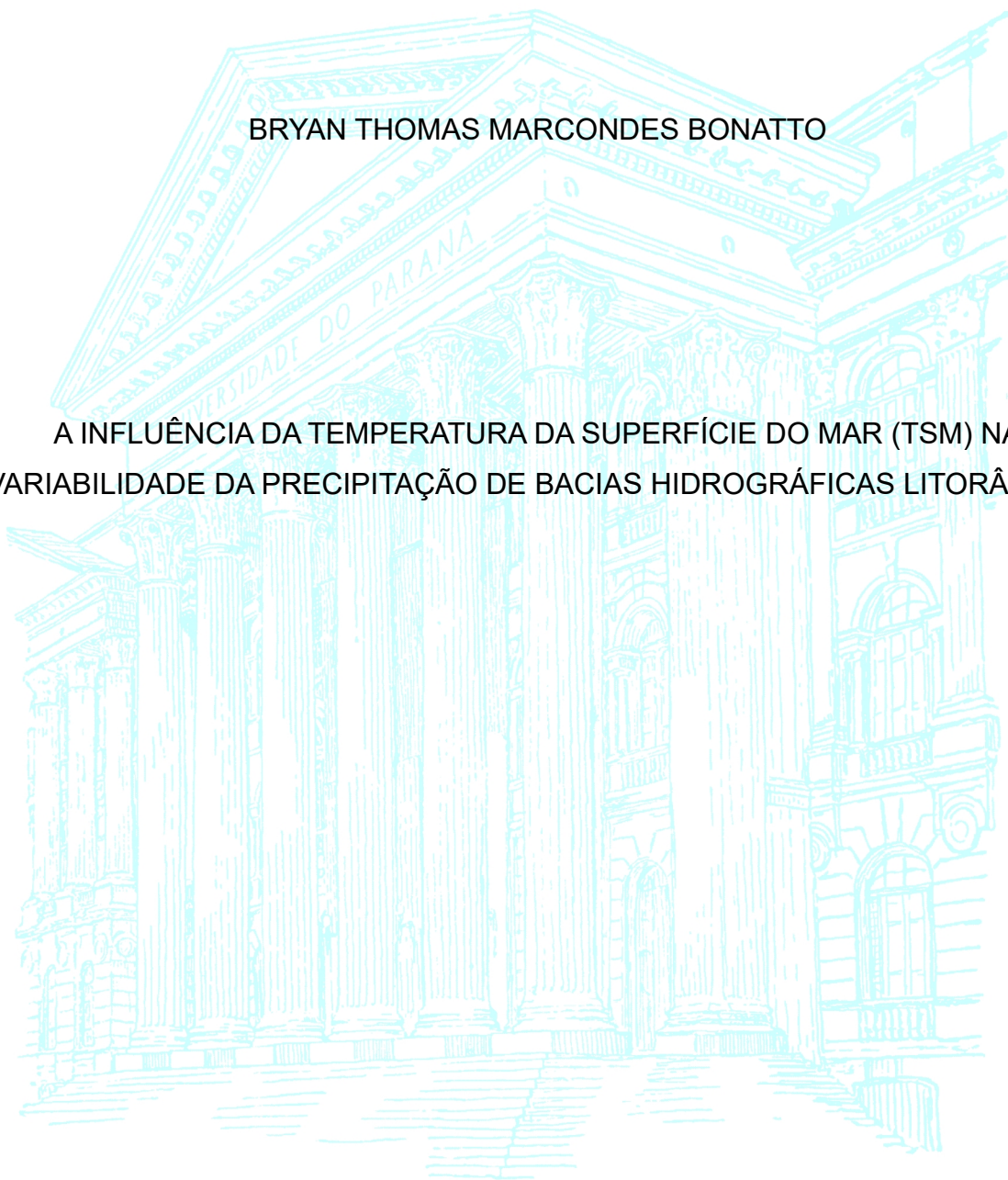


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

BRYAN THOMAS MARCONDES BONATTO

A INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR (TSM) NA
VARIABILIDADE DA PRECIPITAÇÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS LITORÂNEAS



PONTAL DO PARANÁ

2021

BRYAN THOMAS MARCONDES BONATTO

A INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR (TSM) NA
VARIABILIDADE DA PRECIPITAÇÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS LITORÂNEAS

TCC apresentado ao curso de Graduação em Oceanografia, Campus Pontal do Paraná - Centro de Estudos do Mar, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Oceanografia.

Orientador: Prof. Dr. Mauricio Almeida Noernberg

PONTAL DO PARANÁ

2021

CATALOGAÇÃO NA FONTE:
UFPR / SiBi - Biblioteca do Centro de Estudos do Mar
Fernanda Pigozzi – CRB 9/1151

B699i Bonatto, Bryan Thomas Marcondes
A influência da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) na variabilidade da precipitação de Bacias Hidrográficas Litorâneas. / Bryan Thomas Marcondes Bonatto. – Pontal do Paraná, 2021.
65 f.: il., 29 cm.

Orientador: Prof. Dr. Maurício Almeida Noernberg.

Monografia (Graduação) – Curso de Oceanografia, Campus Pontal do Paraná, Centro de Estudos do Mar, Universidade Federal do Paraná.

1. Precipitação (Meteorologia) - Variabilidade. 2. Tempestades. 3. Mudanças climáticas. I. Título. II. Noernberg, Maurício Almeida. III. Universidade Federal do Paraná.

CDD 551.525



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ATA DE REUNIÃO

TERMO DE APROVAÇÃO

Bryan Thomas Marcondes Bonatto

“A INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR (TSM) NA VARIABILIDADE DA PRECIPITAÇÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS LITORÂNEAS”

Monografia aprovada como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Oceanografia, da Universidade Federal do Paraná, pela Comissão formada pelos membros:

Prof. Dr. Maurício Almeida Noernberg

Prof. Orientador - Centro de Estudos do Mar - UFPR

Prof. Dr. Marcelo Sandin Dourado

Centro de Estudos do Mar - UFPR

Prof. Dr. Eduardo Vedor de Paula

Geografia - UFPR

Pontal do Paraná, 20 de agosto de 2021.



Documento assinado eletronicamente por **MAURICIO ALMEIDA NOERNBERG, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 20/08/2021, às 13:48, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **MARCELO SANDIN DOURADO, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 20/08/2021, às 14:47, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **EDUARDO VEDOR DE PAULA, VICE-DIRETOR DO SETOR DE CIENCIAS DA TERRA**, em 20/08/2021, às 17:07, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida [aqui](#) informando o código verificador **3727954** e o código CRC **4C3DE1C9**.

Dedico esse trabalho à minha avô Osmira.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, pelo apoio e motivação que sempre me deram e pelo incentivo nessa incrível aventura de fazer uma graduação pouco conhecida em uma cidade tão longe.

Agradeço a minha avô, Dona Osmira, que me criou desde pequeno, me empanturrando com seus pães caseiros e me ajudando a me tornar o homem que sou hoje.

Agradeço à minha irmã, Polleane, por ser meu grande exemplo de vida e pessoa que sempre me espelhei, e quem, durante o começo da pandemia, me acolheu em seu apartamento (sem deixar de citar meu cunhado Thiago) e me viu escrevendo as primeiras linhas do TCC, enquanto minha afilhada Luna dava as primeiras risadas nesse mundo.

Agradeço a Evelyn, pelo apoio durante esse momento difícil de elaboração do TCC. Por me fazer acordar e ir dormir de madrugada para finalizá-lo da melhor maneira possível e pelo carinho e amor de sempre.

Agradeço a meu orientador, Mauricio Noernberg, por ter acreditado no meu trabalho e me convidado para fazer parte do LOCG, onde aprendi e cresci muito como estudante e pesquisador.

Agradeço ao MEC pelo auxílio financeiro que recebi durante toda a graduação e que, sem essa ajuda, não teria condições de continuar na faculdade.

Por fim, deixo aqui minha singela homenagem ao Professor Carlos Roberto Soares, que no começo do curso me ajudou e motivou muito com suas aulas magníficas e envolventes.

That morning, the sea was mad and I mean it
Waves as big as he'd seen it
Deep in his dreams at home
From dry land, he rolled it over to wet sand
Closed the hatch up with one hand
And pedaled off alone

Cause when you're done with this world
You know the next is up to you

And for once in his life, it was quiet
As he learned how to turn in the tide
And the sky was aflare when he came up for air
In his homemade, fan-blade, one-man submarine ride

(Walt Grace's Submarine Test, January 1967.
John Mayer, 2012)

RESUMO

As Bacias Hidrográficas Litorâneas (BHL) são espaços geográficos únicos, onde a gestão do recurso hídrico é realizada. Os parâmetros climáticos atuam nesses locais de forma intensa, complexa e variável, intensificando os impactos negativos causados por eventos extremos que frequentemente ocorrem, intensificados, principalmente devido à elevada densidade demográfica e urbanização existente no litoral. Este trabalho apresentou a variabilidade da precipitação e da temperatura do ar na BHL do Paraná e da Baixada Norte de Santa Catarina, tendo como objetivo principal verificar se a Temperatura da Superfície do Mar (TSM) no embaçamento sul-brasileiro interfere na precipitação da BHL. Foram utilizados produtos de TSM diurna e noturna do sensor MODIS do satélite TERRA da NASA e dados de precipitação e temperatura do ar das estações meteorológicas e pluviométricas da Agência Nacional de Águas (ANA). Foi realizado o cálculo das médias, amplitudes, anomalias, tendências e correlações anuais, sazonais e diárias para o período de 2000 - 2017 dos parâmetros, e da soma acumulativa de precipitação diária para meses que apresentaram eventos de significativa precipitação, assim como a espacialização das variáveis climáticas. Os resultados apontaram para uma elevada correlação sazonal entre TSM e a precipitação (0,72). O verão é a estação com as precipitações mais significativas e a TSM frequentemente fica acima dos 28 °C nesse período. A análise diária de eventos de significativa precipitação revelou possível colaboração do embaçamento sul-brasileiro com as chuvas da BHL.

Palavras-chave: precipitação. temperatura da superfície do mar. bacias hidrográficas. eventos extremos no litoral.

ABSTRACT

The Coastal Watersheds (CW) are unique geographic spaces where water resource management happens. The climatic parameters behave strongly, complexly, and variable in those locations, intensifying the negative impacts caused by recurrent extreme events, mainly induced by the high demographic density and urbanization by the coast. This work presented the rainfall and air temperature variability in CW of Paraná and Baixada Norte of Santa Catarina. The main goal is to check if the Sea Surface Temperature (SST) of South Brazil's embayment leads to rainfall intensification in CW. There were used daytime and nighttime SST products from the MODIS sensor of NASA's TERRA spacecraft, as well as rainfall and air temperature data of rain gauges and weather stations from the National Water Agency (NWA). The mean, amplitudes, anomalies, tendencies, and correlation of annual, seasonal, and daily scales of the parameters were calculated for the 2000-2017 period. The cumulative sum of daily rainfall was calculated for months that exhibit significant rainfall events, and the spatialization of the climatic parameters. The results showed a high seasonal correlation between SST and rainfall (0,72). The summer is the season with the most significant rainfall, and SST is frequently higher than 28 °C in this period. The daily analysis revealed a possible collaboration of South Brazil's embayment in the rainfall of CW.

Keywords: rainfall. sea surface temperature. watersheds. extreme events on coastal zones.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
1.1	JUSTIFICATIVA.....	12
1.2	HIPÓTESE.....	14
1.3	OBJETIVO GERAL.....	14
1.3.1	Objetivos específicos.....	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
2.1	COMPONENTES CLIMÁTICOS.....	16
2.1.1	Temperatura do ar.....	16
2.1.2	Precipitação.....	18
2.1.3	TSM.....	20
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	23
3.1	ÁREA DE ESTUDO.....	23
3.2	BASE DE DADOS.....	26
3.2.1	Dados climatológicos.....	27
3.2.1.1	Precipitação.....	28
3.2.1.2	Temperatura do ar.....	28
3.2.1.3	TSM.....	29
3.3	CÁLCULO DAS VARIABILIDADES.....	30
4	RESULTADOS.....	34
4.1	VARIABILIDADE ANUAL.....	34
4.1.1	Anomalias anuais de precipitação, TSM e temperatura do ar.....	35
4.1.2	Variação espacial da precipitação e temperatura do ar na BHL – Anual...	36
4.2	VARIABILIDADE SAZONAL.....	38
4.2.1	Variação espacial da precipitação e temperatura do ar na BHL- Sazonal.....	39
4.2.2	Verão.....	41
4.2.3	Anomalias - meses de verão.....	43
4.3	INFLUÊNCIA DO EL NIÑO NA BHL.....	44
4.4	TSM E PRECIPITAÇÃO NOS VERÕES DE 2008, 2009, 2011 E 2016...	45

4.5	TENDÊNCIAS MENSAS, ANUAIS E SAZONAIS DE PRECIPITAÇÃO, TSM E TEMPERATURA DO AR.....	48
5	DISCUSSÃO.....	50
6	CONCLUSÃO.....	54
	REFERÊNCIAS.....	56
	APÊNDICE I.....	65

1 INTRODUÇÃO

O comportamento da atmosfera observado por um período contínuo e extenso de tempo é chamado de clima (AYOADE, 1996). Ele trata não somente o estado médio da atmosfera (REBOITA et al., 2012), mas também os desvios que podem ocorrer nas variáveis atmosféricas. Segundo Ayoade (1996), também considera a variabilidade, condições extremas e a frequência de ocorrência dos eventos. Portanto, se diferencia de tempo, que é o estado momentâneo da atmosfera em dado instante (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

O clima de um local pode apenas ser estudado se houver um registro histórico longo de suas variáveis. Somente no século XIX foi possível produzir o primeiro mapa de temperaturas médias para o globo e proposto o primeiro mapa de precipitações médias. A grande quantidade de dados possibilitou a generalização ao longo da superfície terrestre e também a criação das primeiras classificações climáticas (BARRY; CHORLEY, 2003).

Um dos aspectos intrínsecos do clima é o seu fator geográfico. Ele influencia em como as variáveis climáticas atuam. Segundo Mendonça e Danni-Oliveira (2007) a temperatura, umidade e a pressão são influenciadas pelos fatores geográficos do clima, como altitude, maritimidade, continentalidade, vegetação e as atividades humanas.

As bacias hidrográficas vêm sendo tratadas como objeto de estudo por serem um espaço geográfico único, onde ocorre a gestão do recurso hídrico (CARVALHO, 2014; TERASSI; GALVANI, 2017). Aliado a isso, as bacias hidrográficas litorâneas são locais ainda mais complexos, pois contam com elevada demografia. Segundo Rebouças et al., (2006) cerca de 35 milhões de pessoas vivem na zona costeira brasileira. Sua densidade demográfica é cinco vezes maior que a nacional e portanto é extremamente suscetível a impactos negativos na ocorrência de eventos extremos.

Partindo do princípio de que o clima é dinâmico, ou seja, ele compreende a sucessão de massas de ar, frentes e ciclones em determinado local (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007), o presente estudo pretende analisar a variabilidade pluviométrica e térmica na Bacia Hidrográfica Litorânea (BHL) do Paraná e da

Baixada Norte de Santa Catarina, buscando identificar relações entre a precipitação e a Temperatura da Superfície do Mar (TSM) no embaiamento sul-brasileiro.

Alguns estudos analisaram a variabilidade climática desse local. Vale destacar os trabalhos de Vanhoni (2009), que usou o recorte geográfico da Fachada Atlântica Sul do Brasil, espacializando os dados climatológicos para essa região. Mello e Oliveira (2019), que analisaram o clima na serra do mar catarinense, destacando o fenômeno de barreira de umidade que a serra provoca, acumulando precipitação na face exposta à maritimidade, sendo também o foco do estudo de Terassi e Galvani (2017) para o litoral paranaense.

É recorrente na literatura a associação da pluviosidade de determinada região com o fenômeno do El Niño Oscilação Sul (ENOS) (ANDREOLI; KAYANO, 2005; DOYLE; BARROS, 2006; VANHONI, 2009; CAPRISTANO, 2012; FIRPO, 2012), que é a transferência de energia oceano-atmosfera no Oceano Pacífico Equatorial. Através de índices do ENOS e da análise de séries temporais da pluviosidade é possível buscar correlações entre esses fenômenos.

No presente estudo, a variabilidade pluviométrica foi comparada com variações da TSM ocorrendo em uma escala mais local: um recorte do embaiamento sul-brasileiro para a plataforma interna rasa dos estados do Paraná e Santa Catarina. A inspiração para essa comparação foi a verificação, em uma análise exploratória através de imagens de satélite do Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) da National Aeronautics and Space Administration (NASA), de que valores elevados da TSM estavam ocorrendo no embaiamento, levantando o questionamento se haveria uma relação entre a TSM nessa região e a variabilidade da pluviosidade na Bacia Litorânea.

1.1 JUSTIFICATIVA

Compreender a variabilidade do clima de uma região é essencial para a sociedade, pois ele influencia diversos setores socioeconômicos e possui consequências que podem ser devastadoras se negligenciadas. Existem diversos componentes dentro da climatologia, sendo a pluviosidade uma de grande importância, justamente por ter enorme relevância quando eventos extremos são

registrados (PEREIRA; GALVANI, 2008). Normalmente, estes são atrelados ao histórico de urbanização das cidades, que potencializa esse tipo de evento (VICENTE, 2005).

Diversos trabalhos ao longo dos anos, evidenciaram eventos extremos de precipitação no mundo (HIGGINS et al., 2000; DILLEY et al., 2005; DONAT et al., 2016), no Brasil (SETZER, 1973; NUNES; MODESTO, 1996; VICENTE, 2005; MONTEIRO, 2007; DE OLIVEIRA, DOS SANTOS, et al., 2010) e na região sul do país (BACK; OLIVEIRA; HENN, 2012; LUIZ SILVA et al., 2015; MELLO; LOPES; ROSEGHINI, 2017).

Além de aspectos relacionados à defesa civil, estudos climáticos também são importantes para a saúde humana. Ferreira et al., (2019) estudaram a influência da temperatura na mortalidade por infarto agudo em Juiz de Fora/MG, por exemplo.

A agricultura é outro setor fortemente afetado e necessita de informações climatológicas. Terracines (2000) apud Vicente (2005) indica que o excesso de precipitação na região sul do Brasil, causado pelo El Niño de 1997/1998 gerou perdas estimadas em R\$ 3,5 bilhões. Vicente (2005) também mostrou que diversas produções agrícolas na região metropolitana de Campinas/SP sofreram perdas em seus cultivos devido às precipitações elevadas nesse mesmo período.

Este estudo terá foco em bacias hidrográficas litorâneas que têm forte relação com escarpas de serra, ambientes únicos em que variáveis climáticas atuam com grande intensidade. Esses locais são especialmente vulneráveis a eventos extremos, que podem acontecer em intervalos de tempos curtos (MONTEIRO, 2007).

Na BHL a ocorrência de eventos extremos de precipitação é frequente, sendo que muitas vezes resultam em inundações e danos a população. Mello, Lopes e Roseghini, (2017) analisaram eventos extremos na cidade de Paranaguá/PR, por ser uma região que anualmente registra impactos relacionados a acumulados de precipitação, que causam danos à população. Segundo Amorim et al., (2020), que estudou eventos extremos de precipitação no litoral paranaense, na cidade de Paranaguá foram registrados, no período de 1986 a 2016, 265 eventos que ultrapassaram 46,40 mm diários de chuva.

A variabilidade da precipitação nas bacias hidrográficas associadas a baías e estuários é essencial também para estudos de aporte de água doce e material particulado, informações essenciais para a circulação estuarina, assim como da

entrada de nutrientes e poluentes advindos de alguma atividade presente nas bacias de drenagem. Vários autores utilizaram os dados de aporte de água doce e de nutrientes das bacias litorâneas (MANTOVANELLI, 1999; MIZERKOWSKI, 2007; FALKENBERG, 2009; ROSA, 2010).

Deve ser levado em conta também o impacto em todos esses fatores descritos, das mudanças climáticas globais. Segundo Marengo (2014), as projeções de modelos climáticos para o Brasil indicam aumento nas temperaturas e nos extremos de calor, assim como as regiões Sudeste, Sul e Centro-oeste estão experimentando aumento nos extremos de precipitação. Ondas de calor nas capitais do sul do Brasil também se tornarão mais frequentes (WECKMÜLLER; VICENS, 2019).

Fica claro, assim, a importância de estudar a variabilidade da pluviosidade, de outros aspectos do clima, e suas relações entre si, para assim poder entender como estes podem afetar a sociedade, positiva ou negativamente.

1.2 HIPÓTESE

Em uma perspectiva de hipótese, espera-se que a variabilidade da precipitação da Bacia Litorânea da área de estudo possua algum grau de correlação com a TSM do embaiamento sul-brasileiro.

1.3 OBJETIVO GERAL

Verificar se a TSM no embaiamento sul-brasileiro interfere na precipitação da BHL.

1.3.1 Objetivos específicos

- a) Analisar a variabilidade da precipitação e da temperatura do ar da BHL, assim como da TSM no embaçamento sul-brasileiro no período de 2000-2017;
- b) Espacializar os dados utilizando métodos de interpolação;
- c) Analisar eventos de significativa precipitação com anomalias de TSM.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 COMPONENTES CLIMÁTICOS

Vários elementos constituem o clima: radiação solar, temperatura, umidade, pressão atmosférica, vento, nebulosidade e precipitação (TORRES & MACHADO, 2011). Eles não constituem partes separadas do clima, mas sim de suas interações.

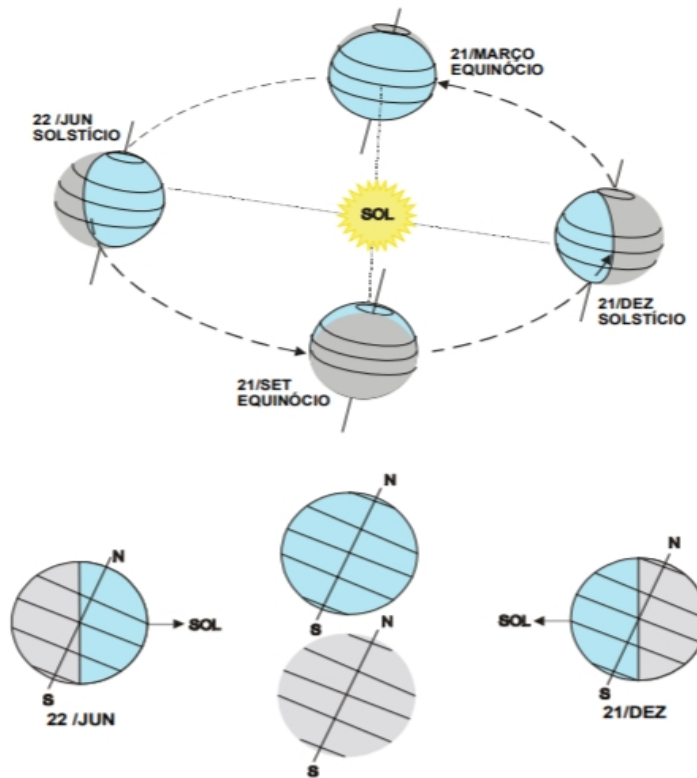
Esse trabalho investigou a variabilidade de três elementos climáticos: temperatura do ar, precipitação e TSM.

2.1.1 Temperatura do ar

Para entender como a temperatura do ar varia, primeiramente, deve-se focar na sua variação diária. Pela manhã a radiação solar aquece a superfície terrestre que, por condução, transfere energia e aquece o ar próximo a ela. Isso gera um elevado gradiente de temperatura no ar próximo à superfície, criando células de convecção que redistribuem o calor para níveis mais elevados da atmosfera. À medida que anoitece, a fonte de radiação solar cessa e o solo gradualmente diminui sua temperatura e, conseqüentemente, o ar também.

Pelo fato de o eixo de inclinação da terra permanecer constante, durante o ano, a área que o sol ilumina cada hemisfério do globo varia, isso estabelece as estações do ano (FIGURA 1). No hemisfério sul o verão se inicia no solstício de dezembro (21 de dezembro), o outono no equinócio de março (21 de março), o inverno no solstício de junho (21 de junho) e a primavera no equinócio de setembro (21 de setembro).

FIGURA 1 - ESTAÇÕES DO ANO EM RELAÇÃO AO EIXO DE INCLINAÇÃO DA TERRA



FONTE: Varejão-Silva (2006).

Cada estação possui suas características climáticas próprias, principalmente em relação à temperatura média do ar. As mudanças sazonais afetam mais uma região, quanto mais afastada essa estiver da zona equatorial (VAREJÃO-SILVA, 2006). Normalmente as menores temperaturas ocorrem no inverno e as maiores no verão.

A proximidade com o mar também influencia a temperatura do ar, sendo que ele atua como um regulador térmico, quanto mais próximo, menor amplitude de temperatura a região apresentará. Varejão-Silva (2006) comparou a variação anual de temperatura do ar de Manaus (continente) e Belém (litoral), mostrando que a amplitude de Belém é consideravelmente menor, mesmo estando na mesma latitude de Manaus. Segundo o autor, a continentalidade, como é nomeada, pode ser expressa em função da distância do mar, descrita pela linha reta da direção ao vento dominante da localidade.

A temperatura do ar normalmente é registrada em estações meteorológicas, que podem ser convencionais ou automáticas. As convencionais utilizam

termógrafos mecânicos e as automáticas utilizam sensores térmicos em plataformas de coleta de dados (VAREJÃO-SILVA, 2006).

2.1.2 Precipitação

A precipitação pode ser definida, segundo Torres e Machado (2011), pelo processo em que a água, que foi condensada na atmosfera, chega à superfície na forma líquida ou sólida. Ela é expressa em milímetros (mm), representando a espessura de água que se formaria em uma superfície horizontal plana, de 1 m² de área, ou seja, 1 mm de chuva representa que choveu 1 L de água a cada m² de área (VAREJÃO-SILVA, 2006).

Para que ocorra chuva é necessária, então, a condensação. Ela acontece quando uma parcela de ar na atmosfera fica saturada de vapor d'água, resultado do resfriamento ou da adição de mais vapor d'água à parcela. (TORRES E MACHADO, 2011).

A saturação se dá quando a quantidade de vapor d'água da parcela de ar pode ser igualada à sua capacidade de reter mais umidade. Excedendo a saturação, e existindo núcleos de condensação, uma nuvem pode ser formada. Essa é constituída por milhares de minúsculas gotículas de água, que por dois processos podem gerar precipitação: coalescência e colisão (AHRENS, 2014; VAREJÃO-SILVA, 2006).

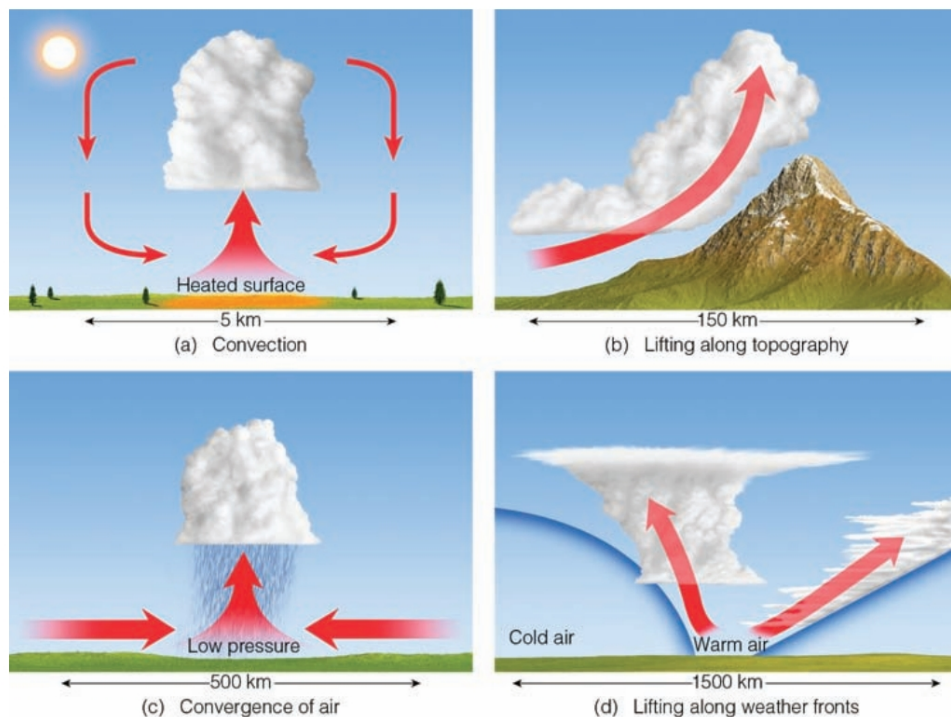
Chuva é a precipitação de gotas de água de tamanho mínimo de 0,5 mm e 3 m/s de velocidade de queda (SOARES E BATISTA, 2004 apud TORRES E MACHADO, 2011). Elas são geradas e classificadas de quatro diferentes formas: convectivas, orográficas, de divergência (não abordada neste trabalho) e frontais (FIGURA 2).

As chuvas convectivas (FIGURA 2a) são formadas pelas nuvens de tipo Cumulonimbus. Decorrem da ascensão de parcelas de ar úmido em regiões quentes do globo, principalmente nas equatoriais. São mais comuns no verão, gerando aguaceiros de curta duração, mas que elevam significativamente os acumulados pluviométricos de uma região (TORRES E MACHADO, 2011).

A chuva orográfica (FIGURA 2b) ocorre quando uma parcela de ar úmido é forçada por uma barreira física, como montanhas e morros (AHRENS, 2014). Em algumas regiões da BHL esse tipo de chuva ocorre devido à presença da Serra do Mar. Terassi et al., (2017) investigaram justamente o efeito orográfico na serra do mar paranaense, destacando a influência do fenômeno na precipitação da região.

Principalmente no inverno, na BHL, a dinâmica atmosférica proporciona a ocorrência de chuvas do tipo frontais (FIGURA 2d). Segundo Torres e Machado (2011) são associadas a instabilidade do ar devido ao encontro de duas massas de ar de propriedades térmicas diferentes (uma de ar quente e outra de ar frio), provocando chuvas moderadas de grande duração e extensão (100 a 300 km), pois são sistemas que tendem a ficar estacionários por um período.

FIGURA 2 - CLASSIFICAÇÃO DOS TIPOS DE CHUVA

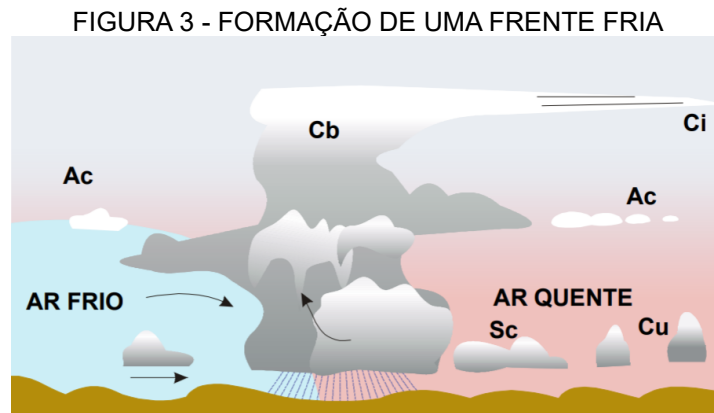


FONTE: Ahrens (2014).

As frentes frias (FIGURA 3) são caracterizadas pela substituição do ar quente de uma localidade por ar frio. Como o ar frio é mais denso, atua como uma cunha, empurrando o ar quente (menos denso) para cima, gerando nuvens (VAREJÃO-SILVA, 2006).

A quantificação da precipitação é denominada de pluviometria, e os equipamentos usados para isso são os pluviômetros, de leitura direta, e os

pluviógrafos, que são registradores. Esse último é capaz de indicar a intensidade das chuvas a cada hora, através de um pluviograma (VAREJÃO-SILVA, 2006).



FONTE: Varejão-Silva (2006).

A distribuição espacial da precipitação no globo segue a tendência de ser menor do Equador em direção aos Polos, da costa para o interior do continente e da base para o alto das montanhas. (MARTINS, 1970 *apud* TORRES E MACHADO, 2011). Ayoade (1996) destaca, ainda, que as variações de precipitação no globo são muito mais complexas do que as de temperatura, devido aos fatores que geram e controlam as chuvas, como a topografia, a distância de corpos hídricos e da direção e caráter das massas de ar predominantes.

Na região da BHL, de forma geral, a precipitação é mais sazonal, ocorrendo com mais intensidade no verão, mantendo uma regularidade nas estações de transição e o inverno se configurando como a estação seca (AYOADE, 1996).

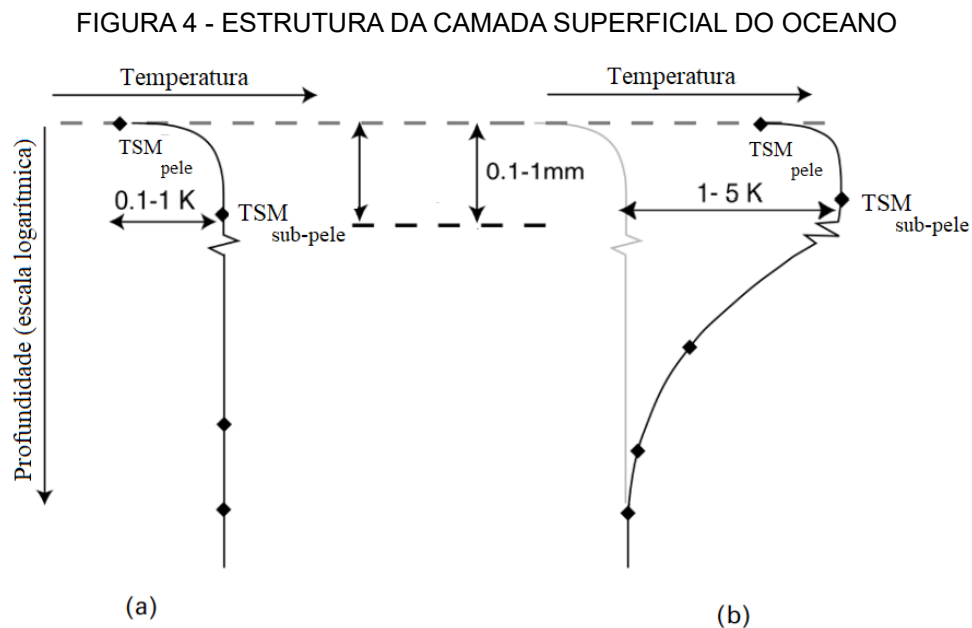
2.1.3 TSM

O clima da Terra depende do balanço entre a energia do sol que é absorvida pelo planeta e da energia que é perdida por resfriamento na forma de radiação, para o espaço. De cerca de 100 W de energia oriunda do Sol que chegam na superfície, aproximadamente 40 W é absorvido no oceano, sendo o restante absorvido e/ou refletido pela atmosfera ou superfície terrestre. A maior parte desse calor é transferido para a atmosfera por fluxos oceano-atmosfera. As correntes oceânicas

transferem essa energia recebida do equador para os polos, distribuindo calor para o globo (TAYLOR, 2001).

Essa dinâmica ocorre na camada superficial do oceano, que através da temperatura e salinidade, definem estruturas verticais de diferentes densidades. Nos milímetros iniciais da camada superficial são onde ocorrem as perdas de calor na forma de radiação de onda longa e de fluxos de calor latente e sensível. É nessa camada de alguns milímetros de profundidade, que as medidas de TSM são calculadas, denominada de TSM de pele, através de radiômetros de infravermelho, a bordo de satélites ou aeronaves (ROBINSON, 2010).

Entretanto, quando as medidas de TSM são feitas com sensores *in situ*, ou seja, sensores que verificam a temperatura diretamente em contato dos primeiros metros da coluna d'água, denomina-se TSM de balde. Normalmente é essa temperatura usada para definir a profundidade da camada superficial do oceano (SPRINTALL E CRONIN, 2009).



FONTE: Adaptado de Robinson (2010).

A FIGURA 4 mostra a estrutura térmica da camada superficial em dois momentos: b) durante o dia a termoclina (maior variação de temperatura em relação a profundidade) se estabelece abaixo da camada superficial, com 1 a 5 K mais quente; a) a noite a camada superficial perde calor para atmosfera (pois está mais fria que a água) e a termoclina colapsa, devido ao afundamento da água que se

tornou mais fria e conseqüentemente mais densa (SPRINTALL E CRONIN, 2009; ROBINSON, 2010).

Portanto, existem dois comportamentos para a camada superficial da TSM, uma diurna e outra noturna. Essa distinção é importante no momento de analisar os produtos derivados de sensores infravermelhos.

Uma gama de processos e fenômenos pode afetar a camada superficial do oceano e alterar os valores da TSM: interação oceano-atmosfera, fluxos de momentum, calor, precipitação, turbulência, mistura, ventos, correntes induzidas pelo vento, frentes e vórtices (RUDNICK, 2009).

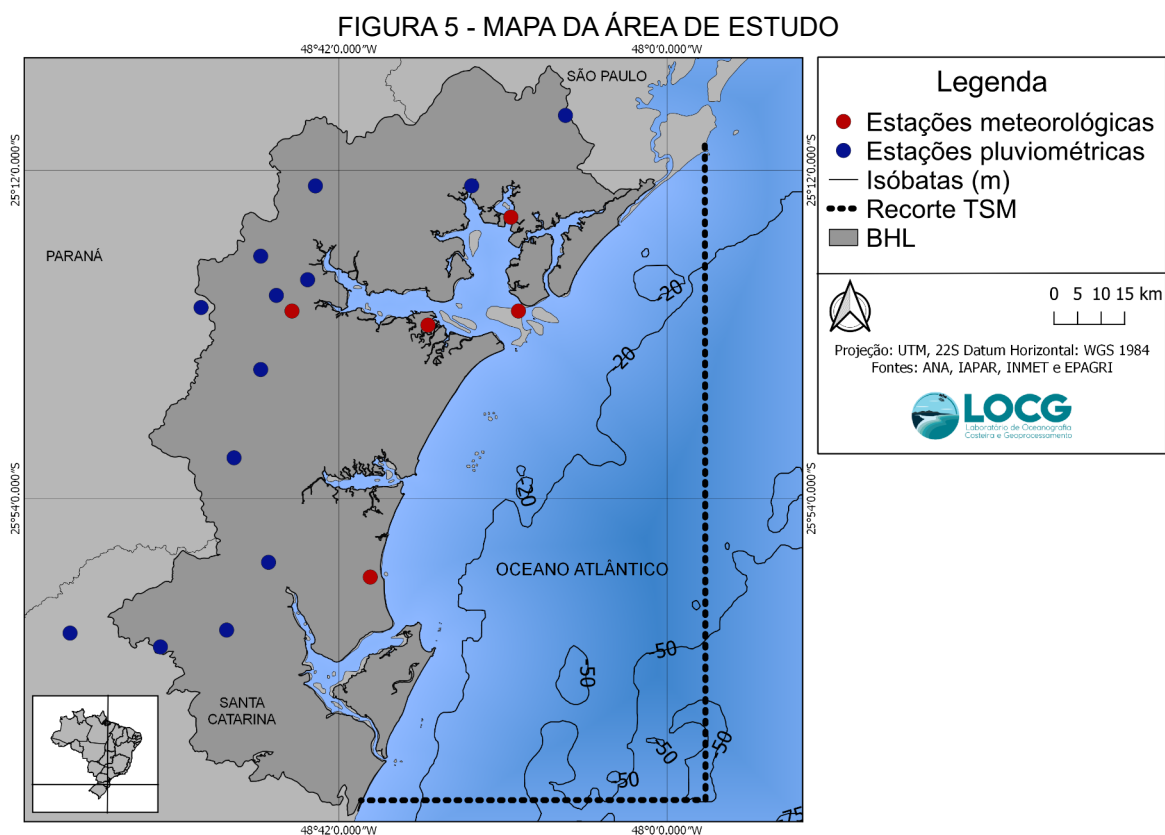
A variação sazonal da TSM acompanha de forma bem marcada as estações do ano e é zonal, ou seja, as maiores temperaturas são encontradas no equador e diminuem em relação aos polos (RUDNICK, 2009). Segundo Stewart (2000) também, a água tende a ser mais fria a leste e mais quente a oeste no hemisfério sul.

O calor contido na camada superficial do oceano é uma das principais fontes de vapor d'água e, conseqüentemente, de calor para a atmosfera. Uma das maiores fontes de água que evapora da superfície terrestre provém dos oceanos tropicais, que alimentam o sistema de chuvas e tempestades tropicais do globo (KATSAROS, 2001). Portanto, pode-se afirmar que os oceanos são uma significativa fonte de umidade para atmosfera, culminando na ocorrência de chuvas no continente. Já a TSM é uma das ferramentas para o entendimento de como e com qual intensidade isso ocorre.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

Para analisar a variabilidade da precipitação e temperatura do ar optou-se pela BHL do estado do Paraná e da Baixada Norte do estado de Santa Catarina (FIGURA 5). Essa região apresenta características que a diferenciam: as bacias estão inseridas na Serra do Mar e na Planície Costeira e em ambos os estados a rede fluvial culmina em importantes estuários: o Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP) e a Baía de Guaratuba, no estado do Paraná, e na Baía da Babitonga, no estado de Santa Catarina.

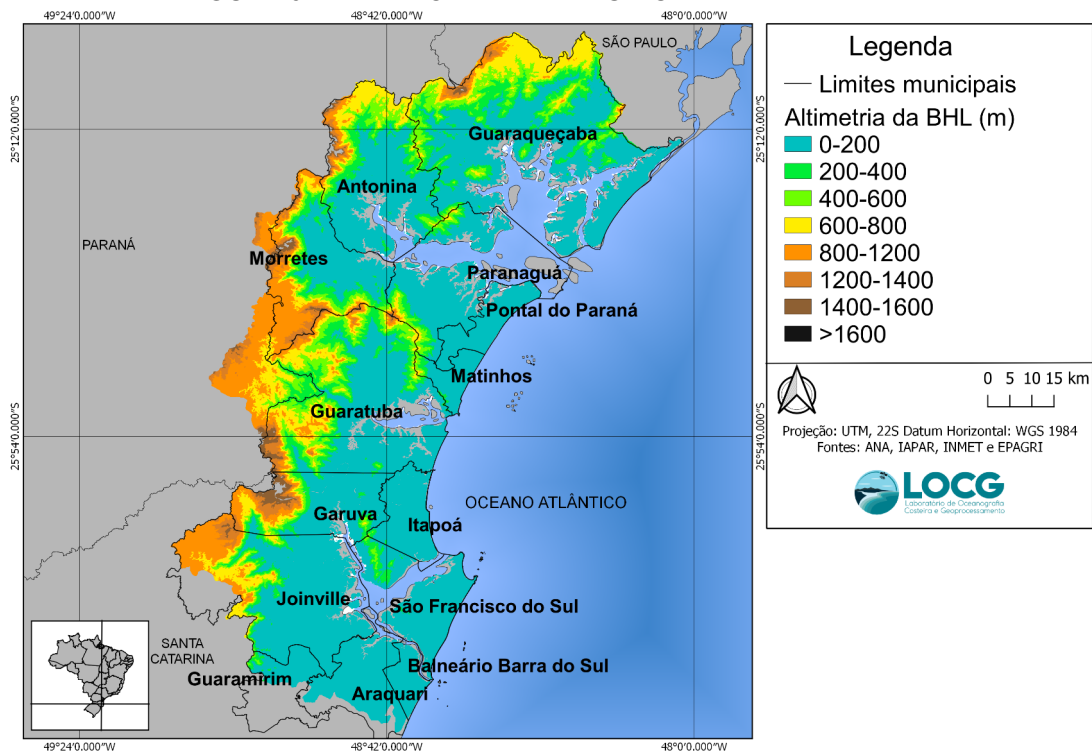


FONTE: O autor (2021).

A FIGURA 6 mostra os limites municipais de cada estado. No Paraná, as cidades de Paranaguá, Pontal do Paraná, Matinhos, Guaratuba, Morretes, Antonina e Guaqueçaba fazem parte da BHL e em Santa Catarina as cidades de Barra do Sul, São Francisco do Sul, Guaramirim, Itapoá e Garuva estão inseridas na BHL.

Esse recorte geográfico consta com uma população de aproximadamente 896,326 mil de habitantes, sendo as maiores densidades demográficas localizadas nas cidades de Paranaguá (140.469 mil habitantes) e Joinville (515,288 mil habitantes) (IBGE, 2010). Ele abrange uma variedade de aspectos físicos e socioambientais importantes e contém um importante remanescente da Mata Atlântica e vasta área de baixios e manguezais (LANA et al., 2001; NOERNBERG et al., 2006; MIZERKOWSKI, 2007).

FIGURA 6 - MAPA DOS LIMITES MUNICIPAIS E ALTIMETRIA



FONTE: O autor (2021).

No litoral do Paraná, ambos os estuários são considerados bem preservados ambientalmente. Segundo Denardin e Sulzbach (2008) o litoral paranaense apresenta o remanescente de Mata Atlântica mais bem preservado do Brasil, somando 44 unidades de conservação (PAULA et al., 2018). Dois exemplos são: a Área de Proteção Ambiental (APA) de Guaratuba, que abrange grande parte da Baía

de Guaratuba, e a APA Federal de Guaraqueçaba na Baía das Laranjeiras no CEP, consideradas regiões prístinas (PARANÁ, 2006; SANDERS et al., 2006; PAULA et al., 2018). As atividades econômicas da região são a portuária, o turismo, a agropecuária e a pesca. O Porto de Paranaguá é o maior exportador de grãos da América do Sul (DENARDIN; SULZBACH, 2008).

A Baía da Babitonga por outro lado se encontra em um estado de degradação ambiental avançado (MIZERKOWSKI, 2007). A região constitui a última grande formação de manguezais no sul do continente, sendo considerado o estuário de maior importância para Santa Catarina (CREMER et al., 2006 apud MIZERKOWSKI, 2007).

Devido ao crescimento populacional acelerado, principalmente das cidades de Joinville e São Francisco do Sul, desde o início do seu povoamento, a Baía da Babitonga sofreu diversos impactos ambientais (VIEIRA et al., 2008). Joinville é a cidade mais populosa e com o maior setor econômico industrial de Santa Catarina (MAIA et al., 2013). Apesar de toda a influência antrópica nesse sentido, somente no território da cidade constam 8 Unidades de Conservação (IPPUJ, 2016). Em São Francisco do Sul, a atividade portuária é a que se destaca, com uma movimentação de 17,1 milhões de toneladas em carga no ano de 2016 (EMBRAPA, 2020). Como é visível, a Baía da Babitonga recebe pressões de diversos setores econômicos. Atualmente existe a discussão sobre a criação de uma Unidade de Conservação contemplando toda a área da Baía (MIZERKOWSKI, 2007).

Outra área abordada na análise da chuva e TSM, foi o embaiamento sul-brasileiro. Esse sub-recorte envolvendo a plataforma continental à frente dos estuários citados, foi baseado na carta nº14 do Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha do Brasil (ZAMBONI E NICOLODI, 2008). Nesse caso foi estudada a área da plataforma continental rasa, até a isóbata de 20m – 50m (FIGURA 1). Essa delimitação é fundamentada no trabalho de Castro (2014), o qual, através de dados de perfilagens em transectos na plataforma continental a frente de Ubatuba/SP, mostrou que durante o verão a plataforma interna é delimitada pela isóbata de 20-40m e no inverno delimitada pela isóbata de 50-70m, sendo a área que não sofre influência da Corrente Tropical (CT) e da Água Central do Atlântico Sul (ACAS). Dessa maneira, na análise da TSM, os sinais dessas correntes serão minimizados, evitando assim a influência de outros fenômenos.

Segundo a classificação climática de Koppen, a planície costeira da área de estudo faz parte do clima Cfa (Sempre úmido, verão quente) e a Serra do Mar do clima Cfb (Sempre úmido, verão morno) (LANA et al., 2001; NOERNBERG, 2001; VANHONI; MENDONÇA, 2017), fazendo parte da zona temperada do globo. É banhada em toda a sua margem leste pelo Oceano Atlântico, portanto, exposta aos fenômenos de maritimidade e continentalidade.

De acordo com Mendonça e Danni-Oliveira (2007) a região sofre a influência de quatro sistemas atmosféricos: “MPa (Massa Polar Atlântica, originária do Anticiclone Migratório Polar), MTa (Massa Tropical Atlântica, originária no Anticiclone Semifixo do Atlântico), MEc (Massa Equatorial Continental, originária no Anticiclone da Amazônia) e MTc (Massa Tropical Continental, originária da Depressão do Chaco)”. Esses sistemas exercem modificações no clima da região que são de caráter dinâmico, incluindo também o fenômeno das frentes.

As frentes frias atuam na mudança do tempo local e são um dos fenômenos que contribuem para a elevação dos totais pluviométricos, principalmente durante o inverno (CARDOZO; REBOITA; GARCIA, 2015). Além disso elas também têm impacto nas correntes oceânicas, pois interferem no trem de ventos que atinge a superfície do mar (STECH; LORENZZETTI, 1992).

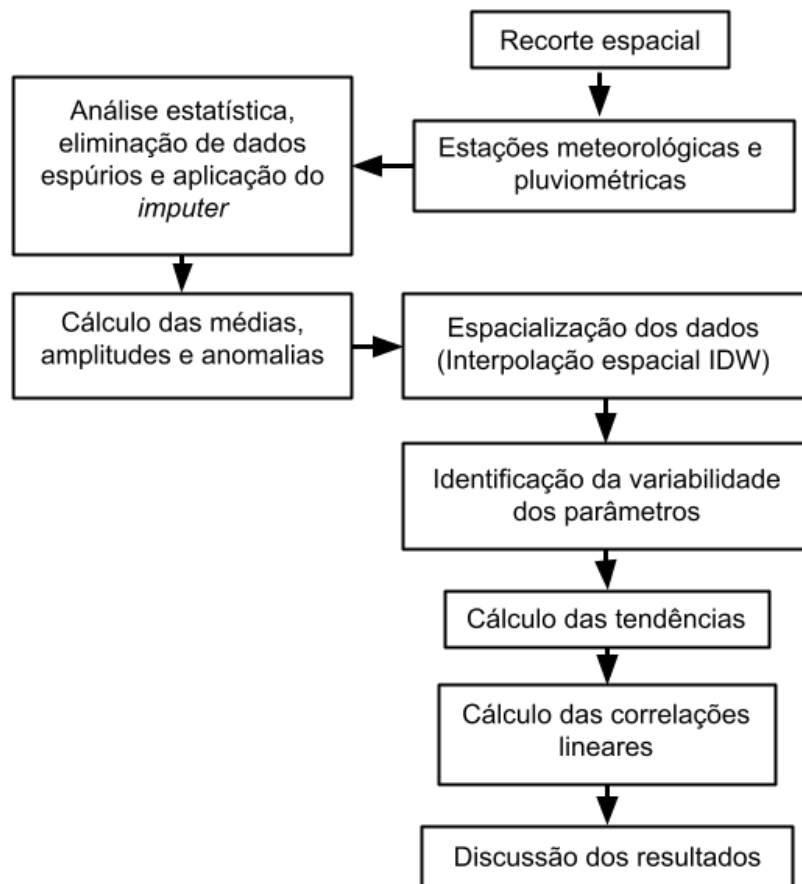
Tempo e clima na BHL são fortemente influenciados pelo relevo, caracterizado por uma planície costeira extensa na interface com o oceano e a serra do mar interiorizada no continente (FIGURA 6). A planície costeira possui variação de altitude de até 20 m e a Serra do Mar ultrapassa os 1600 m de altitude em algumas porções da BHL. A Serra do Mar é uma cadeia montanhosa que se estende por 2000 km do sudeste até o sul do Brasil (ALMEIDA E CARNEIRO, 1998). As massas de ar destacadas acima, durante todo o ano, interagem de alguma maneira com essa barreira física, principalmente com fenômenos que direcionam umidade do oceano para o continente. Ela se configura como um elemento primordial para a variabilidade pluviométrica e térmica da BHL.

3.2 BASE DE DADOS

3.2.1 Dados climatológicos

Para investigar a variabilidade da precipitação e temperatura do ar da área em questão, foram utilizadas 15 estações pluviométricas e 5 estações meteorológicas disponíveis na Agência Nacional de Águas (ANA) (APÊNDICE I) distribuídas pela área de estudo (FIGURA 5). A FIGURA 7 mostra um resumo da metodologia aplicada.

FIGURA 7 - FLUXOGRAMA DA METODOLOGIA



FONTE: O autor (2021).

Um banco de dados com todas as estações disponíveis na ANA foi construído. Para precipitação foi utilizado o acumulado mensal e para temperatura do ar a média compensada mensal (calculada pela ANA).

As estações são equipamentos que necessitam de manutenções constantes, onde muitas vezes ocorrem erros ou simplesmente ficam inativas por algum período,

problema recorrente que prejudica os estudos de caráter climatológico, onde a continuidade dos dados é essencial.

Para contornar possíveis falhas nas séries temporais, optou-se pela utilização de um método de *imputation*, desenvolvido por Van Buuren e Groothuis-Oudshoorn (2011) que permite o preenchimento das mesmas. Esse método estima os dados faltantes com base em todos os dados. Utilizando *machine learning*, modela as falhas com base em um algoritmo de *Round-Robin* (SCIKIT-LEARN, 2021).

3.2.1.1 Precipitação

Inicialmente, o objetivo era utilizar a escala climatológica para os dados de precipitação, para descrever sua variabilidade de forma mais confiável, focando no período que englobasse a série de TSM (de 2000 até o presente). Verificou-se, em uma análise exploratória, que o maior número de estações com dados mensais contínuos disponíveis, representava o período de 1988-2017. Foram filtradas então, as estações com menos de 10% de falhas e posteriormente completadas utilizando o método de *imputation*, através da linguagem Python, versão 3.8.1.

Para as análises de tendência e espacialização dos dados, a série climatológica de 1988-2017 foi utilizada, já para as análises comparativas com a temperatura do ar e TSM o recorte temporal de 2000-2017 foi utilizado.

3.2.1.2 Temperatura do ar

Das 5 estações meteorológicas disponíveis com dados de temperatura do ar, 3 possuíam dados para o período de 2000 - 2017: 83844 (Paranaguá), 2548038 (Morretes) e 2548039 (Guaraqueçaba) (APÊNDICE I). Sendo essas utilizadas para as análises comparativas entre TSM e precipitação.

Devida a falta de representatividade espacial que as 3 estações conferiam, optou-se, na espacialização dos dados de temperatura do ar, utilizando o período

2008 – 2017 para que todas as 5 estações pudessem ser utilizadas na interpolação espacial. Os dados faltantes das estações foram completados com a utilização do método de *imputation*.

No caso da temperatura do ar, nenhum critério para exclusão de estações foi utilizado, devido a escassez de dados, entretanto, nenhuma delas ultrapassou 15% de falhas em suas séries.

3.2.1.3 TSM

A TSM foi analisada no embaçamento sul-brasileiro através de imagens do sensor MODIS, a bordo do satélite Terra da NASA. As imagens são de nível 3, com 4 km de resolução espacial, dos anos de 2000-2017, disponíveis no site OceanColor da NASA.

Os dados MODIS foram obtidos das bandas espectrais do infravermelho de onda curta 20 a 23 (3,660 a 4,080 m) para a TSM noturna e do infravermelho termal, das bandas 31 a 32 (10,780 a 12,270 m) para a TSM diurna, com acurácia de 12 bits.

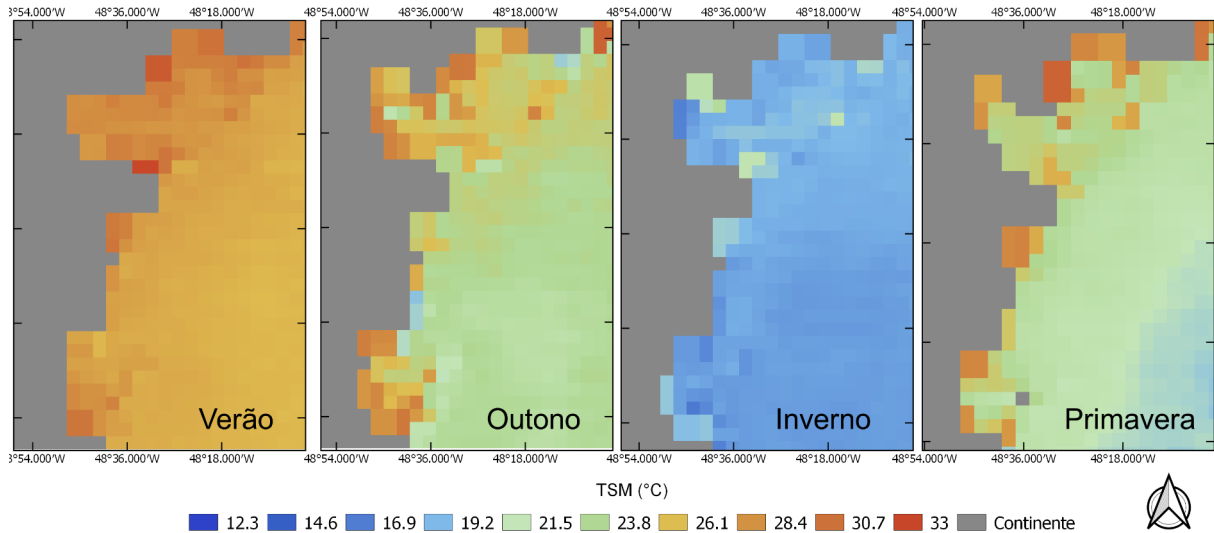
As imagens de média anual, sazonal, mensal e de 8 dias (única série onde os dados de TSM noturna foram utilizados) foram adquiridas e, posteriormente, processadas através da linguagem Python, versão 3.8.1: recortadas nos limites latitudinais de -26,5412 até -25,1458 e longitudinais de -49,000 até -47,9189 que correspondem ao embaçamento sul-brasileiro (FIGURA 8); calculada a média de todos os pixels da área recortada, em cada passo de tempo, gerando uma série para cada recorte temporal (anual, sazonal, mensal e diário).

Para analisar o possível impacto dos eventos de El Niño e La Niña sobre as precipitações da BHL, preferiu-se a utilização do índice ONI. Esse índice calcula a média móvel de 3 meses para as anomalias de TSM da região 3.4 do El Niño (FIGURA 9).

Ele classifica a ocorrência de El Niño/La Niña quando a média móvel excede 0,50 °C (El Niño) ou fica abaixo de 0,50 °C (La Niña) por pelo menos 5 meses consecutivos (TRENBERTH, 2020).

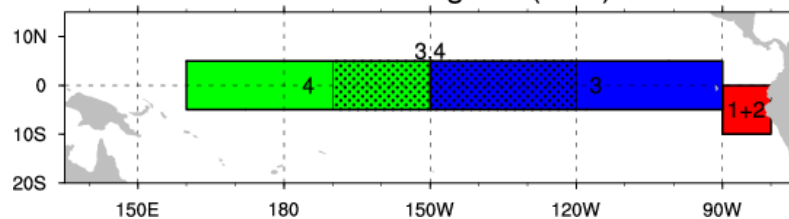
Segundo Golden Gate Weather Service (2021), o índice ONI indica se o El Niño ou La Niña são fracos quando a anomalia é de 0,50 a 0,90 °C, moderados de 1,0 a 1,4 °C, fortes de 1,5 a 1,9 °C e muito intensos quando maiores que 2° C.

FIGURA 8 - IMAGENS MODIS TERRA 4KM NÍVEL 3 (MÉDIAS SAZONAIS PARA O ANO DE 2016) DO RECORTE DO EMBAIAMENTO SUL-BRASILEIRO.



FONTE: Ocean Color Web (2021).

FIGURA 9 - REGIÕES DO EL NIÑO
Nino Index Regions (SST)



FONTE: Trenberth (2020).

3.3 CÁLCULO DAS VARIABILIDADES

Foi realizado o cálculo das médias anuais, sazonais e mensais, assim como dos máximos, mínimos e amplitudes, para o período de 2000 - 2017 dos dados de acumulado pluviométrico, temperatura do ar e de TSM. As anomalias para cada

série temporal também foram calculadas, com a subtração do valor em questão pela média das séries.

Foram analisados os acumulados diários para os meses de janeiro e fevereiro (somente para a estação 02548039) dos anos de 2008, 2009, 2011 e 2016, utilizando a soma acumulativa para cada dia do mês. Nesses anos foram identificados os maiores acumulados anuais de precipitação, sendo nos meses de janeiro desses anos os picos da série. Destaca-se que esse critério foi o utilizado para caracterizar os eventos de significativa precipitação, portanto buscou-se analisar a evolução diária da precipitação, para as estações pluviométricas que apresentaram o pico significativo, em comparação com a evolução diária da TSM.

Para as análises sazonais, as estações do ano foram definidas como: Verão (dezembro, janeiro e fevereiro), outono (março, abril e maio), inverno (junho, julho e agosto) e primavera (setembro, outubro e novembro).

A média anual foi realizada calculando a média aritmética simples dos 17 anos de dados. Para a precipitação foi realizada a soma dos acumulados mensais de cada ano, e calculada a média dessa série. As médias sazonais foram calculadas com a média aritmética simples dos três meses correspondentes a cada estação, em cada ano, e posteriormente calculada a média para essa série. Sendo que para a precipitação, foi realizada a soma dos acumulados dos três meses e posteriormente retirada a média para a série de 17 anos. Para comparação com o índice ONI, foi retirada a média móvel de 3 meses dos acumulados mensais de precipitação.

Ressalta-se que os dados sazonais e de 8 dias da TSM já são produtos adquiridos diretamente, onde só foi realizado o recorte e cálculo da média dos pixels para a área de estudo.

No software QuantumGIS (QGIS) foi gerada a espacialização das médias anuais e sazonais de precipitação (1988-2017) e temperatura do ar (2008-2017, série menor, mas com estações suficientes para garantir uma espacialização por toda a área) sobre a área de estudo, usando o método *Inverse Distance Weighting* (IDW) de interpolação espacial do plugin Sistema de Análises Geocientíficas Automatizado (SAGA). Esse método apresenta resultados satisfatórios quando existe uma grande quantidade de estações na área de estudo (CHEN; LIU, 2012). Ele é baseado na metodologia desenvolvida por uma série de pesquisadores entre os anos de 1960 e 1980 (CRESSMAN, 1959; SHEPARD, 1968; BARNES, 1973).

Sua vantagem é a de ser um método simples que demanda pouco esforço computacional.

O IDW estima o valor da variável em um ponto desconhecido, usando os valores conhecidos nas estações próximas a esse ponto, baseia-se no fato de que quanto mais próximos os pontos, mais relacionados entre si estão, como exemplificado pelas equações (1) e (2).

$$X(X_0) = \sum_{i=1}^N p_i x_i \quad (1)$$

$$p_i = \frac{d^{-\alpha}}{\sum_{i=1}^N d_i^{-\alpha}} \quad (2)$$

Onde x_0 são os pontos com valores desconhecidos, x_1 são os pontos com valores conhecidos, p_i é o peso baseado nas distâncias entre x_0 e x_i , d_i é a distância entre os pontos e é uma potência pré-estabelecida pelo usuário (LU; WONG, 2008; MARCUZZO; ANDRADE; MELO, 2011 CHEN; LIU, 2012). É justamente o último parâmetro a grande desvantagem de usar o IDW, pois ele não se adapta a distribuição dos dados, diferentemente do método de krigagem que é mais robusto nesse sentido.

O teste estatístico de Mann-Kendall e a regressão linear foram aplicados nas séries temporais de precipitação e TSM, para verificar as tendências de aumento ou diminuição das variáveis no período observado.

Mann-Kendall é um teste não paramétrico, usado para detectar tendências, proposto por Mann (1945) e Kendal (1975), ele testa a hipótese nula de não ocorrer tendência, contra a hipótese de ocorrer positiva ou negativamente, sem a indicação de magnitudes, sendo largamente utilizado para dados hidrometeorológicos (VANHONI, 2009; HUSSAIN et al., 2015).

A regressão linear busca encontrar uma relação entre duas variáveis x (variável independente), nesse caso o tempo e y (variável dependente), encontrando uma equação que explica a maior parte do comportamento de y em relação a x (NETO, 2002). Uma regressão linear simples é descrita por:

$$y = a + bx \quad (3)$$

onde:

a é o coeficiente linear da reta

b é o coeficiente angular da reta

O coeficiente angular da reta irá estimar a tendência dos parâmetros estudados.

Para testar se existe relação entre precipitação, temperatura do ar e TSM, foi utilizado o coeficiente de correlação de Pearson. A correlação linear relaciona duas variáveis, x e y, linearmente. O coeficiente de correlação de Pearson (r) é dado por (4). É um valor adimensional que varia entre -1 (correlação perfeita negativa) e 1 (correlação perfeita positiva) (NETO, 2002).

$$r = \frac{cov(x, y)}{S_x S_y} \quad (4)$$

Onde S_x e S_y são os desvios padrões para as variáveis.

4 RESULTADOS

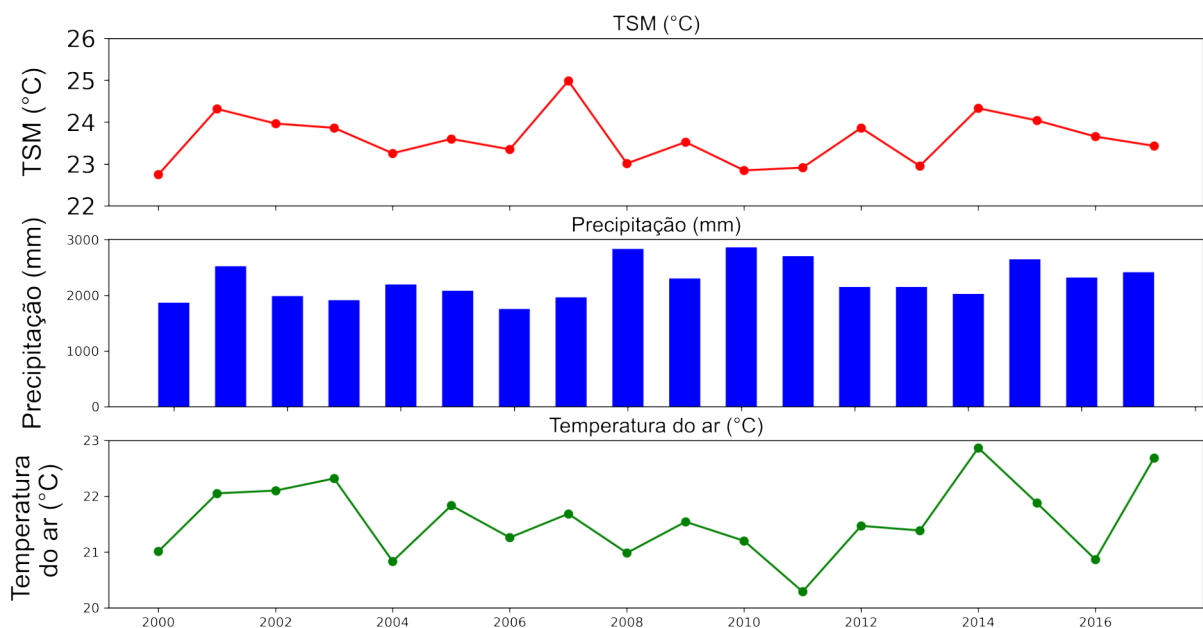
4.1 VARIABILIDADE ANUAL

As médias anuais de TSM de 2000 a 2017, no embaiamento sul brasileiro, apresentaram seu máximo no ano de 2017 com 24,98 °C, seu mínimo em 2000 com 22,74 °C e média histórica para o período de 23,59 °C (FIGURA 10).

A média da precipitação acumulada anual na BHL de 2000 a 2017 demonstrou variação considerável, com o máximo em 2010 com 2862,6 mm, e o mínimo em 2006 com 1758,5 mm de chuva. A média anual de chuva foi de 2261,0 mm (FIGURA 10).

A temperatura do ar não apresentou variação considerável na BHL de 2000 a 2017 (FIGURA 10), a média anual foi de 21,5 °C, o máximo de 22,8 °C em 2014 e o mínimo de 20,2 °C em 2011. Nota-se que a temperatura do ar é menor, em todo o período, em relação a TSM. Isso reflete na capacidade de um corpo aquoso aquecer e reter calor, devido ao calor específico da água, o que não acontece no continente, onde o aquecimento e resfriamento é mais rápido.

FIGURA 10 - PRECIPITAÇÃO ACUMULADA (MM), TSM (°C), E A TEMPERATURA DO AR (°C) - MÉDIA ANUAL (2000-2017)



FONTE: O autor (2021).

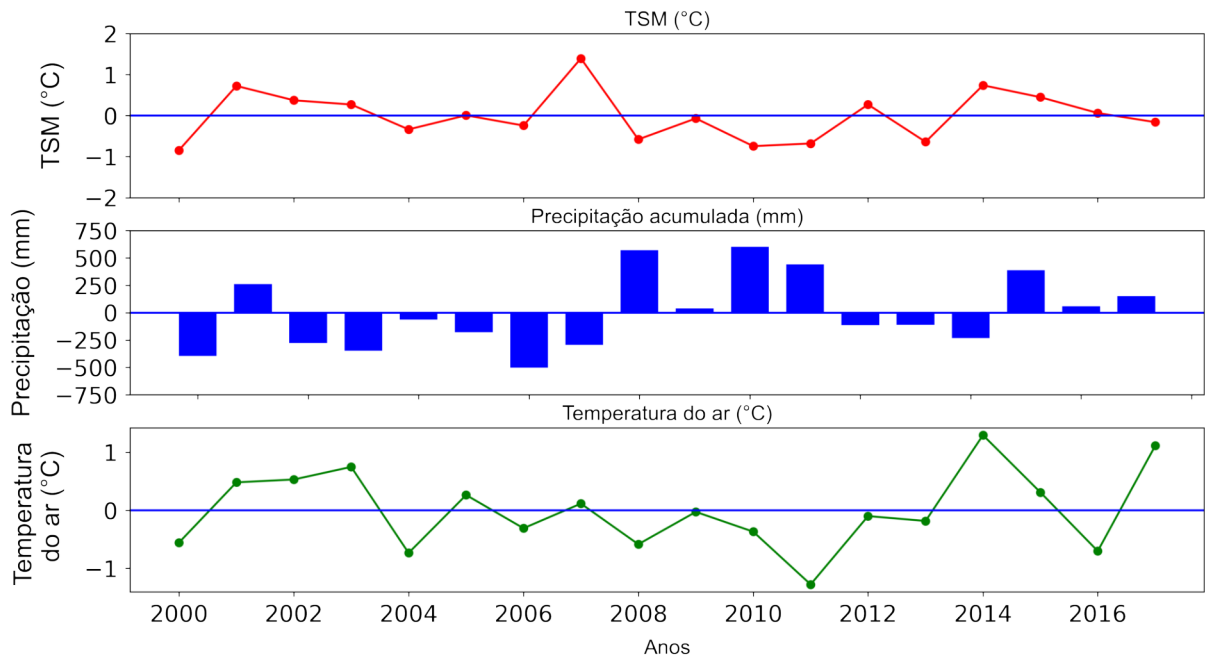
4.1.1 Anomalias anuais de precipitação, TSM e temperatura do ar

Anualmente a TSM parece possuir uma variação entre anomalias positivas e negativas a cada 3-4 anos, sendo em 2007 a maior com 1,39 °C acima da média (FIGURA 11).

As anomalias anuais de precipitação (FIGURA 10), também variam entre positivas e negativas num ciclo de 3-4 anos. A maior ocorreu em 2010 com 601,6 mm acima da média.

Não parece existir uma clara variação entre as anomalias positivas e negativas de temperatura do ar, distingue-se a anomalia de 2011 com -1,27 °C, e a de 2014 com 1,29 °C (FIGURA 11).

FIGURA 11 - ANOMALIAS ANUAIS (2000-2017)



FONTE: O autor (2021).

O teste de correlação, revelou que as séries anuais de TSM e precipitação acumulada, assim como suas anomalias, não possuem relação linear (correlação de

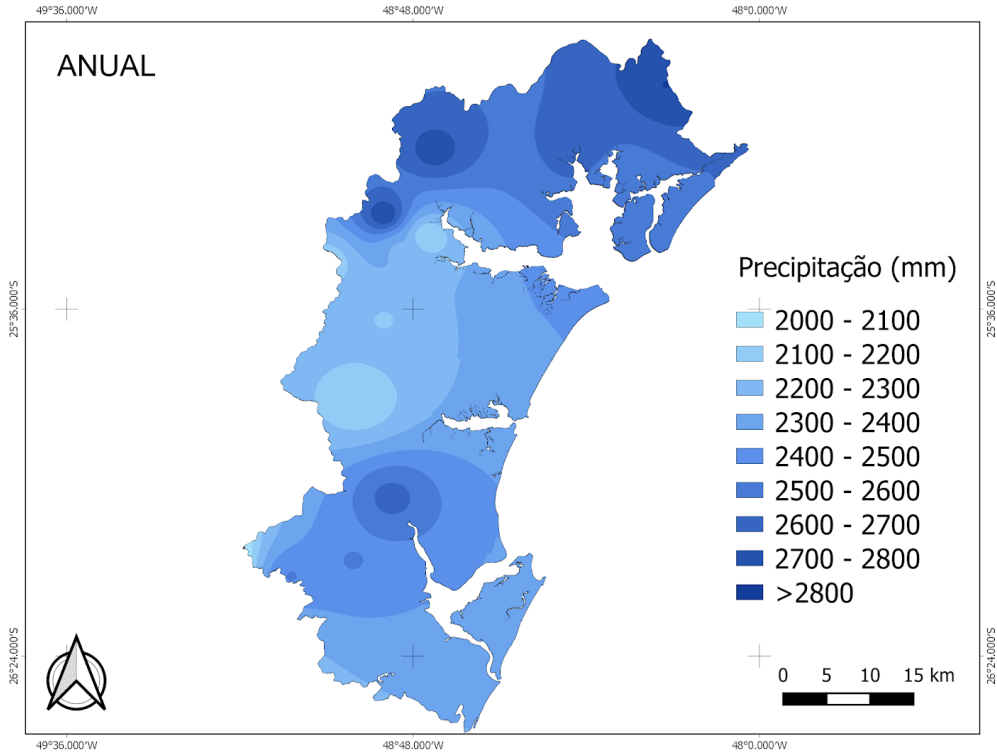
-0,29). As médias anuais podem esconder as variações interanuais, portanto, buscou-se diminuir a escala temporal da análise para a sazonal.

4.1.2 Variação espacial da precipitação e temperatura do ar na BHL – Anual

Espacialmente as médias anuais de precipitação acumulada, no período de 1988 - 2017 na BHL, variam de 2100,0 mm a valores superiores a 2800,0 mm (FIGURA 12). As maiores médias se concentram nas cidades de Morretes, Antonina e Guaraqueçaba no Paraná, região que faz parte do CEP, e na cidade de Garuva em Santa Catarina, pertencente à Baía da Babitonga. Esses acumulados expressivos estão localizados em regiões de sopé da serra do mar, em ambos os estados, indicando que a influência dessa feição topográfica intensifica a precipitação. Segundo Monteiro (2007), devido ao efeito de barreira orográfica, esses locais propiciam a ocorrência de chuvas intensas, com nuvens do tipo Cumulonimbus. Os menores valores estão concentrados na região central do litoral paranaense. As estações pluviométricas, nesses casos, estão em regiões de planície litorânea (caso da estação ao sul de Antonina no Paraná), ou da região de sotavento da Serra do Mar (caso da estação ao sul de Morretes no Paraná), locais que menos chuvosos.

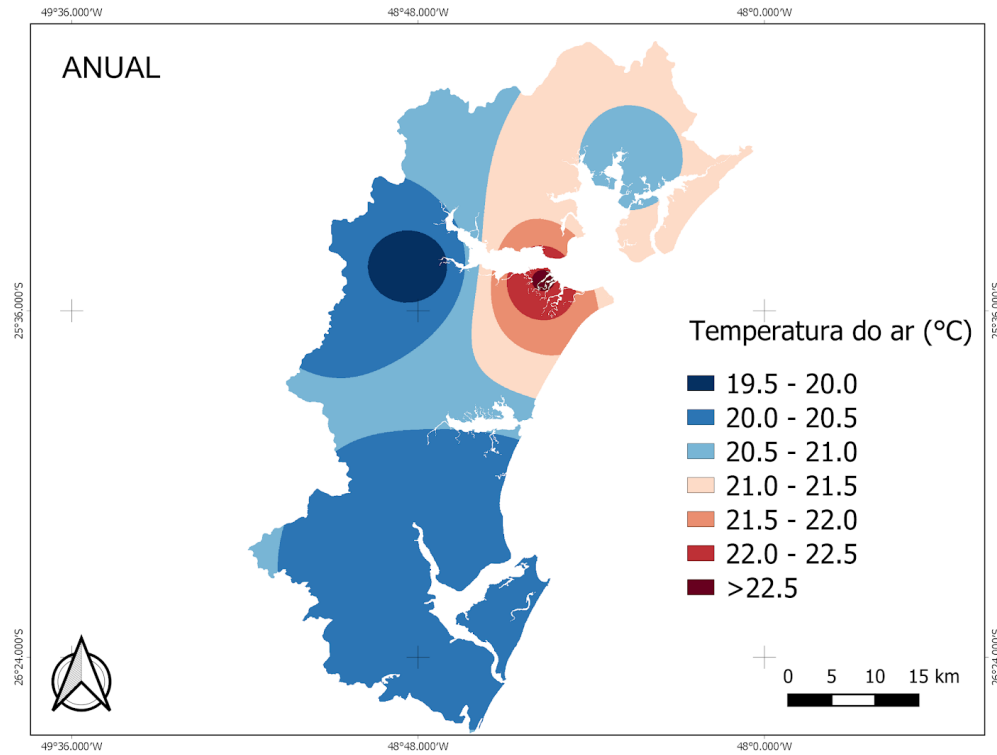
As médias de temperatura do ar na BHL não apresentam variações significativas espacialmente (FIGURA 13), no período de 2008 a 2017. As maiores médias são encontradas na região próxima da cidade de Paranaguá no estado do Paraná, onde excedem os 22,5 °C. A região do litoral paranaense expressa valores mais elevados de temperatura se comparado com o litoral catarinense, que apresenta de 20,0°C a 20,5°C de média em sua área. Vale enfatizar que os mínimos de temperatura do ar são encontrados na região de Morretes no Paraná (19,5 °C a 20,0 °C).

FIGURA 12 - MÉDIAS ANUAIS DE PRECIPITAÇÃO ACUMULADA NA BHL (1988-2017)



FONTE: O autor (2021).

FIGURA 13 - MÉDIAS ANUAIS DE TEMPERATURA DO AR NA BHL (2008-2017)

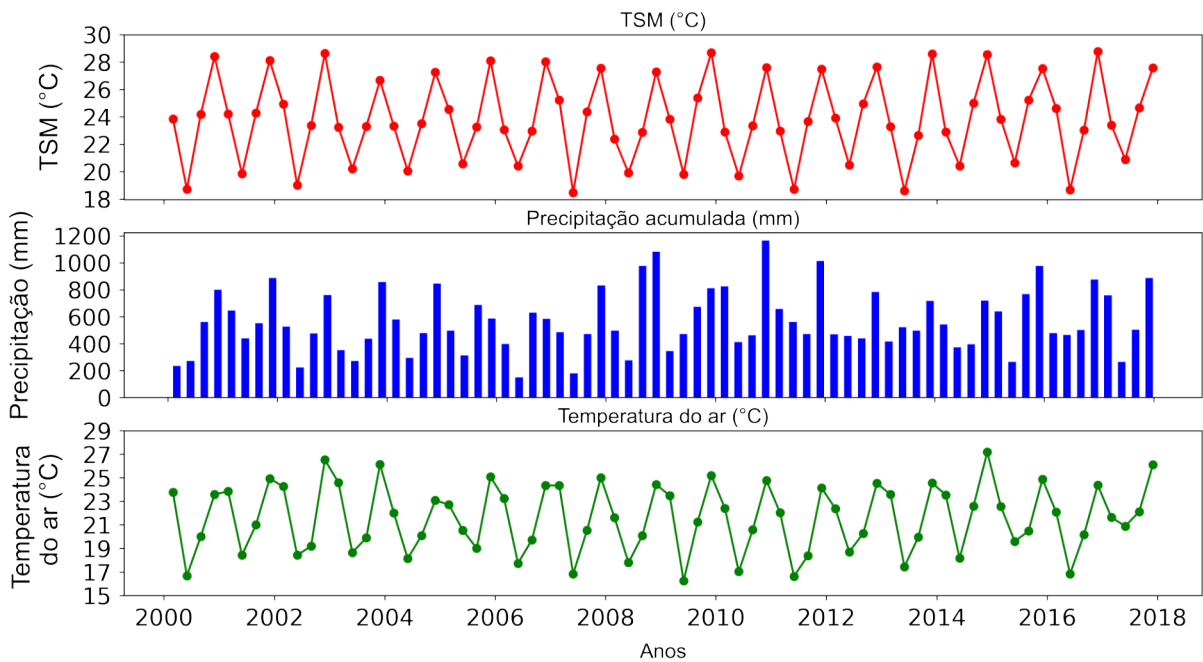


FONTE: O autor (2021).

4.2 VARIABILIDADE SAZONAL

Todos os parâmetros apresentam máximos no verão e mínimos no inverno. Outono e primavera atuam como estações de transição, onde os valores se aproximam da média (FIGURA 14).

FIGURA 14 - PRECIPITAÇÃO ACUMULADA (MM), TSM (°C) E TEMPERATURA DO AR (°C) - MÉDIA SAZONAL (2000-2017)



FONTE: O autor (2021).

Para a precipitação, o máximo ocorreu no verão de 2011 com 1165,2 mm, e o mínimo no inverno de 2006 com apenas 149,2 mm, ou seja, é o parâmetro com a maior amplitude (1016 mm) sazonal. Vale ressaltar que, mesmo com os mínimos ocorrendo no inverno, a média para essa estação é de 344,6 mm, não configurando um período seco. No verão a média foi de 842,9 mm, outono com 519,0 mm e primavera com 554,5 mm. A precipitação também é a única que possui um comportamento menos sazonal em alguns anos. Em 2003, 2012 e 2016 todas as estações apresentaram chuva reduzida.

O máximo sazonal de TSM ocorreu no verão de 2016 com 28,78 °C e o mínimo no inverno de 2007, com 18,47 °C (amplitude de 10,31 °C). A média de TSM para o verão foi de 27,91 °C, outono com 23,68 °C, para o inverno foi de 19,73 °C e a primavera com 23,88 °C de média.

A temperatura do ar apresenta máximo no verão de 2014 com 27,2 °C e o mínimo no inverno de 2006 com 16,3 °C. A média para o verão foi de 24,9 °C, outono com 23,0 °C, inverno com 17,7 °C e primavera com 20,4 °C de média.

A relação linear entre precipitação e temperatura do ar é de 0,59. Já entre a precipitação e TSM foi de 0,72, revelando uma elevada correspondência.

4.2.1 Variação espacial da precipitação e temperatura do ar na BHL - Sazonal

Sazonalmente fica clara a intensificação das chuvas no verão, que, apesar de seguirem o padrão de concentração no sopé da serra, são elevadas por toda a BHL (FIGURA 15). Nessa estação o norte da BHL é mais chuvoso. Destaca-se a região de Garuva em Santa Catarina, a única com acumulados elevados para o sul da BHL.

Outono concentra as chuvas na região de Guaraqueçaba, no norte da BHL, com acumulados superiores a 675,0 mm. A chuva é mais homogênea para o restante da área nessa estação.

O inverno se destaca pelas baixas médias de acumulados de precipitação, entre 200,0 mm a 400,0 mm. A planície litorânea da BHL tem os menores acumulados, chovendo mais nas altas altitudes de ambos os estados.

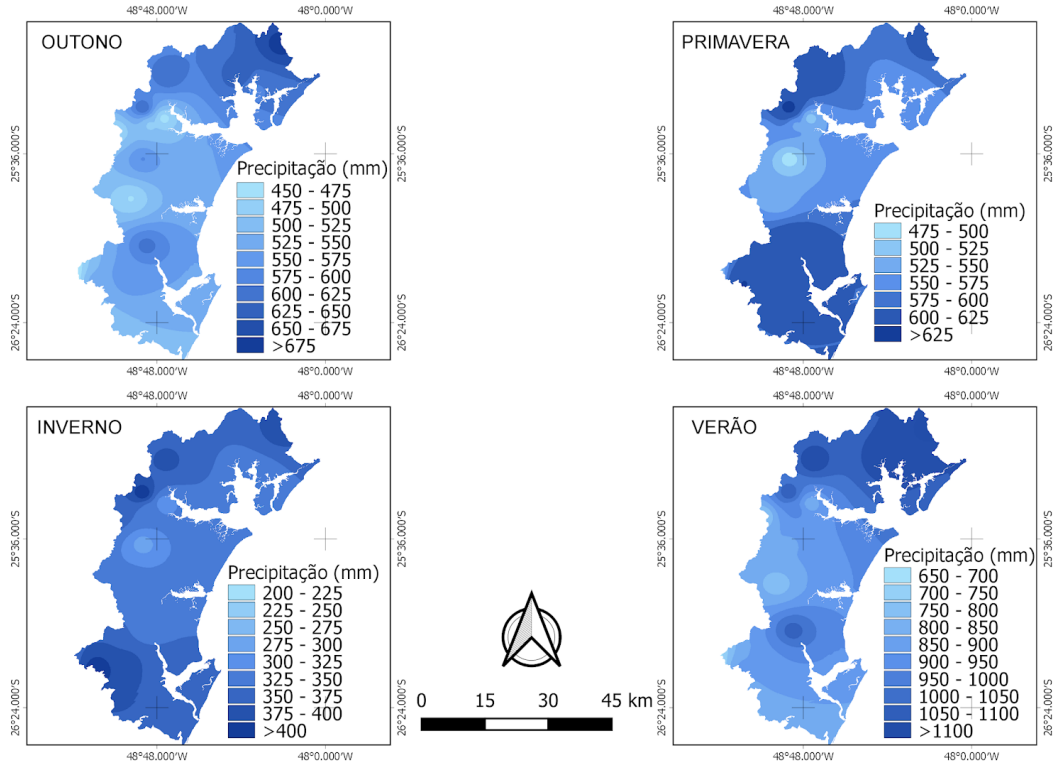
A região sul da BHL e a região de serra ao norte de BHL são os locais mais chuvosos na estação da primavera, de 600,0 mm a mais de 625,0 mm. A região central da BHL configura-se como a de menores acumulados para o período.

De forma geral, o norte da BHL é mais quente do que o sul, e a região de Paranaguá no Paraná, em todas as estações do ano, configura-se com as maiores temperaturas do ar (FIGURA 16).

No verão a amplitude de temperatura espacial é considerável. Temperaturas superiores a 26,0 °C na região de Paranaguá e 22,5 °C na de Morretes no Paraná. Valores intermediários (24,0°C) são os mais recorrentes para o restante da BHL.

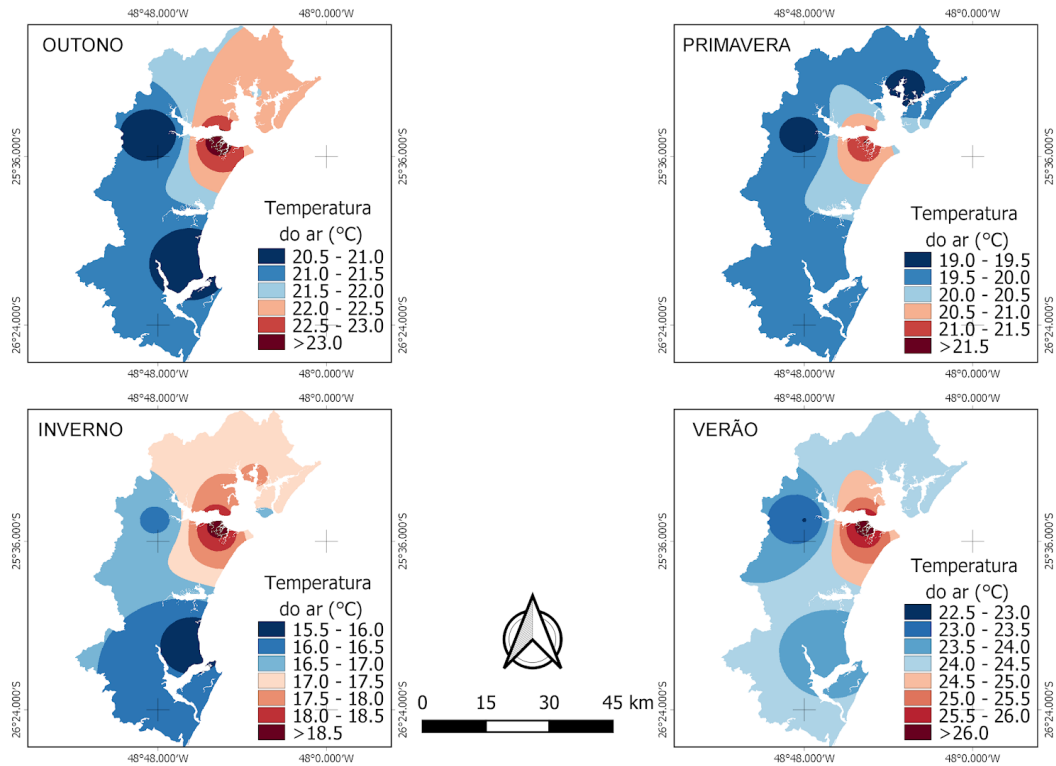
A região nordeste da BHL no outono, possui temperaturas de 22,0 °C a superiores a 23,0 °C. O sul da área tem temperaturas mais baixas, de 21,0 °C a 21,5 °C, destacam-se, neste caso, as regiões de Morretes no Paraná e Itapoá em Santa Catarina com os mínimos de temperatura (20,5 °C a 21,0 °C).

FIGURA 15 - MÉDIAS SAZONAIS DE PRECIPITAÇÃO ACUMULADA NA BHL (1988 - 2017)



FONTE: O autor (2021).

FIGURA 16 - MÉDIAS SAZONAIS DE TEMPERATURA DO AR NA BHL (2008 - 2017)



FONTE: O autor (2021).

Existe uma homogeneidade da temperatura do ar na área de estudo durante a primavera, com exceção da região de Paranaguá, as temperaturas não excedem os 20,0 °C.

Temperaturas baixas ocorrem na BHL no inverno, onde só passam de 18,5 °C na região de Paranaguá. Uma clara divisão existe entre temperaturas mais amenas no nordeste e norte da BHL, com mais frias no sul, As temperaturas mínimas de 15,5 °C a 16,0 °C se localizam na região de Itapoá.

4.2.2 Verão

As médias de precipitação acumulada, TSM e temperatura do ar, dos meses de verão, são apresentadas na FIGURA 17.

Constata-se que a TSM e temperatura do ar têm valores mais constantes, não variando muito no período. Com valores elevados, a TSM possui amplitude de 4,75 °C. Já a temperatura do ar, com exceção dos anos de 2003, 2004 e 2005, não apresenta médias extremamente elevadas e possui uma amplitude baixa de 4,10 °C.

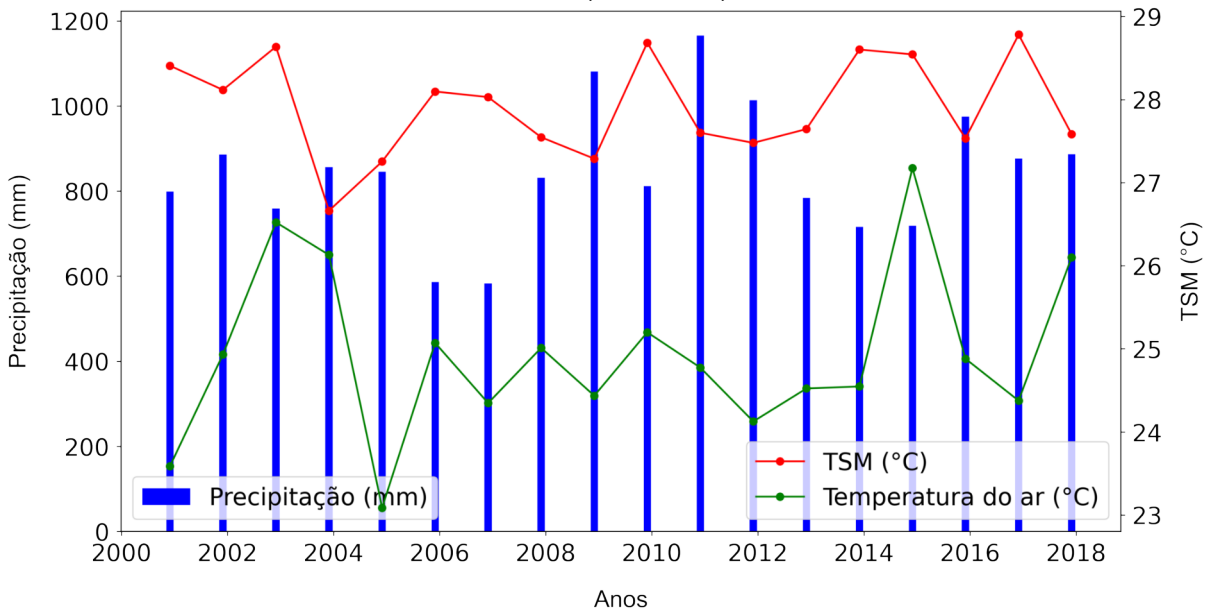
A média de chuvas no verão, ao longo do período, varia bastante. Sua amplitude é de 582,0 mm. Os anos de 2009 e 2011 ultrapassam 1000,0 mm de acumulado. Já, anos como 2006 e 2007, não passam dos 600 mm.

Linearmente, as médias de TSM e precipitação no verão, resultam em 0,287 de correlação. A temperatura do ar e a precipitação, por sua vez, apresentaram correlação de 0,02.

A FIGURA 18 mostra apenas a pluviosidade, TSM e temperatura do ar dos meses de verão ao longo da série temporal.

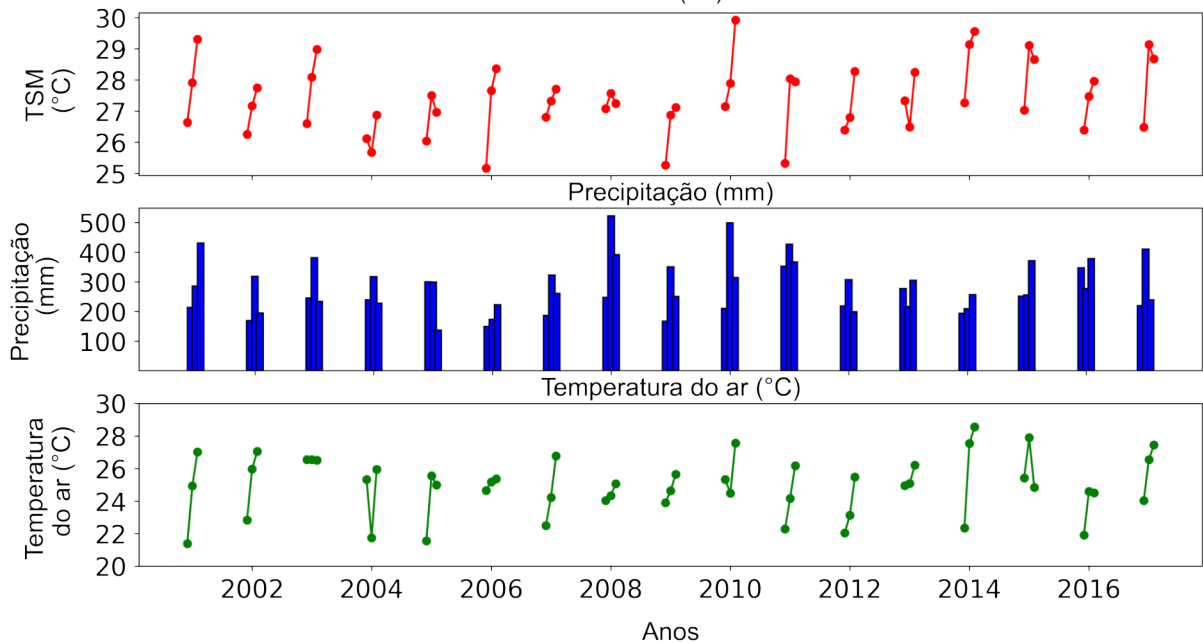
Valores elevados de TSM são encontrados no embaiamento nos meses de verão. Ocorre a elevação de temperatura ao longo da estação, onde em muitos anos se aproxima dos 30,0 °C.

FIGURA 17 - PRECIPITAÇÃO ACUMULADA (mm), TSM (°C), E TEMPERATURA DO AR (°C) - MÉDIA VERÃO (2000-2017)



FONTE: O autor (2021).

FIGURA 18 - PRECIPITAÇÃO ACUMULADA (mm), TSM (°C) E TEMPERATURA DO AR (°C) - MÉDIA MESES DE VERÃO (2000-2017)



FONTE: O autor (2021).

Os acumulados de chuva são elevados durante o verão na BHL, chegando a mais de 500,0 mm em um único mês. Outra característica bem marcada é o mês de janeiro ser com frequência, o de maior acumulado pluviométrico no verão, a estação

começa com menos chuva em dezembro, aumenta em janeiro e diminui novamente em fevereiro.

A temperatura do ar na maioria dos anos, para os meses de verão, apresenta claro aumento em seus valores de dezembro a fevereiro, onde atingem seus máximos.

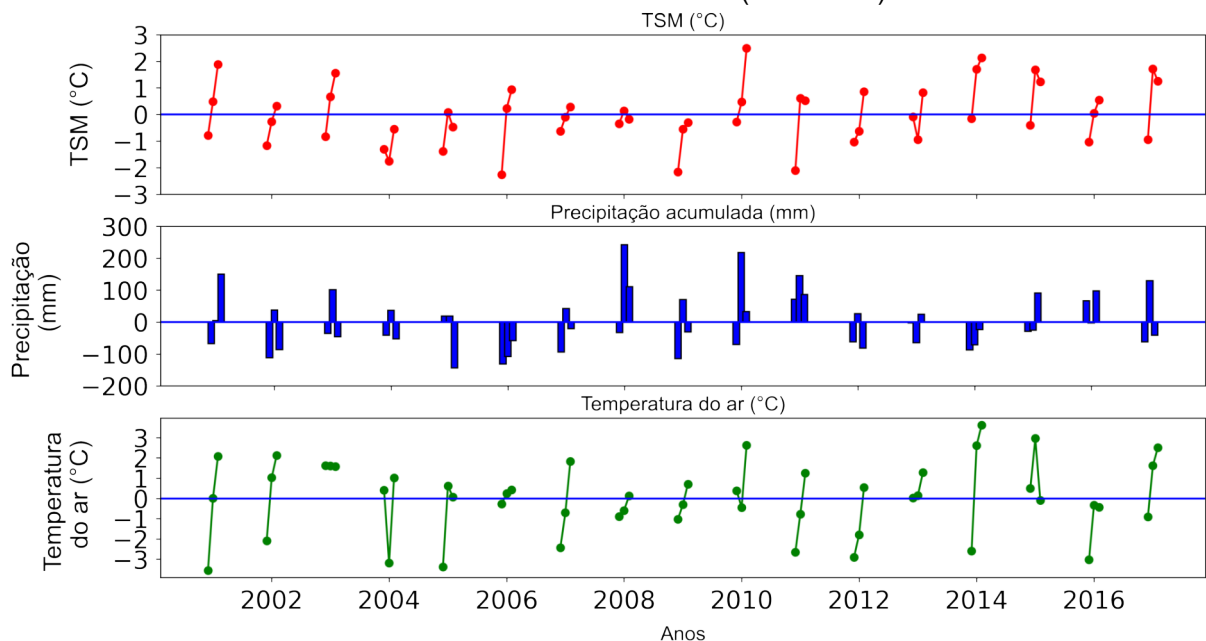
4.2.3 Anomalias - meses de verão

As anomalias de precipitação para os meses de verão refletem valores significativos de acumulados mensais para alguns anos (2009 e 2011) (FIGURA 19).

Para a TSM as anomalias também tiveram valores significativos, ficando de 1,0 °C a 2,0 °C acima ou abaixo da média, quase sempre acima em janeiro e fevereiro em todo o período (FIGURA 19).

A temperatura do ar também apresentou os meses de fevereiro acima da média para a estação. Vale destacar que as anomalias foram significativas, ficando de 3,0 °C abaixo ou acima ao longo do período.

FIGURA 19 - PRECIPITAÇÃO ACUMULADA (MM), TSM (°C) E TEMPERATURA DO AR (°C) - ANOMALIAS MESES DE VERÃO (2000-2017)



FONTE: O autor (2021).

4.3 INFLUÊNCIA DO EL NIÑO NA BHL

Nos anos de El Niño forte (1997-98 e 2015-16) a precipitação claramente sofre um aumento em suas anomalias durante os meses em que ele está ocorrendo (FIGURA 20). No caso de 1998-99, em que ele se estendeu por 1 ano, as anomalias positivas ocorreram de setembro de 1997 a março de 1998, chegando em 249,3 mm de anomalia positiva em fevereiro de 1998. Em 2015-16 algo semelhante ocorreu: o fenômeno se estendeu por mais 1 ano, e a anomalia de precipitação atingiu os 269,3 mm em fevereiro de 2016.

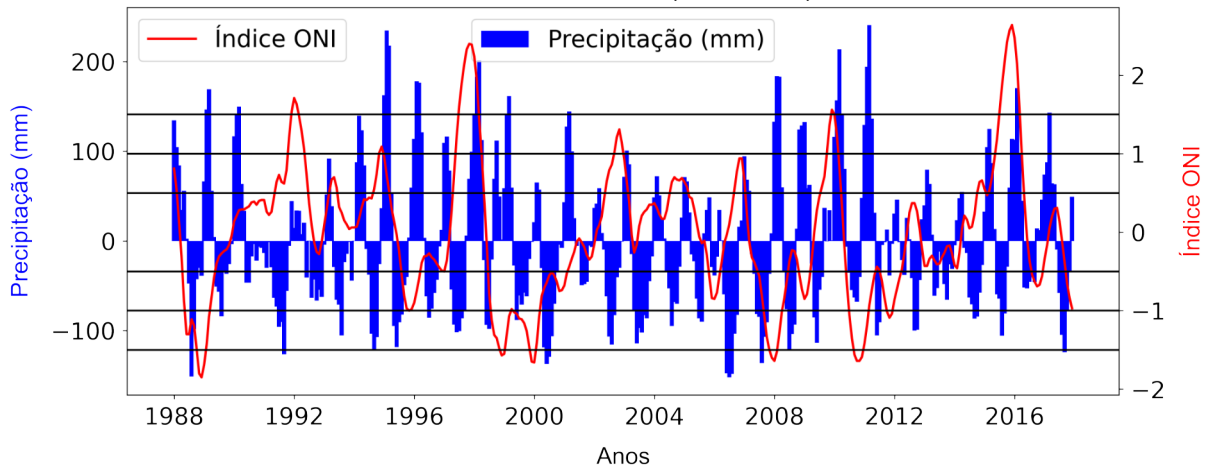
Nos anos de El Niño forte (anomalias de TSM positivas entre 1,5 a 1,9 °C), as anomalias aconteceram, porém não chegando aos 150 mm. Analisando os períodos onde ele foi de fraco a moderado, percebe-se uma diminuição das anomalias. Entretanto, a precipitação apresenta sua característica sazonal normal com anomalias significativas nos meses de verão, inclusive em ano (1994-95) de El Niño moderado (anomalias de TSM positivas entre 1,0 a 1,4 °C), foi quando o máximo de anomalia para toda a série ocorreu (376,1 mm).

Em relação a La Niña (FIGURA 19), dos anos que foram fortes destaca-se 1999-00, que teve redução das anomalias positivas durante o verão e um aumento das anomalias negativas de chuva no inverno. Entretanto, os dados mostram que os eventos de La Niña não parecem possuir efeito intenso na diminuição das chuvas na BHL, essas continuam a apresentar as anomalias intensas durante os meses de verão.

Em relação a precipitação acumulada anual média, em anos de El Niño, os acumulados ficaram acima da média histórica, que foi de 2369,0 mm (FIGURA 20), em 1997-98 foi 536,5 mm acima, 2015-16, 295,5 mm acima, que foram anos muito fortes.

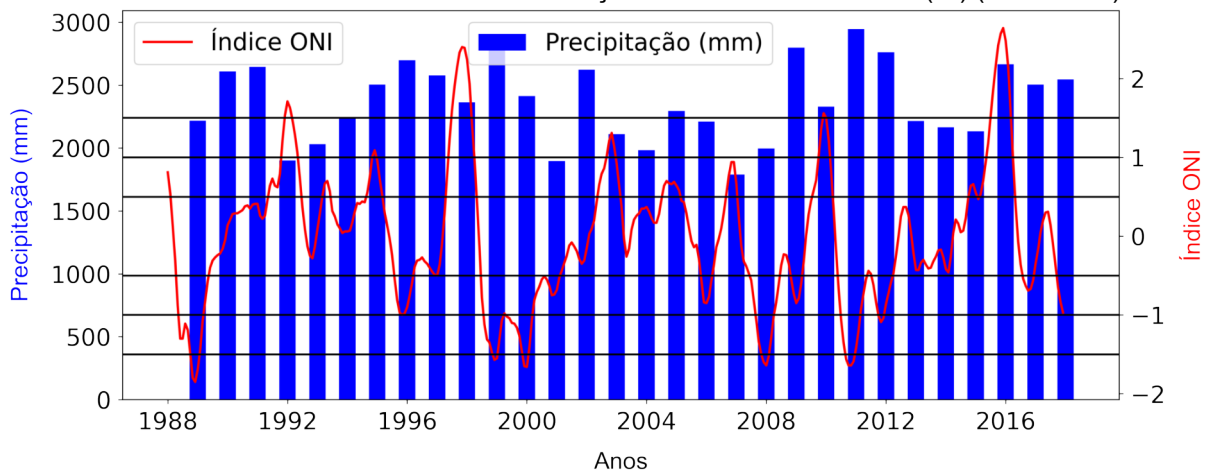
Em anos de La Niña os acumulados anuais tendem a ficar abaixo da média histórica, se destacando o ano de 2000-01, que ficou 473,3 mm abaixo.

FIGURA 20 - ÍNDICE ONI E A ANOMALIA DE PRECIPITAÇÃO ACUMULADA MENSAL (MM) (MÉDIA MÓVEL DE 3 MESES (1988-2017))



FONTE: O autor (2021).

FIGURA 21 - ÍNDICE ONI E A PRECIPITAÇÃO ACUMULADA ANUAL (MM) (1988-2017)



FONTE: O autor (2021).

4.4 TSM E PRECIPITAÇÃO NOS VERÕES DE 2008, 2009, 2011 E 2016

Os anos de maiores acumulados de chuva foram 2008, 2009, 2011 e 2016, então buscou-se analisá-los mais detalhadamente.

Primeiramente, como esse trabalho foca na média dos acumulados de todas as estações, foram filtradas as que estavam elevando a média da BHL, analisando o ano em específico que atingiram seus máximos e posteriormente focando no mês

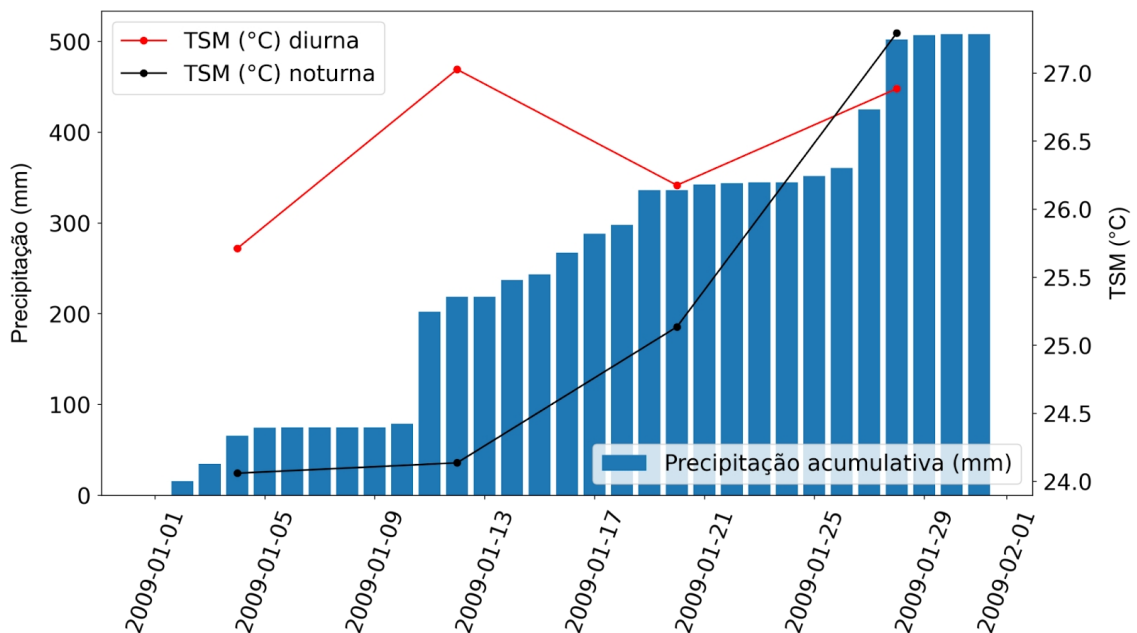
em que eles ocorreram, analisando de forma diária a evolução da precipitação de forma cumulativa.

Buscando relação com a TSM, as médias de 8 dias diurnas e noturnas do MODIS na escala de 4 km foram utilizadas, pois os dados diários do mesmo sensor continham muitas falhas devido a alta frequência de cobertura de nuvens na região, dificultando a comparação. A média a cada 8 dias pode não representar a variabilidade diária da precipitação de forma precisa, mas foi a resposta cabível para esse problema.

A estação 02648027 (GARUVA) na Baía da Babitonga teve picos significativos no verão de 2009 (FIGURA 22).

Em janeiro de 2009, percebe-se que a TSM diurna variou durante o mês de 25,70°C a 27,02 °C. Já a TSM noturna pareceu acompanhar o acumulado de precipitação: iniciou o mês com 24,05 °C e foi se elevando até 27,29 °C. A precipitação teve dois picos significativos nesse mês, que acumulou 508,1 mm.

FIGURA 22 - PRECIPITAÇÃO MÉDIA ACUMULADA DIÁRIA (MM) ACUMULATIVA - ESTAÇÃO 02648027 E A TSM (°C) MÉDIA DE 8 DIAS - JANEIRO (2009)

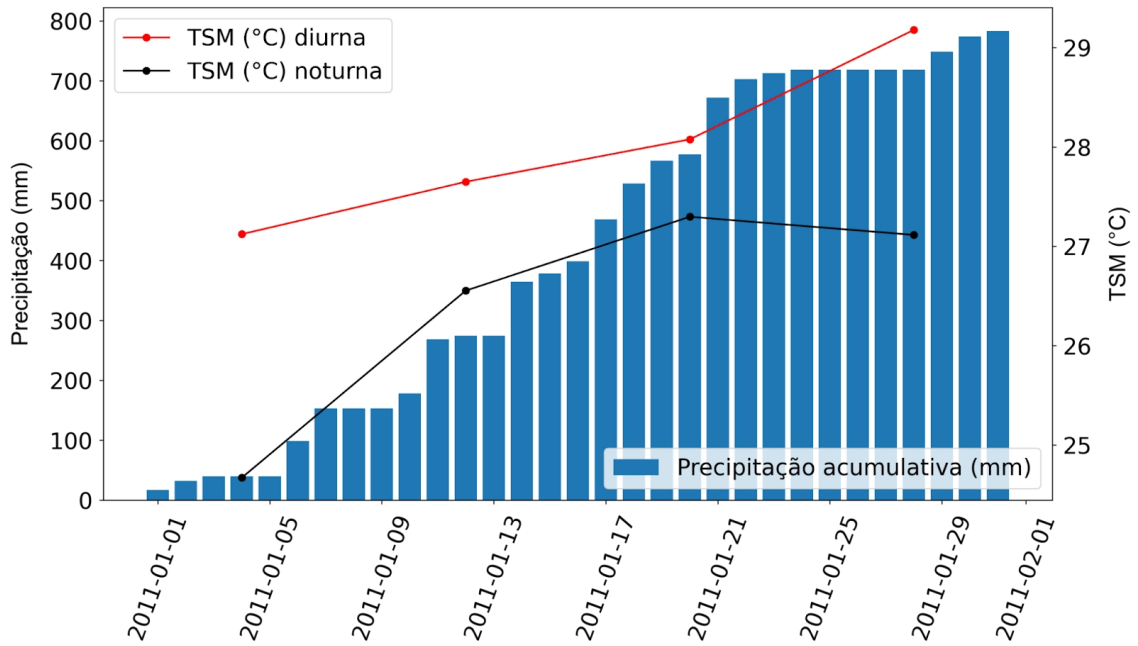


FONTE: O autor (2021).

A estação 2648014 (JOINVILLE - RVPSC) também na Baía da Babitonga apresentou pico durante o verão (janeiro) de 2011 (FIGURA 23).

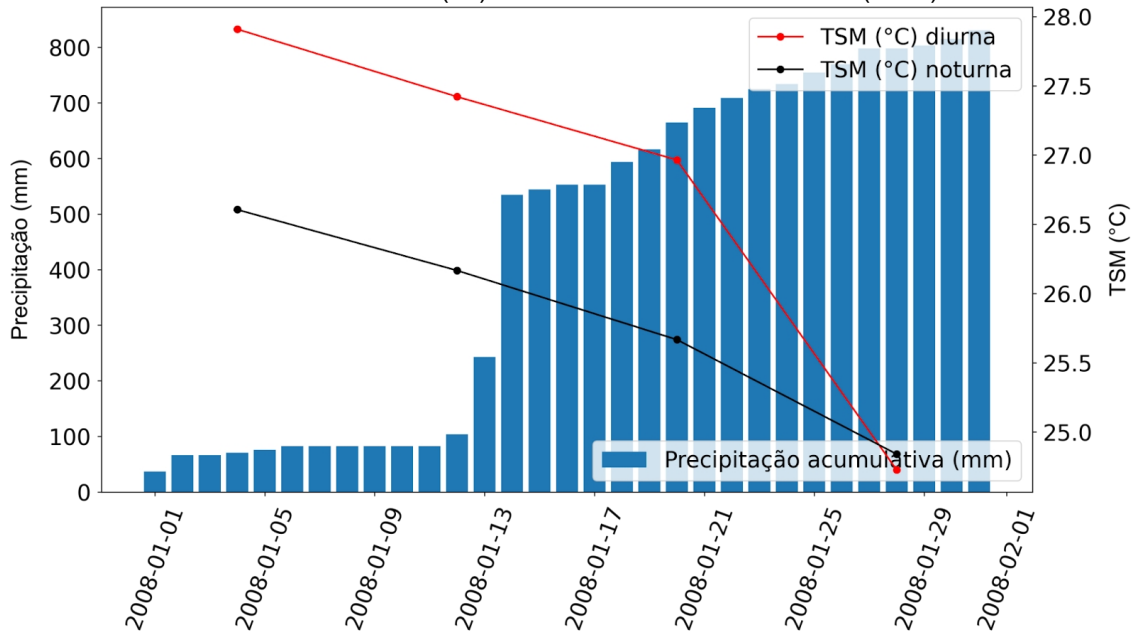
A TSM diurna e noturna neste mês tiveram um aumento gradativo ao longo dos dias, acompanhando o acumulado de precipitação.

FIGURA 23 - PRECIPITAÇÃO MÉDIA ACUMULADA DIÁRIA (mm) ACUMULATIVA - ESTAÇÃO 02648014 E A TSM (°C) MÉDIA DE 8 DIAS - JANEIRO (2011)



FONTE: O autor (2021).

FIGURA 24 - PRECIPITAÇÃO MÉDIA ACUMULADA DIÁRIA (mm) ACUMULATIVA - ESTAÇÃO 02548042 E A TSM (°C) MÉDIA DE 8 DIAS - JANEIRO (2008)

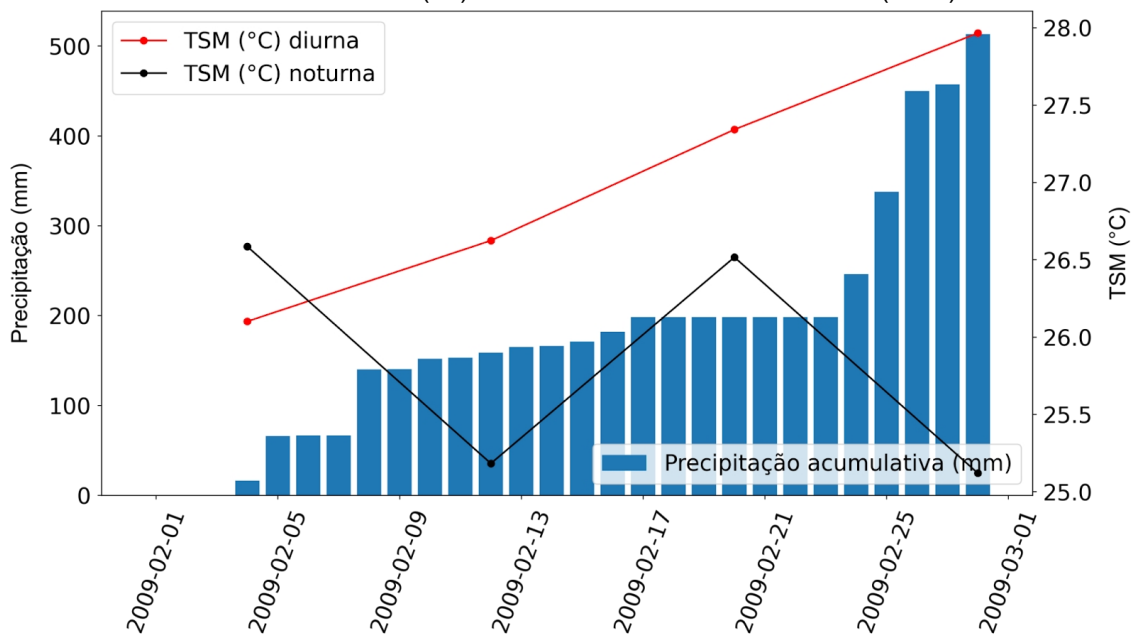


FONTE: O autor (2021).

Em relação à estação 2548042 (RIO GUARAQUEÇABA) no CEP com pico no verão (janeiro) de 2008 (FIGURA 24), destaca-se um acumulado de precipitação significativo no dia 14 com 291,5 mm. A TSM diurna e noturna apresentaram um padrão decrescente com valores elevados. A diurna alcançou 27,90 °C e a noturna 26,6 °C.

A estação 2548039 (GUARAQUEÇABA) também no CEP, apresentou picos no verão (fevereiro) de 2009 (FIGURA 25). Aqui se destaca um pico de chuva significativo no fim do mês, que acompanha uma elevação na TSM diurna, enquanto a noturna apresenta variação de aumento e diminuição a cada 8 dias.

FIGURA 25 - PRECIPITAÇÃO MÉDIA ACUMULADA DIÁRIA (MM) ACUMULATIVA - ESTAÇÃO 02548039 E A TSM (°C) MÉDIA DE 8 DIAS - FEVEREIRO (2009)



FONTE: O autor (2021).

4.5 TENDÊNCIAS MENSAIS, ANUAIS E SAZONAIS DE PRECIPITAÇÃO, TSM E TEMPERATURA DO AR

Para identificar possíveis tendências nas séries temporais de precipitação, TSM e de temperatura do ar, foram usados os testes de Mann-Kendall e regressão linear. Vale ressaltar que para essas análises, foram usadas as séries de precipitação e temperatura do ar de 1988 a 2017 e as de TSM de 2000 a 2017.

A série anual de TSM, precipitação e temperatura do ar não revelaram tendência significativa no teste de Mann Kendall.

Comparando com a tendência gerada pela regressão linear, apenas a precipitação acumulada anual apresenta tendência, de 2,7 mm/ano.

As médias sazonais de precipitação acumulada não apresentaram tendência para o teste de Mann-Kendall. A regressão linear mostra tendência para o outono (4,0 mm) e o inverno (1,0 mm) apresenta uma ligeira tendência de aumento, mas pouco significativa.

Sazonalmente a temperatura do ar e a TSM não apresentaram tendências para Mann Kendall, assim como para a regressão linear.

Para as médias mensais, tanto a precipitação, quanto a temperatura do ar e TSM não apresentaram tendências.

Nenhum mês apresentou tendência para a precipitação acumulada individual de cada mês no teste de Mann-Kendall. As curvas de tendência linear apresentaram tendência significativa para os meses de janeiro (-1,8 mm), junho (1,6 mm), setembro (-2,3 mm), novembro (2,6 mm) e dezembro (1,4 mm).

Apenas o mês de agosto apresentou tendência para a temperatura do ar no teste de Mann-Kendall, aumento de 2,0. A regressão linear não apresentou tendências.

A TSM apresentou tendência de aumento para setembro (2,2), já a regressão linear não apresentou para nenhum mês.

5 DISCUSSÃO

Foi apresentada a variabilidade pluviométrica e da temperatura do ar para a BHL e da TSM no embaiamento sul-brasileiro, no período de 2000 a 2017. O comportamento de cada parâmetro climático foi descrito anualmente, sazonalmente e mensalmente, destacando seus padrões, correlações, extremos e tendências.

A precipitação e a temperatura do ar foram espacializadas, identificando áreas de maior e menor influência das variáveis. Eventos de El Niño e La Niña foram relacionados com aumento e diminuição dos acumulados pluviométricos. E ainda, foi apresentada a relação da TSM com extremos de precipitação, explorando a possível contribuição da TSM local com as chuvas na BHL, tema ainda pouco explorado e citado pela literatura.

As médias de precipitação e temperatura do ar podem ser comparadas com estudos que descreveram a área da BHL para o litoral do Paraná e Santa Catarina, em períodos próximos de 1988-2017. As médias anuais e sazonais de precipitação foram próximas das encontradas por Vanhoni (2009), Silva (2015) e Mello (2019). Terassi (2017), que estudou o período de 1975 a 2015, especificamente para o litoral paranaense, também relatou valores semelhantes, com exceção da região central, com médias anuais de 1600,0 mm a 1700,0 mm, onde o presente trabalho reportou de 2000,0 mm a 2200,0 mm. As médias anuais e sazonais de temperatura do ar também se assemelham às descritas para a mesma área (VANHONI, 2009; MELLO, 2019).

Os acumulados de chuva na BHL são expressivos (FIGURA 10) e variam de forma considerável sazonalmente (FIGURA 14). Podem-se associar alguns fatores a isso: atuação do Anticiclone do Atlântico Sul (ASAS) durante o ano (VANHONI 2008), que gera a massa Tropical atlântica (mTa), fonte de precipitação durante o verão para a BHL, pois leva vapor d'água para o continente, que fica aprisionado na serra (VANHONI, 2008, SILVA, 2015). Essa massa de ar, no continente, aumenta a nebulosidade devido a altas temperaturas e a convecção (BORSATO & MENDONÇA, 2012). Nessa estação (verão) a maritimidade e brisa marinha também atuam na intensificação das chuvas, que, além disso, podem ser geradas localmente por convecção. O ASAS no inverno se aproxima da costa, aumentando a pressão atmosférica e diminuindo as temperaturas do ar (MELLO, 2019). Aliado a isso, neste

período, destacam-se a Massa Polar atlântica (MPa) e sua associada Frente Polar atlântica (FPa) (VANHONI, 2008), que diminuem as temperaturas e provocam precipitação por sistemas frontais. Ou seja, nesse período, não ocorre influência significativa da maritimidade. Outono e primavera apresentam o comportamento transicional desses sistemas.

De forma geral, esses aspectos influenciam as chuvas na BHL, mas como a TSM do embaçamento pode ter relação com elas?

A alta correlação sazonal de 0,72 entre a TSM e a precipitação, mostra que ela possivelmente tem impacto nas chuvas. Entretanto, a variação de temperatura e, conseqüentemente, da chuva, devida a própria sazonalidade, corroborada pela correlação de 0,59 entre temperatura do ar e a precipitação pode ter influenciado esse valor. Com base nesse resultado a escala foi reduzida, tratando apenas da estação do ano que sofre maior influência.

Sabe-se que durante os meses de inverno, outono e primavera (em menor grau) a chuva é gerada principalmente pela passagem dos sistemas frontais, portanto, a TSM terá uma mínima colaboração nos acumulados. Andrade (2005), estudou a passagem de frentes na América do Sul no período de 1980-2002, contabilizando o mínimo de frentes ocorrendo no verão para a região da BHL, então, é durante ele que a influência da TSM pode estar acontecendo

No verão, a TSM regularmente permanece acima dos 28,0 °C (FIGURAS 17 e 18). Godfrey e Lindstrom (1989) ao analisarem os fluxos de calor da camada de mistura no Pacífico Equatorial, concluíram que acima de 28,0 °C a TSM é capaz de gerar uma reserva de calor na camada de mistura, impondo fluxos para a atmosfera. Shenoi, et al., (2002) se basearam nesse limiar para sugerir que esses valores, associados a ventos fracos na Baía de Bengala, geram um grande fluxo convectivo, alimentando o sistema de monções da região. Pode-se associar, então, que a TSM acima desse limite no embaçamento sul-brasileiro pode intensificar as chuvas na BHL durante o verão, caso ocorram ventos que direcionem o vapor d'água proveniente desse sistema convectivo para ela. Mello et al., (2019) confirmam esse fato. Segundo eles, os ventos predominantes na região são de leste e nordeste, que carregam umidade do oceano para o continente.

Associado a esse possível sistema convectivo, existe a barreira de umidade da serra do mar. Dourado e Oliveira (2001) que estudaram a interface oceano-atmosfera na região de Cabo Frio/RJ, durante a passagem de uma frente fria,

observaram que a camada de mistura atmosférica pode atingir cerca de 1000 m de altitude. Isso indica que, ocorrendo a convecção em grande escala quando a TSM está acima de 28,0 °C, com a presença de ventos que direcionem a umidade para o continente e assumindo que o vapor d'água fica "aprisionado" até a altitude indicada por eles, a serra do mar pode então, reter a umidade na BHL, intensificando as chuvas.

Com base no que foi destacado, observa-se que, na maioria dos anos, os meses de verão se aproximam ou ficam acima dos 28,0 °C, ativando a "bomba" de vapor d'água, mas, nesses casos, a pluviosidade nem sempre é intensa (FIGURA 18), indicando que as anomalias de TSM no embaçamento não possuem uma significância na ocorrência de eventos de significativa precipitação. Entretanto, as chuvas continuam sendo expressivas para uma TSM frequentemente acima dos 28,0 °C.

Diariamente, a TSM diurna esteve próxima ou acima dos 28°C em alguns casos (FIGURAS 22, 23, 24, e 25), esse comportamento pode ter resultado na intensificação dos acumulados observados para essas estações pluviométricas. Vale ressaltar que a TSM diurna varia sobre a influência do aquecimento solar, para reduzir esse comportamento, a TSM noturna foi usada. Percebeu-se, nesse caso, que a elevação da temperatura de ambas resultou em uma intensificação dos acumulados, mesmo quando a barreira dos 28,0 °C não foi ultrapassada. Apenas no caso da FIGURA 23 a TSM teve queda e a precipitação foi elevada.

Nesses casos, pode-se estar testemunhando um atraso na ocorrência de picos na TSM e a intensificação na precipitação. Portanto, a chuva "demora" alguns dias para ocorrer. Wu et al., (2008), apontam para anomalias positivas de TSM ocorrendo 10 dias antes de um evento convectivo significativo, destacando também que a relação entre a convecção e a TSM é mais proeminente nos meses de verão. Isso pode sugerir que exista uma defasagem entre os fenômenos na BHL e no embaçamento, porém uma escala temporal mais refinada se faz necessária para uma análise mais robusta.

Esse estudo comparou séries temporais de 17 anos, sendo que a análise climatológica (30 anos ou mais) não foi possível devido a limitação temporal dos dados de TSM. A utilização de séries mais longas e de melhor resolução pode ajudar na compreensão de como a TSM local afeta a região litorânea, não apenas do

recorte aqui utilizado. Também não foram utilizados dados de direção e intensidade dos ventos, que poderiam ter refinado a análise.

Por ser um trabalho de caráter mais geral e de compreensão dos fenômenos, foram utilizadas as médias para a área da BHL e do embaçamento. Estudar a variabilidade espacial ao longo do período e suas relações entre si, se faz necessária para determinar os graus de influência de cada variável, uma vez que, dessa maneira, outros padrões possam ser identificados.

Ondas de calor e eventos extremos de chuva tendem a aumentar no Brasil e na região sul (MARENGO, 2014). A BHL, assim como toda a região litorânea brasileira, são sensíveis às mudanças climáticas. Entender como a TSM local influencia um ambiente cada vez mais dinâmico e vulnerável, se faz extremamente necessário.

6 CONCLUSÃO

Bacias hidrográficas são ambientes complexos e sensíveis ambientalmente. Seus aspectos climáticos são fundamentais para entender a dinâmica hídrica e sustentar uma gestão eficiente. Quando se fala desse recorte geográfico em ambientes costeiros com Serra do Mar, a complexidade aumenta, pois os fatores atuantes nele são maiores.

O presente estudo demonstrou como as BHLs apresentam elevada complexidade e variabilidade temporal e espacial no que diz respeito a precipitação e temperatura. O litoral do Paraná e da Baixada Norte de Santa Catarina não manifestam variação térmica significativa, com exceção de algumas cidades e regiões elevadas topograficamente. As chuvas da região, por sua vez, sofrem grande variabilidade e são expressivas. O verão se destaca como o mais chuvoso e, mesmo o inverno, considerado em muitos locais como a estação seca, na BHL também apresenta os menores valores no ano, mas não pode ser considerada seca, principalmente pela elevada passagem de sistemas frontais na região nessa época do ano.

O objetivo principal do trabalho foi verificar a relação entre a precipitação e a TSM em um recorte do embaçamento sul-brasileiro, buscando entender se localmente a TSM poderia provocar eventos de significativa precipitação. Percebeu-se, então, que sazonalmente as variáveis se correlacionam bem (0,72), porém, diversos outros fatores poderiam explicar esse valor alto. Portanto, focou-se na estação do ano menos suscetível a outros fenômenos: o verão.

No verão a correlação entre TSM e precipitação foi baixa, de 0,28, indicando uma pequena relação entre uma elevada TSM e eventos de significativa precipitação. Alguns anos apresentaram eventos significativos de chuva, então a TSM foi comparada diariamente com a soma acumulativa diária da precipitação para os meses onde os eventos ocorreram.

Constatou-se que diariamente a precipitação assumiu um comportamento que acompanhou valores expressivos na TSM, indicando que ela possui uma colaboração. Baseado em alguns autores, constatou-se que essa afirmação pode ser correta (GODFREY E LINDSTROM, 1989; DOURADO E OLIVEIRA, 2001; SHENOI, et al., 2002).

Então, foi apresentada uma análise geral da variabilidade pluviométrica e térmica da BHL, assim como um primeiro contato com as possíveis relações da TSM local com as chuvas da região. Os resultados obtidos aqui são indícios de que a TSM local pode ter influência mais direta na precipitação de BHLs, resguardando as particularidades da área de estudo deste trabalho.

Para compreender melhor a relação entre essas duas variáveis, é necessária uma análise mais profunda de ambas, utilizando produtos de melhor resolução espacial e temporal, explorando as demais variáveis climáticas (vento, umidade do ar e radiação solar) e oceanográficas (correntes e fluxos oceano-atmosfera). Também deve-se ajustar os recortes espaciais, refinando melhor a abordagem utilizada no presente estudo.

Por fim, enfatiza-se a importância de estudos que buscam entender as relações entre TSM e a precipitação na esfera local. Muito se é citado sobre o efeito da maritimidade no clima costeiro, porém escassos são os estudos que quantificam sua relação.

REFERÊNCIAS

AHRENS, C. Donald. Essentials of meteorology: an invitation to the atmosphere. **Cengage Learning**, 2014.

ALMEIDA, F. F. M.; CARNEIRO, C. D. R.. Origem e evolução da Serra do Mar. **Brazilian Journal of Geology**, v. 28, n. 2, p. 135-150, 1998.

AMORIM, A. C. B. et al. Eventos Extremos de Precipitação no Litoral do Paraná (Baía de Paranaguá). **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 35, p. 563-575, 2020.

ANDRADE, K. M. Climatologia e comportamento dos sistemas frontais sobre a América do Sul. 2005.

ANDREOLI, R. V.; KAYANO, M. T. ENSO-related rainfall anomalies in South America and associated circulation features during warm and cold Pacific decadal oscillation regimes. **International Journal of Climatology**, v. 25, n. 15, p. 2017–2030, 2005.

AYOADE, J. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

BACK, Á. J.; OLIVEIRA, J. L. R.; HENN, A. Relações entre precipitações intensas de diferentes durações para desagregação da chuva diária em Santa Catarina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 4, p. 391–398, 2012.

BARNES, Stanley L. Mesoscale objective map analysis using weighted time-series observations. 1973.

BARRY, R. G.; CHORLEY, R. J. Atmosphere, **Weather and Climate**. 8. ed. London: Taylor & Francis Group, 2003.

BORSATO, V.; DE ASSIS MENDONÇA, F. A Participação da Massa Tropical Atlântica no Estado do Tempo no Centro Sul do Brasil. **Revista Geonorte**, v. 3, n. 8, p. 293–304-293–304, 2012.

CAPRISTANO, V. Precipitação na América do Sul associada às variabilidades de baixa frequência na TSM dos Oceanos Atlântico e Pacífico. [s.l.] Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2012.

CARDOZO, A. B.; REBOITA, M. S.; GARCIA, S. R. Climatologia de frentes frias na América do Sul e sua relação com o Modo Anular Sul. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 11, p. 2237–8642, 2015.

CARVALHO, R. As bacias hidrográficas enquanto unidades de planejamento e zoneamento ambiental no Brasil. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. 0, n. 36, p. 26–43, 2014.

CASTRO, B. M. Summer/winter stratification variability in the central part of the South Brazil Bight. **Continental Shelf Research**, v. 89, p. 15–23, 2014.

CHEN, F. W.; LIU, C. W. Estimation of the spatial rainfall distribution using inverse distance weighting (IDW) in the middle of Taiwan. **Paddy and Water Environment**, v. 10, n. 3, p. 209–222, 2012.

CRESSMAN, G. P. An operational objective analysis system. *Rev*, v. 87, n. 10, p. 367-374, 1959.

DE OLIVEIRA, C. R. et al. Speciation of butyltin derivatives in surface sediments of three southern Brazilian harbors. **Journal of Hazardous Materials**, v. 181, n. 1–3, p. 851–856, 2010.

DENARDIN, F.; SULZBACH, T. Distribuição de benefícios ecossistêmicos: o caso do ICMS ecológico no litoral paranaense. *Redes*. **Revista do Desenvolvimento Regional**, v. 13, n. 2, p. 184–198, 2008.

DILLEY, M. et al. Natural disaster hotspots: A global risk analysis. 5. ed. Washington D.C.: The World Bank, 2005.

DONAT, M. G. et al. More extreme precipitation in the world's dry and wet regions. *Nature Climate Change*, v. 6, n. 5, p. 508–513, 2016.

DOYLE, M. E.; BARROS, V. R. Precipitation trends in Southeastern South America: Relationship with ENSO phases. *International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography*, n. 4, p. 1513–1517, 2006.

DOURADO, Marcelo; OLIVEIRA, Amauri Pereira de. Observational description of the atmospheric and oceanic boundary layers over the Atlantic Ocean. **Revista Brasileira de Oceanografia**, v. 49, p. 49-59, 2001.

EMBRAPA. Porto de São Francisco do Sul. Disponível em: <https://www.embrapa.br/macrologistica/exportacao/porto_sao-francisco-do-sul>.

Acesso em: 07 de Jul de 2020

FALKENBERG, A. V. Estudo da dispersão, mistura e qualidade da água do Complexo Estuarino de Paranaguá com uso de modelagem numérica. [s.l.] UFPR, 2009.

FERREIRA, L. et al. A influência da temperatura na mortalidade por infarto agudo do miocárdio na microrregião de Juiz de Fora, Minas Gerais. In: PINHEIRO, L.; GORAYEB, A. (Eds.). *Geografia Física e as Mudanças Globais*. 1. ed, p. 1–10. Fortaleza: UFC, 2019.

FIRPO, M. Influências remotas das TSM dos Oceanos Pacífico e Atlântico e da oscilação Antártica na variabilidade climática interanual no Rio Grande do Sul e suas inter-relações. [s.l.] INPE, 2012.

GODFREY, J. S.; LINDSTROM, E. J. The heat budget of the equatorial western Pacific surface mixed layer. **Journal of Geophysical Research: Oceans**, v. 94, n. C6, p. 8007-8017, 1989.

GOLDEN GATE WEATHER SERVICE, El Niño and La Niña Years and Intensities. Disponível em: < <https://ggweather.com/enso/oni.htm>>. Acesso em: 17 de Ago de 2021.

HIGGINS, R. W. et al. Extreme precipitation events in the Western United States related to tropical forcing. **Journal of Climate**, v. 13, n. 4, p. 793–820, 2000.

HUSSAIN, F; NABI, G; BOOTA, M. W. Rainfall trend analysis by using the Mann-Kendall test & Sen's slope estimates: a case study of district Chakwal rain gauge, Barani area, northern Punjab Province, Pakistan. **Science International**, v. 27, n. 4, 2015.

IBGE, Censo Demográfico 2010, 2010

IPPUJ. Joinville Cidade em Dados, p. 194, 2016.

Katsaros, K. Evaporation and humidity. **Encyclopedia of ocean sciences**, v. 6, p. 145-151, 2001

KENDALL, M. G. Rank correlation methods. 2nd impression. Charles Griffin and Company Ltd. London and High Wycombe, 1975.

LANA, P. C. et al. The Subtropical Estuarine Complex of Paranaguá Bay, Brazil. Coastal Marine Ecosystem of Latin America, v. 144, n. **Ecological Studies**, p. 131–145, 2001.

LU, G. Y.; WONG, D. W. An adaptive inverse-distance weighting spatial interpolation technique. **Computers and Geosciences**, v. 34, n. 9, p. 1044–1055, 2008.

MAIA, B. G. DE O. et al. Bacias hidrográficas da região de Joinville. p. 55, 2013.

MANN, Henry B. Nonparametric tests against trend. *Econometrica*: **Journal of the econometric society**, p. 245-259, 1945.

MANTOVANELLI, A. Caracterização da dinâmica hídrica e do material particulado em suspensão na Baía de Paranaguá e em sua bacia de drenagem. p. 152, 1999.

MARCUZZO, F.; ANDRADE, L.; MELO, D. Métodos de interpolação matemática no mapeamento de chuvas do estado do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 04, p. 1275–1291, 2011.

MARENGO, J. A. O futuro clima do Brasil. **Revista USP**, n. 103, p. 25, 2014.

MELLO, Y.; LOPES, F.; ROSEGHINI, W. Características climáticas e análise rítmica aplicada a episódios extremos de precipitação e temperatura no município de Paranaguá, PR. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 20, p. 313–336, 2017.

MELLO, Y.; OLIVEIRA, F. Características climáticas da região da Serra do Mar do Estado de Santa Catarina, Brasil. *RA'EGA - O espaço geográfico em análise*, v. 46, p. 43–56, 2019.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. Climatologia: noções básicas e climas do Brasil. 1. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2007.

MIZERKOWSKI, B. D. Modelo comparativo do estado trófico estuarino: Babitonga, Guaratuba, Laranjeiras e Cananéia. [s.l.] UFPR, 2007.

MONTEIRO, M. A. Dinâmica atmosférica e a caracterização dos tipos de tempo na Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá. [s.l.] UFSC, 2007.

NETO, Pedro Luiz de Oliveira Costa. Estatística. Editora Blucher, 2002.

NOERNBERG, M. A. Processos morfodinâmicos no Complexo Estuarino de Paranaguá - Paraná - Brasil: Um estudo a partir de dados in situs e Landsat-TM. p. 180, 2001.

NOERNBERG, M. et al. Remote sensing and GIS integration for modelling the Paranaguá estuarine complex-Brazil. *Journal of Coastal Research*, n. May 2014, p. 1627–1631, 2006.

NUNES, L.; MODESTO, R. Pluviometria e problemas ambientais no município do Guarujá. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 10, p. 59–71, 1996.

OCEAN COLOR WEB, Disponível em: <<https://oceancolor.gsfc.nasa.gov>>. Acesso em: 17 de Ago de 2021.

PARANÁ, G. DO E. DO. Plano de manejo da Área de Proteção Ambiental de Guaratuba. [s.l.] Instituto Ambiental do Paraná, 2006.

PEREIRA, L. D. O.; GALVANI, E. Eventos pluviais extremos: análise comparativa entre observações de RADAR e pluviômetros de superfície. 2008.

PAULA, E. V.; PIGOSSO, A. M. B. ; WROBLEWSKI, C. A.. Unidades de Conservação no Litoral do Paraná: Evolução Territorial e Grau de Implementação. In: Mayra Taiza Sulzbach , Daniela Resende Archanjo, Juliana Quadros. (Org.). *Litoral do Paraná: território e perspectivas*. 1ed. Rio de Janeiro: Autografia, 2018, v. 3, p. 41-92.

REBOITA, M. et al. Entendendo o Tempo e o Clima na América do Sul O Sol como Fonte de Energia. *Terra e Didática*, v. 8, n.1, p. 34–50, 2012.

REBOUÇAS, G. N. M.; FILARDI, A. C. L.; VIEIRA, P. F. Gestão integrada e participativa da pesca artesanal: Potencialidades e obstáculos no litoral do estado de Santa Catarina. *Ambiente e Sociedade*, v. 9, n. 2, p. 83–104, 2006.

ROBINSON, I, S. *Discovering the Ocean from Space: The unique applications of satellite oceanography*. Springer Science & Business Media, 2010.

ROSA, R. A. Fluxos de nutrientes e material particulado na bacia de drenagem do complexo estuarino de Paranaguá- PR. p. 103, 2010.

RUDNICK, D. L. Upper ocean space and time variability. *Elements of Physical Oceanography: A derivative of the Encyclopedia of Ocean Sciences*, p. 246, 2009.

SANDERS, C. J. et al. Mercury flux to estuarine sediments, derived from Pb-210 and Cs-137 geochronologies (Guaratuba Bay, Brazil). **Marine Pollution Bulletin**, v. 52, n. 9, p. 1085–1089, 2006.

SCIKIT-LEARN. Iterative Imputer. Disponível em: <
<https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.impute.IterativeImputer.html>
>. Acesso em: 10 de Jul de 2021

SETZER, J. Chuvas de intensidade máxima no Estado de São Paulo. *Revista DAE*, p. 52–59, 1973.

SHENOI, S. S. C.; SHANKAR, D.; SHETYE, S. R. Differences in heat budgets of the near-surface Arabian Sea and Bay of Bengal: Implications for the summer monsoon. **Journal of Geophysical Research: Oceans**, v. 107, n. C6, p. 5-1-5-14, 2002.

SHEPARD, Donald. A two-dimensional interpolation function for irregularly-spaced data. In: *Proceedings of the 1968 23rd ACM national conference*. p. 517-524. 1968.

SILVA, W. et al. Tendências observadas em indicadores de extremos climáticos de temperatura e precipitação no estado do Paraná. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 30, n. 2, p. 181–194, 2015.

SPRINTALL, J; CRONIN, M, F. Upper ocean vertical structure. *Encyclopedia of ocean sciences*, v. 6, p. 3120-3129, 2009.

STECH, L.; LORENZZETTI, A. The response of the south Brazil bight to the passage of wintertime cold fronts. **Journal of Geophysical Research**, v. 97, p. 9507–9520, 1992.

STEWART, R. H. *Introduction to physical oceanography*, 2008.

TAYLOR, P.K. Heat and momentum fluxes at the sea surface. In: STEELE, J H.; THORPE, S A.; TUREKIAN, K K. (eds.) Encyclopedia of Ocean Sciences. San Diego, USA, Academic Press, 1187-1195, 2001.

TERASSI, M. DE B.; GALVANI, E. O efeito orográfico da serra do mar e o potencial erosivo das chuvas nas bacias hidrográficas do Ribeira e Litorânea/Paraná. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 21, p. 327–345, 2017.

TORRES, F. T. P; DE OLIVEIRA MACHADO, P. J. Introdução à climatologia. Cengage Learning, 2011.

TRENBERTH, K; National Center for Atmospheric Research Staff, The Climate Data Guide: Nino SST Indices (Nino 1+2, 3, 3.4, 4; ONI and TNI). Disponível em: <<https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/nino-sst-indices-nino-12-3-34-4-oni-and-tni>>. Acesso em: 14 de Ago de 2021.

VAN BUUREN, S.; GROOTHUIS-OUDSHOORN, K. mice: Multivariate imputation by chained equations in R. **Journal of Statistical Software**, v. 45, n. 3, p. 1–67, 2011.

VANHONI, F; MENDONÇA, F. O clima do litoral do estado do Paraná. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 3, 2008.

VANHONI, F. V. Fachada Atlântica Sul do Brasil: Dinâmica e tendências. [s.l.] Universidade Federal do Paraná, 2009.

VANHONI, F. V.; MENDONÇA, F. D. A. O clima da Fachada Atlântica Sul do Brasil: Atualização introdutória. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 5, 2017.

VAREJÃO-SILVA, M. A. Meteorologia e climatologia: versão digital 2. Recife: Esalq, p. 449, 2006.

VICENTE, A. K. Eventos extremos de precipitação na Região Metropolitana de Campinas. Dissertação de Mestrado [s.l.] UNICAMP, 2005.

VIEIRA, C. et al. Caracterização morfosedimentar e setorização do complexo estuarino da Baía da Babitonga/SC. **Boletim Paranaense de Geociencias**, n. 62–63, p. 85–105, 2008.

WECKMÜLLER, R.; VICENS, R. S. Ondas de calor nas capitais do Sul do Brasil e Montevideu - Uruguai. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, p. 1275–1291, 2019.

WU, R; KIRTMAN, B. P.; PEGION, K. Local rainfall-SST relationship on subseasonal time scales in satellite observations and CFS. **Geophysical research letters**, v. 35, n. 22, 2008.

ZAMBONI, A; NICOLODI, J. L. Macrodiagnóstico da zona costeira e marinha do Brasil. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental. Brasília. DF, Brasil, 2008.

APÊNDICE I

TABELA 1 - ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS

Código	Nome da estação	Longitude	Latitude	Altitude
2548000	MORRETES	-48,83	-25,47	8
2548003	COLONIA DO CACHOEIRA	-48,75	-25,23	80
2548039	GUARAQUEÇABA	-48,33	-25,3	40
2548041	MANANCAIS DA SERRA	-48,99	-25,49	1048
2548042	RIO GUARAQUEÇABA	-48,22	-25,08	9
2548043	BANANAL	-48,42	-25,23	64
2548047	SAO JOÃO DA GRACIOSA	-48,87	-25,38	159
2548068	ANTONINA	-48,77	-25,43	74
2648027	GARUVA	-48,85	-26,04	80
2648033	PIRABEIRABA	-48,94	-26,18	40
2649057	CAMPO ALEGRE	-49,27	-26,19	870
2649060	PRIMEIRO SALTO DO CUBATÃO	-49,08	-26,22	790
2649064	RIO NOVO	-49,33	-26,41	800
2548049	COLONIA SANTA_CRUZ	-48,87	-25,62	32
2548052	ILHA DO RIO CLARO	-48,92	-25,81	237

TABELA 2 - ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS

Código	Nome da estação	Longitude	Latitude	Altitude
83844	PARANAGUÁ/PR	-48,51	-25,53	4,5
2548038	MORRETES	-48,82	-25,5	59
2548039	GUARAQUEÇABA	-48,33	-25,3	40
851	ITAPOÁ	-48,63	-26,07	2
847	ILHA DO MEL	-48,32	-25,5	1