



Fundação Universidade Federal do ABC

Pró reitoria de pesquisa

Av. dos Estados, 5001, Santa Terezinha, Santo André/SP, CEP 09210-580

Bloco L, 3º Andar, Fone (11) 3356-7617

iniciacao@ufabc.edu.br

Projeto de Iniciação Científica
submetido para avaliação no Edital N°
04/2022

Título do projeto: As inundações na sub-bacia Guarará em Santo André - SP e sua relação com os eventos extremos de precipitação.

Palavras-chave do projeto: Chuvas extremas, Inundações, sub-bacia Guarará.

Área do conhecimento do projeto: Hidroclimatologia e eventos extremos, Climatologia Urbana.

RESUMO

Os eventos de inundação, enchentes e alagamentos estão cada vez mais presentes no cotidiano dos habitantes da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) e ações antrópicas de expansão urbana com ocupação das várzeas dos rios, sem o planejamento necessário contribuem para um aumento dessas situações. Considerando este cenário, percebe-se que existe a necessidade de um mapeamento e gerenciamento das cotas dos corpos hídricos, que interagem com a área urbana, para monitoramento que sirva para a elaboração de sistemas de alertas e planos de contingência eficientes, com a finalidade de melhorar a qualidade de vida dos habitantes dessa região. Este projeto tem como objetivo geral a determinação de cotas de referência para situações hidrológicas anômalas, como inundações e enchentes, e as chuvas deflagradoras, para a sub-bacia do Guarará localizada no município de Santo André. Serão analisados os dados de nível de cota da sub-bacia para o período de 2011 a 2021 e elaborado a sua curva de permanência para determinação de cenários de referência de atenção, alerta e emergência (inundação). Após a primeira análise, serão validados os dados obtidos com os registros de ocorrência na Defesa Civil de Santo André, e posteriormente será realizada uma etapa de relação entre os dados de precipitação extrema e o evento de inundação.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	3
2 OBJETIVOS.....	6
3 ÁREA DE ESTUDO E METODOLOGIA.....	6
4 VIABILIDADE.....	10
5 CRONOGRAMA.....	10
6 REFERÊNCIAS.....	11

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

A alteração climática é um tema que está sendo discutido globalmente por especialistas e que possui impacto direto no cotidiano da população, pois pode contribuir significativamente para a formação de eventos climáticos extremos que podem deflagrar enchentes e inundações. Além disso, temos o cenário de um acelerado desenvolvimento econômico da cidade de São Paulo, que contribuiu para que o processo de urbanização da cidade também fosse rápido.

Com o processo de urbanização e sua expansão, existe a necessidade de um planejamento do sistema de drenagem urbana, contemplando fatores como resíduos sólidos, abastecimento de água e direcionamento da água das chuvas. Porém, temos conhecimento de que existem pontos da cidade de São Paulo que são ocupados de maneira indevida, com residências sendo construídas sem o devido planejamento, que acabam aumentando o risco de alagamentos e enchentes nestas regiões (AMARAL, et. al., 2009).

Na cidade de São Paulo, a quantidade de dias com precipitações maiores que 80 mm era considerado um evento raro antes de 1930, cerca de um caso por década. Entretanto, esse número sofreu um aumento de nove vezes na década de 70 do mesmo século (SILVA DIAS, et. al., 2012). O município de São Paulo apresenta a maior frequência de alagamento entre os meses de novembro a fevereiro, quando o país se encontra no solstício de verão. A estação meteorológica localizada no Parque de Ciência e Tecnologia registra dados meteorológicos desde 1932 e com essas informações foi obtido que, durante o período de 2001 a 2020, foram registrados 11 eventos de chuva acima de 100 mm/dia, um número preocupante para nossa população, pois o valor já está maior do que a soma do mesmo evento dos 60 anos anteriores onde tivemos 10 eventos de precipitação extrema com chuvas acima de 100 mm/dia (ESCOBAR, 2020).

Assim como o município de São Paulo, o ABC Paulista também enfrenta situações com eventos de chuva extrema. Durante anos, Santo André foi impactada com enchentes na várzea do rio Tamanduateí, que atualmente é a Avenida dos Estados, e os eventos de extravasamento do rio em 2005 geraram um número de aproximadamente cinco mil pessoas afetadas (NEVES, 2008). Outros casos extremos de chuva ocorreram nos anos de 2017, 2018 e 2019 ocasionando fortes inundações que causaram danos em vias públicas, infraestruturas e perdas humanas (SANTOS et al., 2019; BRAMBILA et al., 2019; VALVERDE, et al., 2019). Mais recentemente, no dia 28 de dezembro de 2021, houve a ocorrência de 3h consecutivas de fortes chuvas que representou 37,7% de todo o acumulado do mês e acarretou no transbordamento do córrego Guarará, tornando as ruas nessa região intransitáveis (UFABC - Boletim Climático de Santo André, 2021).

Uma análise sobre ocorrência de eventos de enchentes, inundação e alagamento realizada para o período de 2001 a 2016 para a sub-bacia do Guarará, concluiu que os principais bairros afetados pelos eventos de chuva intensa foram Jardim Irene, Jardim Santa Cristina, Jardim Santo André, Vila América e Vila Pires. Considerando os últimos três anos do período analisado, temos que os bairros mais atingidos por ano foram: em

2014 o bairro Jardim Irene apresentou 3 ocorrências de enchentes/inundação, em 2015 o bairro Jardim Santa Cristina apresentou 2 ocorrências e em 2016 foram abertas 4 ocorrências para o bairro Vila América (RODRIGUES, 2017).

Através de um estudo com dados de precipitação de um posto de monitoramento localizado no bairro da Vila Vitória em Santo André para período de 2011 a 2017, Costa (2019) verificou que no ano de 2011 houve um total de 14 situações com um acumulado em 72h acima de 100 mm de precipitação. Esse número foi quase alcançado novamente em 2016, onde se registraram 13 casos e em 2017 onde houve 12 casos.

Diante dos fatos mencionados anteriormente, se faz necessário aprofundar os estudos e desenvolvimento de sistemas de acompanhamento dos rios e córregos urbanos para mitigar o máximo de complicações decorrente desses fenômenos para a população e para direcionar planos de ação junto com as prefeituras dos locais mais impactados.

Neste projeto serão estudados os cenários de chuva extrema e o comportamento das cotas de referência de uma sub-bacia localizada na Região Metropolitana de São Paulo, mais especificamente no município de Santo André. Serão utilizados os dados de cota da sub-bacia do Guarará que serão analisados e distribuídos em cotas de referência para a análise do comportamento do corpo hídrico em eventos de chuva extrema durante um determinado período.

As cotas de referências são subdivisões que sinalizam alguma criticidade que normalmente está relacionada com um nível de risco e são comumente utilizadas, pois permitem um acompanhamento mais eficiente de quando poderá ocorrer eventos hídricos extremos como a inundação. A categorização dos alertas é definida a partir de estudos com as cotas de referência de eventos hídricos anteriores, que podem ser levantadas em campo ou obtidas por meio de análise estatística (ANA, 2011). É importante lembrar que a associação da cota de referência com a categoria que ela corresponde é variável, pois está associada com outros parâmetros hidrometeorológicos como o clima da região, e antrópicos como é o caso da retificação de rios em bacias urbanas.

Apesar das cotas de referência serem diferentes para cada local analisado, existe um padrão quanto a definição do que é considerado uma cota de referência de atenção, alerta e emergência. Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2011), podem-se definir as cotas de referência como:

- **Cota de Atenção:** momento em que o nível do corpo d'água encontra-se acima de seu nível normal.
- **Cota de Alerta / Cota de Ação:** quando a cota do corpo d'água alcança esse nível, a Defesa Civil passa a atuar na comunicação e remoção da população.
- **Cota de Emergência:** situação em que ocorre o extravasamento do corpo d'água, gerando um risco para população e para atividades essenciais, tais como transporte e saúde.

A Defesa Civil de Santo André ainda não possui cotas de referências para situações hidrológicas extremas dos rios que compõem a sua rede de drenagem, especificamente da sub-bacia do Guarará. Assim, com os resultados obtidos nesta pesquisa podemos contribuir com a Defesa Civil no monitoramento e na previsibilidade de situações de risco de inundação para população e para elaboração de planos de contingência para a situação de eventos de chuva extrema, como sistemas de alerta automáticos. Além disso, o material poderá ser utilizado como uma fonte de dados histórico sobre a sub-bacia do Guarará para futuros estudos hidrometeorológicos desta região.

2 OBJETIVOS

O objetivo geral deste estudo está na determinação de cotas de referência para situações hidrológicas anômalas, como inundações e enchentes, e as chuvas deflagradoras, para a sub-bacia do Guarará localizada no município de Santo André.

Como objetivos específicos deste projeto, podemos citar:

- Estimar as cotas de referência para determinar níveis de atenção, alerta, emergência e extravasamento no rio principal da sub-bacia do Guarará;
- Validar as cotas de referências, no que se refere aos eventos de inundação, com os históricos de eventos da Defesa Civil;
- Analisar a relação entre os eventos de precipitação extremos e os cenários de inundação;
- Discutir o benefício de estimar as cotas de referências nos cursos de rios como mecanismo de auxílio em planos de contingência da região do ABC para mitigar os impactos das inundações, enchentes e alagamentos.

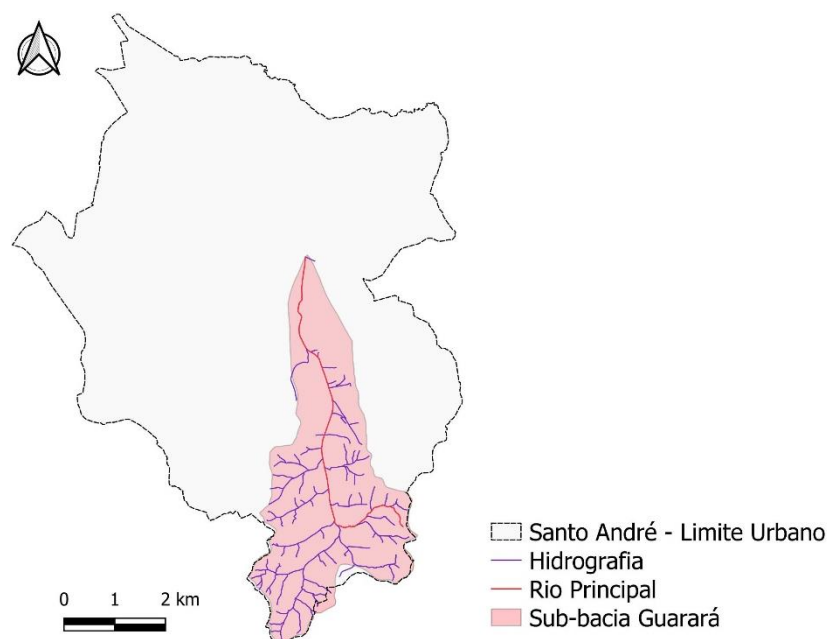
3 ÁREA DE ESTUDO E METODOLOGIA

3.1. Área de estudo

A sub-bacia que será analisada neste estudo está localizada na Região Metropolitana de São Paulo, mais especificamente no ABC Paulista e seus limites se localizam na região urbana de Santo André. A sub-bacia do Guarará (Figura 1) está inserida na bacia do Tamanduateí e possui uma área aproximada de 13,46 km² com 21 km de perímetro, seu rio principal é chamado de Guarará e possui o valor de ordem 5 conforme critérios do modelo de Horton (RODRIGUES, 2017). A densidade de drenagem é um dos principais parâmetros morfométrico de análise de uma bacia e pode ser calculada através da divisão entre o comprimento total dos canais pela área da sub-bacia (HIRUMA, 1994). Para a sub-bacia do Guarará temos que esse número é 3,46 km/km² o que permite considerá-la como bem drenada,

porém essa classificação indica a tendência de um poder erosivo maior, podendo aumentar a quantidade de enchentes na jusante da sub-bacia (RODRIGUES, 2017). Outro parâmetro importante é o índice de sinuosidade, que expressa a velocidade de escoamento do canal principal. Quanto maior esse índice, menor a velocidade de escoamento e maior a dificuldade de chegar no exutório do rio principal (TARGA, 2012). Para a sub-bacia em estudo o valor do índice de sinuosidade é de 1,28, o que caracteriza um trecho praticamente retilíneo, o que pode impactar áreas na jusante do córrego (RODRIGUES, 2017).

Figura 1 - Localização e Hidrografia da sub-bacia Guarará



Fonte: Elaborado pelo autor

3.2. Dados e Metodologia

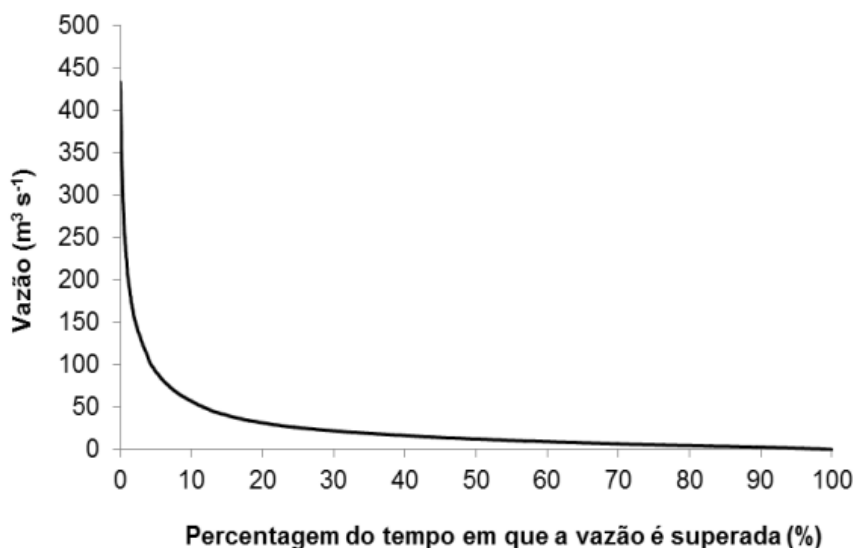
A primeira etapa deste estudo consiste na preparação dos dados de cotas do rio para análise. Esses dados serão fornecidos pelo SEMASA (Serviço Municipal de Saneamento Ambiental de Santo André) e deverão conter as informações de data e hora da medição e valor da medição da cota em metros. Atualmente existe um ponto de monitoramento no rio Guarará localizado na Longitude: -46,507372 e Latitude -23,68831, para o período de tempo de 2011-2021.

As informações serão analisadas quanto à consistência, visando identificar dados faltantes, duvidosos ou informações que estivessem muito fora do padrão.

Em seguida será aplicado o método de curva de permanência (ANA, 2011 e DECOL, 2020) para determinação das cotas de referência. A curva apresenta de forma

gráfica a relação entre a vazão e a frequência na qual elas são igualadas ou superadas em um intervalo de tempo determinado (Figura 2).

Figura 2. Curva de Permanência de Vazão para o Rio São Mateus – Braço Norte



Fonte: MARTINS, et al. 2011.

Para elaboração da curva de permanência serão realizados os seguintes procedimentos:

- Exclusão dos dados zerados e com números negativos;
- Análise dos dados disponibilizados de modo a identificar qual foi o máximo valor da cota para cada horário de medição;
- Ordenação dos dados das cotas do maior para o menor, onde é possível obter a maior cota para o período estudado que será classificado como a primeira posição e assim por diante;
- Cálculo da probabilidade da cota ser igualada ou superada;
- Elaboração do gráfico com a curva de permanência.

Com a curva de permanência de cota construída e a definição da classificação das situações hídricas elaborados por ANA (2011) e DECOL (2020) apresentado na Tabela 1, será possível inferir a cota no qual existe grande probabilidade do nível de água dos cursos de água atingir situações anômalas e originar eventos de inundação.

Tabela 1. Classificação das condições hídricas de acordo com a probabilidade de ocorrência.

Situação	Alerta	Permanência (Probabilidade)	Percentil
Anômala	Emergência (extravasamento - inundação)	2%	0,98
	Alerta	5%	0,95
	Atenção	10%	0,99
Normal		>10% e <88%	>0,9 e <0,12

Fonte: Adaptado de ANA e DECOL (2020)

A etapa seguinte, após a identificação de eventos de inundação pelas cotas de referência encontradas através da Curva de Permanência, estas serão validadas com os históricos de eventos de inundação disponibilizados pela Defesa Civil de Santo André.

Também será realizada uma etapa para análise da relação dos eventos de inundação antes identificados e a chuva associada. Para isso, serão coletadas informações de dados de chuva a partir dos pontos de monitoramento do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres (CEMADEN) apresentados na Tabela 2.

Será analisada a chuva associada ao evento de inundação ocorrido, identificando-se a intensidade, tempo de duração e recorrência, através de uma análise exploratória.

Tabela 2. Pontos de monitoramento pluviométrico do CEMADEN, que se encontram localizados dentro da sub-bacia do Guarará.

Identificação	Latitude	Longitude
Vila Vitória	-23,6860	-46,5120
Humaitá	-23,6830	-46,5000
Jardim Ipanema	-23,6910	-46,4990
Vila João Ramalho	-23,7100	-46,5070

Finalmente, a discussão sobre os benefícios de ter cotas de referências nos cursos de rios como mecanismo de auxílio em planos de contingência da região do ABC para mitigar os impactos das inundações, enchentes e alagamentos será realizada com base nos planos diretores de macro e microdrenagem do Município de Santo André, nos relatórios do Grupo de Trabalho Gestão de Riscos do Consorcio Municipal do ABC Paulista e nos relatórios do SEMASA.

4. VIABILIDADE

Para este projeto de Iniciação Científica serão utilizados notebook pessoal, programas editores de texto como o *Microsoft Word* e editor de planilhas como o *Microsoft Excel*, assim como pacotes de Sistema de Informação Geográfica (ArcGIS). Ambos os softwares são de uso e licença pessoal.

A viabilidade deste projeto depende exclusivamente da disponibilidade dos dados pelas fontes oficiais: SEMASA, Defesa Civil e CEMADEN os quais já se encontram disponibilizados para execução da pesquisa.

Nesse contexto, o aluno deverá desenvolver a pesquisa no laboratório de pesquisa: Integração de Sistemas Ambientais e Urbanos (ISAU – seco), localizado no Bloco L do Campus de Santo André. O laboratório ISAU-seco é um laboratório de modelagem computacional.

5. CRONOGRAMA

Para o cumprimento dos objetivos, foi proposta a divisão do projeto nas seguintes etapas:

- Etapa 1: Obtenção e tratamento de dados das cotas do rio.
- Etapa 2: Construção da curva de permanência.
- Etapa 3: Análise e tratamento dos eventos disponibilizados pela Defesa Civil.
- Etapa 4: Validação dos resultados obtidos com a análise anterior e associação com as chuvas .
- Etapa 5: Documentação dos resultados obtidos durante o projeto.

Tabela 2 – Cronograma de atividades previstas

Etapas	Meses				
	Setembro- Novembro	Novembro- Janeiro	Janeiro-Março	Março-Maio	Maio-Agosto
1	X				
2	X	X			
3		X	X		
4			X	X	
5	X	X	X	X	X

6. REFERÊNCIAS

AMARAL, R.; RIBEIRO, R.R. 2009. **Inundação e Enchentes**. In: TOMINAGA, L.K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. 2009. Desastres Naturais: conhecer para prevenir. São Paulo, Instituto Geológico, p. 39-52. Acesso em jun. 2022.

ANA – Agência Nacional de Águas. Especificações Técnicas. Plataformas de Coleta de Dados (PCD), 2011.

COSTA, F. C. **SISTEMA DE ALERTA DE RISCO PARA CHUVAS INTENSAS NA BACIA DO CÓRREGO GUARARÁ - SANTO ANDRÉ - SP**. Universidade Federal do ABC, São Bernardo do Campo. Dissertação de Mestrado. 2019. Acesso em jun. 2022.

DECOL, J. **Bacia Hidrográfica do Rio Ijuí/RS: Um estudo hidromorfométrico da seção do médio-alto Ijuí**. Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária. Acesso em jun. 2022.

ESCOBAR, H. **Dados comprovam aumento de eventos climáticos extremos em São Paulo**. Jornal da USP, Ciência Ambientais, fev. 2020. Disponível em: <<https://jornal.usp.br/ciencias/ciencias-ambientais/dados-comprovam-aumento-de-eventos-climaticos-extremos-em-sao-paulo/>>. Acesso em jun. 2022.

HIRUMA, S. T.; PONÇANO, W. L. **Densidade de drenagem e sua relação com fatores geomorfopedológicos na área do alto rio pardo, SP e MG**. São Paulo, 1994. Disponível em: <<http://ppegeo.igc.usp.br/index.php/rig/article/view/8833/8099>>. Acesso em jun. 2022.

MARTINS, C. A.; ULIANA, E. M.; SILVA, J. G.; **CURVA DE PERMANÊNCIA DAS VAZÕES LOCAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO MATEUS-ES**. XV Encontro Latino Americano de Iniciação Científica. 2011.

NEVES, R. **O Combate às enchentes no município de Santo André/SP: caracterização socioambiental do problema e subsídios dos afetados ao planejamento das ações da Defesa Civil**. USP, São Carlos, 2008. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-27032009-155824/pt-br.php>>. Acesso em jun. 2022.

SANTOS, D. F. F. ; VALVERDE, M.C. ; BRAMBILA, R. ; FERREIRA, M. C. A. . Inundações na Bacia do Rio Tamanduateí - Santo André: Estudo de caso dos dias 10 e 11/03/2019. In: XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2019, Foz de Iguaçu. XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2019.

SILVA DIAS, Maria Assunção Faus da; DIAS, Juliana; CARVALHO, Leila Maria Véspoli de; FREITAS, Edmilson Dias de; SILVA DIAS, Pedro Leite da. **Changes in extreme daily rainfall for São Paulo, Brazil**. Climatic Change, New York, v. 116, p.

705-722, 2013. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1007/s10584-012-0504-7> > DOI: 10.1007/s10584-012-0504-7. Acesso em jun. 2022.

RODRIGUES, J. G. F. Análise dos fatores morfométricos e hidroclimatológicos da bacia hidrográfica de Tamanduateí que influenciam na ocorrência de inundações no município de Santo André - SP. 2017. Dissertação (Mestrado em CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL) - Universidade Federal do ABC.

TARGA, M. S.; SANTOS, A. M; BATISTA, G. T; DIAS, N. W. **Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão**, SP, Brasil. Departamento de Ciência Agrárias. Revista Ambiente & Água, v. 7, n. 3, 2012. Disponível em: <[https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/tYpMVzyHC7Gw49N4FvHF7qb/?format=pdf&lang=pt#:~:text=O%20%C3%ADndice%20de%20sinuosidade%20\(Is,de%20escoamento%20do%20canal%20principal.&text=A%20rela%C3%A7%C3%A3o%20de%20relevo%20\(Rr,o%20comprimento%20do%20canal%20principal](https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/tYpMVzyHC7Gw49N4FvHF7qb/?format=pdf&lang=pt#:~:text=O%20%C3%ADndice%20de%20sinuosidade%20(Is,de%20escoamento%20do%20canal%20principal.&text=A%20rela%C3%A7%C3%A3o%20de%20relevo%20(Rr,o%20comprimento%20do%20canal%20principal)>. Acesso em jun. 2022.

BRAMBILA, R.; VALVERDE, M. C.; Santos, D.; Ferreira, M. **Identificação de eventos extremos chuvosos através do método dos percentis em Santos André, região do ABC Paulista – SP**. XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Foz do Iguaçu, 2019. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/340132402_XXIII_SIMPOSIO_BRASILEIRO_DE_RECURSOS_HIDRICOS_IDENTIFICACAO_DE_EVENTOS_EXTREMOS_CHUVOSOS_ATRAVES_DO_METODO_DOS_PERCENTIS_EM_SANTO_ANDRE_REGIAO_DO_ABC_PAULISTA_-SP> Acesso em jun. 2022.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC. [Divulgação Científica] **Boletim Climatológico de Santo André – Dezembro de 2021**. Santo André: 10 jan 2022. Facebook: Laboratório ISAU – UFABC. Disponível em: <https://www.facebook.com/LaboratorioISAU>. Acesso em jun. 2022.