

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA

JULIANA LOCH

INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO NA TURBIDEZ DAS ÁGUAS DOS RIOS  
CUBATÃO DO SUL E VARGEM DO BRAÇO/SC E A AVALIAÇÃO DO CONSUMO  
DE COAGULANTES NO TRATAMENTO DA ÁGUA

Florianópolis  
13 de junho de 2019

JULIANA LOCH

INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO NA TURBIDEZ DAS ÁGUAS DOS RIOS  
CUBATÃO DO SUL E VARGEM DO BRAÇO/SC E A AVALIAÇÃO DO CONSUMO  
DE COAGULANTES NO TRATAMENTO DA ÁGUA

Dissertação apresentada ao  
Mestrado Profissional em Clima e  
Ambiente do Campus  
Florianópolis do Instituto Federal  
de Santa Catarina para a  
obtenção do diploma de Mestre  
em Clima e Ambiente.

Orientador: Débora Monteiro  
Brentano

Florianópolis  
13 de junho de 2019

CDD 628.1  
L812i

Loch, Juliana

Influência da precipitação na turbidez das águas dos rios Cubatão do Sul e Vargem do Braço / SC e a avaliação do consumo de coagulantes no tratamento da água [DIS] / Juliana Loch; orientação de Débora Monteiro Brentano – Florianópolis, 2019.

1 v.: il.

Dissertação de Mestrado (Clima e Ambiente) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Inclui referências.

1. Bacia hidrográfica. 2. Qualidade da água. 3. Abastecimento público. I. Brentano, Débora Monteiro.  
II. Título.

Sistema de Bibliotecas Integradas do IFSC  
Biblioteca Dr. Hercílio Luz – Campus Florianópolis  
Catalogado por: Edinei Antonio Moreno CRB 14/1065




Aluno (a): *Juliana Loch*

<b>Título:</b>	<i>Influência da precipitação e da turbidez das águas dos rios bubatão do sul e Bargem do Braço e a avaliação do consumo de coagulantes no tratamento da água.</i>
----------------	--

**Aprovado (a) pela Banca Examinadora em cumprimento ao requisito exigido para obtenção do Título de Mestre em Clima e Ambiente**

Dr(a). **DÉBORA MONTEIRO BRENTANO**

  
Orientador(a) / IFSC / Florianópolis – SC

Participação Presencial

Aprovado    ( ) Reprovado


Dr. **MÁRIO FRANCISCO LEAL DE QUADRO**

  
Membro da Banca / IFSC/ Florianópolis- SC

Participação Presencial

Aprovado    ( ) Reprovado


Dr(a). **BIANCA COELHO MACHADO**

  
Convidado(a) / CASAN/ Florianópolis - SC

Participação Presencial

Aprovado    ( ) Reprovado

MSc **FELIPE GUSTAVO TRENNEPOHL**

  
Convidado(a) / CASAN/ Florianópolis - SC

Participação Presencial

Aprovado    ( ) Reprovado

Este trabalho foi aprovado por:

( ) maioria simples

unanimidade

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a minha Mãe, você é simplesmente a melhor mãe do mundo! Sem a sua influência não teria conhecido o IFSC, lá em 2004. Este trabalho também é fruto de toda a sua batalha, dedico ele a você!

Agradeço ao meu Pai e a meu Irmão, por todo apoio durante a vida e especialmente durante o curso.

Agradeço ao IFSC, lembro aqui que foi nessa instituição que mudei o rumo da minha vida e abriu meus horizontes para uma jornada edificante.

Agradeço aos professores do Mestrado em Clima e Ambiente, o conhecimento que foi repassado por vocês foi de muita valia para este trabalho e para a vida.

Quero agradecer também a primeira e melhor turma do mestrado. Vocês são os melhores! Parceria desde que entramos e essenciais para que eu pudesse ultrapassar todas as barreiras que apareceram nestes dois anos de mestrado. Com vocês o curso ficou mais “leve”.

Agradeço ao professor Proença por ter sido meu primeiro orientador e também a professora Débora por ter aceitado continuar o trabalho me orientando e me ensinando MUITO sobre pesquisa.

Agradeço a CASAN, por disponibilizar dados para esta pesquisa e mais que isso, por proporcionar que eu pudesse frequentar as aulas do mestrado.

Agradeço aos amigos, que de alguma forma contribuíram para o percurso deste mestrado, desde o início, com a “comemoração” da aprovação e no decorrer do curso. Cito aqui a Évilyn, Karla, Bruna, Valter e Felipe. Obrigada por cada palavra de apoio.

*Por un mundo donde seamos socialmente  
iguales, humanamente diferentes y totalmente libres.*

(Rosa Luxemburgo, 1871 – 1919)

## RESUMO

O acesso à água potável está cada dia mais comprometido pelo aumento do consumo e da poluição, colocando em cheque as políticas de abastecimento e a disponibilidade da água de forma igualitária. No litoral de Santa Catarina, a região da Grande Florianópolis - área objeto de estudo, registra uma tendência de aumento gradativo do consumo, seguindo o aumento populacional. Somente a cidade de Florianópolis teve um aumento populacional de aproximadamente de 15% nos últimos 10 anos, o que representa um aumento no consumo de cerca de 10 milhões de litros de água por dia. Atualmente são potabilizadas uma média de 259 milhões de litros de água por dia na Estação de Tratamento de Água (ETA) José Pedro Horstmann. As águas dos rios Cubatão do Sul e Vargem do Braço são responsáveis pelo abastecimento de aproximadamente 700 mil pessoas, nos municípios de Florianópolis, São José, Palhoça, Biguaçu e Santo Amaro da Imperatriz. Este trabalho verificou a influência da variação da precipitação na turbidez na mistura das águas dos rios Cubatão do Sul e Vargem do Braço num período de 20 anos – 1997 a 2017, com indicação de uso no planejamento e gerenciamento da ETA José Pedro Horstmann. Observou-se que a precipitação explica apenas 10% da variação da turbidez, o que indica que existem outras variáveis influenciam neste parâmetro e consequentemente na qualidade da água bruta desses rios, como o balanço hídrico da região e intervenções antrópicas na bacia hidrográfica. Foi também correlacionada a turbidez com o consumo de coagulantes utilizados no tratamento da água e esta, do mesmo modo, não explica o consumo de coagulantes, indicando que existem outros fatores que influenciam na dosagem do produto, que podem ser outros parâmetros físico-químicos como a cor, pH ou dosagem inadequada do produto. Como produto do mestrado, entrevi-se junto aos operadores da ETA para informar sobre a importância do correto procedimento de dosagem do Sulfato de Alumínio para a companhia de abastecimento e também para a saúde da população, através de uma cartilha explicativa.

Palavras-Chave: Bacia Hidrográfica. Qualidade da água. Abastecimento público.

## ABSTRACT

The access to drinking water is increasingly compromised by increased consumption and pollution, putting supply policies and availability on an equal footing. On the coast of Santa Catarina, the region of Grande Florianópolis - area under study, shows a trend of gradual increase of consumption, following the population increase. Only the city of Florianópolis had a population increase of approximately 15% in the last 10 years, which represents an increase in consumption of about 10 million liters of water per day. An average of 259 million liters of water per day are currently being potabilized at the José Pedro Horstmann Water Treatment Plant. The waters of the Cubatão do Sul and Vargem do Braço rivers are responsible for supplying approximately 700 thousand people in the municipalities of Florianópolis, São José, Palhoça, Biguaçu and Santo Amaro da Imperatriz. This work verified the influence of precipitation variation on turbidity in the mixture of the Cubatão do Sul and Vargem do Braço rivers, Arm in a period of 20 years - from 1997 to 2017, with an indication of their use in the planning and management of Water Treatment Plant José Pedro Horstmann. It was observed that the precipitation explains only 10% of the turbidity, which indicates that there are other variables that influence this parameter and consequently the quality of the raw water of these rivers, such as the water balance of the region and anthropogenic interventions in the river basin. which indicates that there are other variables that influence this parameter and consequently the quality of the raw water of these rivers. Similarly, relating the turbidity to the consumption of coagulants used in water treatment, Turbidity was also correlated with the consumption of coagulants used in the treatment of water and this, likewise, does not explain the consumption of coagulants, indicating that there are other factors that influence the dosage of the product, which may be other physical and chemical parameters such as color, pH or inadequate dosage of the product. As a product of the master's degree, Water Treatment Plant operators intervened to inform about the importance of the correct aluminum sulphate dosing procedure for the supply company and also for the health of the population, through an explanatory booklet.

Keywords: Hydrographic Basin. Water quality. Public supply.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Figura 01: Fluxograma das etapas de tratamento de água na ETA José Pedro Horstmann, 2015. ....	31
Figura 2: Figura 01: Localização da bacia hidrográfica do rio Cubatão do Sul. Modificado a partir de Exterckoter (2006) .....	35
Figura 3: Figura 02: Localização da captação do rio Cubatão do Sul, da ETA e da Estação da ANA. Fonte: Hidroweb - ANA, 2019. ....	36
Figura 4: Figura 03: Médias mensais de precipitação (mm) de 1997 a 2017, na bacia hidrográfica do rio Cubatão do Sul. ....	37
Figura 5: Médias de precipitação (mm) entre 1997 e 2017. ....	38
Figura 6: Tendência da precipitação (mm) de 1997 a 2017. ....	39
Figura 7: Médias mensais de turbidez (NTU) entre 1997 a 2017, na bacia hidrográfica do rio Cubatão do Sul. ....	42
Figura 8: Médias de turbidez (NTU) entre 1997 e 2017. ....	43
Figura 9: Recorte com a localização da SC-431, com destaque para a rodovia em cor laranja e para o rio Cubatão do Sul em cor azul. Fonte: Google Maps e Estado de SC – Departamento Estadual de Infraestrutura. Programa rodoviário do Estado de SC – Etapa IV.....	45
Figura 10: Talude erodido na área de terraplanagem da rodovia SC-431. Fonte: Relatório da obra. Construtora: CONTER – S/A. Supervisora: IGUATEMI – Consultoria e serviços de engenharia LTDA. ....	46
Figura 11: Tendência da Turbidez (NTU) no período entre 2007 e 2017. ....	47
Figura 12: Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão do Sul, no contexto do Estado de Santa Catarina. Fonte: Kaetsu, 2015. ....	54
Figura 13: Localização das captações de águas dos rios, da ETA e da Estação da ANA. Fonte: Google Earth, 2018.....	56
Figura 14: Médias anuais de precipitação (mm) (a precipitação foi dividida por 100) e turbidez (NTU) na BH do rio Cubatão do Sul (2007 a 2017). ....	60
Figura 15: Variação da Turbidez (NTU) em função da Precipitação (mm) na mistura da água dos rios Cubatão do Sul e Vargem do Braço, antes da entrada na ETA José Pedro Horstmann ( $R^2=0,10$ ; $p<0,05$ ). ....	61
Figura 16: Variação da Turbidez (NTU) em função da Precipitação (mm) na mistura da água dos rios, antes da entrada na ETA José Pedro Horstmann, quando considera-se valores de precipitação maiores que 35mm registrados no período de um dia( $R^2=0,19$ ; $p<0,05$ ). ....	62
Figura 17: Localização dos pontos de extração de areia no rio Cubatão do Sul. Fonte: Google Earth, 2018. ....	66
Figura 18: Detalhe das águas do rio Cubatão do Sul próximo às extrações de areia Fonte: Google Earth, 2019. ....	67
Figura 19: Recorte do Mapa de Produção Mineral de Santa Catarina, com destaque para áreas próximas ao leito do rio Cubatão do Sul. Fonte: DNPM, 2013. ....	68
Figura 20: Relação de coagulante X turbidez, na ETA José Pedro Horstmann, 2017 a 2018. ....	75

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	13
1.1 Objetivos .....	20
1.1.1 Objetivo geral .....	20
1.1.2 Objetivo(s) específico(s) .....	20
1.2 Revisão de literatura .....	21
1.2.1 Mananciais .....	21
1.2.2 Bacia Hidrográfica .....	22
1.2.3 Turbidez.....	23
1.2.4 Precipitação.....	25
1.2.5 Tratamento da água .....	26
CAPÍTULO I .....	31
Introdução .....	31
Materiais e métodos .....	32
Dados de turbidez .....	33
Dados de precipitação.....	34
Análises.....	34
Resultados .....	34
Precipitação na bacia hidrográfica .....	34
Turbidez na bacia hidrográfica .....	42
Considerações finais .....	47
Referências .....	48
CAPÍTULO II .....	51
Resumo.....	51
Abstract.....	51
Resumem.....	52
Introdução .....	52
Materiais e métodos .....	53
Dados de turbidez .....	55
Dados de precipitação.....	56
Análises estatísticas.....	56
Resultados e discussão .....	57

Precipitação.....	57
Turbidez .....	58
Relação entre turbidez e precipitação .....	59
Erosão e extração de areia .....	64
Considerações finais .....	70
Referências Bibliográficas .....	70
CAPÍTULO III .....	75
3. PRODUTO DESENVOLVIDO.....	75
3.1 Dados de consumo de coagulante e relação com a turbidez.....	75
3.2 Dosagem de coagulante no tratamento da água.....	75
3.3 Resultados .....	75
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	79
REFERÊNCIAS.....	81

## INTRODUÇÃO

O acesso à água potável em todo o mundo é atualmente alvo de preocupações. Muitas regiões do planeta enfrentam escassez e em outras o recurso é encontrado com abundância. Trata-se de um dos bens fundamentais da natureza, que está cada dia mais comprometido pelo aumento do consumo de recursos naturais e da poluição, colocando em cheque as políticas de abastecimento e a disponibilidade desse recurso para todos, de forma igualitária. Problemas na disponibilidade da água afetam os diferentes ecossistemas, ampliando os efeitos políticos e socioeconômicos.

É um grave problema que persiste em crescer com práticas não sustentáveis, como: a retirada de matas ciliares, expansão da fronteira agrícola em áreas sensíveis, uso inapropriado de agrotóxicos, as atividades de mineração e pecuária intensiva, extrativista, a ocupação urbana em áreas protegidas e com importância ao ecossistema, o despejo inadequado de efluentes industriais, esgotos domésticos e hospitalares, entre outros. Todos esses fatores, associados a falta de uma política global eficiente de gestão, projetam um aumento nos problemas hoje encontrados.

Segundo Tundisi (2011), o desenvolvimento dos recursos hídricos não pode dissociar-se da conservação ambiental, já que na essência envolve a sustentabilidade do homem no meio natural.

Os rios tiveram sempre um papel muito importante no estabelecimento, na sobrevivência e no desenvolvimento da civilização. Uma vez que as comunidades agrícolas primitivas se desenvolviam prioritariamente em áreas ciliares, os problemas causados por enchentes e doenças palustres e a própria barreira física imposta pelo uso de água levaram o homem a estudar e vencer os processos fluviais. A utilização dos recursos hídricos para os mais variados fins implica impactos de intensidade e natureza extremamente variadas cujo entendimento somente veio a ocorrer, em muitos casos, séculos após a interferência. (STEVAUX e LATRUBESSE, 2017).

Rodriguez, et. al. (2016) apontam que o Brasil conta com mais de 12% da água doce do planeta, o que lhe confere uma posição privilegiada quanto à disponibilidade hídrica. Com o aumento da população e o desenvolvimento econômico, a pressão sobre o recurso hídrico tem aumentado, evidenciando a necessidade de monitoramento que sirva ao prognóstico e planejamento da disponibilidade dos recursos hídricos. Esta necessidade é ainda acentuada pela distribuição espacial

irregular das águas superficiais, dada a extensão continental do Brasil, que apresenta um grande gradiente climático.

A água enquanto elemento presente em grande proporção na composição física dos seres vivos é considerada indispensável para a promoção da vida, além de ser a principal matéria-prima para o desenvolvimento socioeconômico do país. Dentre as principais utilidades da água destacam-se: dessedentação animal e humana, higiene e consumo industrial. Para esse consumo é necessário que a água seja de boa qualidade, ou seja, aquela que esteja livre de qualquer contaminação que possa ser nociva à saúde (SOUZA, 2011).

No litoral de Santa Catarina, a região da Grande Florianópolis, onde está inserida a área objeto de estudo, tem atualmente uma grande demanda de consumo hídrico, com uma tendência de aumento gradativo, conforme o aumento populacional, atualmente são potabilizadas uma média de 259.200.000 litros de água por dia na Estação de Tratamento de Água (ETA) José Pedro Horstmann (essa ETA também é chamada de ETA Cubatão e ETA Morro dos Quadros), que abastece parte da região. Assim surge a importância da proteção e conservação dos mananciais superficiais que atualmente são utilizados para abastecimento da população.

O aumento da retirada de água tem significado para muitos países perdas substanciais e desequilíbrios no ciclo hidrológico. Quando as retiradas de água para irrigação, abastecimento público ou uso industrial excedem a quantidade de água repostada pela precipitação e a recarga, há um desequilíbrio que causa escassez. Isso ocorre tanto em águas superficiais quanto em águas subterrâneas (TUNDISI, 2011).

É importante a prática de políticas públicas mitigando o uso irracional da água e as agressões ambientais em todo o entorno dos corpos hídricos, visando à melhoria da qualidade e conservação destes recursos, indispensáveis para a manutenção da vida. Se as medidas de proteção destas áreas, fontes de recursos hídricos, não forem praticadas, a região da Grande Florianópolis tende a sofrer, assim como grande parte das populações urbanas, com alguma escassez hídrica.

Di Bernardo (2017) lembra que, embora a disponibilidade de água superficial não seja uniforme no Brasil, com grandes concentrações populacionais em regiões nas quais, nessa forma de ocorrência, a água está se tornando escassa, pode-se afirmar que o país é privilegiado em recursos hídricos, não havendo conflitos relevantes pelo uso da água em seus municípios, estados e países fronteiriços,

como vem sendo observado nos últimos anos em países de algumas regiões do mundo. Um exemplo recente (2017) é a severa crise hídrica que a capital da África do Sul, Cidade do Cabo, com pouco mais de quatro milhões de pessoas, enfrenta para abastecer sua população. Uma crise recente também ocorreu no Brasil, de acordo com Marengo et al. (2015) a estação chuvosa de 2014 teve valores inferiores a média histórica para a região, um sistema anômalo foi responsável por essa diminuição da precipitação que combinado com o crescimento da demanda de água e o ineficiente gerenciamento desse recurso culminou numa crise hídrica entre 2014 e 2015 que afetou milhões de pessoas no estado de São Paulo.

Segundo Tundisi (2011) cerca de 1/3 da população mundial vive em países onde a falta de água vai de moderada a altamente impactante, e o consumo representa mais de 10% dos recursos renováveis da água. Ainda, mais de 1 bilhão de pessoas têm problemas de acesso à água potável; 2,4 bilhões não tem acesso a saneamento básico.

A degradação da qualidade da água e sua escassez qualitativa e quantitativa estão atualmente entre os principais focos de atenção das políticas ambientais em nível global. Os modelos de desenvolvimento baseados na utilização irracional dos recursos naturais motivaram reações e a busca de soluções visando à compatibilização entre exploração econômica e utilização racional dos estoques ambientais (LIRA e CANDIDO, 2013).

Considerando que as águas do Rio Cubatão Sul e Rio Vargem do Braço são responsáveis pelo abastecimento de aproximadamente 700 mil pessoas (CASAN, 2013), o que corresponde a cerca de 10% da população total do Estado de Santa Catarina, localizada nos municípios de Florianópolis, São José, Palhoça, Biguaçu e Santo Amaro da Imperatriz, é de grande importância estudos que tenham como foco as águas destes rios.

A turbidez das águas é um importante indicador da qualidade ambiental de um rio. De acordo com a (ANA, 2018) a turbidez indica o grau de atenuação que um feixe de luz sofre ao atravessar a água. Esta atenuação ocorre pela absorção e

espalhamento da luz causada pelos sólidos em suspensão (silte, areia, argila, algas, detritos, etc). Ainda de acordo com a (ANA, 2018) as principais fontes de turbidez nas águas de um rio é a erosão dos solos, quando na época das chuvas as água pluviais trazem uma quantidade significativa de material sólido para os corpos d'água. Atividades de mineração, assim como o lançamento de esgotos e de efluentes industriais, também são fontes importantes que causam uma elevação da turbidez das águas. Outro problema é que, o aumento da turbidez nas águas do rio faz com que uma quantidade maior de produtos químicos, os coagulantes, sejam utilizados nas estações de tratamento de água, aumentando os custos do tratamento. A erosão é um processo natural que faz parte da evolução do relevo do planeta e consiste resumidamente na desagregação do solo, no transporte de partículas desagregadas e no depósito de partículas em áreas mais baixas. A erosão do solo causada por práticas agrícolas tem se caracterizado como um dos mais preocupantes problemas causados pela agricultura, não somente nas questões ambientais, mas também pelos prejuízos na própria produção de alimentos.

Segundo Bertoni, Lombardi Neto (1995) perdas de nutrientes e matéria orgânica, alterações na textura, estrutura e quedas nas taxas de infiltração e retenção de água são alguns dos efeitos da erosão sobre as características do solo, ou seja, a perda do solo provocada pela erosão reduz a produtividade daquele solo, principalmente, devido à perda de nutrientes e a degradação da sua estrutura.

A água é um recurso natural estratégico que possui um estimado valor ambiental e, portanto social, sendo de primordial à existência e bem estar do homem e à manutenção da vida no planeta.

A água tem fundamental importância para a manutenção da vida no planeta e, portanto, falar da relevância dos conhecimentos sobre a água, em suas diversas dimensões, é falar da sobrevivência da espécie humana, da conservação e do equilíbrio da biodiversidade e das relações de dependência entre seres vivos e ambientes naturais (BACCI e PATACA, 2008).

No Brasil, a Lei Federal nº 9.433, de 08 de Janeiro de 1997 (BRASIL, 1997) que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGRH), traz diversas diretrizes relacionadas ao uso dos recursos hídricos, e dentre elas, em seu inciso "I" fala que: "a água é um bem de domínio público", ou seja, mesmo que ela se encontre dentro dos limites de terras particulares, todos têm direito ao seu acesso. Nessa mesma

legislação são abordadas as bacias hidrográficas, que são consideradas as unidades territoriais para implementação da PNRH e atuação do SNGRH, ou seja, as políticas públicas para controle, gerenciamento e planejamento do uso das águas são baseadas nas atividades realizadas dentro de cada bacia hidrográfica, facilitando o planejamento e viabilizando futuras propostas para limites de usos, verificando quais são os locais com maior necessidade de investimentos em melhoria da qualidade ambiental, visto que, a água é um direito universal.

A efetivação da operacionalização do SNGRH depende da qualidade das ações de monitoramento da água do país, proposta deste projeto de mestrado, que trata de dados históricos de monitoramento da qualidade da água.

Os rios Cubatão do Sul e Vargem do Braço percorrem vários municípios da região, o que os tornam mais suscetíveis a problemas que surgem da poluição, como de esgotos domésticos, resíduos sólidos, agrotóxicos provenientes da agricultura, entre outros, que podem prejudicar a saúde humana. Segundo Tundisi (2011) as principais doenças de veiculação hídrica em escala mundial são a cólera, disenteria, enterite, febre tifóide, hepatite infecciosa, poliomielite, criptosporidiose, disenteria amebiana, esquistossomose, ancilostomíase, malária, febre amarela, dengue, a maioria delas sendo vírus ou bactérias.

Com relação à região, a degradação ambiental atual nas áreas da bacia hidrográfica é refletida nos recursos hídricos, no solo e na cobertura vegetal. Devido a esta degradação, ocorre dificuldade no tratamento de água realizado pelas Companhias de Saneamento, desafio cada vez maior para as companhias de saneamento.

A falta de água em níveis que possam inviabilizar os padrões de qualidade de vida é uma realidade sofrida por alguns países. Os efeitos na qualidade e na quantidade de água disponível podem estar relacionados ao crescimento populacional dos municípios e em consonância a isso o crescimento desordenado dos mesmos, provocando a contaminação e poluição dos corpos hídricos. Segundo dados do Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF) e da Organização Mundial de Saúde (OMS) quase metade da população mundial (2,6 milhões de pessoas) não conta com serviço de saneamento básico e uma em cada seis pessoas (cerca de 1,1 bilhão de pessoas) não possui um apropriado sistema de abastecimento de água. As expectativas das ONU(s) é que se essa tendência prosseguir, no ano de 2050 mais de 45% da população mundial estarão residindo em países que não oferecerão a cota mínima diária de 50 litros de água por pessoa. Com a intenção de melhorar esse índice, no ano de 2000 países membros da ONU assumiram uma meta de até o ano de 2015 reduzir à metade a população que não têm acesso a água potável e saneamento básico (BRASIL, 2014).



De acordo com Stevaux e Latrubesse (2017) durante o trajeto do rio na rede de drenagem, uma partícula pode ser sedimentada e removida várias vezes. A transferência dessas partículas sedimentares desde os pontos mais altos da bacia até sua deposição final, geralmente num lago ou oceano (oceano, no caso da bacia em questão), dá-se por uma alternância contínua de processos de erosão, transporte e sedimentação. Estima-se que um rio utilize um mínimo de sua energia para realizar a erosão e o transporte fluvial, sendo a grande maioria convertida em calor provindo da fricção entre a água e as paredes do canal e da turbulência interna do fluxo. A carga transportada procede da bacia de drenagem, de depósitos fluviais prévios (terraço e planície de inundação) e do fundo e das margens do próprio canal; ela pode ser dissolvida, no caso de solução iônica ou carga particulada ou clástica, formada de fragmentos dos mais variados tamanhos (STEVAUX e LATRUBESSE 2017).

A capacidade de transferência de partículas do rio é de grande importância no aumento ou diminuição da turbidez da água a jusante do ponto mais alto. Cada atividade na bacia deve ser considerada a fim de não prejudicar a qualidade da água recebida pela ETA e por demais usuários do rio. Para acompanhar as alterações na qualidade dessa água, o controle físico-químico em laboratório é de grande importância, podendo revelar ao longo dos anos, intervenções antrópicas ou até mesmo possíveis mudanças nos regimes de precipitação da região.

Embora seja indispensável ao organismo humano, a água pode conter determinadas substâncias, elementos químicos e microrganismos que devem ser eliminados ou reduzidos a concentrações que não sejam prejudiciais à saúde humana. A industrialização e o aumento populacional dos centros urbanos têm intensificado a contaminação dos mananciais, tornando indispensável o tratamento de água destinada ao consumo humano. Grande parte das doenças que se alastram nos países em desenvolvimento é proveniente da água de qualidade insatisfatória. (DI BERNARDO, 2017).

Para Braga et al. (2005) o uso de indicadores físico-químicos da qualidade da água consiste no emprego de variáveis que se correlacionam com as alterações ocorridas na bacia, sejam essas de origem antrópica ou natural. Deste modo, percebe-se que os cursos de água de uma bacia hidrográfica são afetados pelo uso e ocupação do solo e por contaminantes despejados nos recursos hídricos de toda a área de drenagem.

O tipo de tratamento de água realizado pela CASAN, na ETA José Pedro Horstmann, teve que ser alterado de filtração direta ascendente para ciclo completo devido à piora na qualidade da água recebida na ETA ao longo dos últimos 20 anos, principalmente aumento na cor e turbidez das águas. O aumento populacional e maior ocupação nas áreas adjacentes aos cursos d'águas, neste período pode ter promovido uma piora na qualidade. Com relação a algumas cidades da Bacia Hidrográfica, de acordo com os Censos do IBGE, do ano de 1991 ao ano de 2010, a cidade de Águas Mornas teve aumento populacional de 16%, Santo Amaro da Imperatriz teve aumento populacional de 33% e Palhoça teve aumento de 50% na população.

Na época em que foram realizados estudos para viabilizar e projetar a ETA José Pedro Horstmann, as análises físico-químicas da água do rio Cubatão mostravam que o mesmo possuía baixa turbidez, mesmo em períodos de chuvas. Assim a estação de tratamento foi projetada segundo esses parâmetros. Com o aumento populacional e conseqüente processo de degradação das margens, mineração, despejos de esgoto e resíduos sólidos (lixo) ao longo dos anos, as características físico-químicas e biológicas sofreram alterações prejudicando a qualidade das águas do rio.

O processo de tratamento inicialmente realizado na ETA era feito por filtração direta com modelo de filtro russo ascendente, possuindo 10 filtros. Este tratamento conseguiu adaptar-se a maioria das alterações ocorridas, com exceção do parâmetro de cor e turbidez, pois a piora na qualidade das águas dos rios foi se elevando de forma que esse tipo de tratamento – filtração direta – não era mais suficiente para atender os padrões de portabilidade da legislação vigente.

O Ministério da Saúde (MS) estabelece que a água tratada e distribuída para o consumo humano deve ser controlada com rigorosidade. A legislação – Portaria de Consolidação Nº 5 de 2017 – define também a quantidade mínima, a frequência em que as amostras de água devem ser coletadas e os limites permitidos. Na CASAN é realizado controle de qualidade da água, através de análises físico-químicas e microbiológicas, das águas dos rios que servem de abastecimento público. A atual legislação do MS referente ao controle da água tratada para abastecimento, a Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017 é que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo

humano e seu padrão de potabilidade. Para esta pesquisa, o parâmetro de maior relevância é a turbidez, que é um parâmetro de aspecto estético de aceitação ou rejeição do produto, e o valor máximo permitido de turbidez na água distribuída, de acordo com a atual legislação é de 5,0 NTU.

Devido ao aumento da demanda de consumo hídrico, as alterações ocorridas na qualidade da água recebida, e a maior exigência nos limites estabelecidos pela portaria do MS, a ETA passou por um processo de ampliação e reforma se tornando uma ETA convencional e recebendo novas etapas no tratamento da água, a floculação e decantação (etapas antes desnecessárias, pois a qualidade da água era excelente), visando aumento da vazão e melhoria na qualidade da água distribuída.

A hipótese deste trabalho é de que existe uma relação direta entre a precipitação e a turbidez da mistura das águas dos rios utilizados para abastecimento. Para testar essa hipótese foram avaliados 20 anos de dados de precipitação e turbidez e foi verificado se a variável precipitação é um bom preditor da turbidez da mistura das águas dos rios Cubatão do Sul e Vargem do Braço, com indicação de uso no planejamento e gerenciamento da ETA José Pedro Horstmann. Também acredita-se que a dosagem de Sulfato de Alumínio é diretamente proporcional à turbidez da mistura da águas bruta dos rios Cubatão do Sul e Vargem do Braço.

## **1.1 Objetivos**

### 1.1.1 Objetivo geral

Verificar o potencial uso da variável precipitação como preditor da turbidez da mistura das águas dos rios Cubatão do Sul e Vargem do Braço, para planejamento e gerenciamento da ETA José Pedro Horstmann.

### 1.1.2 Objetivos específicos

Avaliar o histórico da precipitação na bacia hidrográfica do rio Cubatão do Sul ao longo de 20 anos;

Avaliar a variação da turbidez da mistura das águas dos rios Cubatão do Sul e Vargem do Braço, ao longo de 20 anos;

Verificar a relação entre precipitação e turbidez na mistura das águas dos rios Cubatão do Sul e Vargem do Braço;

Avaliar a turbidez como preditora da demanda de coagulante (Sulfato de Alumínio) utilizado no tratamento da água na ETA José Pedro Horstmann.

Para melhor compreensão e organização, o trabalho foi dividido em três capítulos. No Capítulo I fez-se a análise individual da turbidez e precipitação do período de 20 anos. No capítulo II é feita a relação entre turbidez e precipitação e no Capítulo III fez-se uma relação entre turbidez e consumo de coagulantes e é também onde se encontra o produto do mestrado.

## 1.2 Revisão da literatura

A revisão da literatura se faz necessária para a compreensão de alguns dos principais assuntos abordados nesta pesquisa. Serão revisados nestes tópicos os Mananciais, Bacias Hidrográficas, Turbidez, Precipitação e Tratamento da água, de acordo com outros autores. A finalidade da revisão é facilitar a compreensão dos resultados encontrados nesta pesquisa.

### 1.2.1 Mananciais

De acordo com Brasil (2014) os mananciais responsáveis pelo o abastecimento público são fontes de águas doces superficiais ou subterrâneas utilizadas para consumo humano ou desenvolvimento de atividades econômicas. De um modo geral, as concepções de sistemas de abastecimento dependem principalmente do tipo de manancial, da topografia da área e da população a ser atendida.

A seleção da fonte abastecedora de água é processo importante na construção de um sistema de abastecimento. Deve-se, por isso, procurar um manancial com vazão capaz de proporcionar perfeito abastecimento à comunidade, além de ser de grande importância a localização da fonte, a topografia da região e a presença de possíveis focos de contaminação. A captação pode ser superficial ou subterrânea (COPASA, 2019).

Babbitt *et al.*(1962) explica que os mananciais podem ser, a grosso modo, grupados em 3 categorias: (1) rios perenes, sem represamento, (2) rio ou curso d'água com reservatório de acumulação e (3) lagos naturais. Os rios perenes, como os estudados nesse trabalho, podem ser usados sem represamento se a vazão mínima prevista exceder a demanda máxima para a correspondente estação crítica do ano. Se isso não se verificar, o rio ou corrente exigirá a construção de um reservatório de acumulação, para armazenar água nos períodos ou estações de

excesso de suprimento, para ser usada durante os de suprimento deficiente. No caso do rio Vargem do Braço, foi construída uma pequena barragem de acumulação.

A escolha do manancial, além de obedecer aos critérios relativos ao uso a que se destina – consumo humano – também precisa evitar que surjam problemas decorrentes de alterações significativas da qualidade, que podem, com o tempo, tornar inviável a tecnologia adotada de tratamento. O crescimento das populações urbanas, a concentração demográfica, a expansão industrial e os usos diferentes do solo da bacia hidrográfica do manancial fornecem uma ideia preliminar da possibilidade de sua utilização como fonte de abastecimento para um projeto compatível com as condições econômicas existentes (DI BERNARDO, 1993).

De acordo com Stevaux e Latrubesse (2017) de maneira simplista, um rio pode ser definido como um sistema unidirecional que se modifica progressivamente das cabeceiras para a foz à medida que o gradiente se reduz e o volume de água aumenta. Ainda sobre os rios, que é um manancial superficial, Stevaux e Latrubesse (2017) dizem que por sua própria natureza, um rio está sempre em mudança. Seja no deslocamento de uma pequena forma de leito, seja na erosão de um banco, seja na troca do padrão do canal, a interação entre gravidade, água e sedimento promove uma constante transformação na morfologia e no funcionamento do sistema.

Os dois mananciais abordados nesta pesquisa, o rio Cubatão do Sul e rio Vargem do Braço, apresentam características distintas entre si. O rio Vargem do Braço nasce e percorre uma região preservada, principalmente por estar em grande parte protegido pelos limites do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro, com as suas águas tendo características mais relacionadas à decomposição de matéria orgânica presente na floresta que o circunda. Já, o rio Cubatão do Sul, vêm desde a sua nascente com maior interferência antrópica em suas margens, principalmente por se localizar a áreas mais próximas ao centro de cidades, como Águas Mornas, Santo Amaro da Imperatriz e Palhoça, apresentando em suas águas algumas características relacionadas a essas intervenções humanas, como maior turbidez na água.

### 1.2.2 Bacias Hidrográficas

Para Mendes (2013), pode-se entender a bacia hidrográfica como um sistema fechado, onde o componente temporal de entrada refere-se principalmente à

precipitação, e o componente temporal de saída refere-se à vazão efluente na exutória – é o ponto exato do curso d'água onde se dá todo o escoamento superficial, esse ponto coincide com o ponto mais inferior para onde converge toda a descarga hídrica desta bacia. A quantidade de água que passa pela seção fluvial no exutório numa unidade de tempo é chamada de descarga ou vazão desta bacia. Este modelo hidrológico não contempla os processos de perdas envolvidos na bacia, resultantes de infiltração, evaporação e interceptação da água precipitada. A evaporação está continuamente ocorrendo em toda a extensão da bacia.

O volume de água evaporado é mais expressivo quando na superfície livre dos componentes, como em projetos de grandes reservatórios, onde a área a ser inundada tem dimensões muito grandes e sofre a ação das intempéries, acelerando o processo de perda. Em bacias com menos densidade de drenagem, as perdas mais expressivas ocorrem devido à infiltração no solo. A taxa de variação da infiltração depende de diversos fatores, dentre eles: o nível de saturação do solo, a vegetação presente na bacia, a composição geológica e a declividade do terreno. A água que penetra no solo alimenta o lençol freático, movendo-se lateralmente e surgindo na própria bacia, como fonte de escoamento superficial, ou em bacias adjacentes (AWWA, 1964).

O traçado de uma bacia é gerado a partir da topografia, unindo-se os pontos de máxima cota entre as bacias, o que não impede que no interior de uma bacia existam picos de máxima cota superiores a qualquer ponto do divisor. A linha gerada deve atravessar o curso d'água somente uma vez, no local correspondente a exutória.

A bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água de precipitação que faz convergir o escoamento para um único ponto de saída. A bacia hidrográfica compõe-se de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar em um leito único no seu exutório (TUCCI, 1997).

Segundo Porto (2008) a bacia hidrográfica pode ser considerada um ente sistêmico e é onde se realizam os balanços de entrada proveniente da chuva e saída de água através do exutório, permitindo que sejam delineadas bacias e sub-bacias, cuja interconexão se dá pelos sistemas hídricos.

Com relação à bacia hidrográfica em estudo, o Estado de Santa Catarina foi dividido pela lei Estadual Nº 10.949/98 em dez regiões hidrográficas. A bacia do Rio Cubatão pertence à região hidrográfica 8, denominada RH8 – Litoral Centro. Essa

região hidrográfica possui área de 5.824 km<sup>2</sup> e compreende as bacias hidrográficas do rio Tijucas, Biguaçu, Cubatão Sul e Madre (SANTA CATARINA, 1998).

De acordo com Di Bernardo (2017), muitas bacias hidrográficas abrangem diversos municípios, então houve a necessidade da criação de comitês de bacia hidrográfica, compostos por representantes da União, Estados, Municípios, usuários da água e de entidades civis de recursos hídricos com atuação comprovada na bacia. Foi através do Decreto 3.943 do ano de 1993 que foi criado o Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do rio Cubatão e, dentre outros, em seu Art. 2º o decreto menciona que são finalidades do Comitê Cubatão: “1 – promover estudos, projetos e pesquisas sobre o uso, a preservação e a recuperação da bacia hidrográfica do Rio Cubatão”.

### 1.2.3 Turbidez

Segundo Correia et al (2008), turbidez é a dificuldade que um feixe de luz tem para transpor certa quantidade de água, causada por material sólido em suspensão (silte, argila, colóides, matéria orgânica, etc.). Ou seja, parte das matérias sólidas em suspensão que causam a turbidez são os sedimentos.

A turbidez é um parâmetro de qualidade da água que corresponde à redução da transparência do meio líquido, ela é promovida pelo material em suspensão, dificultando assim a passagem dos raios solares pela água. O tamanho das partículas pode interferir diretamente na turbidez, pois, partículas menores permanecem em suspensão enquanto que as maiores tendem a decantar gradativamente. Por impedir a passagem dos raios solares, águas com elevada turvação favorecem a demanda evaporativa. Além disso, a turbidez também pode interferir no ambiente aquático. Deste modo estudos que favoreçam a mensuração da mesma são de fundamental importância (CHAGAS, 2015).

Di Bernardo (2017) ainda lembra que a turbidez das águas é devida a presença de partículas em suspensão e em estado coloidal, as quais podem apresentar uma ampla faixa de tamanho. A turbidez pode ser causada, principalmente, por areia fina, argila e microrganismos em geral. Porém, as argilas são as principais responsáveis pela turbidez das águas naturais.

As argilas são constituídas principalmente, por argilominerais, além de outros materiais, como matéria orgânica, quartzo, mica, pirita, calcita, etc. os primeiros, constituintes básicos das argilas, contêm silicatos hidratados de



alumínio e de ferro, e alguns elementos alcalinos e alcalinos terrosos. Morfologicamente, as partículas de argila apresentam-se em forma de plaquetas compostas por lâminas muito finas (DI BERNARDO, 2017).

De modo geral, as águas doces são distribuídas em classes segundo a sua qualidade e destinação. A Resolução CONAMA- 357/05 apresenta em seu Capítulo II, Seção I, artigo 4º, a distribuição dessas águas doces em quatro classes: Classes I, II e III, podem ser destinadas ao abastecimento humano após algum tipo de tratamento. Classe IV, podendo ser destinadas apenas para navegação e harmonia paisagística. Na tabela 01 podemos verificar os valores máximos de turbidez permitidos de acordo com cada classe.

<b>CLASSE</b>	<b>Turbidez máxima permitida</b>
I	até 40 NTU
II	até 100 NTU
III	até 100 NTU

Tabela 01- Parâmetro de turbidez de acordo com a classificação das águas, definidos pela Resolução. Fonte: Resolução CONAMA 357/2005.

Com relação à medição de turbidez, no caso da CASAN, as análises são realizadas pelo método nefelométrico. Di Bernardo (1993) fala que no princípio da nefelometria, é medida a quantidade de luz dispersa através da amostra de água colocada em cubeta de quartzo, em uma célula fotoelétrica com luz incidente a 90°C, na parte inferior da cubeta. Esse princípio é usado em aparelhos de bancada em laboratório, cujos padrões são preparados com formazina.

A qualidade da água depende de sua origem e história. Em geral, as águas naturais revelam qualidades nitidamente características dos mananciais. Contudo, muitos fatores produzem variações em águas provenientes do mesmo tipo de manancial, conforme as oportunidades de receber substâncias solúveis, ou de transportá-las em suspensão. As condições climáticas, geográficas e geológicas desempenham importante papel na determinação da qualidade da água (AWWA, 1964).

Ainda, de acordo com essa mesma agência, a qualidade da água captada nos mananciais de superfície depende: do tipo e da área da bacia hidrográfica; de sua geologia e topografia; da extensão e natureza das alterações introduzidas pelo homem; da época do ano e das condições do tempo. A qualidade da água dos cursos d'água é geralmente mais variável e menos satisfatória que a dos lagos. Os

mananciais de superfície em áreas densamente povoadas são afetados pelo esgoto e pelos despejos industriais (AWWA, 1964).

#### 1.2.4 Precipitação

A América do Sul, onde se localiza a área de estudos, segundo Reboita (2012) possui formas de relevo variadas, como os planaltos e planícies, além de possuir cobertura vegetal não homogênea, além disso, é circundada a leste pelo oceano Atlântico. Estes fatores, além dos sistemas atmosféricos combinados proporcionam a atuação e o desenvolvimento de diferentes sistemas atmosféricos que contribuem para uma precipitação bem distribuída ao longo do ano e com totais pluviométricos elevados. Diferentes sistemas atmosféricos influenciam a precipitação na região de estudos ao longo do ano, ou seja, os sistemas frontais, os ciclones, os CCM (Complexo Convectivo de Mesoescala), as linhas de instabilidade, os sistemas convectivos alongados persistentes, os VCANs (Vórtice Ciclônico de Alto Níveis) e as circulações de brisa.

Ainda de acordo com Reboita (2012), os sistemas frontais correspondem à zona de encontro entre duas massas de ar com propriedades térmicas distintas. Na ocorrência de frentes frias, a massa de ar frio força a massa de ar mais quente a subir, uma vez que esta é menos densa. Isso favorece a formação de nuvens e chuva. Também a área de estudos encontra-se entre duas regiões favoráveis à formação de ciclones: uma na costa sul/sudeste do Brasil e outra entre o Uruguai e o extremo sul do Brasil, influenciando na precipitação. Outros sistemas atuam na região sul do Brasil, como a circulação de brisa e a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).

Segundo Cavalcanti, et al. (2009) na região Sul, o regime de chuvas é dominado por frentes frias o ano inteiro, por ciclones que se formam localmente ou por ciclones extratropicais que por ali passam, e por Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCMs).

UFSC (2013) fala que por sua localização geográfica, o clima do Estado caracteriza-se por ter as quatro estações bem definidas e as chuvas distribuídas ao longo do ano, não havendo estação seca e isto se deve aos vários sistemas atmosféricos atuantes na região sul, que foram citados anteriormente. Na região

litorânea, onde se localiza a área de estudo, até o extremo sul do Estado, as precipitações anuais são da ordem de 1400 mm. Com relação ao ciclo hidrológico, Di Bernardo fala que:

A quantidade de água existente na Terra é praticamente constante, porém está em contínuo movimento graças à ação do calor do sol e da força de gravidade. Ela evapora com o calor, o vapor formado sobe às alturas onde, pela ação de baixas temperaturas, se condensa em finíssimas gotas ou cristais de gelo, formando as nuvens, as quais são carreadas pelo vento. Caso em todo esse trajeto, as nuvens passarem por zonas mais frias, suas gotas ou cristais serão unidos e cairão, por ação da gravidade, na forma de chuva, neve ou granizo. No chão a maior parte da água precipitada forma os rios, retornando ao mar, e assim sucessivamente, sendo responsável pela formação do ciclo hidrológico da água (DI BERNARDO et al., 2011).

De acordo com Pereira e Kobiyama (2013) eventos extremos em áreas tanto urbanas quanto rurais podem causar problemas para a sociedade. Grandes volumes pluviométricos em curta duração de tempo ocasionam inundações e/ou enxurradas e até mesmo escorregamentos em áreas susceptíveis.

O Estado de Santa Catarina, apesar de possuir pouco distanciamento latitudinal, especialmente no Oeste, apresenta expressivas variações espaciais no seu clima. Essas variações são consequências dos diversos sistemas atmosféricos que atuam no Estado, associados às diferenças de altitude existentes entre o Planalto e regiões circunvizinhas (MONTEIRO, 2001).

Também Buriol *et al.* (2006) comentaram que as chuvas intensas além de poder causar os danos citados anteriormente, também intensificam a erosão do solo e o transporte de sedimentos que assoreiam os leitos dos reservatórios d'água e dos rios. Por outro lado, períodos longos sem chuva acarretam consequências negativas, como deficiência hídrica no solo, redução da vazão nos sistemas fluviais e abaixamento do nível de água das barragens.

#### 1.2.5 Tratamento da água

De acordo com Valentin, et. al. (1999) o tratamento da água envolve processos físicos, químicos e biológicos que transformam a água bruta em água potável. No entanto, ao contrário da maioria dos processos industriais, para os quais a qualidade do insumo bruto o material está sob controle, a qualidade da fonte de água bruta pode flutuar devido a perturbação ou poluição ocasional.

A erosão causa o desprendimento de partículas minerais, denominadas sedimentos, e juntamente com as águas pluviais, vão em direção ao corpo hídrico. As partículas sólidas em suspensão causam turbidez, conferindo a água um aspecto turvo e impedindo que a luz alcance partes mais baixas. No abastecimento público a turbidez causa o aumento do custo do tratamento de água, uma vez que quanto mais sedimentos a água possuir, maior o custo com produtos químicos para a remoção destas partículas (SACRAMENTO, 2015).

Segundo Valentin, et. al. (1999) atualmente a indústria da água está enfrentando maior pressão para produzir água tratada de melhor qualidade a um custo menor. O processo de coagulação-floculação é um passo importante na produção de água potável, permitindo remoção de partículas coloidais. A principal dificuldade é determinar a dosagem ideal de coagulante, que é diretamente influenciada pela qualidade da água bruta. A dosagem excessiva de coagulante leva a um aumento dos custos de tratamento e preocupações com a saúde, enquanto a subdosagem leva ao fracasso em atingir as metas de qualidade da água e operação da estação de tratamento de água.

A deterioração da qualidade da água ocasiona crescentes aumentos nos custos de tratamento das águas destinadas ao abastecimento doméstico, principalmente nos custos associados ao uso de produtos químicos. Ao se projetar uma Estação de Tratamento de Água (ETA), leva-se em consideração tanto o volume de água a ser tratado, como a qualidade dessa água. Quanto melhor forem os parâmetros que indicam ser uma água adequada para sofrer o processo de potabilização, mais simples será o processo escolhido para se proceder ao tratamento da água e, conseqüentemente, menores serão os custos de implantação e de operação da ETA (BRASIL, 2005).

De acordo com Brasil (2007), o Sistema de Abastecimento Público de Água é constituído e um conjunto de obras, instalações e serviços, destinados a captar, potabilizar e distribuir água a uma população, em quantidade e qualidade conforme suas necessidades, para fins de consumo doméstico e industrial, serviços públicos, dentre outros usos. A responsabilidade pela qualidade da água distribuída a população é do poder público, seja ele como fornecedor ou sob regime de concessão ou permissão a empresas privadas, onde cabe a ele fazer o papel de fiscalização. O saneamento básico, que inclui os serviços de tratamento de água é de responsabilidade dos municípios, é um direito fundamental da população, que devem ser administrados com responsabilidade e competência.

De acordo com Horstmann (2014) o transporte da água dos mananciais de captação até a Estação de Tratamento de Água é feito por canais e tubulações de adução e a partir daí começa a etapa de potabilização (coagulação e floculação, decantação, filtração, cloração e fluoretação).

Várias etapas acontecem até que a água de um manancial esteja própria para consumo humano, são procedimentos que envolvem etapas de tratamento físico e químico, sempre seguindo os limites estabelecidos pela legislação vigente.

Inicialmente a água é captada no manancial e transportada por adutoras até a ETA, onde ocorrem as seguintes etapas:

**Coagulação:** Ao entrar na ETA, a água bruta recebe em tanques uma quantidade de coagulante (sulfato de alumínio, policloreto de alumínio ou tanino). Este tem como objetivo aglomerar/agrupar as partículas sólidas em suspensão presentes na água.

**Floculação:** Normalmente ocorrem em conjunto com a coagulação. Em tanques com água em movimento, as partículas suspensas se agrupam em flocos maiores com alta densidade para decantar.

**Decantação:** Em tanques separados, pela ação da gravidade, os flocos onde estão presentes impurezas e partículas ficam depositados no fundo, com isso ocorre a desagregação dessas partículas da água.

**Filtração:** Ocorre a passagem da água por filtros formados por pedras com diferentes granulometria, carvão e areia, com a razão de reter impurezas de pequenos tamanhos, objetivando uma diminuição da cor da água distribuída.

**Desinfecção:** É aplicado na água um tipo de desinfetante (cloro gás, ozônio ou hipoclorito de sódio) para a eliminação de microorganismos causadores de doenças.

**Fluoretação:** Com o intuito de prevenir a formação de cárie dentária em crianças, desde o ano de 1974 com a Lei Federal nº 6.050 é obrigatório a aplicação de flúor nas águas de abastecimento.

**Correção de pH:** Com a aplicação do sulfato de alumínio na água ocorre um decréscimo do pH, por isso é feita a correção do pH com cal hidratada ou carbonato de sódio até que ele atinja o nível entre 6,5 e 7. Caso esse limite fique abaixo do esperado pode ocasionar corrosões nas redes de distribuição, no enquanto se ele ficar acima pode provocar incrustações (DI BERNARDO, 2005).

Na Figura 01 é possível verificar o fluxograma das etapas de tratamento de água na ETA José Pedro Horstmann e os municípios abastecidos por ela.

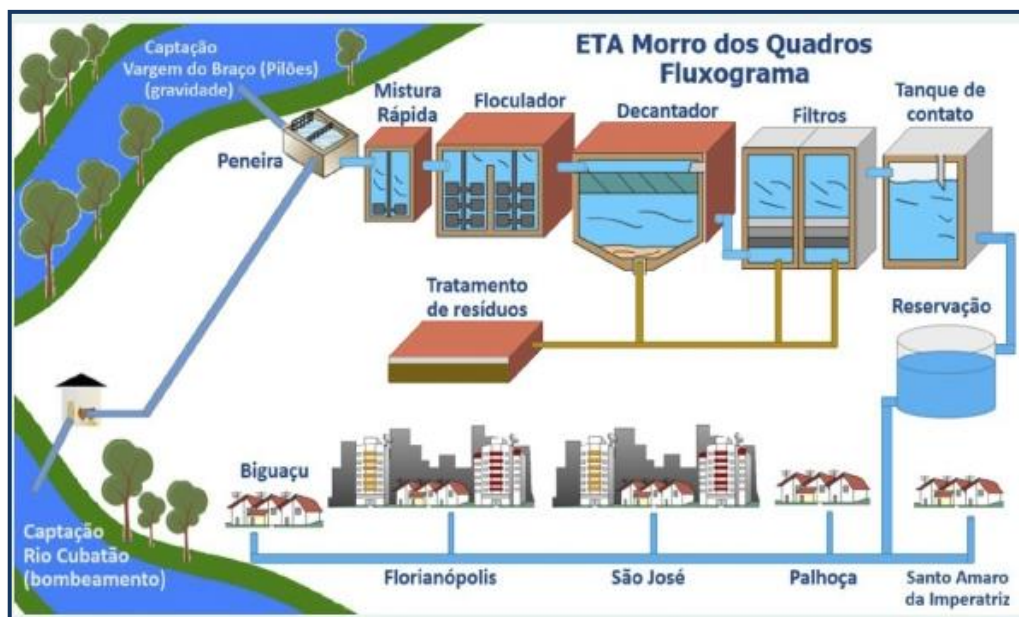


Figura 1: Figura 01: Fluxograma das etapas de tratamento de água na ETA José Pedro Horstmann. Fonte: <http://turismo.sc.gov.br/institucional/index.php/pt-br/noticias/236-colombo-visita-obras-de-ampliacao-da-estacao-de-tratamento-de-agua-da-casan-em-palhoça>, 2015.

De acordo com CASAN (2003) a Estação de Tratamento de Água José Pedro Horstmann, está localizada no bairro Alto Aririu, no município de Palhoça. A ETA foi inaugurada no ano de 1991 juntamente com o complexo Cubatão-Pilões, que juntos abastecem a maior parte dos municípios da Grande Florianópolis. A captação da água para o abastecimento, como citado anteriormente, acontecem nos rios Vargem do Braço cerca de 1.900 L/s, que chega até a ETA por gravidade e Cubatão do Sul cerca de 600 L/s, que chega na ETA por bombeamento.

Atualmente a ETA tem capacidade máxima para tratamento de 3.000 L/s. Os dois mananciais juntos abastecem uma população de 700.000 habitantes, dos municípios de Santo Amaro da Imperatriz, Palhoça (que compra água da CASAN), São José, Biguaçu e Florianópolis, na qual a CASAN é responsável pelo fornecimento de água.

As etapas de tratamento na ETA José Pedro Horstmann, não diferem muito do que é explicado por Di Bernardo (2005), a água após a captação passa por um gradeamento onde ficam retidos os materiais com maior granulometria (papel, folhas, gravetos, plásticos, peixes, etc.) e a mistura das águas dos rios acontece assim que chegam na ETA.

A maior parte da água captada vem do rio Vargem do Braço, por não precisar de energia elétrica para chegar até a ETA e por ter qualidade melhor do que a do rio

Cubatão. Essa configuração pode mudar nos períodos de estiagem, quando o rio Vargem do Braço diminui consideravelmente sua vazão. Assim que os rios chegam na ETA e se misturam, seguem para o canal de água bruta onde recebem o coagulante (sulfato de alumínio  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ). Após o recebimento do coagulante a água segue para a floculação e posterior decantação. Depois de decantada a água segue para distribuição em 12 (doze) filtros ascendentes onde ocorre a retenção do restante do material que não decantou na unidade anterior. Em seguida a água segue para o tratamento químico no tanque de contato, para o recebimento de Hidróxido de Cálcio com o intuito de elevar o pH para um valor próximo a 7, do gás cloro ( $\text{Cl}_2$ ) para a desinfecção e do ácido fluossilícico. Posteriormente é distribuída por meio de redes de água tratada até as residências da Grande Florianópolis.

## CAPÍTULO I

### **AVALIAÇÃO TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CUBATÃO DO SUL E DA TURBIDEZ NA MISTURA DAS ÁGUAS DOS RIOS CUBATÃO DO SUL E VARGEM DO BRAÇO, POTABILIZADOS PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO**

#### **Introdução**

A água é elemento essencial para a vida no Planeta Terra, porém, a falta de consciência dessa importância leva a execução de atividades em recursos hídricos que acabam deteriorando a qualidade da água, tornando-a cada vez mais escassa. Essa escassez não acontece pela falta, mas sim, pela indisponibilidade do recurso hídrico para consumo em sua forma natural, exigindo, cada vez mais, tratamentos avançados para potabilizar a água. A escassez hídrica é um problema que atualmente persiste em crescer com práticas não sustentáveis, como: a retirada de matas ciliares, expansão das fronteiras agrícolas em áreas vulneráveis, uso inadequado de agrotóxicos, atividades de mineração e pecuária intensiva, a ocupação urbana em áreas protegidas e com importância ao ecossistema, o despejo inadequado de efluentes industriais, esgotos domésticos, entre outros.

Em relação à disponibilidade hídrica, Di Bernardo (2017) lembra que, embora a disponibilidade de água superficial não seja uniforme no Brasil, com grandes concentrações populacionais em regiões nas quais, nessa forma de ocorrência, a água está se tornando escassa, pode-se afirmar que o País é privilegiado em recursos hídricos, não havendo conflitos relevantes pelo uso da água em seus municípios, estados e países fronteiriços, como vem sendo observado nos últimos anos em países de algumas regiões do mundo.

A água para parte da população da Grande Florianópolis – 700 mil pessoas – é potabilizada na Estação de Tratamento de Água (ETA) José Pedro Horstmann, que recebe água dos rios Cubatão do Sul e Vargem do Braço para tratamento. Na época em que foram realizados estudos para viabilizar e projetar essa ETA, as análises físico-químicas das águas desses rios mostravam que os mesmos possuíam baixa turbidez, mesmo em períodos de chuvas. Assim a estação de tratamento foi



projetada segundo esses parâmetros. Este tratamento conseguiu adaptar-se a maioria das alterações ocorridas, com exceção do parâmetro de cor e turbidez, pois a piora na qualidade das águas dos rios foi se elevando de forma que esse tipo de tratamento – filtração direta – não era mais suficiente para atender os padrões de portabilidade da legislação vigente.

Com o aumento populacional e o conseqüente processo de degradação desses mananciais, ao longo dos anos, as características físico-químicas e biológicas sofreram alterações prejudicando a qualidade das águas recebidas na ETA.

Diante disto, buscou-se realizar uma investigação temporal da precipitação ocorrida na bacia hidrográfica e da turbidez das águas, avaliando a variação da turbidez da mistura das águas dos rios Cubatão do Sul e Vargem do Braço, ao longo de 20 anos e também avaliando o histórico de precipitação na bacia hidrográfica do rio Cubatão do Sul no mesmo período.

## **Materiais e métodos**

Segundo Exterckoter (2006) a bacia hidrográfica do rio Cubatão do Sul (Figura 02) possui uma área de drenagem de 738 km<sup>2</sup> (dos quais 342 km<sup>2</sup> pertencem ao Parque Estadual da Serra do Tabuleiro), com 167,44 km de perímetro e abrange totalmente os municípios de Águas Mornas e Santo Amaro da Imperatriz e parcialmente os municípios de São Pedro de Alcântara, Palhoça e São Bonifácio. Seu principal rio é o Cubatão do Sul, que se origina da junção dos rios do Cedro e Bugres, no município de São Bonifácio, e percorre de suas nascentes até sua foz, na Baía Sul, 65,15 km. O rio Vargem do Braço é um afluente do rio principal da bacia e se encontra com o rio Cubatão do Sul já no município de Palhoça.

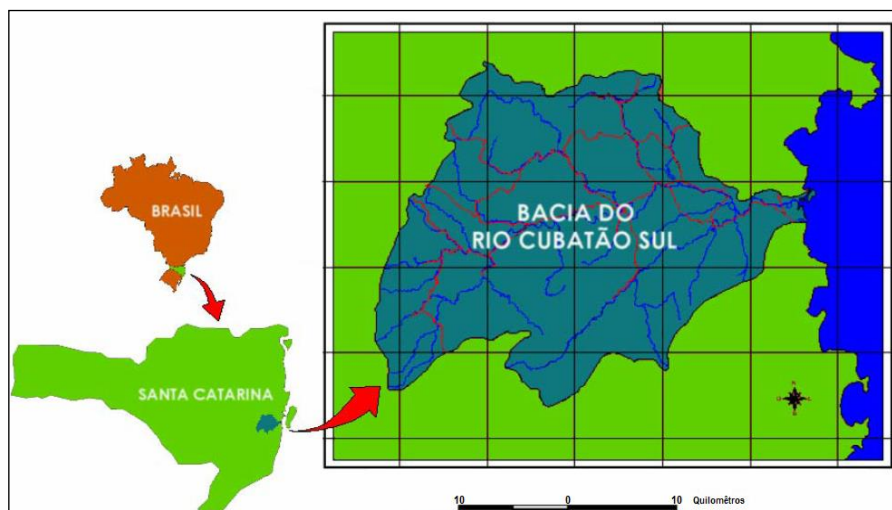


Figura 2: Figura 01: Localização da bacia hidrográfica do rio Cubatão do Sul. Modificado a partir de Exterckoter (2006)

### Dados de turbidez

O tratamento e distribuição de água para consumo humano precisam seguir as legislações específicas e com o passar dos anos essas legislações foram sendo atualizadas, a fim de acompanhar o desenvolvimento social. Sendo assim, no período compreendido entre os anos de 1997 a 2017 (dados utilizados para esta pesquisa) tivemos historicamente em vigência a Portaria MS nº 1469, de 29 de dezembro de 2000, a Portaria nº 518, de 25 de março de 2004, oito anos após passa a vigorar a Portaria nº 2914, de 12 de dezembro de 2011 e finalmente, em 2017, foi publicada a Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017 que revogou a Portaria nº 2914, porém não fez nenhuma alteração no seu conteúdo, foi apenas a consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde (SUS). Como para este trabalho, o parâmetro turbidez é o mais relevante, os atuais valores máximos permitidos se encontram no Anexo 10 do Anexo XX da Portaria nº 5/2017, que é de 5 NTU de turbidez para água tratada.

Para este trabalho foram utilizados os dados de turbidez das mistura das águas dos rios Cubatão do Sul e Vargem do Braço, de 20 anos (1997 a 2017), referentes às análises diárias realizadas pelos operadores da ETA José Pedro Horstmann, na CASAN.

## Dados de precipitação

Os dados de precipitação foram obtidos no Sistema de Informações Hidrológicas (HIDROWEB) da ANA (Agência Nacional das Águas) onde a estação utilizada foi a de Código: 2748004, que está localizada dentro da Bacia Hidrográfica em estudo, no município de Palhoça, conforme a Figura 03 com a localização.

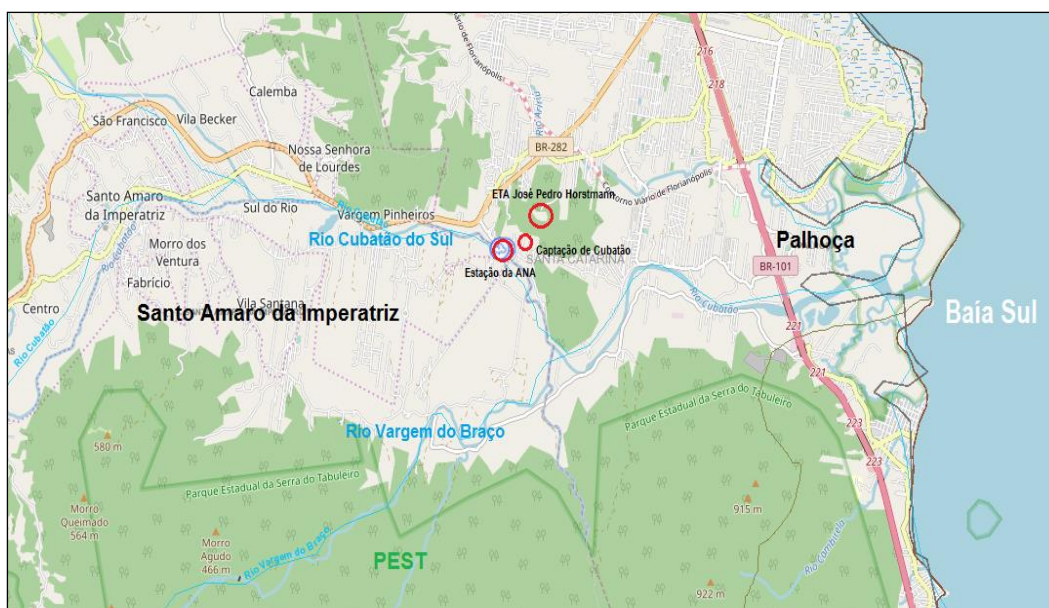


Figura 3: Figura 02: Localização da captação do rio Cubatão do Sul, da ETA e da Estação da ANA. Fonte: Hidroweb - ANA, 2019.

## Análises

Os dados de turbidez e precipitação foram organizados e planilhados no *software Excel*, que também foi utilizado para elaboração de tabelas e gráficos, além das análises estatísticas simples, como médias aritméticas e análises de tendências dos dados.

## Resultados

### Precipitação na bacia hidrográfica

No hemisfério sul o verão se estende de 21/12 a 20/03, outono 21/03 a 20/06, inverno 21/06 a 20/09 e primavera 21/09 a 20/12. No Estado de Santa Catarina as

estações no ano bem definidas em relação a precipitação, o que podemos observar na Figura 04, onde são apresentadas as médias mensais de precipitação do período entre 1997 e 2017 na bacia hidrográfica do rio Cubatão do Sul.

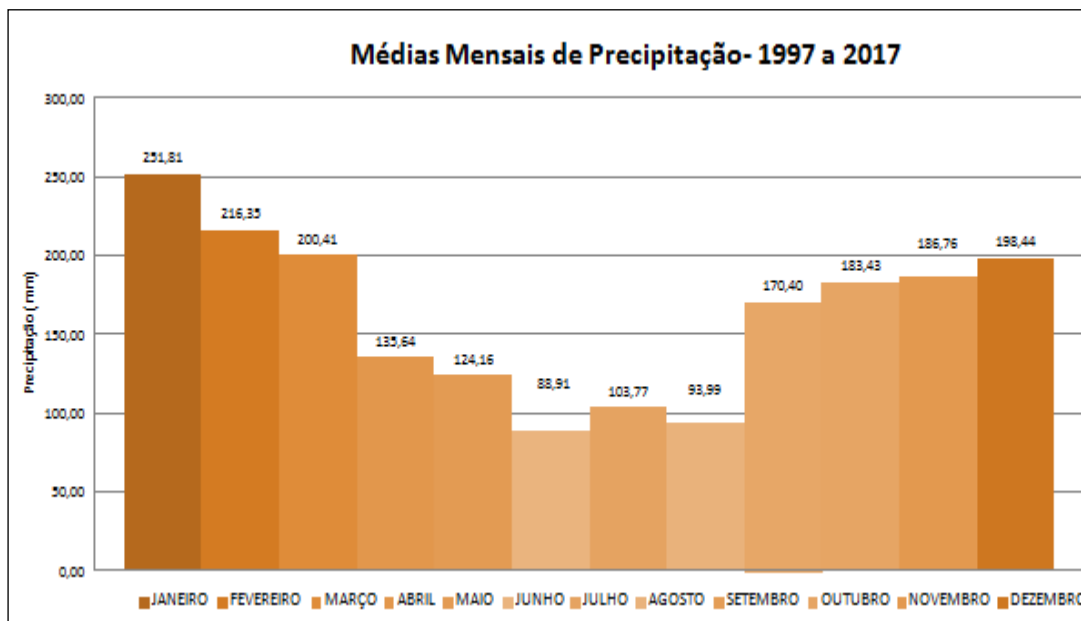


Figura 4: Médias mensais de precipitação (mm) de 1997 a 2017, na bacia hidrográfica do rio Cubatão do Sul.

O gráfico demonstra que os valores de precipitação na bacia hidrográfica do rio Cubatão do Sul afirmam o que é mencionado nas referências da climatologia do Estado de Santa Catarina (Monteiro (2001 e 2007), Medeiros et al. (2004), Hermann (2001), Marcelino et al. (2014) e Mendonça (2007 e 2014)), onde as estações quentes são as mais chuvosas e as estações frias são as que apresentam menores índices de precipitação.

Podemos observar no gráfico que, na média histórica, compreendida entre os anos de 1997 e 2017, o mês mais chuvoso na região da bacia hidrográfica do rio Cubatão do Sul é o mês de janeiro, com média de precipitação de 251,81 mm, seguido de fevereiro com 216,36 mm, março com 200,41 mm e dezembro com 198,44 mm, todos meses de verão.

Segundo Monteiro (2001), no verão, a intensidade do calor, associada aos altos índices de umidade, favorece a formação de convecção tropical, bandas de nuvens muito desenvolvidas do tipo cumulonimbus que resultam em pancadas de chuvas, principalmente no período da tarde e apesar do grande volume de chuvas nesta estação, pouco afeta a quantidade de horas de insolação, pois o predomínio é

de nuvens cumuliformes (isoladas), que se intensificam mais pelo período da tarde, o que influencia nas maiores precipitações encontradas no verão.

Na Figura 05, podemos observar que no ano de 2008 ocorreu a maior precipitação dos últimos 20 anos, 3.070,6 mm, com os anos seguintes ainda apresentando valores elevados. O valor médio de precipitação anual no período compreendido entre 1997 a 2017, na bacia hidrográfica foi de 1.954 mm.

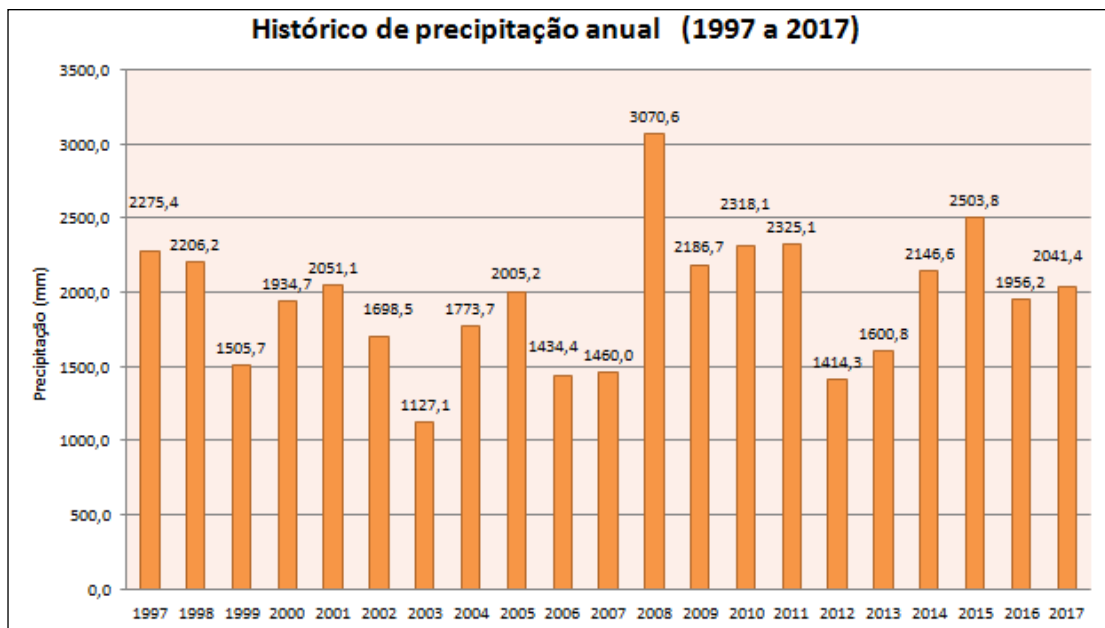


Figura 5: Acumulados de precipitação (mm) entre 1997 e 2017.

De acordo com Gotardo, et al. (2018) a chuva é uma das formas de precipitação de maior importância dentro do ciclo hidrológico. A ocorrência ou a falta dela está relacionada a fenômenos meteorológicos e climáticos. Na Figura 06 observamos que há indícios de que eventos climáticos podem alterar os padrões de precipitação de determinada região.

Os eventos climáticos extremos podem ser compreendidos como ocorrências, num determinado ano, de inundações, tempestades, geadas, ondas de calor e até mesmo secas prolongadas. Muitos cientistas têm atribuído a frequência com que esses eventos têm ocorrido ao processo de aquecimento global, que, em muito, tem potencializado as fases de eventos ENOS – El Niño Oscilação Sul. Os ENOS se caracterizam por variações ou anomalias nos níveis de temperatura da superfície do mar das águas do Pacífico Equatorial, nas proximidades da costa oeste da América do Sul (ARAUJO, 2012).

De acordo com Monteiro e Mendonça (2007) a dinâmica sazonal do tempo em Santa Catarina poderá sofrer modificação com a atuação dos fenômenos El Niño Oscilação Sul (ENOS), que tanto na fase positiva (El Niño), quanto na negativa (La Niña), poderá influenciar nos níveis pluviométricos, causando chuvas e estiagens (MONTEIRO; MENDONÇA, 2007).

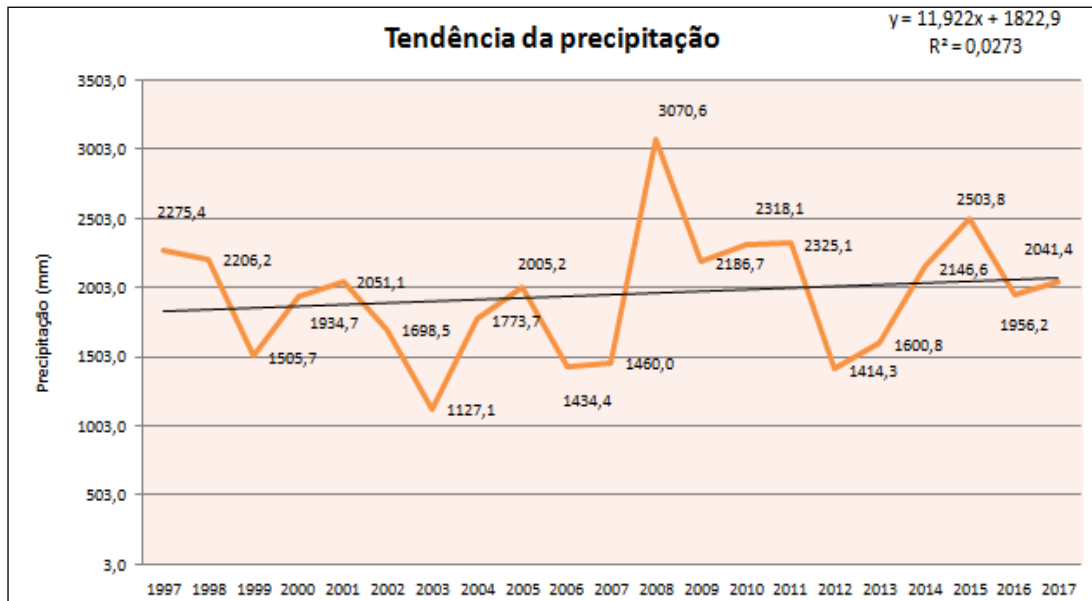


Figura 6: Tendência da precipitação (mm) de 1997 a 2017.

Conforme resultado encontrado, no gráfico, existe uma tendência no aumento da precipitação na bacia hidrográfica do rio Cubatão do Sul, assim como Gotardo, et al. (2018) conclui em seu trabalho que, é possível afirmar que existe um aumento da precipitação no Estado de Santa Catarina, e que para as regiões Leste há tendência de aumento de 10,5% para os próximos 20 anos.

Foi encontrado, na série histórica analisada nesta pesquisa, um aumento médio de 18% nos valores de precipitação da primeira década para a segunda década analisada, que é um valor significativo.

Também, Dias et al. (2009) fizeram uma associação da mudança no comportamento da temperatura e da chuva com a variabilidade climática interdecadal e constataram um aumento significativo da temperatura do ar e da chuva anual na região litorânea de Santa Catarina, no período de 1950 a 2000.

Na tabela 01 são apontados os períodos em que estiveram ativos o El Niño e La Niña, Nas cores vermelhas são os períodos de El Niño, em azul os períodos de

La Niña e em cor preta períodos de Neutralidade. O fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS) é caracterizado por anomalias, positivas, nomeadas de El Niño, ou negativas nomeadas de La Niña, de temperatura da superfície do mar (TSM) no Pacífico equatorial, e sua caracterização é feita através de índices, como o Índice de Oscilação Sul (IOS – calculado através da diferença de pressão entre duas regiões distintas: Taiti e Darwin) e os índices nomeados Niño - (Niño 1+2, Niño 3, Niño 3.4 e Niño 4), que são do que as anomalias de TSM médias em diferentes regiões do oceano Pacífico equatorial.

ANO	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
1997	-0.5	-0.4	-0.1	0.3	<b>0.8</b>	<b>1.2</b>	<b>1.6</b>	<b>1.9</b>	<b>2.1</b>	<b>2.3</b>	<b>2.4</b>	<b>2.4</b>
1998	<b>2.2</b>	<b>1.9</b>	<b>1.4</b>	<b>1.0</b>	<b>0.5</b>	-0.1	<b>-0.8</b>	<b>-1.1</b>	<b>-1.3</b>	<b>-1.4</b>	<b>-1.5</b>	<b>-1.6</b>
1999	<b>-1.5</b>	<b>-1.3</b>	<b>-1.1</b>	<b>-1.0</b>	<b>-1.0</b>	<b>-1.0</b>	<b>-1.1</b>	<b>-1.1</b>	<b>-1.2</b>	<b>-1.3</b>	<b>-1.5</b>	<b>-1.7</b>
2000	<b>-1.7</b>	<b>-1.4</b>	<b>-1.1</b>	<b>-0.8</b>	<b>-0.7</b>	<b>-0.6</b>	<b>-0.6</b>	<b>-0.5</b>	<b>-0.5</b>	<b>-0.6</b>	<b>-0.7</b>	<b>-0.7</b>
2001	<b>-0.7</b>	<b>-0.5</b>	-0.4	-0.3	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3
2002	-0.1	0.0	0.1	0.2	0.4	<b>0.7</b>	<b>0.8</b>	<b>0.9</b>	<b>1.0</b>	<b>1.2</b>	<b>1.3</b>	<b>1.1</b>
2003	<b>0.9</b>	<b>0.6</b>	0.4	0.0	-0.3	-0.2	0.1	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4
2004	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	<b>0.5</b>	<b>0.6</b>	<b>0.7</b>	<b>0.7</b>	<b>0.7</b>	<b>0.7</b>
2005	<b>0.6</b>	<b>0.6</b>	0.4	0.4	0.3	0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.3	<b>-0.6</b>	<b>-0.8</b>
2006	<b>-0.8</b>	<b>-0.7</b>	<b>-0.5</b>	-0.3	0.0	0.0	0.1	0.3	<b>0.5</b>	<b>0.7</b>	<b>0.9</b>	<b>0.9</b>
2007	<b>0.7</b>	0.3	0.0	-0.2	-0.3	-0.4	<b>-0.5</b>	<b>-0.8</b>	<b>-1.1</b>	<b>-1.4</b>	<b>-1.5</b>	<b>-1.6</b>
2008	<b>-1.6</b>	<b>-1.4</b>	<b>-1.2</b>	<b>-0.9</b>	<b>-0.8</b>	<b>-0.5</b>	-0.4	-0.3	-0.3	-0.4	<b>-0.6</b>	<b>-0.7</b>
2009	<b>-0.8</b>	<b>-0.7</b>	<b>-0.5</b>	-0.2	0.1	0.4	<b>0.5</b>	<b>0.5</b>	<b>0.7</b>	<b>1.0</b>	<b>1.3</b>	<b>1.6</b>
2010	<b>1.5</b>	<b>1.3</b>	<b>0.9</b>	0.4	-0.1	<b>-0.6</b>	<b>-1.0</b>	<b>-1.4</b>	<b>-1.6</b>	<b>-1.7</b>	<b>-1.7</b>	<b>-1.6</b>
2011	<b>-1.4</b>	<b>-1.1</b>	<b>-0.8</b>	<b>-0.6</b>	<b>-0.5</b>	-0.4	<b>-0.5</b>	<b>-0.7</b>	<b>-0.9</b>	<b>-1.1</b>	<b>-1.1</b>	<b>-1.0</b>
2012	<b>-0.8</b>	<b>-0.6</b>	<b>-0.5</b>	-0.4	-0.2	0.1	0.3	0.3	0.3	0.2	0.0	-0.2
2013	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3
2014	-0.4	-0.4	-0.2	0.1	0.3	0.2	0.1	0.0	0.2	0.4	<b>0.6</b>	<b>0.7</b>
2015	<b>0.6</b>	<b>0.6</b>	<b>0.6</b>	<b>0.8</b>	<b>1.0</b>	<b>1.2</b>	<b>1.5</b>	<b>1.8</b>	<b>2.1</b>	<b>2.4</b>	<b>2.5</b>	<b>2.6</b>
2016	<b>2.5</b>	<b>2.2</b>	<b>1.7</b>	<b>1.0</b>	<b>0.5</b>	0.0	-0.3	<b>-0.6</b>	<b>-0.7</b>	<b>-0.7</b>	<b>-0.7</b>	<b>-0.6</b>
2017	-0.3	-0.1	0.1	0.3	0.4	0.4	0.2	-0.1	-0.4	<b>-0.7</b>	<b>-0.9</b>	<b>-1.0</b>

**El Niño**   **La Niña**   **Neutro**

Tabela 01: Períodos de presença ou neutralidade ENOS. Fonte: NOAA. *National Weather Service National Centers for Environmental Prediction*, 2018.

De acordo com Araujo (2012) no Brasil, existe um padrão histórico de regularidade dos efeitos climáticos dos fenômenos El Niño e La Niña nas suas diversas regiões. Sempre que há ocorrência de El Niño, observa-se uma redução das chuvas nas regiões Norte e Nordeste, enquanto, na região Sul há um aumento

das precipitações. Já em anos de La Niña, há um aumento da possibilidade de chuvas no Nordeste e severas estiagens no Sul do país.

O intervalo histórico analisado inicia no ano de 1997, ano com presença de anomalia no oceano Pacífico indicando El Niño. Nos anos seguintes observa-se a diminuição da temperatura das águas do Pacífico indicando período de La Niña, que foram também anos com diminuição das médias de precipitação na bacia hidrográfica. No final de 2002 até início de 2003 tivemos um período de aquecimento e logo após volta-se a normalidade, o que pode ser observado na queda da precipitação em 2003.

Essa tendência de queda na precipitação segue até o ano de 2008, que foi atípico, ocorrendo uma elevação muito significativa na média de precipitação. De acordo com Silva Dias (2009) o evento ocorrido em Santa Catarina neste ano proporcionou uma elevada quantidade de chuva, que devido à sua continuidade ocasionou enchentes e diversos deslizamentos sobre as encostas. Os dias que apresentaram a maior precipitação estão compreendidos entre 20 e 24 de novembro de 2008. Ainda segundo o autor não há registro de um novembro tão chuvoso nas regiões da Grande Florianópolis, Vale do Itajaí e Litoral Norte como observado em 2008, quando diversos recordes históricos foram quebrados.

A precipitação elevada observada no litoral de Santa Catarina no período analisado foi proveniente de nuvens quentes, o que é relativamente raro na região. Formou-se um sistema muito eficiente em gerar chuva sem haver nuvens com alto desenvolvimento vertical. As chuvas intensas que se abateram sobre partes de Santa Catarina (SC), especialmente no vale do rio Itajaí-Açu, no período de 20 a 24 de novembro, foram causadas pelo estabelecimento de um bloqueio atmosférico no oceano Atlântico, acompanhado por um vórtice ciclônico em altitude (entre 4000 m e 5000 m), localizado entre o leste de Santa Catarina e o leste do Paraná, que favoreceu a ascensão do ar úmido ao longo da Serra do Mar. A combinação destes dois fatores favoreceu a intensificação das chuvas sobre Santa Catarina. A persistência da situação de bloqueio fez com que o fenômeno tenha sido ainda mais significativo, resultando nos grandes volumes de chuvas registrados ao longo deste período (DIAS, 2009).

Ainda segundo Dias (2009) o aumento generalizado das chuvas no sudeste da América do Sul nos últimos 30 anos pode ser atribuído, em primeira instância, à influência remota da Oscilação Decadal do Pacífico, através da ocorrência de um número maior de eventos El Niño em relação a eventos La Niña. É fato que o aquecimento global vem ocorrendo simultaneamente e pode também estar



associado à intensificação de eventos extremos de precipitação. No entanto, o caso de 2008 foge a regra por estar associado a um evento de La Niña.

Seguindo a análise, entre 2011 e 2013 também se observa um período de resfriamento das águas do Pacífico e em seguida um período de neutralidade, que pode ser observada na queda das médias de precipitação até 2013. Em sequência, no ano de 2015, houve novamente um período de anomalia no oceano Pacífico apresentado aquecimento das águas (El Niño) e pode-se observar também um aumento nas médias de precipitação deste ano. O aquecimento e resfriamento das águas do oceano Pacífico (El Niño e La Niña) tem influencia na precipitação que ocorre na bacia hidrográfica do rio Cubatão do Sul.

### Turbidez na bacia hidrográfica

De acordo com Di Bernardo (2017) apesar de ter limitações, pois não reflete claramente as características das partículas presentes na água bruta, a turbidez é um parâmetro de qualidade importante, cuja variação durante o ano deve ser conhecida. Na Figura 07 observamos as médias de turbidez mensais referentes ao período entre os anos de 1997 a 2017.

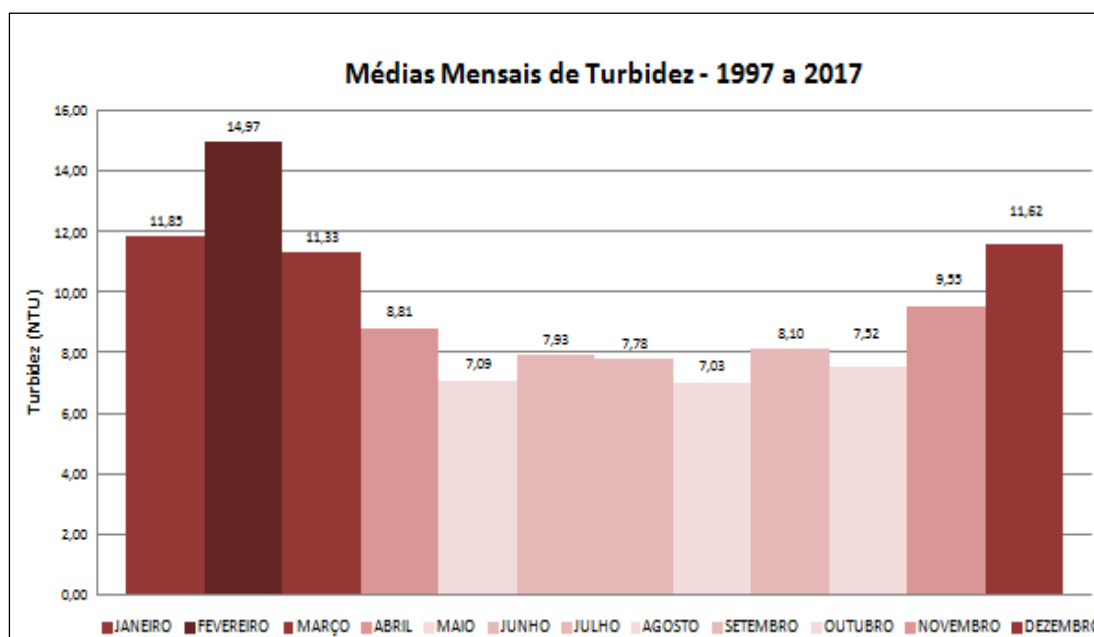


Figura 7: Médias mensais de turbidez (NTU) entre 1997 a 2017, na bacia hidrográfica do rio Cubatão do Sul.

Na série histórica, o mês com maiores médias de turbidez é fevereiro (14,97 NTU de turbidez) e o mês com menor média de turbidez é agosto (7,03 NTU de turbidez) metade do valor encontrado para o mês de fevereiro. As menores médias de precipitação estão compreendidas entre os meses de inverno, final de junho, julho e agosto. Gonçalves et al. (2012) também constataram em seu trabalho a alteração sazonal no nível de turbidez, entre as estações chuvosa e seca, que no caso do Estado de Santa Catarina coincidem com verão e inverno, respectivamente.

Ao analisarmos os resultados encontrados ano a ano (Figura 08), percebe-se que, de modo geral, os primeiros anos no estudo apresentaram valores maiores de turbidez. Esses resultados se devem a uma gama de fatores, dentre eles a quantidade de água – vazão – de cada rio que estava sendo captada para tratamento naquele período. Para este trabalho utilizaram-se análises de turbidez da mistura das águas dos rios Cubatão do Sul e Vargem do Braço, que possuem características físico-químicas diferentes, apresentando então, valores de turbidez diferentes dependendo da quantidade da água de cada rio a ser utilizada na mistura. Outro fator que pode ser responsável por essa diferença nas médias de turbidez até 2004 é o tipo de metodologia utilizada para medição de turbidez na ETA, e que pode interferir nos resultados.

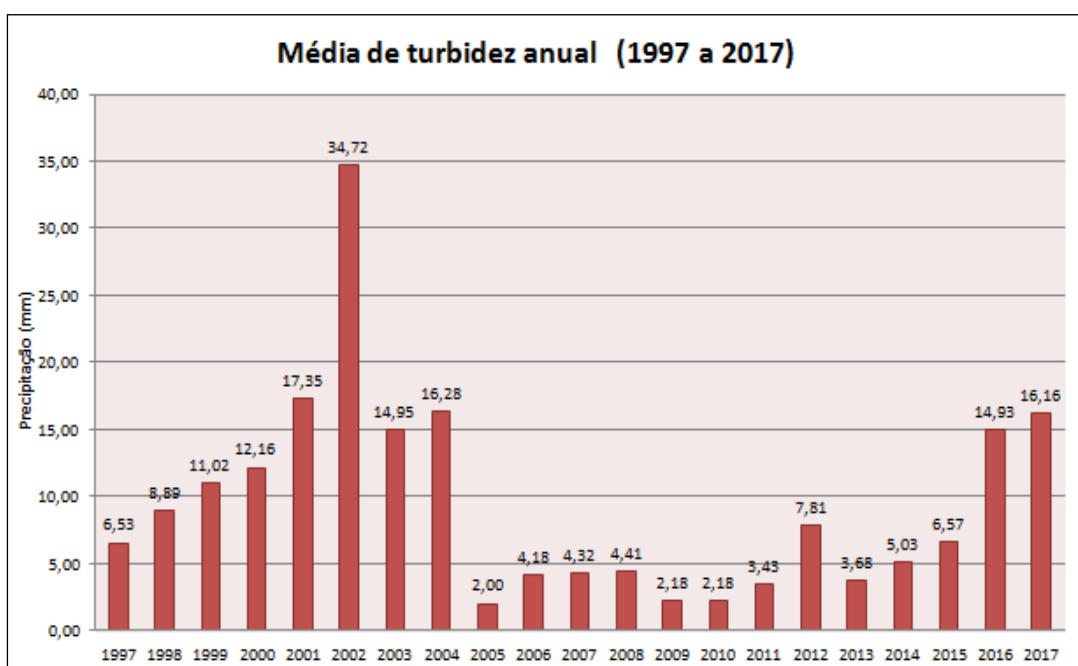


Figura 8: Médias de turbidez (NTU) entre 1997 e 2017.

Também, de acordo com Di Bernardo (2017) a turbidez pode ser alterada por fatores, como: i) comprimento de onda da luz incidente do aparelho utilizado e ii) variações nos equipamentos utilizados, tais como: tipo de lâmpada; lentes; células para amostragem; orientação da fonte de luz e do detector; número de detectores; limpeza interna do medidor; deterioração da fonte de luz; suscetibilidade a vibrações, e as interferências eletrônicas. Logo, equipamentos com diferentes princípios de funcionamento fornecem distintos valores de turbidez.

Ao longo dos vinte anos dos dados utilizados e analisados nesta pesquisa, reuniram-se diversos interferentes que interviram diretamente nos resultados das análises de turbidez realizadas na ETA, como as diversas substituições de equipamentos (de prováveis marcas e modelos diferentes), analisadores diferentes – operadores de ETA – e condições diferentes que sugestionaram na leitura de resultados nos equipamentos. Com a evolução tecnológica os equipamentos mais recentes tem maior confiabilidade de resultados.

O ano de 2002 apresentou a maior média de turbidez (34,72 NTU) da série histórica analisada. No estudo de Raposo, et al. (2009), em outro rio, a alteração dos níveis de turbidez foi correlacionada com o uso do solo na bacia hidrográfica. Levando essa informação em consideração, segundo os programas do BID – Banco Interamericano de Desenvolvimento, foram financiadas obras de pavimentação de diversas rodovias, com objetivos de reduzir os custos de transporte para pessoas e cargas; diminuir as perdas agrícolas; facilitar e baratear o acesso permanente às populações rurais de baixa renda; aumentar as oportunidades de emprego nas zonas rurais e reduzir a migração; reduzir o número de acidentes de trânsito e aumentar a segurança dos usuários, entre outros.

Na Figura 09, é apontada uma das rodovias que receberam financiamento do BID IV foi a SC-431, que liga a BR-282 ao município de São Bonifácio, com uma extensão de 33 quilômetros, e que foi concluída em 2004. O contrato Nº 1390/OC-BR, assinado em 2002 pelo governador em exercício, firmou o empréstimo do dinheiro para financiamento da pavimentação da rodovia.

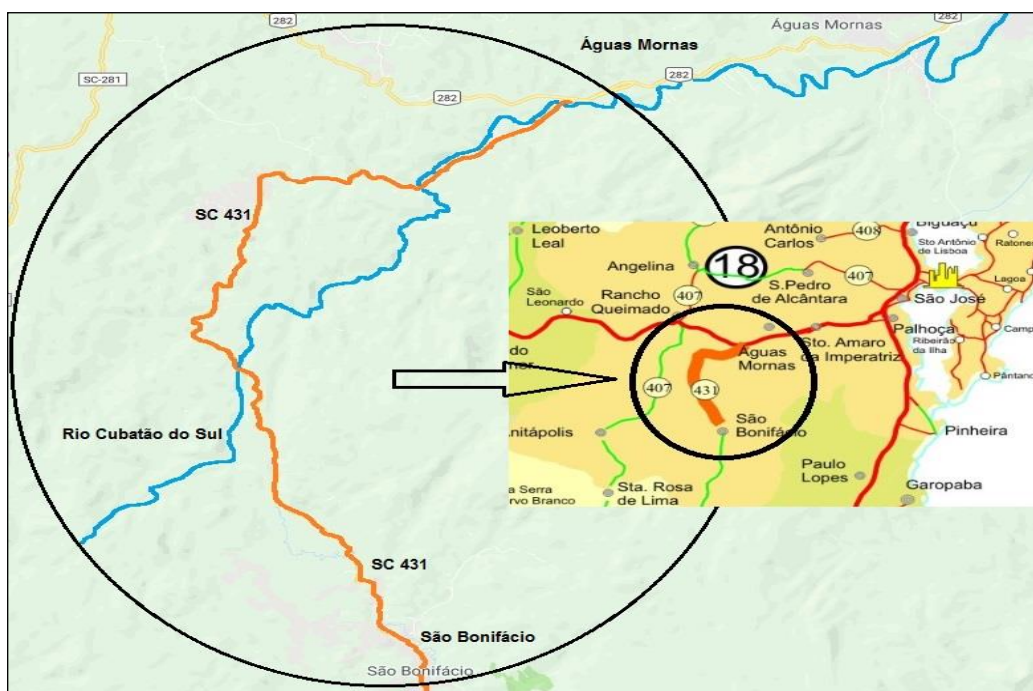


Figura 9: Recorte com a localização da SC-431, com destaque para a rodovia em cor laranja e para o rio Cubatão do Sul em cor azul. Fonte: Google Maps e Estado de SC – Departamento Estadual de Infraestrutura. Programa rodoviário do Estado de SC – Etapa IV.

A rodovia segue seu percurso, em grande parte, muito próxima ou ao lado do rio Cubatão do Sul. Sobre os impactos de pavimentação em rodovias, Rezende e Coelho (2015) destacam que a interferência com a qualidade das águas superficiais e subterrâneas poderá ocorrer durante a fase de construção, como efeito do carreamento de sólidos, assoreamento da rede de drenagem, além da utilização de banheiros, cozinhas e refeitórios e outras estruturas de apoio às obras como as usinas de asfalto e centrais de britagem.

A construção de rodovias, tanto na fase de sua implantação, quanto na fase de sua operação implica em danos ambientais de várias ordens. Entre os impactos negativos, pode-se citar o aumento de emissão de ruídos, poeira e gases, início e aceleração de processos erosivos, carreamento de sólidos e assoreamento da rede de drenagem, interferências com a qualidade das águas superficiais e subterrâneas, alteração do curso d'água, com consequências para a vida aquática, deposição de materiais de descarte, supressão de vegetação nativa, alteração nos habitats, alteração dos movimentos migratórios de alguns animais, potencialidade de propiciar a invasão de espécies exóticas, criação de barreiras à vida selvagem sensível, perda da biodiversidade causada pela fragmentação e isolamento de populações, aumento da caça predatória, atropelamento de animais, formação de ambientes propícios ao desenvolvimento de vetores, alteração no cotidiano da população, possibilidade de acidentes com cargas perigosas com contaminação de rios e lagos, disseminação de doenças entre as comunidades de silvícolas, facilitação das atividades de madeiras ilegais e da ocorrência de desmatamento, especulação de

terras, colonização ilegal, aumento do número de incêndio nas proximidades das rodovias, aumento do comércio ilegal como o de carne de animais selvagens, extração ilegal de recursos naturais e incentivo à garimpagem ilegal, entre outros (REZENDE e COELHO, 2015).

Na Figura 10 percebe-se um talude a ser recuperado, na época da terraplanagem da rodovia, área de grande instabilidade. Estaca 802 LD. Observa-se erosão bastante acentuada.



Figura 10: Talude erodido na área de terraplanagem da rodovia SC-431. Fonte: Relatório da obra. Construtora: CONTER – S/A. Supervisora: IGUATEMI – Consultoria e serviços de engenharia LTDA.

Percebe-se que são grandes os impactos dessa atividade, o que pode ter influenciado na turbidez da água recebida na ETA, principalmente no ano de 2002, ano que iniciaram as obras na rodovia. Em 2005 observa-se a menor média de turbidez da série analisada, ano seguinte ao término das atividades na rodovia, onde as áreas já haviam sido pavimentadas e o entorno recuperado, diminuindo consideravelmente as áreas com solo exposto.

Sobre as causas da turbidez, Raposo et al. (2009) cita que um dos principais parâmetros de qualidade das águas capaz de demonstrar alterações na dinâmica hidrossedimentar de uma bacia como consequência da erosão acelerada é a turbidez. Esta indica o nível de interferência que a luz sofre ao passar pela água e, dessa forma, expressa a quantidade de material em suspensão, podendo ser usada como uma medida direta dessa quantidade. Os sólidos em suspensão na água podem ser de origem natural (partículas de rochas, argila, silte, algas e outros microorganismos) ou antrópica.

De acordo com relatório de acompanhamento do programa BID IV, onde são levantados e avaliados os passivos ambientais, pode-se destacar a erosão de taludes e acostamentos, escorregamentos de taludes, queda de blocos, despejo de

efluentes indesejado, assoreamento de cursos d'água, poluição de mananciais, poluição de recursos hídricos diversos.

Na série estudada – 1997 a 2017 – fica evidente a diferença entre os dados de turbidez do período de 1997 a 2004 para os anos de 2005 a 2017. Diante disto, os resultados apresentados na Figura 11, são de análises realizadas dos últimos 10 anos – 2007 a 2017 – com maior confiabilidade de resultados.

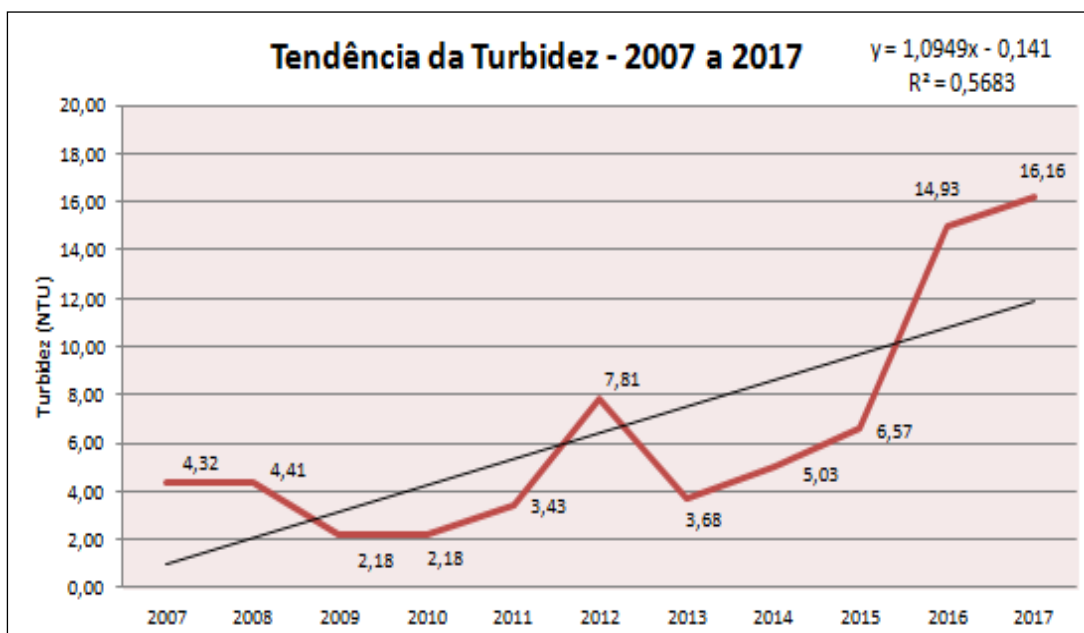


Figura 11: Tendência da Turbidez (NTU) no período entre 2007 e 2017.

Percebe-se no gráfico que nos cinco primeiros anos do estudo a média da turbidez se manteve menor que 5 NTU, com um pico na média de turbidez no ano de 2012 (7,81 NTU). Em 2013 houve uma queda na média de turbidez e nos anos seguintes o parâmetro seguiu um aumento gradativo, até o maior valor encontrado de turbidez no ano de 2017, com média de 16,16 NTU. No período analisado houve um aumento nas médias de turbidez dos primeiros cinco anos para os cinco últimos cinco anos de 56% na turbidez, indicando aumento da turbidez na mistura das águas dos rios Cubatão do Sul e Vargem do Braço.

### Considerações finais

A precipitação na bacia hidrográfica do rio Cubatão do Sul é influenciada pela climatologia do Estado de Santa Catarina, direcionando-se para maiores índices de precipitação no verão e menores índices de precipitação no inverno. As anomalias

de temperatura que ocorrem no oceano Pacífico (El Niño e La Niña) também influenciam nos índices de precipitação da bacia, com tendência de maior (menor) precipitação durante eventos de El Niño (La Niña). Da primeira década das análises (1997 a 2007) para a segunda década analisada (2007 a 2017) houve um aumento de 18% na precipitação na região da bacia hidrográfica.

Existe uma tendência de elevação da turbidez. Ao analisarmos os últimos 10 anos percebeu-se um aumento de 56% nas médias de turbidez da região. Essa informação é relevante, pois indica uma possível mudança na região da bacia hidrográfica, como mudanças nos padrões climáticos ou aumento das intervenções antrópicas. A turbidez recebe influência da climatologia do Estado, onde nos meses de verão, são encontradas as maiores médias de turbidez e nos meses de inverno, as menores médias. Atividades antrópicas, nas áreas da bacia hidrográfica, influenciam na turbidez das águas que chegam para tratamento na ETA José Pedro Horstmann, indicando que os usos na bacia devem ser limitados a atividades que não causem prejuízos para a qualidade das águas.

### Referências

ARAÚJO, P. H. C.. **Eventos Climáticos Extremos: os efeitos dos fenômenos El Niño e La Niña sobre a produtividade agrícola das regiões Nordeste e Sul do Brasil**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Economia Aplicada da Universidade Federal de Viçosa, Agosto de 2012. Disponível em: <<http://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/68/texto%20completo.pdf?sequence=1>> Acesso em 25 de abril de 2019.

BRASIL. **Portaria MS nº 1.469, de 29 de dezembro de 2000**. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. 2000. Disponível em: <<http://www.agenciapcj.org.br/docs/portarias/portaria-ms-1469-00.pdf>> Acesso em 24 de abril de 2019.

BRASIL. **Portaria nº 518, de 25 de março de 2004**. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. 2004. Disponível em: <[http://189.28.128.100/dab/docs/legislacao/portaria518\\_25\\_03\\_04.pdf](http://189.28.128.100/dab/docs/legislacao/portaria518_25_03_04.pdf)> Acesso em 24 de abril de 2019.

BRASIL. **Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. 2011. Disponível em:

<[http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914\\_12\\_12\\_2011.html](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html)>  
Acesso em 24 de abril de 2019.

BRASIL. (2017). **Portaria de Consolidação nº 5 de 28 de setembro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde.** Ministério Da Saúde. Disponível em: <<http://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2018/marco/29/PRC-5-Portaria-de-Consolida----o-n---5--de-28-de-setembro-de-2017.pdf>>. Acesso em 24 de abril de 2019.

CAVALCANTI, Iracema Fonseca de Albuquerque; FERREIRA, Nelson Jesus; DIAS, Maria Assunção Faus da Silva; SILVA, Maria Gertrudes Alvarez Justi da. **Tempo e clima no Brasil.** [S.l: s.n.], 2009.

Di Bernardo, Luiz. **Métodos e técnicas de tratamento de água** / Luiz Di Bernardo, Angela Di Bernardo Dantas, Paulo Eduardo Nogueira Voltan. – São Carlos: LDiBe Editora, 2017.

EXTERCKOTER, R. K. **Diagnóstico Da Qualidade Das Relações Ambientais Estabelecidas No Uso Da Água Na Bacia Hidrográfica Do Rio Cubatão Do Sul (SC).** Dissertação do Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina. 2006. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/88481?show=full> Acesso em 24 de abril de 2019.

GONÇALVES, J. C. S. I.; SARDINHA, D. S.; SOUZA, A. D. G.; DIBIAZI, A. L. B.; GODOY, L. H.; CONCEIÇÃO, F. T. **Avaliação espaço-temporal da qualidade da água e simulação de autodepuração na bacia hidrográfica do córrego São Simão, SP.** *Ambi-Agua, Taubaté*, v. 7, n. 3, p. 141-154, 2012. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/114537/S1980-993X2012000300012.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> Acesso em 25 de abril de 2019.

GOTARDO, R. et al. **Distribuição espacial e temporal das chuvas no estado de Santa Catarina.** *Geosul, Florianópolis*, v. 33, n. 67, p. 253-276, mai./ago. 2018. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/2177-5230.2018v33n67p253>> Acesso em 25 de abril de 2019

HERRMANN, M.L.P. **Levantamento dos Desastres Naturais Causados pelas Adversidades Climáticas no Estado de Santa Catarina no Período 1980 a 2000.** Florianópolis: Imprensa Oficial do Estado de Santa Catarina – IOESC, 2001. 90 p.

IGUATEMI. **Relatório da obra da SC-431.** Construtora: CONTER – S/A. Supervisora: IGUATEMI – Construtora e serviços de engenharia LTDA. Disponível em: <[http://www.deinfra.sc.gov.br/webdocs/deinfra/docs/bid/crea\\_iguatemi.pdf](http://www.deinfra.sc.gov.br/webdocs/deinfra/docs/bid/crea_iguatemi.pdf)> Acesso em 25 de abril de 2019.

MARCELINO, E. V. et al. Inundação Brusca. In. Maria Lúcia de Paula Herrmann (Org.) **Atlas de Desastres Naturais do Estado de Santa Catarina: período de 1980 a 2010.** 2. ed. atual. e rev.- Florianópolis: IHGSC/Cadernos Geográficos, 2014.



Disponível em: <<http://www.labclima.ufsc.br/files/2010/04/Atlas-2010.pdf>> acesso em 25 de abril de 2019.

MEDEIROS, P. A.; NERILO, N.; CORDERO, A. Chuvas torrenciais no Estado de Santa Catarina. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, I., 2004, Florianópolis. GEDN/UFSC, 2004. P. 787-794.

MINUZZI, R. B. **Tendências na variabilidade climática de Santa Catarina, Brasil.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.14, n.12, p.1288–1293, 2010. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v14n12/06.pdf>> Acesso em 03 de setembro de 2018.

MONTEIRO, M. A.; MENDONÇA, M. **Dinâmica atmosférica do estado de Santa Catarina.** In: HERRMANN, M. L. P. (org). Atlas de Desastres Naturais do Estado de Santa Catarina. Florianópolis: IOESC, 2007.

MONTEIRO, M. A. **Caracterização climática do estado de Santa Catarina: uma abordagem dos principais sistemas atmosféricos que atuam durante o ano.** Geosul, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. v. 16, n. 31 (2001). Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/14052> Acesso em 24 de abril de 2019.

RAPOSO, A.A.; BARROS, L.F.P.; MAGALHÃES JÚNIOR, A.P.M. (2009). **O parâmetro de turbidez das águas como indicador de impactos humanos na dinâmica fluvial da bacia do rio maracujá- Quadrilátero Ferrífero/MG.** In: XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Viçosa. UFV. Disponível em: <[http://www.geomorfologia.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos\\_completos/eixo3/007.pdf](http://www.geomorfologia.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos_completos/eixo3/007.pdf)> Acesso em 25 de abril de 2019.

Reboita, M. S., Krusche, N., Ambrizzi, T., & Rocha, R. P. da. **Entendendo o tempo e o clima na América do Sul.** 2012. Disponível em <<https://www.ige.unicamp.br/terraedidatica/v8-1/pdf81/s3.pdf>> Acesso em 26 de junho de 2019.

REZENDE, E.N.; COELHO, H. A. **Impactos ambientais decorrentes da construção de estradas e suas consequências na responsabilidade civil.** RVMD, Brasília, V. 9, nº 2, p. 155-180, Jul-Dez, 2015. Disponível em: <https://bdtd.ucb.br/index.php/rvmd/article/viewFile/5880/4238> Acesso em 25 de abril de 2019.

SILVA DIAS, M. A. F. S. **As chuvas de novembro de 2008 em Santa Catarina: Um estudo de caso visando à melhoria do monitoramento e da previsão de eventos extremos.** São José dos Campos: INPE, 2009. Disponível em: <[http://intranetdoc.epagri.sc.gov.br/producao\\_tecnico\\_cientifica/DOC\\_3661.pdf](http://intranetdoc.epagri.sc.gov.br/producao_tecnico_cientifica/DOC_3661.pdf)> Acesso em 25 de abril de 2019.

## CAPÍTULO II

### INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO NA TURBIDEZ DAS ÁGUAS DOS RIOS CUBATÃO DO SUL E VARGEM DO BRAÇO/SC E AS CONSEQUÊNCIAS NO CONSUMO DE COAGULANTES UTILIZADOS NO TRATAMENTO DE ÁGUA

Juliana Loch<sup>1</sup>  
Débora Monteiro Brentano<sup>2</sup>

**Resumo:** A região da Grande Florianópolis registra uma tendência de aumento gradativo no consumo de água. Somente a cidade de Florianópolis teve um aumento populacional de aproximadamente de 15% nos últimos 10 anos, o que representa um aumento no consumo de cerca de 10 milhões de litros de água por dia. Atualmente são potabilizadas uma média de 259 milhões de litros de água por dia na Estação de Tratamento de Água (ETA) José Pedro Horstmann. As águas dos rios Cubatão do Sul e Vargem do Braço são responsáveis pelo abastecimento de aproximadamente 700 mil pessoas, nos municípios de Florianópolis, São José, Palhoça, Biguaçu e Santo Amaro da Imperatriz. Diante da importância desses mananciais para uma parcela considerável da população de Santa Catarina, este trabalho verificou, através de análises estatísticas, se a variável precipitação é um bom preditor da turbidez da mistura das águas dos dois rios, com indicação de uso no planejamento e gerenciamento da ETA. Concluiu-se que a precipitação explica apenas 10% da turbidez, o que indica que existem outras variáveis com influência neste parâmetro e conseqüentemente na qualidade da água bruta desses rios.

**Palavras-Chave:** Bacia Hidrográfica. Qualidade da água. Abastecimento público.

### INFLUENCE OF PRECIPITATION ON THE TURBIDITY OF RIVER WATERS CUBATÃO DO SUL AND VARGEM DO BRAÇO/SC AND THE CONSEQUENCES IN THE CONSUMPTION OF COAGULANTS USED IN THE WATER TREATMENT

**Abstract:** The region of Grande Florianópolis has a gradual increase in water consumption. Only the city of Florianópolis had a population increase of approximately 15% in the last 10 years, which represents an increase in consumption of about 10 million liters of water per day. An average of 259 million liters of water per day are currently being potabilized at the José Pedro Horstmann Water Treatment Plant (WTP). The waters of the Cubatão do Sul and Vargem do Braço rivers are responsible for supplying approximately 700 thousand people in the municipalities of Florianópolis, São José, Palhoça, Biguaçu and Santo Amaro da Imperatriz.

---

<sup>1</sup> Bacharel e licenciada em Geografia (UFSC). Mestranda da Pós-graduação Profissional de Clima e Ambiente (IFSC). Bolsista do UNIEDU. Email: juhloch@gmail.com.

<sup>2</sup> Doutora em Ecologia (UFSC). Professora do Departamento Acadêmico de Construção Civil do IFSC. Email: brentano@ifsc.edu.br.

Considering the importance of these sources for a considerable part of the population of Santa Catarina, this work verified, through statistical analysis, if the precipitation variable is a good predictor of turbidity of the mixture of the waters of the two rivers, with indication of use in planning and management of Water Treatment Plant. It was concluded that the precipitation explains only 10% of the turbidity, which indicates that there are other variables with influence in this parameter and consequently in the raw water quality of these rivers.

**Keywords:** Hydrographic Basin. Water quality. Public supply.

## **INFLUENCIA DE LA PRECIPITACIÓN EN LA TURBIDEZ DE LAS AGUAS DE LOS RÍOS CUBATÃO DO SUL Y VARGEM DO BRAÇO/SC Y LAS CONSECUENCIAS EN EL CONSUMO DE COAGULANTES UTILIZADOS EN EL TRATAMIENTO DE AGUA**

**Resumen:** La región de la Grande Florianópolis registra una tendencia de aumento gradual en el consumo de agua. Sólo la ciudad de Florianópolis tuvo un aumento poblacional de aproximadamente el 15% en los últimos 10 años, lo que representa un aumento en el consumo de cerca de 10 millones de litros de agua al día. Actualmente son potabilizadas una media de 259 millones de litros de agua al día en la Estación de Tratamiento de Agua José Pedro Horstmann. Las aguas de los ríos Cubatão do Sul y Vargem do Braço son responsables del abastecimiento de aproximadamente 700 mil personas, en los municipios de Florianópolis, São José, Palhoça, Biguaçu y Santo Amaro da Imperatriz. En cuanto a la importancia de estos manantiales para una parte considerable de la población de Santa Catarina, este trabajo verificó, a través de análisis estadísticos, si la variable precipitación es un buen predictor de la turbidez de la mezcla de las aguas de los dos ríos, con indicación de uso en la planificación y gestión de la Estación de Tratamiento de Agua. Se concluyó que la precipitación explica sólo el 10% de la turbidez, lo que indica que existen otras variables con influencia en este parámetro y consecuentemente en la calidad del agua bruta de esos ríos.

**Palabras clave:** Cuenca Hidrográfica. Calidad del agua. Abastecimiento público.

### **Introdução**

O acesso à água potável está cada dia mais comprometido pelo aumento do consumo de recursos naturais e da poluição, colocando em cheque as políticas de abastecimento e a disponibilidade desse recurso para todos, de forma igualitária.

No sul do Brasil, no Estado de Santa Catarina, as águas do Rio Cubatão Sul e Rio Vargem do Braço são responsáveis pelo abastecimento de aproximadamente 700 mil pessoas (CASAN, 2013), cerca de 10% da população total do Estado de Santa Catarina, localizada nos municípios de Florianópolis, São José, Palhoça, Biguaçu e Santo Amaro da Imperatriz.

A turbidez das águas é um importante indicador da qualidade ambiental de um rio. De acordo com a ANA (2018) a turbidez indica o grau de atenuação que um feixe de luz sofre ao atravessar a água. Esta atenuação ocorre pela absorção e espalhamento da luz causada pelos sólidos em suspensão (silte, areia, argila, algas, detritos, etc).

O tipo de tratamento de água realizado pela CASAN, na Estação de Tratamento de Água (ETA) José Pedro Horstmann – esta ETA também é conhecida como ETA Morro dos Quadros e ETA Cubatão – teve que ser alterado de filtração direta ascendente para ciclo completo devido à piora na qualidade da água recebida na ETA ao longo dos últimos 20 anos, principalmente aumento na cor e turbidez das águas. O aumento populacional e maior ocupação nas áreas adjacentes aos cursos d'água neste período pode ter promovido uma piora na qualidade. Com relação a algumas cidades influentes na Bacia Hidrográfica, de acordo com os Censos do IBGE, do ano de 1991 ao ano de 2010, a cidade de Águas Mornas teve aumento populacional de 16%, Santo Amaro da Imperatriz teve aumento populacional de 33% e Palhoça teve aumento de 50% na população.

Devido ao aumento da demanda de consumo hídrico, as alterações ocorridas na qualidade da água recebida, e a maior exigência nos limites estabelecidos pelas legislações do Ministério da Saúde, a ETA passou por um processo de ampliação e reforma se tornando uma ETA convencional e recebendo novas etapas no tratamento da água, a floculação e decantação (etapas antes desnecessárias, pois a qualidade da água era excelente), visando aumento da vazão e melhoria na qualidade da água distribuída.

A hipótese deste trabalho é de que existe uma relação direta entre a precipitação e a turbidez da mistura das águas dos rios utilizados para abastecimento. Para testar essa hipótese serão avaliados 20 anos de dados de precipitação e turbidez e será verificado se a variável precipitação é um bom preditor da turbidez da mistura das águas dos rios Cubatão do Sul e Vargem do Braço, com indicação de uso no planejamento e gerenciamento da ETA José Pedro Horstmann.

## Material e métodos

A Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão (Figura 12), está localizada a 20 km ao sul de Florianópolis, em Santa Catarina, ( $27^{\circ}35'46''$  e  $27^{\circ}52'50''$  S e  $48^{\circ}38'24''$  e  $49^{\circ}02'24''$  W). Os municípios que estão contidos dentro da área de drenagem da referida Bacia são: Águas Mornas, Santo Amaro da Imperatriz, parte de São Pedro de Alcântara e Palhoça (CASAN, 2003).

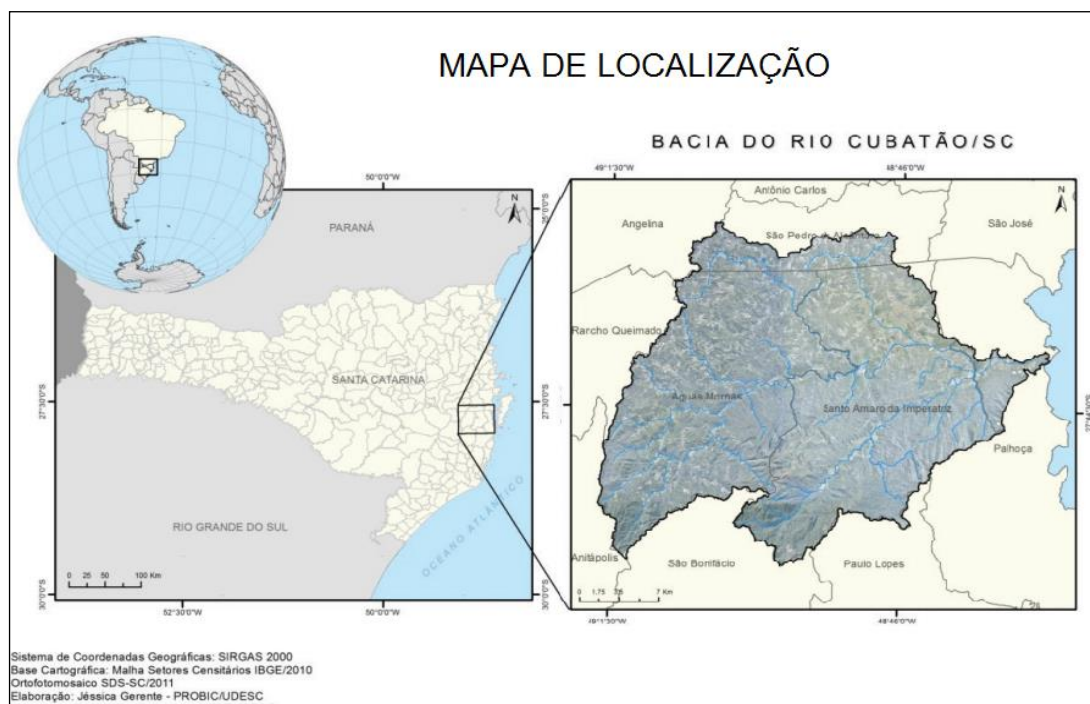


Figura 12: Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão do Sul, no contexto do Estado de Santa Catarina. Fonte: Kaetsu, 2015.

A Bacia possui uma área de drenagem igual a 738 km<sup>2</sup> e seu principal afluente é o rio Cubatão do Sul, originado da união entre o rio Cedro e rio Bugres, no município de São Bonifácio, e sua extensão é de 65 km. O rio Cubatão do Sul, juntamente com o rio Vargem do Braço é utilizado para captação de água para abastecimento da população de cinco municípios.

Alguns dos usos da bacia hidrográfica são a agricultura do tipo familiar, turismo hoteleiro com disponibilização de águas termais, que possui propriedades terapêuticas. Atividades de recreação e lazer exercidas pelos visitantes e moradores, como a prática de esportes de aventura, exemplo o *rafting*. Industrialização de água mineral, ocupação residencial, atividades econômicas como

indústrias, comércio e extração de areia. Esta última atividade pode ser uma das principais origens de sedimentos da Bacia. Se tratando da vegetação que existe na região, Exterckoter (2006) fala que quanto à vegetação, a bacia possui cinco diferentes formações, todas no domínio da mata atlântica: Vegetação Litorânea (manguezais e restingas), Floresta Atlântica ou Floresta Ombrófila Densa, Floresta de Araucária ou Floresta Ombrófila Mista, Matinha Nebular e Campos de Altitude. Ainda segundo Exterckoter (2006) nas encostas do curso médio e superior do rio Cubatão do Sul e seus afluentes, se forma o ecossistema de Floresta Atlântica (Floresta Ombrófila Densa). Nas partes mais altas das encostas aparecem, em meio à mata atlântica, as araucárias, e por isso esse ecossistema passa a chamar-se Floresta Ombrófila Mista. Nas nascentes do Rio Cubatão do Sul, principalmente nas partes mais altas do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro, formam-se os ecossistemas de Matinha Nebular e Campos de Altitude, em altitudes superiores a 1200 m. Curtarelli (2009) conclui que a bacia possui 50 % de suas terras acima da cota 490 metros, tendo uma altitude máxima de 1260 metros e altitude mínima de 0 metros. Também que as características de declividade da bacia indicam que 49,92% da área da bacia possui terreno ondulado.

Uma das principais características da bacia hidrográfica é que a mesma se encontra em grande parte, dentro dos limites do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro (PEST), devendo a isto, as áreas preservadas que ainda existem na região.

O extrativismo vegetal praticado na área da bacia vem acarretando danos ao ecossistema e conseqüentemente à hidrografia. Com relação específica ao rio Cubatão do Sul, a retirada da mata ciliar, o despejo de esgoto doméstico, a extração de areia e a agricultura vêm gradativamente degradando tanto as margens como a qualidade e quantidade de suas águas (CASAN, 2003).

### **Dados de turbidez**

Os dados de turbidez utilizados neste trabalho compreendem o acervo da ETA José Pedro Horstmann – CASAN. Os resultados das análises de turbidez, realizados de duas em duas horas, estavam em arquivos físicos da CASAN e foram organizados no Excel juntamente com os dados que já estavam em meios digitais e

ajustados para trabalhar estatisticamente. Trabalhou-se com a média diária de turbidez dos últimos 20 anos.

### Dados de precipitação

Os dados de precipitação, de 20 anos, foram obtidos no Sistema de Informações Hidrológicas (HIDROWEB) da ANA (Agência Nacional das Águas). A estação utilizada foi a de Código: 2748004, localizada dentro da Bacia Hidrográfica em estudo, no município de Palhoça, (Figura 02). Esta é a estação que está mais próxima da ETA e segundo Pereira et. al. (2013), em uma análise de variâncias pluviométricas nas estações localizadas na região da bacia hidrográfica do rio Cubatão do Sul, demonstrou em seus resultados que ocorre uma semelhança entre as distribuições da variância da série histórica analisada por ele e que também ocorre uma similaridade entre as médias pluviométricas das estações com um número relativamente baixo de eventos extremos.

Na figura 13 estão localizados os rios Cubatão do Sul, em azul escuro e Vargem do Braço em azul claro, também podemos verificar onde estão localizadas as captações dos dois rios, a localização da estação meteorológica da ANA e bem próxima a ETA José Pedro Horstmann.

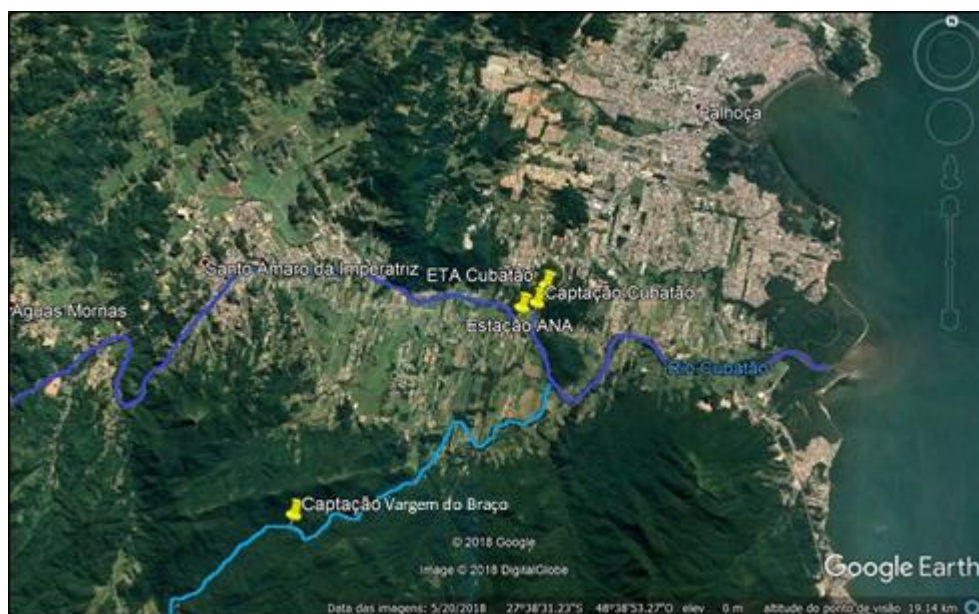


Figura 13: Localização das captações de águas dos rios, da ETA e da Estação da ANA. Fonte: *Google Earth*, 2018.

## **Análises estatísticas**

Foram utilizados o *Excel* para elaboração de tabelas e gráficos, além das análises simples de correlação. Para as regressões lineares foi utilizado o *software Statistica* e *software Minitab*.

Visando compreender o poder explicativo da precipitação na variação da turbidez da mistura da água dos rios Cubatão do Sul e Vargem do Braço, antes da entrada na ETA José Pedro Horstmann, realizou-se uma análise de regressão ( $\alpha=0,05$ ). Removeu-se dados faltantes e trabalhou-se com  $n=3965$ , compreendendo dados diários do período de 10 anos, entre 2007 a 2017. Decidiu-se trabalhar com este período, diante da observação de que houve uma provável mudança de metodologia na medição de turbidez que provocou uma visível discrepância entre os dados a partir de 2005.

A distribuição dos dados foi verificada e os mesmos foram transformados utilizando a função logarítmica para ajustarem-se a distribuição normal. Testou-se a influência da precipitação sobre a variação da turbidez no dia do evento climático, um dia após o evento e dois dias após o evento.

## **Resultados e discussão**

### **Precipitação**

A precipitação na bacia hidrográfica do rio Cubatão do Sul representa a climatologia do Estado, onde as estações quentes são as mais chuvosas e as estações frias são as que apresentam menores índices de precipitação.

Na média histórica, compreendida entre os anos de 1997 e 2017, o mês mais chuvoso na região da bacia hidrográfica do rio Cubatão do Sul é o mês de janeiro, com média de precipitação de 251,81 mm, seguido de fevereiro com 216,36 mm, março com 200,41 mm e dezembro com 198,44 mm, todos meses de verão.

Nos meses de inverno, é onde se encontram os menores valores de precipitação na bacia, sendo junho o mês menos chuvoso, com média de 88,91 mm de precipitação. Em tempos de estiagem severa, os rios da região baixam



consideravelmente sua vazão, podendo causar problemas para o abastecimento de água.

O ano de 2008 teve a maior precipitação dos últimos 20 anos, 3.070,6 mm, com os anos seguintes ainda apresentando valores elevados. O valor médio de precipitação anual no período compreendido entre 1997 a 2017, na bacia hidrográfica foi de 1.954 mm. De acordo com Silva Dias (2009) o evento ocorrido em Santa Catarina neste ano proporcionou uma elevada quantidade de chuva, que devido à sua continuidade ocasionou enchentes e diversos deslizamentos sobre as encostas. Os dias que apresentaram a maior precipitação estão compreendidos entre 20 e 24 de novembro de 2008. Ainda segundo o autor não há registro de um novembro tão chuvoso nas regiões da Grande Florianópolis, Vale do Itajaí e Litoral Norte como observado em 2008, quando diversos recordes históricos foram quebrados.

Existe uma tendência no aumento da precipitação na bacia hidrográfica do rio Cubatão do Sul, assim como Gotardo et al. (2018) conclui em seu trabalho que, é possível afirmar que existe um aumento das precipitações no Estado de Santa Catarina, e que para as regiões Leste (aumento de 10,5% para os próximos 20 anos). Foi encontrado, na série histórica analisada nesta pesquisa, um aumento médio de 18% nos valores de precipitação da primeira década (1997 a 2007) para a segunda (2007 a 2017).

## **Turbidez**

O mês com maiores médias de turbidez, na bacia hidrográfica do rio Cubatão do Sul, foi fevereiro de 2002 (59,89 NTU de turbidez) e o mês com menor média de turbidez foi junho de 2008 (0,92 NTU de turbidez) valor muito inferior ao encontrado no mês de fevereiro. As menores médias de turbidez estão compreendidas entre os meses de inverno, final de junho, julho e agosto. Gonçalves et al. (2012) também constataram em seu trabalho a alteração sazonal no nível de turbidez, entre as estações chuvosa e seca, que no caso do Estado de Santa Catarina coincidem com verão e inverno, respectivamente.

Na média, o ano com maior turbidez foi 2002 (34,72 NTU) e o ano com a menos média de turbidez foi 2005 (2,00 NTU).

No estudo de Raposo, et al. (2009), em outro rio, a alteração dos níveis de turbidez foi correlacionada com o uso do solo na bacia hidrográfica.

Sobre as causas da turbidez, Raposo *et al* (2009) cita que um dos principais parâmetros de qualidade das águas capaz de demonstrar alterações na dinâmica hidrossedimentar de uma bacia como consequência da erosão acelerada é a turbidez. Esta indica o nível de interferência que a luz sofre ao passar pela água e, dessa forma, expressa a quantidade de material em suspensão, podendo ser usada como uma medida direta dessa quantidade. Os sólidos em suspensão na água podem ser de origem natural (partículas de rochas, argila, silte, algas e outros microorganismos) ou antrópica.

De 2007 a 2012 a turbidez média se manteve menor que 5 NTU, com um pico na média de turbidez no ano de 2012 (7,81 NTU). Em 2013 houve uma queda na média de turbidez e nos anos seguintes o parâmetro seguiu um aumento gradativo, até o maior valor médio encontrado de turbidez, no ano de 2017, com média de 16,16 NTU. Houve um aumento nas médias de turbidez de 56% (2007 a 2017), indicando aumento da turbidez na mistura das águas dos rios Cubatão do Sul e Vargem do Braço nos últimos dez anos.

### **Relação entre turbidez e precipitação**

De acordo com Penedo (2015) a turbidez da água em um ponto é influenciada pelas características da bacia a montante. A precipitação é o fator mais importante na geração de turbidez de origem difusa em bacias rurais, por sua ação mecânica na desagregação, deslocamento e carreamento das partículas de solo. Contudo, a interação da precipitação com a superfície é influenciada pela cobertura vegetal, pelas características do solo e conformação do terreno, elementos que modelam a trajetória da água entre os processos de interceptação, infiltração e escoamento superficial.

Para Delpla *et al.* (2009) a mudança climática não é o único fator que afeta a qualidade da água. Integrado ao conceito de mudança global, evolução do uso da terra, desmatamento, espalhamento urbano e impermeabilização de áreas também contribuir para a degradação da qualidade da água. Mas mais frequentemente, a

poluição da água está diretamente ligada às atividades humanas de desenvolvimento urbano, industrial ou agrícola.

Na Figura 14 foram relacionadas às médias anuais de precipitação e turbidez, onde se percebe uma tendência de não interação entre as variáveis. Os dados de precipitação foram divididos por 100 para deixar mais visível no gráfico as relações entre ambos.

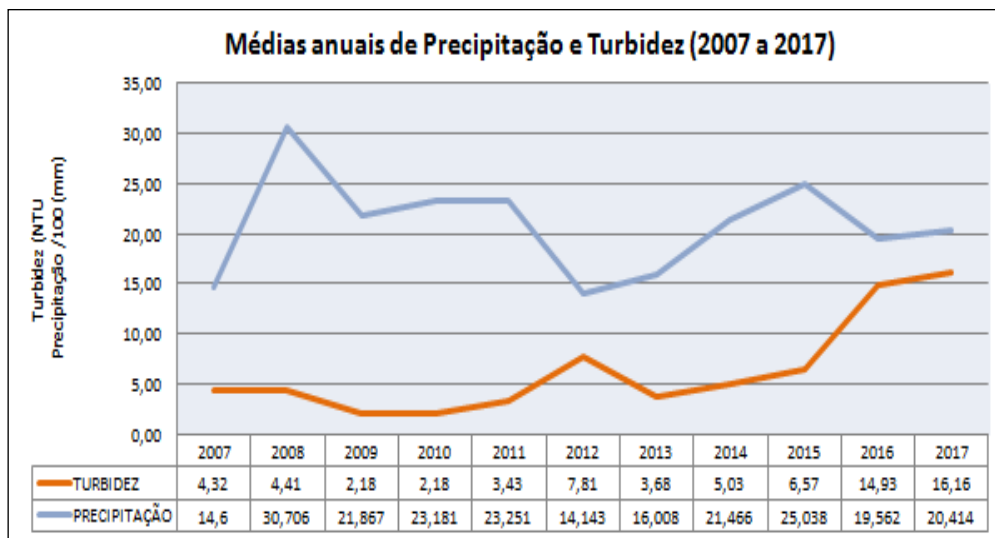


Figura 14: Médias anuais de precipitação (mm) (a precipitação foi dividida por 100) e turbidez (NTU) na BH do rio Cubatão do Sul (2007 a 2017).

É possível visualizar que, no conjunto de dados analisados, não observou-se tendência entre precipitação e turbidez na série, pois aparecem períodos com alta precipitação e baixa turbidez e períodos com alta turbidez e queda na precipitação.

A precipitação apresenta uma influência muito pequena sobre a turbidez na mistura da água dos rios Cubatão do Sul e Vargem do Braço, antes da entrada na ETA José Pedro Horstmann, quando se considera o dia do evento climático ( $R^2=0,02$ ;  $p<0,05$ ). Contudo, após um dia da precipitação observada, a precipitação explica 10% da variação dos dados de turbidez no sistema ( $R^2=0,10$ ;  $p<0,05$ ) (Figura 15). Esta influência volta a diminuir após dois dias da ocorrência da precipitação ( $R^2=0,02$ ;  $p<0,05$ ).

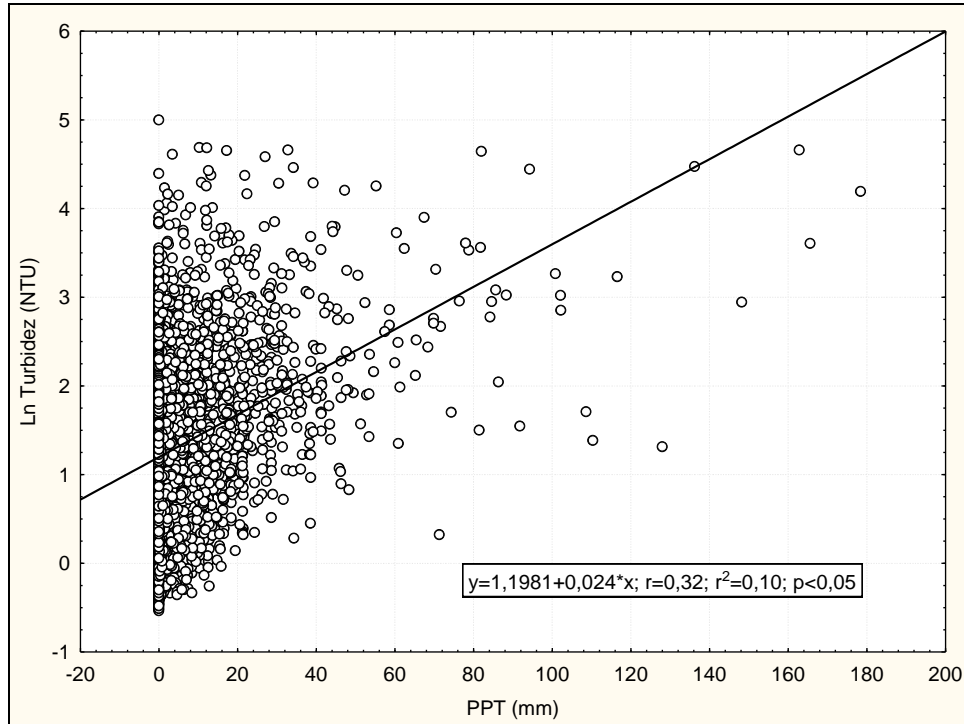


Figura 15: Variação da Turbidez (NTU) em função da Precipitação (mm/dia) na mistura da água dos rios Cubatão do Sul e Vargem do Braço, antes da entrada na ETA José Pedro Horstmann ( $R^2=0,10$ ;  $p<0,05$ ).

Observa-se que a maior influência na variação da turbidez provocada pela precipitação é conferida após um dia da observação do evento meteorológico. Também se observa que quando a precipitação é maior que 35mm no período de 24h, aumenta o poder de explicação da precipitação sobre a turbidez, quando esta explica quase 20% da variação da turbidez ( $R^2=0,19$ ;  $p<0,05$ ) (Figura 16). Entretanto a explicação deste fenômeno sobre a turbidez é muito baixa, não sendo um bom preditor para a mesma e sugerindo que a variação das partículas em suspensão é explicada por outros fatores além da ocorrência de chuvas.

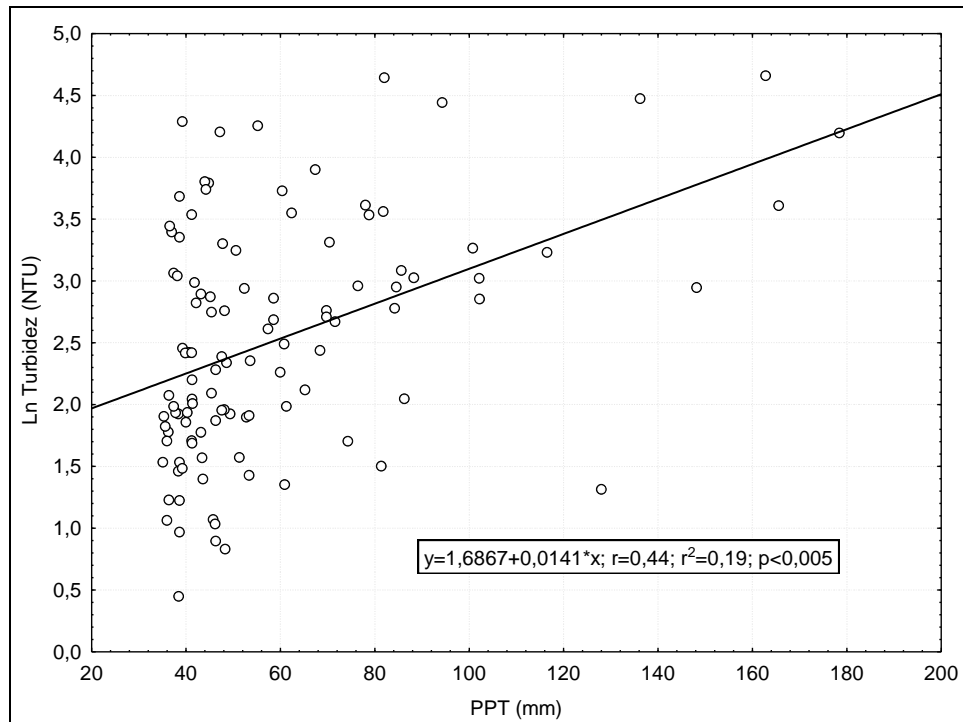


Figura 16: Variação da Turbidez (NTU) em função da Precipitação (mm/dia) na mistura da água dos rios, antes da entrada na ETA José Pedro Horstmann, quando considera-se valores de precipitação maiores que 35mm registrados no período de um dia ( $R^2=0,19$ ;  $p<0,05$ ).

Um dos fatores que pode interferir nos resultados da relação de precipitação e turbidez é o balanço hídrico da bacia e deve-se levar em consideração que grande parte da bacia hidrográfica do rio Cubatão do Sul está inserida dentro do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro – PEST – que tem função de extrema importância na preservação dessas áreas.

De acordo com Freitas (2016) o PEST é a maior unidade de conservação de proteção integral do Estado de Santa Catarina, ocupando aproximadamente 1% do território catarinense (antes de 2009, cerca de 90.000 ha e atualmente 84.130 ha) e abrangendo áreas dos municípios de Florianópolis, Palhoça, Santo Amaro da Imperatriz, Águas Mornas, São Bonifácio, São Martinho, Imaruí e Paulo Lopes.

O PEST foi criado pelo Decreto 1.260, em 1975, abrangendo terras ocupadas por diversos grupos, mas não foi regularizado e, em 1993, a UNESCO estabeleceu a Reserva da Biosfera da Mata Atlântica em Santa Catarina, incluindo o PEST como sua Zona Núcleo. Em 2009, seus limites foram reavaliados e definidos pela Lei 14.661, que instituiu o Mosaico de Unidades de 26 Conservação da Serra do Tabuleiro e Terras de Massambu, ou seja, desanexou grandes porções do Parque e as transformou em APA (Área de Proteção Ambiental), dentre as quais a área da Vargem do Braço, tornando legal a presença dos grupos humanos que aí já habitavam. Essa lei ficou conhecida como lei da “recategorização” e sua

promulgação se deu em meio a um contexto de discussão pública conflituoso. O processo que levou a sua aprovação foi considerado ilegítimo e contestado por diversas partes que constituíam o debate sobre possíveis soluções para os impasses na implementação da UC, que já duravam 34 anos. A própria agência ambiental do Estado, a FATMA, havia se posicionado contra a proposta do Movimento pela Recategorização, que foi, posteriormente, “vencedora”. Porém, passados seis anos da mudança na lei, a situação da Vargem do Braço continua sendo de indefinição quanto às regras de uso do solo, já que o plano de manejo não foi elaborado e o conselho gestor funcionou por apenas 10 meses, desde então. Não houve andamento no processo de indenização pela perda de parte das propriedades, diante dos novos limites do Parque, além do que o andamento dos trabalhos do conselho gestor da APA foram interrompidos, diante de um impasse entre o entendimento dos representantes dos moradores locais no conselho e representantes do poder público, em relação à votação do plano de manejo elaborado por uma empresa contratada pela comunidade (FREITAS, 2016).

São conflitos que se estendem desde a criação do parque e que não deixam claras as atividades possíveis nessas áreas, o que prejudica a população atingida pelo PEST e também a biodiversidade que precisa de proteção. Esse é um fator que tem influencia direta na qualidade águas dos rios aqui estudados, tendo em vista que, as atividades presentes nas áreas da bacia hidrográfica alteram significativamente o balanço hídrico da região.

Parte da precipitação, entretanto, não participa do ciclo hidrológico na escala da bacia hidrográfica, sendo *interceptada* pela cobertura vegetal e retornando à atmosfera por evaporação. A depender da formação vegetal, o processo de interceptação pode suprimir entre 10% e 30% da água precipitada, e o restante atinge a superfície diretamente ou por meio do espaço entre a cobertura vegetal e pelos troncos das plantas. Algumas florestas têm diferentes estratos arbóreos e arbustivos que interceptam novamente a água liberadas pela cobertura vegetal superior, intensificando ainda mais o processo. A interceptação é mais efetiva nas chuvas de fraca intensidade, que favorecem a retenção e a evaporação da água, do que nas precipitações mais intensas. (STEVANUX e LATRUBESSE, 2017).

Sobre o balanço hídrico, Sergio (2012) analisa a estimativa do balanço hídrico para a bacia hidrográfica do rio Cubatão do Sul, e conclui que a relação estimada para o balanço hídrico apresenta um total de precipitação anual de 1872,8 mm. Desse valor, 47,2% são evapotranspirados e 50,6% são convertidos em escoamento total. Apenas 2,2% são armazenados no solo e recarga de aquífero profundo. Ou seja, a parte de precipitação que é evapotranspirada ou absorvida pelo solo não influencia na turbidez das águas, visto que, não ocorre o escoamento superficial.

Em relação ao balanço hídrico, Penedo (2015) fala que a precipitação que atinge o solo irá converter-se em infiltração ou escoamento superficial, de acordo com as características do solo, do uso do solo e conformação do terreno.

Quando a intensidade de precipitação excede a capacidade de infiltração do solo, a água da chuva é acumulada primeiramente nas microdepressões da superfície, para posteriormente dar início ao escoamento superficial não concentrado, uma vez que não há condições suficientes para a incisão de um canal. Esse escoamento ocorre por meio de um fluxo laminar chamado de fluxo hortoniano (STEVAUX e LATRUBESSE, 2017).

Segundo Tucci (2007), o escoamento superficial é a parcela do ciclo hidrológico em que a água se desloca na superfície até encontrar uma calha definida. Penedo (2015) menciona que o escoamento superficial é influenciado pela precipitação, relevo, cobertura vegetal, estradas, áreas edificadas e impermeáveis. Da mesma forma que ocorre com a infiltração, a quantidade de água disponível é fator determinante na dinâmica do escoamento superficial, que tende a crescer com o aumento da intensidade e duração da precipitação.

Stevaux e Latrubesse (2017) ainda mencionam que sob uma mesma precipitação, litologia e relevo, uma bacia florestada produzirá um escoamento final muito inferior ao de uma bacia com qualquer outra cobertura vegetal. Isso se dá devido à grande quantidade de água que uma floresta consome sob a forma de evapotranspiração e à alta taxa de infiltração propiciada pela resistência física ao fluxo superficial.

### **Erosão e extração de areia**

Com relação às extrações de areia, que causam erosão na bacia hidrográfica, Stevaux e Latrubesse (2017) falam que, a erosão superficial é controlada por clima (duração e intensidade da precipitação), litologia e manto de intemperismo (capacidade de infiltração e natureza das partículas), topografia (declividade e comprimento da vertente), cobertura vegetal (tipo e densidade) e uso do solo (solo descoberto, tipo de plantação, impermeabilização).

Como já vimos, o rio principal tem no seu início de percurso, uma inclinação maior do que a no final de percurso. Essa inclinação elevada coincide com as áreas mais preservadas da bacia, o que diminui a chegada dos pingos de chuva

diretamente no solo diminuindo a erosão. De acordo com Sacramento (2015) a erosão causa o desprendimento de partículas minerais, denominadas sedimentos, e juntamente com as águas pluviais, vão em direção ao corpo hídrico. As partículas sólidas em suspensão causam turbidez, conferindo a água um aspecto turvo e impedindo que a luz alcance partes mais baixas. No abastecimento público a turbidez causa o aumento do custo do tratamento da água, uma vez que, quanto mais sedimentos a água possuir, maior o custo com a utilização de produtos químicos para a remoção destas partículas.

São as dragagens que tem impacto mais significativo nas águas da bacia hidrográfica do rio Cubatão do Sul. Segundo Stevaux e Latrubesse (2017) a dragagem consiste na remoção de sedimento do fundo do canal, geralmente para o aumento de sua capacidade, seja para ampliar o escoamento do fluxo de cheia, seja para viabilizar a navegação. Ela também é empregada na mineração dos depósitos aluviais (areia e cascalho) do fundo do canal. Qualquer atividade deste tipo em mananciais pode alterar as características de suas águas, como elevação da turbidez, principalmente quando se tratar de atividades sem o devido licenciamento ambiental.

Os processos que removem e transportam o material da crosta terrestre são chamados genericamente de *erosão* ou *denudação*. De modo geral, os estudos de erosão fluvial estão intimamente relacionados aos processos de transporte e sedimentação, uma vez que esses fenômenos ocorrem simultaneamente, ainda que variando de intensidade, ao longo do canal de um rio. A remoção do material se dá basicamente de duas formas: *erosão química*, na qual o material é dissolvido e transportado sob a forma de solução iônica, como a *carga dissolvida*; *erosão física*, pela retirada de fragmentos de tamanhos variados do solo ou da rocha e que adentram o sistema sob a forma de *carga sedimentar*. (STEVAUX e LATRUBESSE, 2017).

Sobre extração de areia Sacramento (2015) analisou o trabalho de feito por Thomas e Gomes (2005) e verificou que existem essencialmente três tipos de extração de areia: Extração em leito de rio; Extração em cava submersa e Desmonte hidráulico de solos residuais.

Para Sacramento (2015) é certa a degradação ambiental que as extrações de areia causam ao meio ambiente e o rio Cubatão do Sul não seria exceção. O aumento do aporte de sedimentos advindos destas atividades contribuiu para uma



maior turbidez e intensificação no processo de assoreamento ao longo do seu curso. Na Figura 17 estão localizados os pontos de extração de areia na área de estudo.

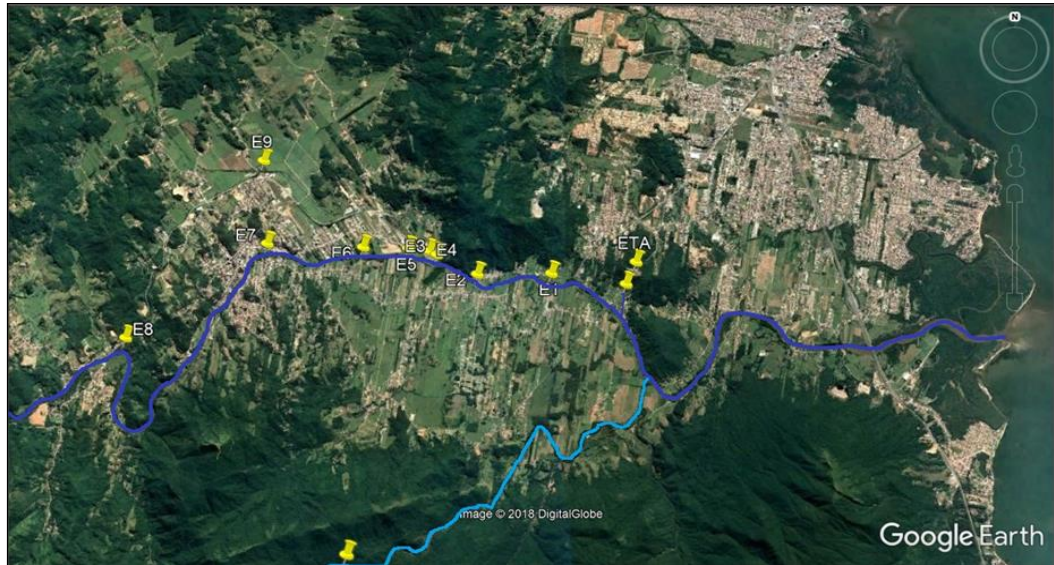


Figura 17: Localização dos pontos de extração de areia no rio Cubatão do Sul. Fonte: *Google Earth*, 2018.

Na imagem pode-se observar o rio Cubatão do Sul em azul escuro e o rio Vargem do Braço em azul claro. Foram localizados oito pontos de extração de areia no rio Cubatão do Sul a jusante da captação da ETA. Os pontos com extrações de areia estão identificados da seguinte forma: E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8. O ponto E9 está localizado no afluente, o rio Matias.

Na Figura 18 é apresentada uma imagem de satélite detalhando a região onde são encontradas extrações de areia em pontos próximos.



Figura 18: Detalhe das águas do rio Cubatão do Sul próximo às extrações de areia Fonte: *Google Earth*, 2019.

No detalhe da imagem, nas extrações numeradas E4, E5 e E6, no município de Santo Amaro da Imperatriz, observa-se uma alteração significativa na coloração da água após a passagem pelas áreas de extração de areia.

Sacramento (2015) fala que o tipo de extração utilizado no Rio Cubatão do Sul é do tipo extração em leito de rios (ou dragagem), e ela consiste no bombeamento de areia que se encontra no fundo do curso d'água, utilizando a água como meio de transporte. A massa formada pela água e areia é chamada de polpa, possuindo uma razão média de 60/40 destas substâncias, respectivamente. A água presente nesta massa é praticamente toda devolvida ao rio, sendo que a areia permanece na draga. Porém, a água devolvida possui sedimentos finos, responsáveis pelo aumento da turbidez. Segundo os autores, a concentração de sedimentos encontrada no lançamento desta água devolvida (considerada como efluente) é bastante complexa de ser quantificada, necessitando de medições de sedimentos antes e depois dos locais onde ocorrem as extrações para tentar fazer essa análise.

Fundamentalmente, dois tipos de mineração ocorrem nos canais fluviais: a extração direta do material (areia e cascalho) do fundo do canal ou dos depósitos da margem e a mineração de bens minerais associados aos depósitos aluviais. Cerca de 90% da areia produzida no Brasil é de origem fluvial, sendo mais da metade desse valor destinada à construção civil. O processo de extração de areia é muito semelhante ao de dragagem: a draga bombeia a areia e outros sedimentos que estão depositados no fundo do rio utilizando a própria água como veículo. A mistura de areia e água bombeada, denominada polpa, contém normalmente uma proporção de

60% de água e 40% areia. A areia bombeada fica depositada na draga e a água retorna ao rio juntamente com os sedimentos finos. O volume de água bombeado pela draga é praticamente todo devolvido ao rio, com exceção de uma pequena parcela que fica agregada à areia. (STEVAUX e LATRUBESSE, 2017)

De acordo com o Mapa de Produção Mineral do Estado de Santa Catarina (2013), existem extrações de areia na área da Bacia Hidrográfica do rio Cubatão do Sul. Conforme Figura 19 – recorte do mapa de produção mineral de SC – observam-se oito pontos de extração de areia na área do rio Cubatão do Sul, sendo a maioria de minas de porte micro a pequenas (<10.000 a 100.00 ton/ano). Além da extração de areia existem minas de brita e cascalho, saibro e água mineral.

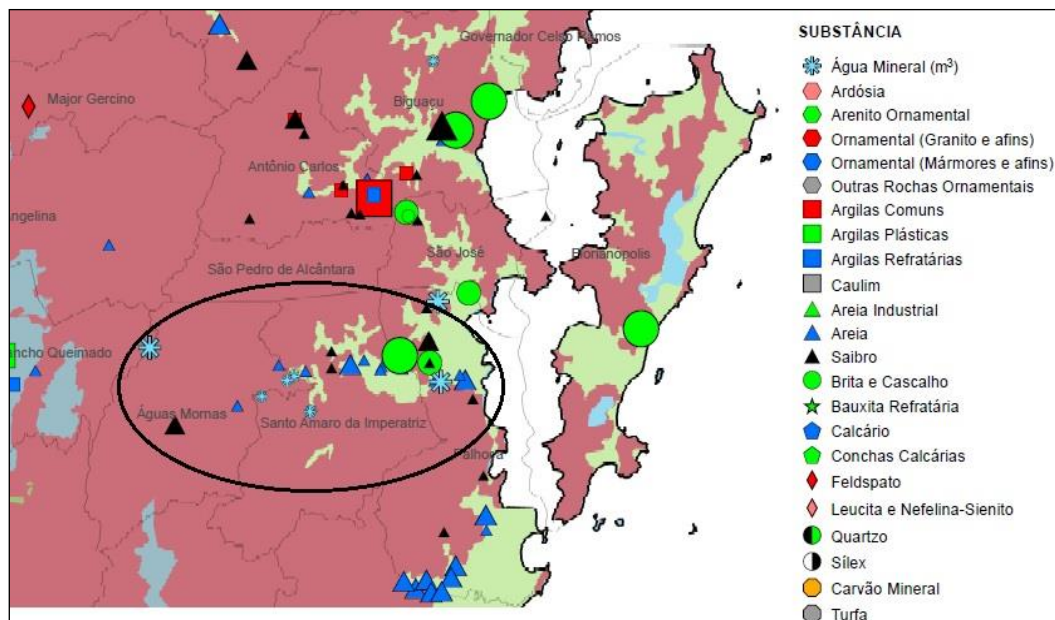


Figura 19: Recorte do Mapa de Produção Mineral de Santa Catarina, com destaque para áreas próximas ao leito do rio Cubatão do Sul. Fonte: DNPM, 2013.

De acordo com DNPM (2017) a produção beneficiada de areia, no Estado de Santa Catarina, em 2014 foi de 168 milhões de toneladas, em 2015 foi de 223 milhões de toneladas e em 2016 foi de 180 milhões de toneladas. Se tratando do valor da produção mineral comercializada em reais (R\$), segue Tabela 01 com o histórico:

<b>Ano</b>	<b>Valor (milhões de reais R\$)</b>
2010	58
2011	69
2012	80
2013	96
2014	98
2015	100
2016	97

Tabela 01: Valor da produção mineral comercializada de areia em Santa Catarina. Fonte: DNPM, 2017.

Percebe-se aumento do valor produzido ano a ano, com uma pequena queda em 2016. Com relação a produção de areia, das minas legalizadas em Santo Amaro da Imperatriz e Palhoça, giram em torno de 60.000 toneladas ano, valor que vem caindo desde a crise que atingiu o setor imobiliário.

Segundo o DNPM (2017) em relação ao mercado consumidor da areia extraída e beneficiada em Santa Catarina, 55,49% são destinadas para argamassa para a construção civil, 44,49% são para a construção civil diretamente e apenas 0,02% são destinadas a aterro. Já em se tratando de distribuição geográfica da areia extraída e beneficiada, o mercado consumidor de Santa Catarina fica com 88,35%, o Rio Grande do Sul com 9,54% e o Estado do Paraná com 2,12% da areia.

A atividade extração de areia está regulamentada pela Lei Federal nº 6.567/1974 que estabelece as normas para o licenciamento, pelo Decreto Federal nº 97.632/89 que exige para todos os empreendimentos de extração mineral em operação no país, a apresentação do Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) e pela resolução nº 24/2013 do Conselho Estadual de Meio Ambiente (CONSEMA) do Estado de Santa Catarina (SC). Ao licenciamento e fiscalização da atividade cabe ao órgão ambiental do Estado, no caso de SC a Fundação de Meio Ambiente (FATMA), atualmente reestruturado como Instituto do Meio Ambiente (IMA) (HORSTMANN, 2014).

De acordo com Horstmann (2014) no município de Santo Amaro da Imperatriz não existe nenhuma legislação que trate do licenciamento deste tipo de atividade, apenas para o equipamento utilizado para extração. Conforme a Lei Municipal nº 2.273/2013 “fica proibida a utilização de desagregadores (maracas) na base territorial do Município de Santo Amaro da Imperatriz”.



Segundo Sacramento (2015) a bacia do rio Cubatão Sul vem sofrendo com o aumento do aporte de sedimentos, advindos do mau uso do solo e também de atividades mineradoras que ocorrem ao longo do rio Cubatão. Um dos grandes impactos observados na região foi a alta da turbidez ao longo do tempo. Na década de 80, o rio Cubatão apresentava pouca turbidez, permanecendo neste estado até mesmo em períodos de chuva. O cenário atual já não é mais o mesmo, seu curso d'água apresenta valores elevados de turbidez mesmo quando não chove.

Horstmann (2014) conclui que a mineração irregular, que altera as características tanto nas margens (quando a areia é retirada nas mesmas) como da mata ciliar; os efeitos produzidos pela presença dos agentes antrópicos vêm degradando sistematicamente o rio Cubatão do Sul. Ainda segundo Horstmann (2014) a causa para os problemas enfrentados no tratamento da água na ETA José Pedro Horstmann, pode estar principalmente na realização da atividade de mineração de areia no leito do rio, por ter como consequência uma elevação significativa nos parâmetros de cor e turbidez pelo processo de extração utilizado, como também o efluente gerado devido a lavagem inadequada da areia extraída.

Todas as atividades presentes na bacia hidrográfica causam impactos na qualidade da mistura das águas que chegam na ETA para tratamento.

### **Considerações finais**

Existe uma tendência de aumento da precipitação e um aumento da turbidez na bacia hidrográfica nos meses de verão, contudo a precipitação não explica sozinha a variação da turbidez. Na série histórica analisada observou-se que não existe uma relação significativa entre a precipitação ocorrida na bacia hidrográfica do rio Cubatão do Sul e a turbidez da água recebida na ETA José Pedro Horstmann. Através do estudo, foi verificado que a precipitação explica apenas 10% da turbidez das águas da bacia hidrográfica e que o maior efeito ocorre um dia após o evento climático.

Existem outros fatores que interferem na variação da turbidez, como as áreas preservadas pelo Parque PEST, onde as matas ciliares preservadas absorvem parte do escoamento superficial, regulando a turbidez. As atividades na bacia hidrográfica do rio Cubatão do Sul, que tem impactos significativos na qualidade da água

recebida para tratamento na ETA José Pedro Horstmann, como a extração de areia para a construção civil que elevam a turbidez do manancial aumentando os custos do tratamento para potabilizar a água, com uma demanda maior de consumo de produtos químicos, e também tem impactos para toda a população que recebe esta água.

As atividades no manancial acabam interferindo na preservação da qualidade da água realizada pelo PEST, uma vez que, antes de chegar à ETA José Pedro Horstmann a água é deteriorada por atividades antrópicas.

### Referências bibliográficas

ANA. Agência Nacional das Águas. **Portal da qualidade das águas**. Disponível em: < [http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx#\\_ftn8](http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx#_ftn8)>. Acesso em 20 de fevereiro de 2018.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Anuário Mineral Estadual - Santa Catarina** / Coord. Técnica de Lia Fernandes et al.; Equipe Técnica por Júlio César Recuero; Fábio Larroyd; César Veronez. – Brasília: DNPM, 2017.

CASAN - Companhia Catarinense de Águas e Saneamento. **Mananciais Casan - Expedição ao Rio Cubatão**. 2003. Disponível em: <<https://www.casan.com.br/menu-conteudo/index/url/expedicao-ao-rio-cubatao#0>> Acesso em 24 de abril de 2019.

CASAN. Companhia Catarinense de Águas e Saneamento. Superintendência Região Metropolitana da Grande Florianópolis. **Plano de emergência para o sistema de abastecimento de água de Florianópolis – SIA integrado da Grande Florianópolis**. 2013. Disponível em: <<http://aresc.sc.gov.br/index.php/documentos/plano-emergencial/plano-emergencial-agua/plano-de-emergencia-2013/529-sia-integrado-florianopolis-externo-2013/file>>. Acesso em 24 de abril de 2019.

CURTARELLI, M. P. **SIG aplicado à caracterização morfométrica de bacias hidrográficas – estudo de caso da bacia hidrográfica do rio Cubatão do Sul – Santa Catarina/Brasil**. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 4693-4699. Disponível em: <<http://www.gthidro.ufsc.br/arquivos/4693-4699.pdf>> Acesso em 24 de abril de 2019.

DELPLA, A.-V. Jung, E. Baures, M. Clement, O. Thomas. **Impacts of climate change on surface water quality in relation to drinking water production**. Environment International. (2009) 1225–1233. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412009001494#!>> 25 de abril de 2019.

EXTERCKOTER, R. K. **Diagnóstico Da Qualidade Das Relações Ambientais Estabelecidas No Uso Da Água Na Bacia Hidrográfica Do Rio Cubatão Do Sul (SC)**. Dissertação do Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina. 2006. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/88481?show=full>> Acesso em 24 de abril de 2019.

Freitas, P. B. **Serra do Tabuleiro, histórias de um "não-parque": análise dos conflitos na trajetória de uma unidade de conservação de Santa Catarina**. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em Sociologia Política, Florianópolis, 2016. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/172355>> Acesso em 25 de abril de 2019.

GONÇALVES, J. C. S. I.; SARDINHA, D. S.; SOUZA, A. D. G.; DIBIAZI, A. L. B.; GODOY, L. H.; CONCEIÇÃO, F. T. **Avaliação espaço-temporal da qualidade da água e simulação de autodepuração na bacia hidrográfica do córrego São Simão, SP**. *Ambi-Água*, Taubaté, v. 7, n. 3, p. 141-154, 2012. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/114537/S1980-993X2012000300012.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> Acesso em 25 de abril de 2019.

HORSTMANN R. J. Filho. **Avaliação da qualidade da água do rio Cubatão do Sul e os prejuízos que atividades antrópicas representam para o tratamento da água de abastecimento**. Trabalho de Conclusão de Curso. UNISUL. Palhoça, 2014. Disponível em: <<https://www.riuni.unisul.br/handle/12345/1408>> Acesso em 24 de abril de 2014.

KAETSU, P. T. **A abordagem sistêmica na gestão integrada de recursos hídricos: limites e possibilidades de atuação do Comitê Cubatão / Patrícia Taeko**. - Florianópolis, SC, 2015. Disponível em: <[http://www.faed.udesc.br/arquivos/id\\_submenu/1962/patricia\\_taeko\\_kaetsu.pdf](http://www.faed.udesc.br/arquivos/id_submenu/1962/patricia_taeko_kaetsu.pdf)> Acesso em 09 de maio de 2019.

LARROYD, F.; RECUERO, J. C. **Mapa da Produção Mineral De Santa Catarina**. Ano base 2013. Florianópolis: DNPM, 2017. Disponível em: <<http://www.anm.gov.br/dnpm/paginas/anuario-mineral-estadual/sc20082013/view>> Acesso em 25 de abril de 2019.

GOTARDO, R. et al. **Distribuição espacial e temporal das chuvas no estado de Santa Catarina**. *Geosul*, Florianópolis, v. 33, n. 67, p. 253-276, mai./ago. 2018. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/2177-5230.2018v33n67p253>> Acesso em 25 de abril de 2019.

PENEDO, P. H. S. **Relação entre precipitação e turbidez em cursos d'água no Espírito Santo**. 2015. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre – ES. Disponível em: <<http://repositorio.ufes.br/handle/10/5073>> Acesso em 25 de abril de 2019.

RAPOSO, A.A.; BARROS, L.F.P.; MAGALHÃES JÚNIOR, A.P.M. (2009). **O parâmetro de turbidez das águas como indicador de impactos humanos na dinâmica fluvial da bacia do rio maracujá- Quadrilátero Ferrífero/MG**. In: XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Viçosa. UFV. Disponível em: <[http://www.geomorfologia.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos\\_completos/eixo3/007.pdf](http://www.geomorfologia.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos_completos/eixo3/007.pdf)> Acesso em 25 de abril de 2019.

SACRAMENTO, D. L. P. **Utilização de ferramentas de gestão ambiental para a melhoria da qualidade do rio Cubatão (Santa Catarina)**. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. 2015. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/160025>> Acesso em 24 de abril de 2019.

SERGIO, D. Z. **Modelagem hidrológica da bacia do rio Cubatão do Sul com modelo Swat**. TCC (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Tecnológico. Engenharia Sanitária e Ambiental. 2012. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/125090>> Acesso em 25 de abril de 2019.

SILVA DIAS, M. A. F. S. **As chuvas de novembro de 2008 em Santa Catarina: Um estudo de caso visando à melhoria do monitoramento e da previsão de eventos extremos**. São José dos Campos: INPE, 2009. Disponível em: <[http://intranetdoc.epagri.sc.gov.br/producao\\_tecnico\\_cientifica/DOC\\_3661.pdf](http://intranetdoc.epagri.sc.gov.br/producao_tecnico_cientifica/DOC_3661.pdf)> Acesso em 25 de abril de 2019.

STEVAUX, J. C; LATRUBESSE, E. **SC, Estado de Santa Catarina. Água – recurso para manutenção da vida. 2013. Geomorfologia fluvial**. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.

THOMAS, P; GOMES, P. **Mecanismos de Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos para o Setor de Extração de Areia da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul**. 2005. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sag/CobrancaUso/BaciaPBS/Textos/Cobranca%20Extracao%20de%20Areia%20-%20Patrick%20-%20nov05%20-%20Artigo.pdf>> Acesso em 25 de abril de 2019.

TUCCI, C. E. M. **Escoamento superficial**. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). Hidrologia: ciência e aplicação. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2007.



## CAPÍTULO III

### 3. PRODUTO DESENVOLVIDO

#### **CARTILHA DE INFORMAÇÕES SOBRE A IMPORTÂNCIA DA DOSAGEM ADEQUADA DE COAGULANTES NA ETA JOSÉ PEDRO HORSTMANN**

Objetivou-se analisar a quantidade de coagulante que é utilizado no tratamento em função da turbidez da mistura das águas dos rios Cubatão do Sul e Vargem do Braço, recebidos na ETA José Pedro Horstmann.

#### 3.1 Dados de consumo de Coagulante e relação com Turbidez

Os dados de consumo de coagulante – Sulfato de Alumínio, já estavam em meios digitais, pois se tratam de dados mais recentes. Os dados de coagulante são referentes a 01 (um) ano (novembro de 2017 a outubro de 2018) e são dados diários de dosagem do produto. Os dados de turbidez utilizados aqui também são dados diários (análises realizadas pelos operadores de ETA) do mesmo período.

#### 3.2 Dosagem de coagulante no tratamento da água

Segundo Di Bernardo (2017) o Sulfato de Alumínio comercial líquido (como o utilizado na ETA José Pedro Horstmann) é, normalmente, fornecido por meio de caminhão-tanque e armazenado em tanques de resina / concreto. Em função da massa específica da solução comercial, observam-se: i) os valores da porcentagem de sulfato de alumínio e de  $Al_2O_3$  (massa por massa), e ii) a concentração de sulfato de alumínio com 17% de  $Al_2O_3$  disponível no produto comercial.

Normalmente o Sulfato de Alumínio utilizado na ETA José Pedro Horstmann é recebido com concentração de  $Al_2O_3 \times 14,3 H_2O$  entre 639, 94g/L e 642,34g/L.

### 3.3 Resultados

Observou-se (Figura 20, onde os dados foram normalizados com um logaritmo) que existe uma correlação em que turbidez explica parte da quantidade de coagulante que é utilizado na ETA, contudo essa não é uma relação significativa do ponto de vista estatístico.

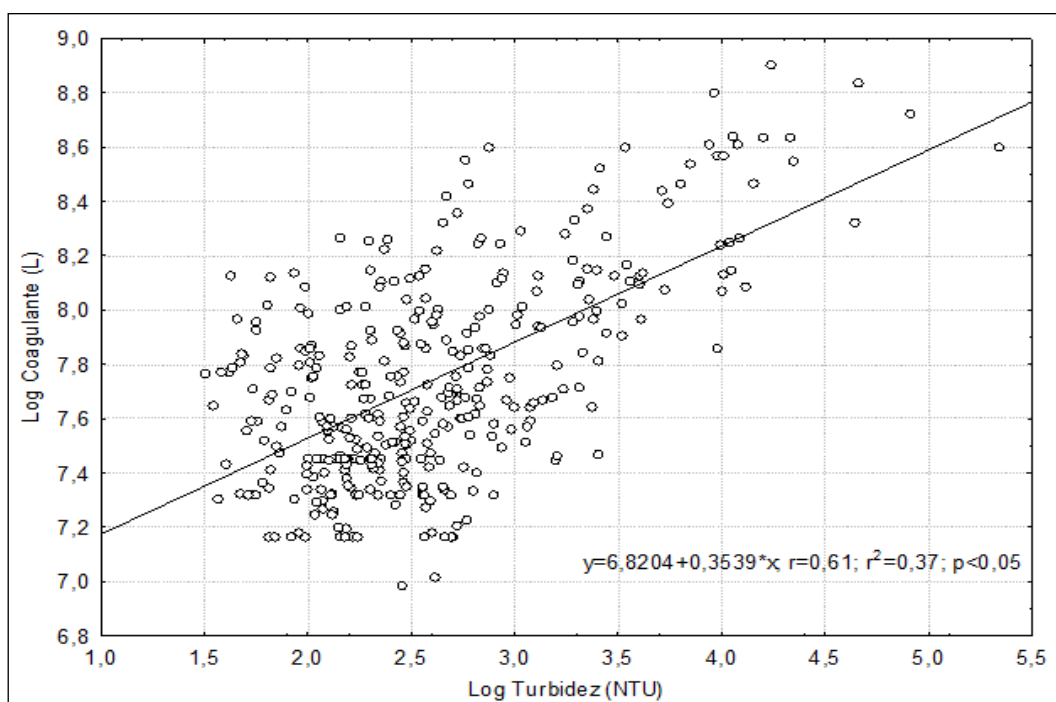


Figura 20: Relação de coagulante X turbidez, na ETA José Pedro Horstmann, 2017 a 2018.

Existe uma correlação de 61% entre turbidez e consumo de coagulante e uma regressão ( $R^2$ ) de 37%. A turbidez não é uma boa preditora do uso de coagulante, visto que, com uma mesma turbidez ocorre uma gama enorme de consumo de coagulante. Por exemplo, com um Log de turbidez de 2,5 (NTU) é consumido um valor de Log de 7,0L a 8,2L de coagulante.

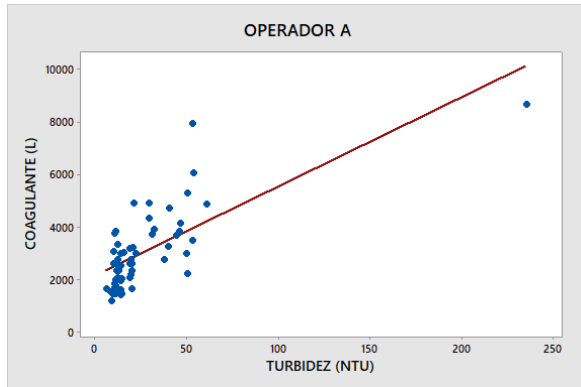
Isso se deve possivelmente a existência de outros parâmetros que interferem na dosagem de coagulante, como o pH, a matéria orgânica ou a cor da água bruta. Mas também pode ser um indicativo de que é aplicada uma dosagem excessiva de coagulante mesmo quando é encontrada uma baixa turbidez.

Diante disto foi analisada individualmente a dosagem de coagulante em função da turbidez, para cinco duplas diferentes de operadores de ETA, a fim de verificar se

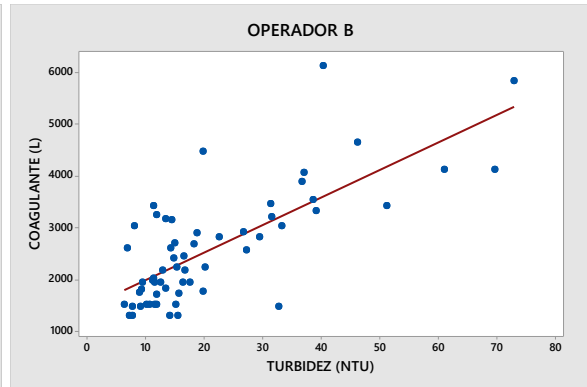
existe variabilidade nos resultados que indiquem uma prática de dosagem em excesso de coagulante por alguma equipe de operação.

Foram feitas regressões para cada dupla de operadores, num período de seis meses (novembro 2017 a maio de 2018) e estas duplas foram denominadas com as letras A, B, C, D e E.

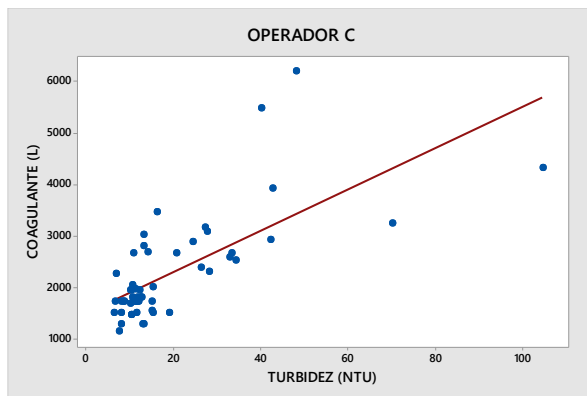
Obtiveram-se os seguintes resultados:



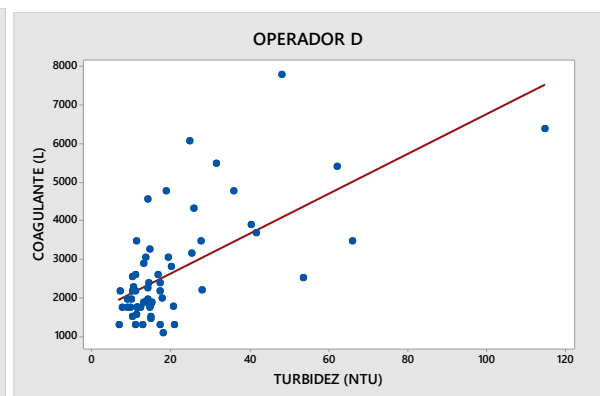
$$y = 2130 + 34,07 x \quad R^2=52,48\% \quad p<0,05$$



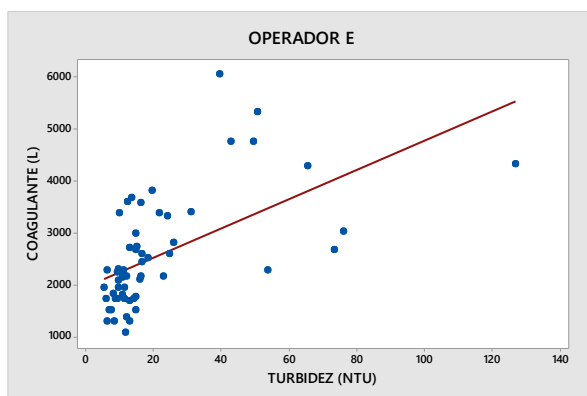
$$y = 1443 + 53,36 x \quad R^2=55,88\% \quad p<0,05$$



$$y = 1496 + 39,97 x \quad R^2=48,75\% \quad p<0,05$$



$$y = 1608 + 51,62 x \quad R^2=42,29\% \quad p<0,05$$



$$y = 1967 + 28,10 x \quad R^2=33,09\% \quad p<0,05$$

Estatisticamente não são resultados significativos ( $p < 0,05$ ), porém fica claro que existe uma variação nas dosagens dos diferentes operadores da ETA. O melhor  $R^2$  ficou com o operador B (55,88%), sendo o que tem o melhor ajuste nas dosagens e o pior  $R^2$  ficou com o operador E (33,09%).

Essa variação de 22% entre o melhor ajuste e o pior, pode indicar uma dosagem excessiva de coagulante e conseqüentemente gasto maior de coagulante.

O consumo médio mensal de coagulante no ano de 2018 foi de 209 toneladas, se for dosado 10% a mais de coagulante em cada turno, significa 20 toneladas a mais de coagulante por mês. Em um ano pode representar R\$ 80.000,00 de gasto a mais com coagulante na ETA. Além disso, a dosagem excessiva de coagulante pode deixar um residual de alumínio na água tratada acima do limite máximo estabelecido pela Portaria de Consolidação Nº 5 de 2017, que é de 0,2 miligramas por litro (mg/L).

Segundo Rosalino, 2001 o alumínio (Al) é o terceiro elemento mais abundante na crosta terrestre, estando presente em todas as águas superficiais, concomitantemente sais de alumínio, como o sulfato de alumínio e o policloreto de alumínio, são frequentemente utilizados como agentes coagulantes no tratamento de água para consumo humano. A possível contribuição para o acréscimo do teor em Alumínio na água tratada e os conhecidos ou suspeitos efeitos na saúde humana tem suscitado interesse e preocupação na comunidade científica.

Sobre o alumínio no organismo, Dantas *et al.* (2007) dizem que são várias as possibilidades de ingresso do alumínio no ser humano por via digestiva: alimentos, aditivos para alimentos contendo alta concentração de Al, ingestão de antiácidos e outros medicamentos contendo hidróxido de alumínio e ainda na água potável.

Foram vários os estudos que evidenciaram a ligação entre o alumínio presente na água e múltiplas doenças do foro neurológico, como a encefalopatia após tratamento de diálise, a doença de Parkinson, a esclerose lateral amiotrófica e, em particular, a doença de Alzheimer. No entanto, apesar da abundância de estudos, o mecanismo pelo qual o alumínio exerce os seus efeitos tóxicos no cérebro não é completamente compreendido, e por isso a relação referida anteriormente é apenas considerada uma forte suspeita (ROSALINO, 2011).

Sobre o Alumínio no tratamento da água, a maioria dos sais de alumínio é caracterizado pela sua alta insolubilidade, num intervalo de pH entre 6 e 8. A solubilidade é alcançada em condições ácidas ( $pH < 6$ ) ou alcalinas ( $pH > 8$ ), ligando os complexos (GIORDANO e COSTANTINI, 1993). E, de acordo com Bratby, 2006.

Pernitsky e Edzwald, 2006, abaixo de um pH de 5,5 a alcalinidade da água é insuficiente para potencializar o Sulfato de Alumínio como agente coagulante, pois os íons alumínio tornam-se solúveis e não precipitam. Quando o pH está acima de 8,5 após a adição do Sulfato de Alumínio, os íons de alumínio tornam-se também solúveis e a eficiência da coagulação baixa. Daí a importância do controle do pH durante a etapa de coagulação.

De acordo com Rosalino, 2011, o surgimento do residual de alumínio nas águas tratadas depende muito das espécies do elemento presentes na água bruta assim como das condições de funcionamento da estação de tratamento de água. O autor conclui em seu trabalho que as implicações do alumínio na saúde não são claras. Foram vários os estudos que relacionaram as concentrações de alumínio no cérebro e doenças neurodegenerativas, no entanto, não existe ainda um consenso a este respeito. Mesmo assim, e pelo princípio da precaução, devem ser tomadas medidas para a minimização dos teores de alumínio no final do tratamento.

Diante dos resultados foi elaborada uma cartilha para ser distribuída aos operadores explicando a importância da função do operador de ETA para a saúde pública, a importância da execução correta do ensaio de *Jar Test* e a importância da dosagem correta de coagulantes na ETA. As cartilhas impressas serão distribuídas para os 12 operadores da ETA, no mês de maio / 2019. Além disso, será realizada uma orientação individualmente, no momento da entrega do material para cada operador.

## **CARTILHA**

**A IMPORTÂNCIA DA EXECUÇÃO E APLICAÇÃO DO  
*JAR TEST* NA ETA JOSÉ PEDRO HORSTMANN**



Figura 01: ETA José Pedro Horstmann. Fonte CASAN.

**Olá Operad@r,**

**Observe com atenção os dados abaixo!**

Fizemos uma análise e descobrimos que podemos estar utilizando muito coagulante na ETA, mesmo quando a turbidez está baixa.

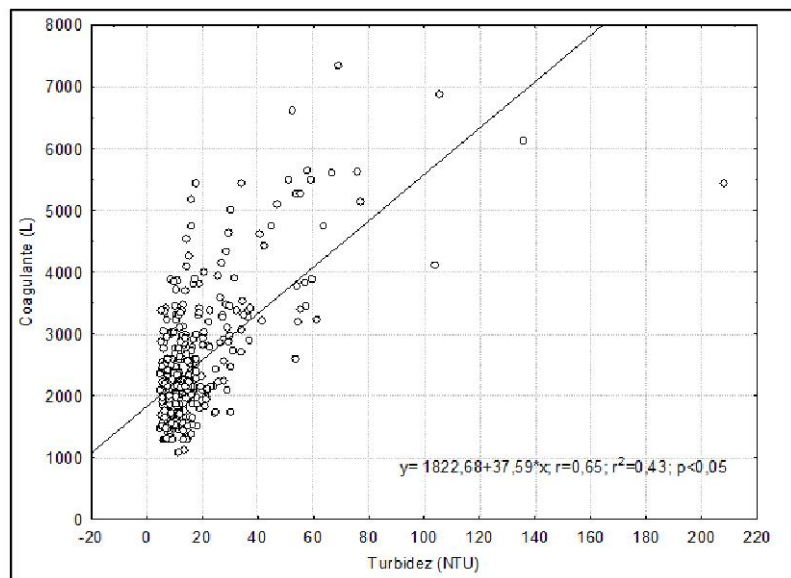


Figura 02: Resultado da análise de regressão entre turbidez e coagulante - 2017 a 2018.

Percebe-se que mesmo com uma baixa turbidez é dosado Sulfato de Alumínio em pequena, mas também em grande quantidade.

O consumo médio de coagulante no ano de 2018 foi de 209 toneladas por mês. Se for dosado apenas 10% a mais de coagulante em cada turno, significa 20 toneladas a mais de coagulante por mês. Em um ano pode representar um valor de R\$ 80.000,00 de gasto a mais com coagulante na ETA. Além disso, a dosagem excessiva de coagulante pode deixar um residual de alumínio na água tratada acima do limite máximo estabelecido pela Portaria de Consolidação Nº 5 de 2017, que é de 0,2 miligramas por litro (mg/L). O que pode prejudicar a saúde de quem bebe essa água.

### **Sobre o Alumínio**

Segundo Rosalino, 2001 o alumínio (Al) é o terceiro elemento mais abundante na crosta terrestre, estando presente em todas as águas superficiais, concomitantemente sais de alumínio, como o Sulfato de Alumínio e o Policloreto de Alumínio (PAC), são frequentemente utilizados como agentes coagulantes no tratamento de água para consumo humano. A possível contribuição para o acréscimo do teor em alumínio na água tratada e os conhecidos ou suspeitos



efeitos na saúde humana tem suscitado interesse e preocupação na comunidade científica.

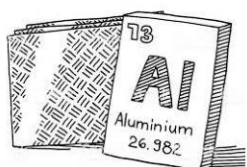


Figura 03: Alumínio. Fonte: <https://www.istockphoto.com/br/vetor/qu%C3%ADmicos-elemento-de-desenho-de-alum%C3%ADnio-gm482287291-37699904>

Foram vários os estudos que evidenciaram a ligação entre o alumínio presente na água e múltiplas doenças do foro neurológico, como a Encefalopatia após tratamento de diálise, a doença de Parkinson, a Esclerose Lateral Amiotrófica e, em particular, a doença de Alzheimer. No entanto, apesar da abundância de estudos, o mecanismo pelo qual o alumínio exerce os seus efeitos tóxicos no cérebro não é completamente compreendido, e por isso a relação referida anteriormente é apenas considerada uma forte suspeita (ROSALINO, 2011).

Sobre o alumínio no tratamento da água, a maioria dos sais de alumínio é caracterizada pela sua alta insolubilidade, num intervalo de pH entre 6 e 8. A solubilidade é alcançada em condições ácidas ( $\text{pH} < 6$ ) ou alcalinas ( $\text{pH} > 8$ ), ligando os complexos (GIORDANO e COSTANTINI, 1993).

E de acordo com Bratby, 2006, Pernitsky e Edzwald, 2006, abaixo de um pH de 5,5 a alcalinidade da água é insuficiente para potencializar o Sulfato de Alumínio como agente coagulante, pois os íons alumínio tornam-se solúveis e não precipitam. Quando o pH está acima de 8,5 após a adição do Sulfato de Alumínio, os íons de alumínio tornam-se também solúveis e a eficiência da coagulação baixa. Daí a importância do controle do pH durante a coagulação.

Ainda de acordo com Rosalino, 2011, o surgimento do residual de alumínio nas águas tratadas depende muito das espécies do elemento presentes na água bruta assim como das condições de funcionamento da Estação de Tratamento de Água. O autor conclui em seu trabalho que as implicações do alumínio na saúde não são claras. Foram vários os estudos que relacionaram as concentrações de alumínio no cérebro e doenças neurodegenerativas, no entanto, não existe ainda um consenso a este respeito. Mesmo assim, e pelo princípio da precaução, devem ser tomadas medidas para a minimização dos teores de alumínio no final do tratamento.

**Refleta: O que pode estar acontecendo?**

A melhor maneira de conhecer a dosagem ideal do coagulante é realizar o ensaio de *Jar Test* de forma correta.

**Esse é o ensaio mais importante realizado na ETA!**

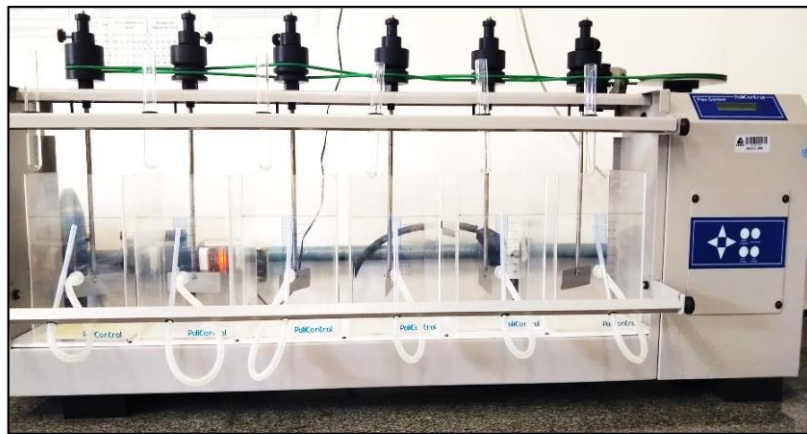


Figura 04: Jar Test da ETA José Pedro Horstmann.

São os ensaios de *Jar Test* que irão determinar os valores ótimos da dosagem de coagulante, bem como, os pHs ótimos para coagulação e floculação da água.

O ensaio deve ser realizado a cada turno e sempre que ocorrerem mudanças significativas nas características das águas brutas dos rios Cubatão do Sul e Vargem do Braço.

Durante os ensaios, as diluições devem ser feitas perfeitamente e cada miligrama do coagulante deve ser medida, de forma precisa, pois quando aplicada em uma ETA com grande vazão como esta, qualquer alteração pode significar um grande erro.



Figura 05: Pipeta. Fonte: <https://www.istockphoto.com/br/vetor/pipeta-desenho-gm450989437-24647935>

*Não esqueça de controlar o pH durante o ensaio!*



Figura 06: Dexter laboratório. Fonte: <http://www.imagensanimadas.com/cat-desenhos-para-colorir-o-laboratorio-de-dexter-2065.htm>

Cada etapa do ensaio de *Jar Test* deve ser executada de acordo com a apostila entregue no treinamento.

*Depois de executado o ensaio de Jar Test o resultado deve ser imediatamente aplicado na ETA.*

A função do Operador da ETA José Pedro Horstmann é uma das mais importantes, não só para a CASAN, mas para toda a população que recebe a água tratada aqui.



Figura 07: Dexter laboratório. Fonte: <http://www.imagensanimadas.com/categoria-desenhos-para-colorir-o-laboratorio-de-dexter-2065.htm>



Figura 08: Torneira de água. Fonte: <https://myloview.com.br/fotomural-ilustracao-torneira-de-agua-clip-art-desenho-animado-no-586B29>

A ETA José Pedro Horstmann é responsável pelo abastecimento de aproximadamente 700 mil pessoas, o que corresponde a cerca de 10% da população total do Estado de Santa Catarina, localizada nos municípios de Florianópolis, São José, Palhoça, Biguaçu e Santo Amaro da Imperatriz.

A saúde da população que recebe essa água está diretamente relacionada ao trabalho preciso do Operador de ETA.

Água é vida!



Figura 09: Beber água. Fonte: <https://escolakids.uol.com.br/ciencias/importancia-da-agua-para-o-nosso-corpo.htm>

## Referências

IFSC – **Identidade Visual**. Disponível em: <<https://www.ifsc.edu.br/identidade-visual>> Acesso 05/05/2019.

BRATBY, J. (2006). **Coagulation and Flocculation in Water and Wastewater Treatment**. Reino Unido: IWA Publishing.

CASAN – **Marca Casan**. Disponível em: <<https://www.casan.com.br/menu-conteudo/index/url/marca-casan#0>> Acesso 05/05/2019.

Giordano, R., e COSTANTINI, S. (1993). **Some Aspects Related to the Presence of Aluminium in Waters**. Ann. Ist. Super. Sanità, vol. 29, n. 2, 305-311.

PERNITSKY, D. J., e EDZWALD, J. K. (2006). **Selection of Alum and Polyaluminum Coagulants**. Journal of Water Supply: Research and Technology—AQUA, 55.2.

ROSALINO, M. R. R. **Potenciais Efeitos da Presença de Alumínio na Água de Consumo Humano**. Dissertação de mestrado em Engenharia do Ambiente. Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa, 2011. Disponível em: <[https://run.unl.pt/bitstream/10362/6323/1/Rosalino\\_2011.pdf](https://run.unl.pt/bitstream/10362/6323/1/Rosalino_2011.pdf)> Acesso em 07/05/2019.



Elaborado por: Juliana Loch

Mestranda do Programa de Pós-graduação  
Profissional de Clima e Ambiente – IFSC

Profa. Dra. Débora Monteiro Brentano  
Orientadora



#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No Brasil, desde 1934 tem-se o Decreto 24.643 que cria o Código de Águas e em seu Art. 109 afirma que “a ninguém é lícito conspurcar ou contaminar as águas que não consome, com prejuízo de terceiros”. Diante do exposto nesta pesquisa ficam evidenciados os prejuízos que atividades antrópicas trazem para a qualidade das águas da bacia do rio Cubatão do Sul, afetando conseqüentemente toda a população que utiliza essas águas para consumo.

A melhoria da qualidade de vida está associada à racionalização da gestão da água. A avaliação dos benefícios resultantes da utilização da água deve ter em conta os vários componentes da qualidade de vida, incluindo a qualidade do ambiente. A qualidade de vida não está associada somente à garantia de água em qualidade e quantidade para as necessidades básicas individuais e coletivas, mas também a aspectos cognitivos e perceptivos associados à água que passam, por exemplo, por espaços hídricos para lazer, repouso e contemplação. O atendimento das demandas hídricas é mais um direito social do que propriamente uma conquista ou uma dádiva visando à melhoria da qualidade de vida da população (RAPOSO *et al.*, 2009).

A água é um recurso de indispensável para a vida, por isso, todas as políticas públicas deveriam levar em consideração esse fato antes de legislar ou liberar atividades em mananciais utilizados para abastecimento público.

Nos últimos 20 anos houve um aumento de 18% nas médias de precipitação na região da bacia hidrográfica do rio Cubatão do Sul indicando uma possível interferência de eventos climáticos globais na região estudada. Com relação às médias de turbidez, esta teve um aumento de 56% nos ultimo 10 anos, indicando uma perda significativa na qualidade da água recebida pela ETA José Pedro Horstmann para tratamento.

Esse aumento nas médias de turbidez possivelmente foi influenciado pela mistura da água que é recebida para tratamento. Nos anos iniciais do período estudado era utilizada maior quantidade de água do rio Vargem do Braço (que possui melhor qualidade da água), porém com o passar dos anos passou a utilizar-se maior quantidade de água do rio Cubatão do Sul (que tem qualidade de água inferior), devido ao aumento da população e maior demanda de água tratada para abastecimento público. O aumento da turbidez também está relacionado ao uso do solo na bacia hidrográfica, qualquer atividade afeta a qualidade das águas dos

mananciais da região, principalmente atividades próximas aos rios sem licenciamento ambiental adequado.

Quando realizada uma regressão simples a relação entre precipitação e turbidez é de apenas 10%, porém quando utilizados apenas os dados de precipitação maiores que 35 mm, aumentamos o poder de explicação da precipitação sobre a turbidez, explicando quase 20% da variação da turbidez. Isso indica que quantidades maiores de chuva num período de 24 horas tem maior influência na turbidez da mistura das águas dos rios.

Quando a turbidez é relacionada ao consumo de coagulantes, também tem-se uma baixa relação entre ambas (relação de 37%), indicando que existem outros interferentes na dosagem do coagulante utilizado no tratamento da água, como a possível dosagem excessiva do coagulante na ETA ou outros parâmetros físico-químicos que interfiram na dosagem, como a Cor, o pH, ou a matéria orgânica encontrada na água bruta.

Para trabalhos futuros indica-se a utilização de regressão múltipla para relacionar os interferentes na qualidade da água dos rios, como a Cor da água bruta, o pH, o balanço hídrico da região ou o aumento populacional, que interferem diretamente na água dos mananciais da bacia hidrográfica do rio Cubatão do Sul.

Percebe-se o quão importante foi a criação do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro para a manutenção da qualidade das águas que se encontram dentro dos seus limites. Com certeza o Parque tem a função de preservar as reservas de águas futuras para a população da grande Florianópolis.

Porém quando se autorizam atividades como a extração de areia nos mananciais, todo esse trabalho de preservação hídrica, realizado pelas áreas do Parque, é em vão. As atividades de extração de areia são impactantes nos parâmetros indicadores de qualidade da água recebida na ETA José Pedro Horstmann e prejudicam o tratamento da água, elevando a demanda na dosagem de produtos químicos.

Todos esses impactos causados no manancial que abastece parte considerável da população do Estado de Santa Catarina, citados nesta pesquisa e em diversas outras, devem sim ser levados em consideração pelos órgãos responsáveis pela liberação de atividades na bacia hidrográfica do rio Cubatão do Sul.

## REFERÊNCIAS

ANA. Agência Nacional das Águas. **Portal da qualidade das águas**. Disponível em: < [http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx#\\_ftn8](http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx#_ftn8)>. Acesso em 20 de fevereiro de 2018.

A. W. W. A. American Water Works Association. **Água tratamento e qualidade**. Rio de Janeiro – Brasil, 1964.

BABBITT, H. E; James J. Doland; John L. Cleasby. **Abastecimento de Água**. Editora Edgard Blucher LTDA. São Paulo, 1962.

BACCI, D. de L., PATACA, E. M. **Educação para a água**, 2008. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010340142008000200014&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010340142008000200014&script=sci_abstract&tlng=pt)>. Acesso em 24 de abril de 2019.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Editora Ícone, 1995. 356 p.

BRATBY, J. (2006). **Coagulation and Flocculation in Water and Wastewater Treatment**. Reino Unido: IWA Publishing.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M. et al. **Introdução à engenharia ambiental**. São Paulo: Prentice Hall, 2005.

BRASIL (1934). **Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934**. Decreta o Código de Águas. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/d24643.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d24643.htm)> Acesso em 09 de maio de 2019.

BRASIL. (1997). Lei 9433 de 8 de janeiro de 1997. Diário Da República, 1ª Série - Nº 116. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos**, etc. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm)>. Acesso em 24 de abril de 2019.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução nº 357 de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e da outras providências. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>> Acesso em 24 de abril de 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Água: Um recurso cada vez mais ameaçado**. 2005. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/sedr\\_proecotur/\\_publicacao/140\\_publicacao09062009025910.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/sedr_proecotur/_publicacao/140_publicacao09062009025910.pdf)> Acesso em: 12 de Ago. 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento**. 3ª. ed. rev. – Brasília, 2007. Disponível em:

<<https://wp.ufpel.edu.br/ccz/files/2016/03/FUNASA-MANUAL-SANEAMENTO.pdf>>  
Acesso em 24 de abril de 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde.** – Brasília: Funasa, 2014. Disponível em <[http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files\\_mf/manualcont\\_quali\\_agua\\_tecnicos\\_trab\\_emetas.pdf](http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manualcont_quali_agua_tecnicos_trab_emetas.pdf)>. Acesso em 08 de setembro de 2018.

BRASIL. (2017). **Portaria de Consolidação nº 5 de 28 de setembro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde.** Ministério Da Saúde. Disponível em: <<http://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2018/marco/29/PRC-5-Portaria-de-Consolida----o-n---5--de-28-de-setembro-de-2017.pdf>>. Acesso em 24 de abril de 2019.

BURIOL, G.A.; ESTEFANEL, V.; SWAROWSKY, A.; D'AVILA, R.F.; HELDWEIN, A.B. **Homogeneidade e estatísticas descritivas dos totais mensais e anuais de chuva de Santa Maria, estado do Rio Grande do Sul.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.11, n.4, p.89-97, 2006. Disponível em: <[https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/22/127d8f7ecc3d385e44fb48701ad280a9\\_fe3a7ac7439db70b6cc597bdba543720.pdf](https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/22/127d8f7ecc3d385e44fb48701ad280a9_fe3a7ac7439db70b6cc597bdba543720.pdf)> Acesso em 24 de abril de 2019.

CASAN - Companhia Catarinense de Águas e Saneamento. **Mananciais Casan - Expedição ao Rio Cubatão.** 2003. Disponível em: <<https://www.casan.com.br/menu-conteudo/index/url/expedicao-ao-rio-cubatao#0>>  
Acesso em 24 de abril de 2019

CASAN. Companhia Catarinense de Águas e Saneamento. Superintendência Região Metropolitana da Grande Florianópolis. **Plano de emergência para o sistema de abastecimento de água de Florianópolis – SIA integrado da Grande Florianópolis.** 2013. Disponível em: <<http://aresc.sc.gov.br/index.php/documentos/plano-emergencial/plano-emergencial-agua/plano-de-emergencia-2013/529-sia-integrado-florianopolis-externo-2013/file>>. Acesso em 24 de abril de 2019.

CHAGAS, D. S. **Relação entre concentração de sólidos suspensos e turbidez da água medida com sensor de retroespalhamento óptico.** 2015. Dissertação do Curso do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Disponível em: <<https://www1.ufrb.edu.br/pgea/images/Teses/DENIZE-SAMPAIO-CHAGAS.pdf>>  
Acesso em 24 de abril de 2019.

COPASA, Companhia de Saneamento de Minas Gerais. COPASA MG, 2019. **Tratamento da água.** Disponível em: <<http://www.copasa.com.br/wps/portal/internet/agua-de-qualidade/tratamento-da-agua>>. Acesso em 24 de abril de 2019.

CORREIA, A. et al. Análise da Turbidez da Água em Diferentes Estados de Tratamento. In: **VIII Encontro Regional de Matemática Aplicada e Computacional**. Natal. 2008. Disponível em: <[http://www.dimap.ufrn.br/~sbmac/ermac2008/Anais/Resumos%20Estendidos/Analise%20da%20turbidez\\_Aislan%20Correia.pdf](http://www.dimap.ufrn.br/~sbmac/ermac2008/Anais/Resumos%20Estendidos/Analise%20da%20turbidez_Aislan%20Correia.pdf)> Acesso em 24 de abril de 2019.

DANTAS, S. T.; SARON, E. S.; DANTAS, F. B. H.; YAMASHITA, D.M.; KIYATAKA, P. H. M. Determinação da dissolução de alumínio durante cozimento de alimentos em panelas de alumínio. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 27(2): 291-297, abr.-jun. 2007. Disponível em: < <https://www.redalyc.org/html/3959/395940082014/>> Acesso em 09 de maio de 2019.

Di Bernardo, Luiz. **Métodos e técnicas de tratamento de água, volume I** – Rio de Janeiro: ABES, 1993.

DI BERNARDO, L. et. al. **Métodos e Técnicas de Tratamento de Água**. São Carlos, SP: RiMa, 2. ed. 2005.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A.D.B.; VOLTAN, P.E.N. **Tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água**. São Carlos: LDiBe, 2011.

Di Bernardo, Luiz. **Métodos e técnicas de tratamento de água** / Luiz Di Bernardo, Angela Di Bernardo Dantas, Paulo Eduardo Nogueira Voltan. – São Carlos: LDiBe Editora, 2017.

HORSTMANN R. J. Filho. **Avaliação da qualidade da água do rio Cubatão do Sul e os prejuízos que atividades antrópicas representam para o tratamento da água de abastecimento**. Trabalho de Conclusão de Curso. UNISUL. Palhoça, 2014. Disponível em: <<https://www.riuni.unisul.br/handle/12345/1408>> Acesso em 24 de abril de 2014.

GIORDANO, R., e COSTANTINI, S. (1993). **Some Aspects Related to the Presence of Aluminium in Waters**. *Ann. Ist. Super. Sanità*, vol. 29, n. 2, 305-311

LIRA, W. S., & CANDIDO, G. A. orgs. **Gestão sustentável dos recursos naturais: uma abordagem participativa**. Gestão sustentável dos recursos naturais: uma abordagem participativa. Campina Grande: EDUEPB, 2013.

RAPOSO, A.A.; BARROS, L.F.P.; MAGALHÃES JÚNIOR, A.P.M. (2009). **O parâmetro de turbidez das águas como indicador de impactos humanos na dinâmica fluvial da bacia do rio maracujá- Quadrilátero Ferrífero/MG**. In: XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Viçosa. UFV. Disponível em: <[http://www.geomorfologia.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos\\_completos/eixo3/007.pdf](http://www.geomorfologia.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos_completos/eixo3/007.pdf)> Acesso em 25 de abril de 2019.

MARENGO, J., Nobre, C. A., Seluchi, M., Cuartas, A., Alves, L., Mendiando, E., Obregón, G., & Sampaio, G. (2015). **A seca e a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo**. *Revista USP*, (106), 31-44. <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9036.v0i106p31-44>. Disponível em:

<<http://www.periodicos.usp.br/revusp/article/view/110101/108684>> Acesso em 23 de junho de 2019.

MENDES, D. E. **Estudo da variação da onda de cheia na bacia do rio Cubatão do Sul por meio de modelo numérico hec-ras**. Trabalho de conclusão de curso, submetido ao Departamento de Engenharia Civil. UFSC, 2013. Disponível em: <[http://www.labhidro.ufsc.br/Artigos/VARIACAO\\_DA\\_ONDA\\_DE\\_CHEIAS\\_NA\\_BACIA\\_DO\\_RIO\\_CUBATAO\\_DO\\_SUL.pdf](http://www.labhidro.ufsc.br/Artigos/VARIACAO_DA_ONDA_DE_CHEIAS_NA_BACIA_DO_RIO_CUBATAO_DO_SUL.pdf)> Acesso em 24 de abril de 2019.

MONTEIRO, M. **Caracterização climática do estado de Santa Catarina: uma abordagem dos principais sistemas atmosféricos que atuam durante o ano. Geosul**. Revista do Departamento de Geociências da UFSC, Florianópolis, v. 16, nº 31, p 69-78. 2001.

PEREIRA, M. A. F.; KOBAYAMA, M.; **Análise de variâncias pluviométricas na região da bacia hidrográfica do Cubatão do Sul (SC)**. *Ambiência Guarapuava (PR)* v.9 n.1 p. 95 -111 Jan./Abr. 2013. Disponível em: <<https://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/view/1709>> Acesso em 24 de abril de 2019.

PERNITSKY, D. J., e EDZWALD, J. K. (2006). **Selection of Alum and Polyaluminum Coagulants**. *Journal of Water Supply: Research and Technology—AQUA*.

PORTO, M. F. A., e PORTO, R. L. L. (2008). **Gestão de bacias hidrográficas. Estudos Avançados**. 2008. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-0142008000200004](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-0142008000200004)> Acesso em 24 de abril de 2019

RODRIGUEZ, Daniel A. et al, **Variabilidade Climática das Vazões em Bacias Brasileiras. Centro de Ciência do Sistema Terrestre – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CCST/INPE), Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. (CEMADEN), 2016**. Disponível em: <<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/revista/pdf/30anos/Rodriguezetal.pdf>> Acesso 24 de abril de 2019.

ROSALINO, M. R. R. **Potenciais Efeitos da Presença de Alumínio na Água de Consumo Humano**. Dissertação de mestrado em Engenharia do Ambiente. Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa, 2011. Disponível em: <[https://run.unl.pt/bitstream/10362/6323/1/Rosalino\\_2011.pdf](https://run.unl.pt/bitstream/10362/6323/1/Rosalino_2011.pdf)> Acesso em 07/05/2019.

SACRAMENTO, D. L. P. **Utilização de ferramentas de gestão ambiental para a melhoria da qualidade do rio Cubatão (Santa Catarina)**. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. 2015. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/160025>> Acesso em 24 de abril de 2019.

SC, Estado de Santa Catarina - Lei nº 10.949, de 09 de novembro de 1998. **Dispõe sobre a caracterização do Estado em dez Regiões Hidrográficas**. Disponível em: <[http://www.aguas.sc.gov.br/jsmallfib\\_top/DHRI/Legislacao/Lei-Estadual-10949-1998.pdf](http://www.aguas.sc.gov.br/jsmallfib_top/DHRI/Legislacao/Lei-Estadual-10949-1998.pdf)> Acesso em 24 de abril de 2019.

SOUZA, Manoel Nascimento de. **O direito fundamental à água potável**. In: Âmbito Jurídico, Rio Grande, XIV, n. 92, set 2011. Disponível em: <[http://ambitojuridico.com.br/site/?n\\_link=revista\\_artigos\\_leitura&artigo\\_id=10330&revista\\_caderno=9](http://ambitojuridico.com.br/site/?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=10330&revista_caderno=9)> Acesso em Jul. 2014.

STEVANUX, J. C; LATRUBESSE, E. **SC, Estado de Santa Catarina. Água – recurso para manutenção da vida. 2013. Geomorfologia fluvial**. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.

TUCCI, C. E. M. 1997. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2.ed. Porto Alegre: ABRH/Editora da UFRGS, 1997.

TUNDISI, J. G. **Recursos hídricos no Século XXI** / José Galizia. Tundisi, Takako Matsumura – Tundisi. São Paulo: Oficina de textos, 2011.

UFSC, Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. **Atlas brasileiro de desastres naturais: 1991 a 2012** / Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. 2. ed. rev. ampl. – Florianópolis: CEPED UFSC, 2013.

VALENTIN, N.; Denoeux, T.; Fotoohi, F. **Modelling of coagulant dosage in a water treatment plant**. França, 1999. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Thierry\\_Denux/publication/2311455\\_Modelling\\_Of\\_Coagulant\\_Dosage\\_In\\_A\\_Water\\_Treatment\\_Plant/links/542d94510cf29bbc126d4a28.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Thierry_Denux/publication/2311455_Modelling_Of_Coagulant_Dosage_In_A_Water_Treatment_Plant/links/542d94510cf29bbc126d4a28.pdf)> Acesso em 24 de abril de 2019.