na Figura 12, é possível perceber que nos meses de dezembro/2020 e janeiro/2021 houve um aumento bem discrepante dos demais, devido ao incremento da população, somando-se as populações residente, ocasional e de pico nesse período.

Quanto aos vazamentos, as ocorrências estão mais bem distribuídas ao longo do ano. Entretanto, os meses de janeiro e fevereiro/2021, inseridos no período de alta temporada, apresentaram os maiores números de abertura de chamados na Central de Atendimento Telefônico.

Os casos de baixa pressão possuem menor incidência em relação aos de vazamentos e falta d'água. Eles também apresentaram o maior número de ocorrências em janeiro/2021, sendo o segundo maior mês o de julho/2020, que é marcado pelo recesso escolar do meio do ano.

As ocorrências do SAA Porto Novo do período da alta temporada turística também foram divididas por bairro e separadas por município, conforme as Figuras 13 e 14.

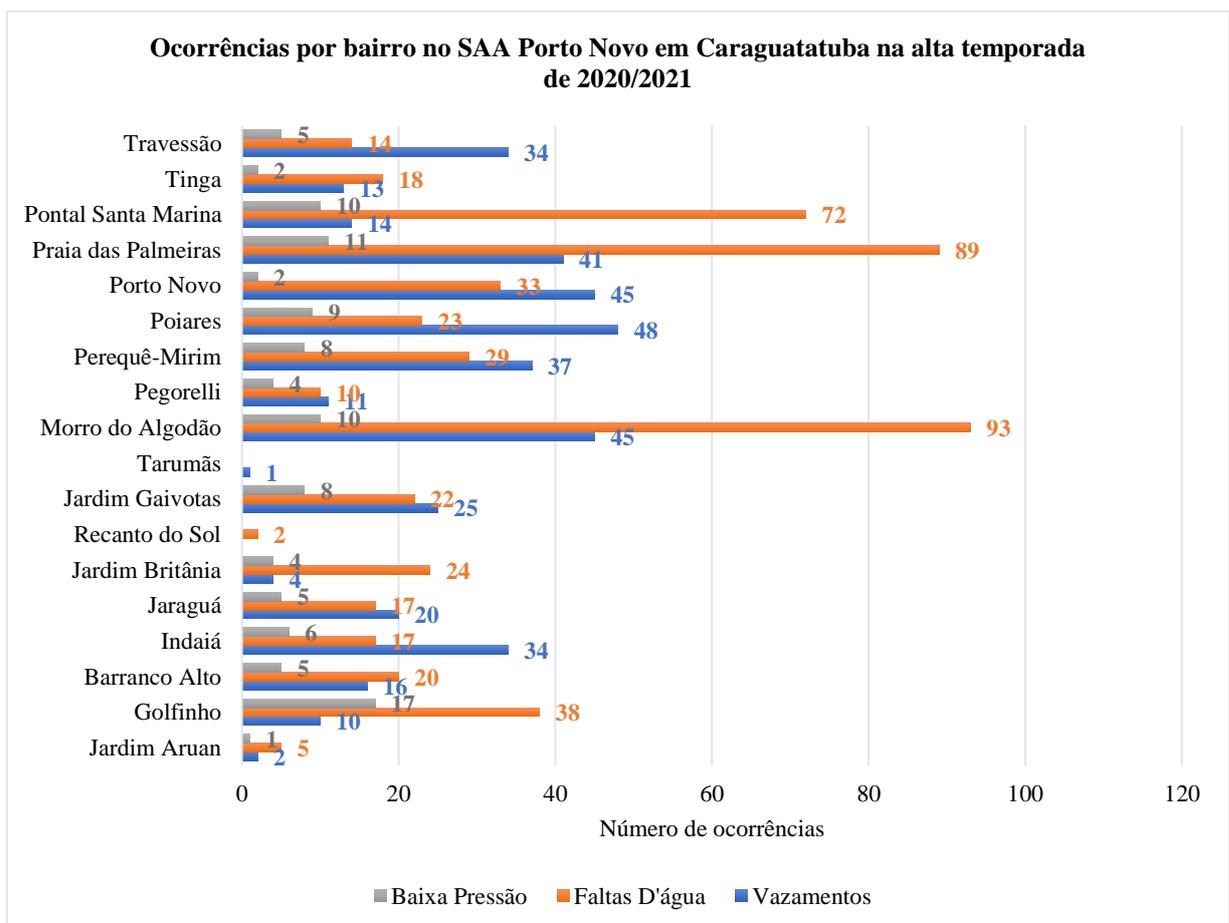


Figura 13 - Ocorrências de baixa pressão, faltas d'água e vazamentos por bairro no SAA Porto Novo em Caraguatatuba na alta temporada turística de 2020/2021. Fonte: Autoria própria (Base: SABESP, 2021).

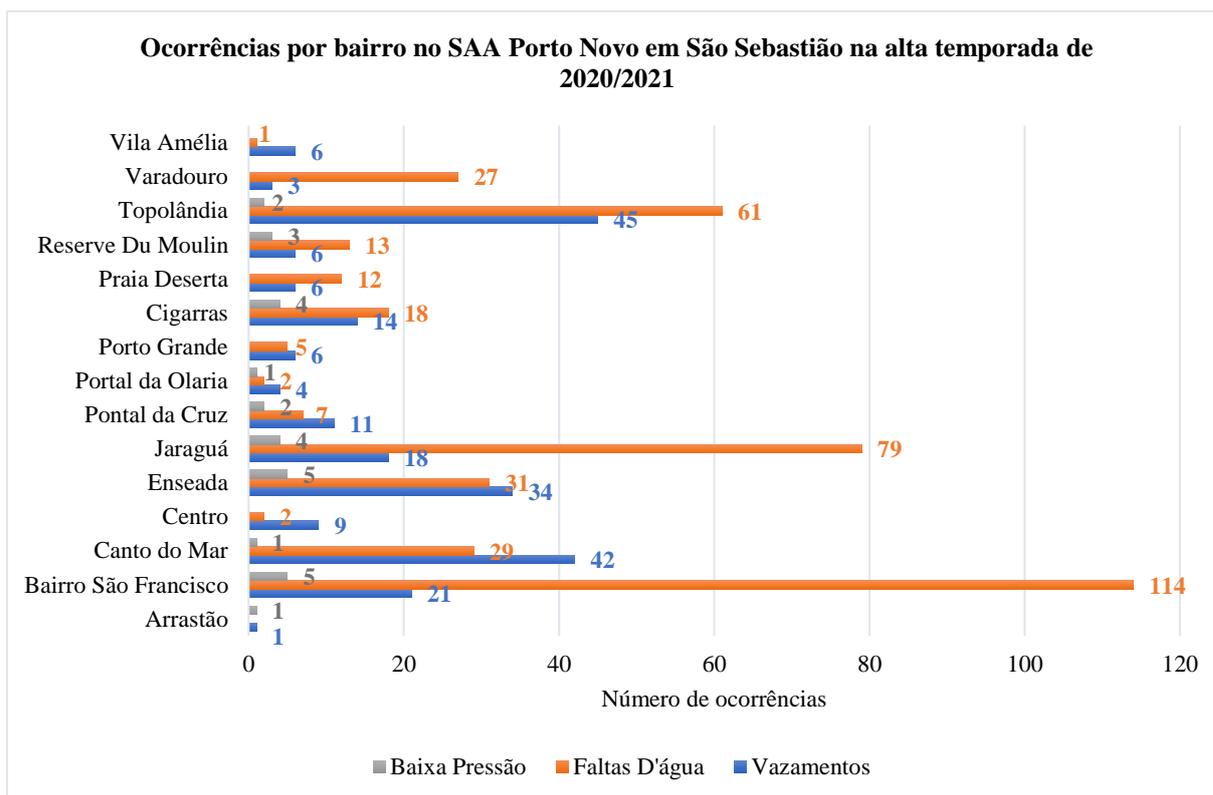


Figura 14 - Ocorrências de baixa pressão, faltas d'água e vazamentos por bairro no SAA Porto Novo em São Sebastião na alta temporada turística de 2020/2021. Fonte: Autoria própria (Base: SABESP, 2021).

Em Caraguatatuba, conforme a Figura 13, os bairros que apresentaram o maior número de ocorrências de falta d'água foram: Morro do Algodão, Praia das Palmeiras e Pontal Santa Marina. Quanto aos vazamentos, foram: Poiares, Porto Novo e Morro do Algodão. E no caso de baixa pressão, destacaram-se o Golfinho, Praia das Palmeiras, Pontal Santa Marina e Morro do Algodão.

Em São Sebastião, de acordo com a Figura 14, o bairro mais afetado em todas as ocorrências foi o Bairro São Francisco. Os bairros Jaraguá, Topolândia, Enseada e Canto do Mar também tiveram um maior número de ocorrências.

O número de ocorrências está diretamente ligado a idade das redes presentes nesses locais, visto que as mesmas já estão em processo de deterioração e tendem a possuir mais avarias com o acréscimo de consumo gerado pela alta temporada. Além disso, as expansões não planejadas das redes de distribuição devido ao constante crescimento populacional ocasionam o super ou subdimensionamento das mesmas, gerando problemas de pressão e vazão que também são agravados nesse período.

6. CONCLUSÃO

Em um contexto delicado marcado pela escassez hídrica e pela pandemia do Covid-19, um sistema de abastecimento de água eficaz é de suma importância para realizar uma boa gestão dos recursos hídricos e controlar doenças. Logo, o mesmo deve fornecer água em quantidade e qualidade adequadas a população, tendo como foco o acesso universal e equitativo de água potável e segura para todos, previsto pelos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e pela Lei nº 14.026/2020.

Contudo, o cenário nos municípios litorâneos, como é o caso do Litoral Norte de São Paulo, apresenta fatores que tornam mais desafiador o alcance dessas metas e causam diversos impactos nos sistemas de abastecimento, sendo os principais: a indisponibilidade hídrica, a turbidez elevada dos mananciais e a sobrecarga dos sistemas hidráulico e elétrico.

Os impactos gerados nos sistemas revelam efeitos perceptíveis a população, como o desabastecimento, os vazamentos e a baixa pressão, fazendo com que surjam diversas ocorrências em busca da equalização dos mesmos.

Pela análise gerada, observou-se que a escolha do Sistema de Abastecimento de Água Porto Novo para o estudo de caso, apesar de possuir características distintas dos demais, pôde abranger os principais impactos da alta temporada nos sistemas, demonstrando através de dados quantitativos a intensidade dos mesmos.

A Unidade de Negócio do Litoral Norte da SABESP tem atuado nas causas, com controle de vazão e pressão nas redes, para reduzir o volume perdido em vazamentos e obter pressões mais adequadas de acordo com a NBR 5626/2020, pesquisa de vazamentos, reparos na rede e melhorias na infraestrutura buscando mitigar os impactos causados durante a alta temporada turística.

Contudo, há ainda uma grande dificuldade em realizar investimentos para sanar tais problemas, visto a complexidade de realizar uma modelagem hidráulica para uma região sazonal, podendo haver o superdimensionamento do sistema para baixa temporada ou o subdimensionamento para a alta, além de possuir um custo elevado relacionado a sua execução.

Portanto, conclui-se que a pesquisa e seus resultados produziram um quadro real que irá facilitar a visualização, discussão e resolução futura desses impactos no abastecimento no Litoral Norte Paulista, bem como agregar novos conhecimentos sobre os impactos provenientes da temporada de verão no abastecimento de água na região. Espera-se que trabalhos futuros gerem mais dados sobre os aspectos investigados, criando assim uma série histórica que apoie a tomada de decisão.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDRE NETO, Arthur. **Alteração da distribuição pressurizada em marcha por uma distribuição por gravidade em três bairros do município de São Sebastião**. 2018. 51 p. Curso de Elaboração e Gerenciamento de Projetos para a Gestão Municipal de Recursos Hídricos, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE, Caraguatatuba, 2018.

ANA, Agência Nacional de Águas e Saneamento; Portal da Qualidade das Águas. **Indicadores de Qualidade – Índice de Qualidade das Águas (IQA)**. 2022. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>. Acesso em: 02 fev. 2022.

APAMLN, APA Marinha do Litoral Norte. **Plano de Manejo**. 2020. Disponível em: https://sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam3/Repositorio/5111/Documentos/APAM_LN/APAMLN_Plano_de_manejo_CTBio.pdf. Acesso em: 02 fev. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626: Sistemas prediais de água fria e água fria e água quente – Projeto, execução, operação e manutenção**. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12218: Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público – Procedimento**. Rio de Janeiro, 23 p. 2017.

BARROS, André Felipe Antunes de. **Análise das principais causas de descontinuidade no fornecimento de energia elétrica e de seus impactos nos indicadores de qualidade**. 2020. 63 p. Curso de Engenharia Elétrica, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <http://www.repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10032029.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2022.

BRASIL. **Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021**. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União. Brasília, DF. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>. Acesso em: 02 fev. 2022.

BRASIL. **Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020**. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento, a Lei nº 10.768, de 19 de novembro de 2003, para alterar o nome e as atribuições do cargo de Especialista em Recursos Hídricos, a Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, para vedar a prestação por contrato de programa dos serviços públicos de que trata o art. 175 da Constituição Federal, a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País, a Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010, para tratar dos prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, a Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015 (Estatuto da Metrópole) para estender seu âmbito de

aplicação às microrregiões, e a Lei nº 13.529, de 4 de dezembro de 2017, para autorizar a União a participar de fundo com a finalidade exclusiva de financiar serviços técnicos especializados. Diário Oficial da União, DF. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.026-de-15-de-julho-de-2020-267035421>. Acesso em: 02 fev. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Vigilância e Controle da Qualidade da Água para Consumo Humano**. Brasília, 2006.

CBH-LN. **Plano de Bacias Hidrográficas do Litoral Norte UGRHI 03: 2016 – 2019**. Relatório II. 2017. Disponível em: <https://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents/CBH-LN/13694/relatorio-2-ugrhi3.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2022.

CBH-LN, Comitê de Bacias Hidrográficas do Litoral Norte. **Relatório de Situação dos Recursos Hídricos do Litoral Norte**. 2020. Disponível em: https://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents//CBH-LN/19492/rs_in_2020_base_2019.pdf. Acesso em: 02 fev. 2022.

CLIMATEMPO. **Climatologia em Caraguatatuba, BR**. 2022. Disponível em: <https://www.climateempo.com.br/climatologia/796/caraguatatuba-sp>. Acesso em: 02 fev. 2022.

CLIMATEMPO. **Climatologia em Ubatuba, BR**. 2022. Disponível em: <https://www.climateempo.com.br/climatologia/570/ubatuba-sp>. Acesso em: 02 fev. 2022.

CLIMATEMPO. **Climatologia em São Sebastião, BR**. 2022. Disponível em: <https://www.climateempo.com.br/climatologia/808/saosebastiao-sp>. Acesso em: 02 fev. 2022.

CLIMATEMPO. **Climatologia em Ilhabela, BR**. 2022. Disponível em: <https://www.climateempo.com.br/climatologia/799/ilhabela-sp>. Acesso em: 02 fev. 2022.

FONTANA, Marcele Elisa; MORAIS, Danielle Costa. **Modelo para setorizar redes de distribuição de água baseado nas características das unidades consumidoras**. Production, [S.L], v. 25, n. 1, p. 143-156, 17 set. 2013. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-65132013005000071>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/prod/a/ZzRb7hPjpVwvCkdQ5RbgVhp/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 02 fev. 2022.

FUNASA, Fundação Nacional de Saúde. **Redução de perdas em sistemas de abastecimento de água**. 2ª Edição. Brasília, 2014. Disponível em: http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/reducao_de_perdas_em_saa74.pdf. Acesso em: 02 fev. 2022.

GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. Ed. São Paulo: Atlas S.A., 2002.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Atlas Escolar: Distribuição da População**. 2017. Disponível em: https://atlascolar.ibge.gov.br/images/atlas/mapas_brasil/brasil_distribuicao_populacao.pdf. Acesso em: 02 fev. 2022.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e Estados: Caraguatatuba**. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp/caraguatatuba.html>. Acesso em: 02 fev. 2022.

MEDINA, Maria Mercedes Gamboa; REIS, Luisa Fernanda Ribeiro. **Deteção de vazamentos em redes de distribuição de água para abastecimento: Estado da arte**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 19., 2011, Maceió-AL: ABRHidro – Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Disponível em: <https://anais.abrhidro.org.br/jobs.php?Event=153>. Acesso em: 02 fev. 2022.

MORAIS, Danielle Costa *et al.* **Priorização de áreas de controle de perdas em redes de distribuição de água**. Pesquisa Operacional, [S.L], v. 30, n. 1, p. 15-32, abr. 2010. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0101-74382010000100002>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pope/a/mCgyZSTtZsVt67SqGng6mFF/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 02 fev. 2022.

ODS, Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. **Objetivo 6 – Água Potável e Saneamento**. 2022. Disponível em: <https://odsbrasil.gov.br/objetivo?n=6>. Acesso em: 02 fev. 2022.

PENEDO, Pedro Henrique Silva. **Relação entre precipitação e turbidez em cursos d'água no Espírito Santo**. 2015. 80 p. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Centro de Ciências, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2015.

SABESP, Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Unidade de Negócio do Litoral Norte. **Estação de Tratamento de Água: ETA Porto Novo**. 2007.

SABESP, Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo; Consórcio Geasanevita/Enops. **Relatório Técnico RC – Final -Volume II – Diagnóstico e Estudo de Concepção - Consolidação - Município de São Sebastião**. 2015.

SABESP, Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Unidade de Negócio do Litoral Norte. **Relatório Temporada 2020/2021**. 2021.

SANEPAR. **Serviço de abastecimento de água depende da energia elétrica**. 2014. Disponível em: <https://site.sanepar.com.br/noticias/servico-de-abastecimento-de-agua-depende-da-energia-eletrica>. Acesso em: 02 fev. 2022.

SÃO PAULO. **Decreto nº 12.342, de 27 de setembro de 1978**. Aprova o Regulamento a que se refere o artigo 22 do Decreto-lei 211, de 30 de março de 1970, que dispõe sobre normas de promoção, preservação e recuperação da saúde no campo de competência da Secretaria de Estado da Saúde. 1979. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/1978/decreto-12342-27.09.1978.html>. Acesso em: 02 fev. 2022.

SIDRA, Sistema IBGE de Recuperação Automática. **Estimativas de População: Tabela 6579 – População residente estimada**. 2022. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6579>. Acesso em: 02 fev. 2022.

SIMA, Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente. **IQA – Índice de Qualidade das Águas**. Disponível em: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/educacaoambiental/prateleira-ambiental/iqa-indice-de-qualidade-das-aguas/>. Acesso em: 02 fev. 2022.

SNIS. **Painel de Saneamento: Caraguatatuba**. 2020. Disponível em: http://appsnis.mdr.gov.br/indicadores/web/agua_esgoto/mapa-agua. Acesso em: 02 fev. 2022.

SOUZA, Deyvison Luiz Andrade de. **Análise dos impactos ambientais relacionados às perdas de água em rede de distribuição: estudo de caso em Olinda/PE**. 2016. 79 p. Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016. Disponível em: <https://attena.ufpe.br/bitstream/123456789/18595/1/Disserta%c3%a7%c3%a3o%20-%20Deyvison%20Luiz%20Andrade%20de%20Souza.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2022.

VIEIRA, Arthur Seemann *et al.* **Estudo de caso – plano de ação emergencial para o sistema de abastecimento de água de concórdia**. Brazilian Journal Of Development, [S.L], v.7, n.3, p. 29030-29049, 2021. Brazilian Journal of Development. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv7n3-563>. Disponível em: <https://brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/26783/21204>. Acesso em: 02 fev. 2022.