

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
LABORATÓRIO DE CLIMATOLOGIA E BIOGEOGRAFIA - LCB

Rafael Augustto Epifanio Lima

**Análise de eventos climáticos extremos em ambientes de manguezal: estudo
de caso da Barra do Ribeira, Iguape/SP, entre os anos de 2008 a 2018**

São Paulo
2024

Rafael Augustto Epifanio Lima

Análise de eventos climáticos extremos em ambientes de manguezal: estudo de caso da Barra do Ribeira, Iguape/SP, entre os anos de 2008 a 2018

Trabalho apresentado ao Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, como parte da obtenção do título de bacharel em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Emerson Galvani

São Paulo
2024

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo na Publicação Serviço de
Biblioteca e Documentação
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo

La Lima, Rafael
 Análise de eventos climáticos extremos em
 ambientes de manguezal: estudo de caso da Barra do
 Ribeira, Iguape/SP, entre os anos de 2008 a 2018 /
 Rafael Lima; orientador Emerson Galvani - São Paulo,
 2024.
 145 f.

 - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências
 Humanas da Universidade de São Paulo.

 1. manguezal. 2. microclima. 3. dinâmica
 atmosférica. 4. eventos climáticos extremos. 5.
 dossel. I. Galvani, Emerson, orient. II. Título.

Rafael Augustto Epifanio Lima

Análise de eventos climáticos extremos em ambientes de manguezal: estudo de caso da Barra do Ribeira, Iguape/SP, entre os anos de 2008 a 2018

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. Emerson Galvani

Departamento de Geografia FFLCH - USP

Julgamento_____Assinatura_____

Prof(a). Dra. Nádia Gilma Beserra de Lima

Departamento de Geografia FFLCH - USP

Julgamento _____ Assinatura _____

Técnico-Geógrafo Rogério Rozolen Alves

Departamento de Geografia FFLCH - USP

Julgamento _____ Assinatura _____

**A minha mãe,
Que sempre acreditou e ainda acredita em mim.
A meu pai, cujo a morte me ensinou a viver.**

Agradecimentos

Um ciclo se encerra, para que outro possa se iniciar. Quando entrei na universidade me foi dito que seria um caminho solitário, e digo que a vida tem me mostrado o contrário. Digo a Raul, Mateus, Bigorna, Loris, Caio, Paulo, Yuri e João que o caminho trilhado até aqui sempre foi ao lado de vocês, compartilharam uma jornada que tem se mostrado maior que eu. Também digo ao Rogério que laços não precisam de muito tempo para serem inquebráveis quando se há sentimento, e lhe agradeço pela parceria pessoal e acadêmica. Digo ao Bruno, Leo, Julia, Dimas, Rodrigo, Murilo e Gleiton que verdadeiros amigos se elegem através do destino em nossas vidas e lhes agradeço por estarem na minha.

Ao Prof. Dr. Emerson Galvani digo que lhe guardo em meu peito, pois além de um grande mestre, é uma das pessoas mais gentis e com o coração do tamanho do mundo, sempre atencioso e presente na minha vida acadêmica e pessoal. A Prof.^a Dra. Nádia Gilma Bese rra de Lima digo que poder ser seu aluno é um presente, e lhe agradeço pelo cuidado pessoal e apoio acadêmico.

A minha mãe e meu pai digo que consegui e cumpri minha promessa, afinal não entrei na Universidade de São Paulo só por mim, e agradeço a senhora pelo apoio incondicional. Agradeço a meu pai por me enviar as forças necessárias, mesmo em outro plano. E digo aos meus irmãos que sinto falta de vocês aqui em casa, e lhes agradeço pelo amor e cuidado.

A todos que fizeram parte dessa jornada, obrigado!

**“Saber finalizar uma fase da vida
requer tanta sabedoria quanto para
iniciar”**

Pe. Fábio de Melo

Resumo

Os manguezais se referem a um ecossistema de transição, onde o ambiente fluvial encontra o mar. Se desenvolve na faixa intertropical do globo, de modo que este ambiente demanda condições específicas e temperaturas médias elevadas e elevados totais pluviométricos para seu pleno desenvolvimento. Dada a estas características, o manguezal se mostra um ambiente único do ponto de vista biótico e abiótico, representando um ecossistema de desenvolvimento e reprodução de inúmeras espécies aquáticas e terrestres. Devido a especial adaptação ecofisiológica das espécies vegetais ao ambiente de água salobra, a vegetação do mangue apresenta um denso dossel. Tal dossel, nos últimos anos, vem apresentando alterações do ponto de vista antrópico e climático. A vegetação do manguezal atua como um controle dos atributos climáticos de temperatura do ar e precipitação incidente sobre o ambiente, criando uma condição microclimática específica entre o ambiente abaixo do dossel e acima do dossel. É a partir da diferença entre o ambiente acima e abaixo do dossel que se baseia o estudo multiescalar do clima, de modo que o ambiente microclimático dentro do bosque de manguezal, sofre influência da vegetação, bem como da dinâmica atmosférica regional que atua acima do dossel. É a partir desta relação entre as escalas microclimática e mesoclimática que se estrutura as análises de eventos climáticos extremo em ambiente de manguezal neste vigente trabalho.

Palavras chave: manguezal, microclima, mesoclima, dinâmica atmosférica, eventos climáticos extremos, dossel.

Abstract

Mangroves refer to a transitional ecosystem, where the river environment meets the sea. It develops in the intertropical belt of the globe, so this environment demands specific conditions and high average temperatures and high rainfall totals for its full development. Given these characteristics, the mangrove is a unique environment from a biotic and abiotic point of view, representing an ecosystem for the development and reproduction of countless aquatic and terrestrial species. Due to the special ecophysiological adaptation of plant species to the brackish water environment, the mangrove vegetation has a dense canopy. This canopy, in recent years, has been showing changes from an anthropogenic and climatic point of view. Mangrove vegetation acts as a control over the climatic attributes of air temperature and precipitation incident on the environment, creating a specific microclimatic condition between the environment below the canopy and above the canopy. It is from the difference between the environment above and below the canopy that the multiscale study of climate is based, so that the microclimatic environment within the mangrove forest is influenced by vegetation, as well as regional atmospheric dynamics that act above the canopy. It is based on this relationship between the microclimatic and mesoclimatic scales that the analyzes of extreme climatic events in mangrove environments in this current work are structured.

Keywords: mangrove, microclimate, mesoclimate, atmospheric dynamics, extreme weather events, canopy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de localização do manguezal do Sistema costeiro Cananéia-Iguape e da estação microclimática. Fonte: Rafael Epifanio (2024)	20
Figura 2: Classificação climática do Estado de São Paulo segundo Monteiro (1973). Fonte: Monteiro (1973).	23
Figura 3: Classificação climática da bacia hidrográfica do rio Ribeira de Iguape segundo metodologia de Novais (2019). Fonte: Galvani et al. (2022).	24
Figura 4: Distribuição global dos manguezais e localização da isoterma de 20°C. Fonte: Maia et al. (2005, p. 5. Adaptado de SPALDING; BLASCO; FIELD, 1997). Adaptado.	29
Figura 5: Desenvolvimento de diferentes gêneros de espécies segundo níveis em um plano horizontal. Fonte: (CORREIA, SOVIERZOSKI; 2005).	31
Figura 6: Modelo que representa principais estoques e fluxos em um ecossistema de manguezal onde as linhas tracejadas representam fatores de stress. Fonte: (LUGO; SNEDAKER, 1974). Adaptado. .	33
Figura 7: Localização dos pontos de amostra, segundo o trabalho de Rossi e Mattos (2002) Fonte: Rossi e Mattos (2002).	36
Figura 8: Fatores de atenuação das ondas por parte do ecossistema manguezal. Fonte: McIvor (2012).	38
Figura 9: Redução da altura das ondas de tempestade em relação ao aumento da largura do cinturão de manguezais apresentado em 4 perfis de costa distintos. Fonte: apud Zhang et al., (2012).	40
Figura 10: Diagrama da instalação da torre microclimática localizada na Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP. Fonte: Rafael Epifanio (2024) adaptado.	44
Figura 11: Gráfico de temperaturas máxima, média e mínima entre as normais climatológicas de 1931-1960 e 1961-1990. Fonte: INMET (2024).....	46
Figura 12: Temperatura máxima absoluta, média e mínima absoluta a 12 m e 2 m entre os anos de 2009, 2013, 2015 e 2017 na Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira de Iguape. Fonte: Rafael Epifanio (2024).	49
Figura 13: Chuva em mm por mês para normal climatológica de 1981-2010 em Iguape. Fonte: INMET (2024).	50
Figura 14: Precipitação total anual a 12 metros e 2 metros na EMA na Ilha dos Papagaios na Barra do Ribeira de Iguape nos anos de 2009, 2013, 2015 e 2017. Fonte: Rafael Epifanio (2024).	51
Figura 15: Precipitação total anual a 12 metros e 2 metros na EMA na Ilha dos Papagaios na Barra do Ribeira de Iguape nos anos de 2012 e 2016. Fonte: Rafael Epifanio (2024).....	52
Figura 16: Temperatura do ar máxima, média e mínima acima (12 metros) e abaixo (2 metros) do dossel no ano de 2009 em dia juliano no manguezal da Barra do Ribeira - Iguape/SP. Fonte: Rafael Epifanio (2024).	53
Figura 17: Temperatura do ar máxima absoluta acima (12 metros) e abaixo (2 metros) do dossel no ano de 2009 em dia juliano no manguezal da Barra do Ribeira - Iguape/SP. Fonte: Rafael Epifanio (2024).	54
Figura 18: Cartas sinóticas do dia 19 de novembro de 2009 às 00 TMG (esquerda) e 12 TMG (direita). Fonte: Marinha do Brasil (2009). Adaptado.	55
Figura 19: Temperatura do ar mínima absoluta acima (12 metros) e abaixo (2 metros) do dossel no ano de 2009 em dia juliano no manguezal da Barra do Ribeira - Iguape/SP. Fonte: Rafael Epifanio (2024).	57
Figura 20: Cartas sinóticas do dia 04 de junho de 2009 às 00 TMG (a esquerda) e 12 TMG (a direita). Fonte: Marinha do Brasil (2009). Adaptado.	58

Figura 21: Temperatura do ar máxima, média e mínima acima (12 metros) e abaixo (2 metros) do dossel no ano de 2012 em dia juliano no manguezal da Barra do Ribeira - Iguape/SP. Fonte: Rafael Epifanio (2024).	60
Figura 22: Temperatura do ar máxima absoluta acima (12 metros) e abaixo (2 metros) do dossel no ano de 2012 em dia juliano no manguezal da Barra do Ribeira - Iguape/SP. Fonte: Rafael Epifanio (2024).	62
Figura 23: Cartas sinóticas do dia 07 de dezembro de 2012 às 00 TMG (a esquerda) e 12 TMG (a direita). Fonte: Marinha do Brasil (2012). Adaptado.	63
Figura 24: Temperatura do ar mínima absoluta acima (12 metros) e abaixo (2 metros) do dossel no ano de 2012 em dia juliano no manguezal da Barra do Ribeira - Iguape/SP. Fonte: Rafael Epifanio (2024).	65
Figura 25: Cartas sinóticas do dia 15 de julho de 2012 às 00 TMG (a esquerda) e 12 TMG (a direita). Fonte: Marinha do Brasil (2012). Adaptado.	66
Figura 26: Temperatura do ar máxima, média e mínima acima (12 metros) e abaixo (2 metros) do dossel no ano de 2013 em dia juliano no manguezal da Barra do Ribeira - Iguape/SP. Fonte: Rafael Epifanio (2024).	68
Figura 27: Temperatura do ar máxima absoluta acima (12 metros) e abaixo (2 metros) do dossel no ano de 2013 em dia juliano no manguezal da Barra do Ribeira - Iguape/SP. Fonte: Rafael Epifanio (2024).	70
Figura 28: Cartas sinóticas do dia 21 de outubro de 2013 às 00 TMG (a esquerda) e 12 TMG (a direita). Fonte: Marinha do Brasil (2013). Adaptado.	71
Figura 29: Temperatura do ar mínima absoluta acima (12 metros) e abaixo (2 metros) do dossel no ano de 2013 em dia juliano no manguezal da Barra do Ribeira - Iguape/SP. Fonte: Rafael Epifanio (2024).	73
Figura 30: Cartas sinóticas do dia 24 julho de 2013 às 00 TMG (a esquerda) e 12 TMG (a direita). Fonte: Marinha do Brasil (2013). Adaptado.	74
Figura 31: Temperatura do ar máxima, média e mínima acima (12 metros) e abaixo (2 metros) do dossel no ano de 2015 em dia juliano no manguezal da Barra do Ribeira - Iguape/SP. Fonte: Rafael Epifanio (2024).	76
Figura 32: Temperatura do ar máxima absoluta acima (12 metros) e abaixo (2 metros) do dossel no ano de 2015 em dia juliano no manguezal da Barra do Ribeira - Iguape/SP. Fonte: Rafael Epifanio (2024).	77
Figura 33: Cartas sinóticas do dia 01 de janeiro de 2015 às 00 TMG (a esquerda) e 12 TMG (a direita). Fonte: Marinha do Brasil (2015). Adaptado.	78
Figura 34: Temperatura do ar mínima absoluta acima (12 metros) e abaixo (2 metros) do dossel no ano de 2015 em dia juliano no manguezal da Barra do Ribeira - Iguape/SP. Fonte: Rafael Epifanio (2024).	80
Figura 35: Cartas sinóticas do dia 16 de junho de 2015 às 00 TMG (a esquerda) e 12 TMG (a direita). Fonte: Marinha do Brasil (2015). Adaptado.	81
Figura 36: Temperatura do ar máxima, média e mínima acima (12 metros) e abaixo (2 metros) do dossel no ano de 2017 em dia juliano no manguezal da Barra do Ribeira - Iguape/SP. Fonte: Rafael Epifanio (2024).	83
Figura 37: Temperatura do ar máxima absoluta acima (12 metros) e abaixo (2 metros) do dossel no ano de 2017 em dia juliano no manguezal da Barra do Ribeira - Iguape/SP. Fonte: Rafael Epifanio (2024).	85
Figura 38: Cartas sinóticas do dia 19 de outubro de 2017 às 00 TMG (a esquerda) e 12 TMG (a direita). Fonte: Marinha do Brasil (2017). Adaptado.	86

Figura 39: Temperatura do ar mínima absoluta acima (12 metros) e abaixo (2 metros) do dossel no ano de 2017 em dia juliano no manguezal da Barra do Ribeira - Iguape/SP. Fonte: Rafael Epifanio (2024).	88
Figura 40: Cartas sinóticas do dia 18 de julho de 2017 às 00 TMG (a esquerda) e 12 TMG (a direita). Fonte: Marinha do Brasil (2017). Adaptado.	89
Figura 41: Temperatura do ar máxima, média e mínima acima (12 metros) e abaixo (2 metros) do dossel no ano de 2018 em dia juliano no manguezal da Barra do Ribeira - Iguape/SP. Fonte: Rafael Epifanio (2024).	91
Figura 42: Temperatura do ar máxima absoluta acima (12 metros) e abaixo (2 metros) do dossel no ano de 2018 em dia juliano no manguezal da Barra do Ribeira - Iguape/SP. Fonte: Rafael Epifanio (2024).	93
Figura 43: Cartas sinóticas do dia 18 de dezembro de 2018 às 00 TMG (a esquerda) e 12 TMG (a direita). Fonte: Marinha do Brasil (2018). Adaptado.	94
Figura 44: Temperatura do ar mínima absoluta acima (12 metros) e abaixo (2 metros) do dossel no ano de 2018 em dia juliano no manguezal da Barra do Ribeira - Iguape/SP. Fonte: Rafael Epifanio (2024).	96
Figura 45: Cartas sinóticas do dia 12 de julho de 2018 às 00 TMG (a esquerda) e 12 TMG (a direita). Fonte: Marinha do Brasil (2018). Adaptado.	97
Figura 46: Gráfico de precipitação em mm à 12 metros e 2 metros de altitude na Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira de Iguape/SP no ano de 2009. Fonte: Rafael Epifanio (2024).	99
Figura 47: Cartas sinóticas do dia 24 de fevereiro de 2009 às 00 TMG (a esquerda) e 12 TMG (a direita). Fonte: Marinha do Brasil (2009). Adaptado.	100
Figura 48: Imagem de satélite, canal METEOSAT-9 do dia 24 de fevereiro de 2009 às 12 horas. Fonte: CPTEC/INPE (2009). Adaptado.	102
Figura 49: Cartas sinóticas do dia 20 de abril 2009 às 00 HMG (a esquerda) e 12 HMG (a direita). Fonte: Marinha do Brasil (2009). Adaptado.	104
Figura 50: Imagem de satélite, canal METEOSAT-9 do dia 20 de abril de 2009 às 12 horas e 30 minutos. Fonte: CPTEC/INPE (2009). Adaptado.	105
Figura 51: Precipitação total em mm por meses no ano de 2009 da estação meteorológica oficial de Iguape. Fonte: INMET (2009).	107
Figura 52: Gráfico de precipitação em mm à 12 metros e 2 metros de altitude na Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira de Iguape/SP no ano de 2012. Fonte: Rafael Epifanio (2024).	108
Figura 53: Cartas sinóticas do dia 10 de fevereiro de 2012 às 00 HMG (a esquerda) e 12 HMG (a direita). Fonte: Marinha do Brasil (2012). Adaptado.	109
Figura 54: Imagem de satélite, canal METEOSAT-9 do dia 10 de fevereiro de 2012 às 18 horas e 15 minutos. Fonte: CPTEC/INPE (2012). Adaptado.	110
Figura 55: Precipitação total em mm por meses no ano de 2012 da estação meteorológica oficial de Iguape. Fonte: INMET (2012).	113
Figura 56: Gráfico de precipitação em mm à 12 metros e 2 metros de altitude na Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira de Iguape/SP no ano de 2013. Fonte: Rafael Epifanio (2024).	114
Figura 57: Cartas sinóticas do dia 01 de março de 2013 às 00 HMG (a esquerda) e 12 HMG (a direita). Fonte: Marinha do Brasil (2013). Adaptado.	115
Figura 58: Imagem de satélite, canal METEOSAT-9 do dia 01 de março de 2013 às 11 horas. Fonte: CPTEC/INPE (2013). Adaptado.	116
Figura 59: Precipitação total em mm por meses no ano de 2013 da estação meteorológica oficial de Iguape. Fonte: INMET (2013).	119
Figura 60: Gráfico de precipitação em mm à 12 metros e 2 metros de altitude na Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira de Iguape/SP no ano de 2015. Fonte: Rafael Epifanio (2024).	120

Figura 61: Cartas sinóticas do dia 18 de março de 2015 às 00 TMG (a esquerda) e 12 TMG (a direita). Fonte: Marinha do Brasil (2015). Adaptado.	121
Figura 62: Imagem de satélite, canal METEOSAT-9 do dia 18 de março de 2015 às 18 horas e 15 minutos. Fonte: CPTEC/INPE (2015). Adaptado.	122
Figura 63: Precipitação total em mm por meses no ano de 2015 da estação meteorológica oficial de Iguape. Fonte: INMET (2015).	125
Figura 64: Gráfico de precipitação em mm à 12 metros e 2 metros de altitude na Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira de Iguape/SP no ano de 2016. Fonte: Rafael Epifanio (2024).	126
Figura 65: Cartas sinóticas do dia 27 de janeiro de 2016 às 00 TMG (a esquerda) e 12 TMG (a direita). Fonte: Marinha do Brasil (2016). Adaptado.	127
Figura 66: Imagem de satélite, canal METEOSAT-9 do dia 27 de janeiro de 2016 às 16 horas e 45 minutos. Fonte: CPTEC/INPE (2016). Adaptado.	128
Figura 67: Precipitação total em mm por meses no ano de 2016 da estação meteorológica oficial de Iguape. Fonte: INMET (2016).	131
Figura 68: Gráfico de precipitação em mm à 12 metros e 2 metros de altitude na Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira de Iguape/SP no ano de 2017. Fonte: Rafael Epifanio (2024).	132
Figura 69: Cartas sinóticas do dia 17 de março de 2017 às 00 TMG (a esquerda) e 12 TMG (a direita). Fonte: Marinha do Brasil (2017). Adaptado.	133
Figura 70: Imagem de satélite, canal METEOSAT-9 do dia 17 de março de 2017 às 18 horas. Fonte: CPTEC/INPE (2017). Adaptado.	134
Figura 71: Precipitação total em mm por meses no ano de 2017 da estação meteorológica oficial de Iguape. Fonte: INMET (2017).	138

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dados de temperatura máxima absoluta horária e em minutos das 9, 15 e 21 horas do dia 19 de novembro de 2009.	56
Tabela 2: Dados de temperatura mínima absoluta horária e em minutos das 9, 15 e 21 horas do dia 04 de junho de 2009.	59
Tabela 3: Dados de temperatura máxima absoluta horária e em minutos das 9, 15 e 21 horas do dia 07 de dezembro de 2012.	64
Tabela 4: Dados de temperatura mínima absoluta horária e em minutos das 9, 15 e 21 horas do dia 15 de julho de 2012.	67
Tabela 5: Dados de temperatura máxima absoluta horária e em minutos das 9, 15 e 21 horas do dia 21 de outubro de 2013.	72
Tabela 6: Dados de temperatura mínima absoluta horária e em minutos das 9, 15 e 21 horas do dia 24 de julho de 2013.	75
Tabela 7: Dados de temperatura máxima absoluta horária e em minutos das 9, 15 e 21 horas do dia 01 de janeiro de 2015.	79
Tabela 8: Dados de temperatura mínima absoluta horária e em minutos das 9, 15 e 21 horas do dia 16 de junho de 2015.	82
Tabela 9: Dados de temperatura máxima absoluta horária e em minutos das 9, 15 e 21 horas do dia 19 de outubro de 2017.	87
Tabela 10: Dados de temperatura mínima absoluta horária e em minutos das 9, 15 e 21 horas do dia 18 de julho de 2017.	90
Tabela 11: Dados de temperatura máxima absoluta horária e em minutos das 9, 15 e 21 horas do dia 18 de dezembro de 2018.	95
Tabela 12: Dados de temperatura mínima absoluta horária e em minutos das 8, 9 e 21 horas do dia 12 de julho de 2018.	98
Tabela 13: Dados horários de Totais pluviométricos em mm com medição a 12 metros e 2 metros do dia 24 de fevereiro de 2009.	103
Tabela 14: Totais pluviométricos em mm ao longo do ano com medição a 12 m e 2 metros de altitude na Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP no ano de 2009.	106
Tabela 15: Dados horários de Totais pluviométricos em mm com medição a 12 metros e 2 metros do dia 10 de fevereiro de 2012.	111
Tabela 16: Totais pluviométricos em mm ao longo do ano com medição a 12 m e 2 metros de altitude na Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP no ano de 2012.	112
Tabela 17: Dados horários de Totais pluviométricos em mm com medição a 12 metros e 2 metros do dia 01 de março de 2013.	117
Tabela 18: Totais pluviométricos em mm ao longo do ano com medição a 12 m e 2 metros de altitude na Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP no ano de 2013.	118
Tabela 19: Dados horários de Totais pluviométricos em mm com medição a 12 metros e 2 metros do dia 18 de março de 2015.	123
Tabela 20: Totais pluviométricos em mm ao longo do ano com medição a 12 m e 2 metros de altitude na Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP no ano de 2015.	124
Tabela 21: Dados horários de Totais pluviométricos em mm com medição a 12 metros e 2 metros do dia 27 de janeiro de 2016.	129
Tabela 22: Totais pluviométricos em mm ao longo do ano com medição a 12 m e 2 metros de altitude na Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP no ano de 2016.	130
Tabela 23: Dados horários de Totais pluviométricos em mm com medição a 12 metros e 2 metros do dia 17 de março de 2017.	135

Tabela 24: Totais pluviométricos em mm ao longo do ano com medição a 12 m e 2 metros de altitude na Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP no ano de 2017.	137
--	-----

SUMÁRIO

Introdução.....	17
Justificativa	18
Objetivos.....	18
Objetivos específicos	19
Área de estudo.....	19
Referencial Teórico.....	26
Manguezal: uma revisão bibliográfica	27
Manguezais como proteção à linha de costa	37
Escalas do clima.....	40
Os eventos climáticos extremos.....	42
Materiais e procedimentos	43
Resultados e discussão.....	45
Dados climatológicos de Iguape entre 1931-1960, 1961-1990 e 2009-2017.....	45
Temperatura do ar	53
Precipitação.....	99
Considerações finais.....	139
Referências bibliográficas	141

Introdução

O ecossistema de manguezal representa um ambiente de transição entre o meio terrestre e marinho, onde o ambiente fluvial encontra o mar. Posto isso, este ecossistema apresenta-se rico tanto do ponto de vista biótico, quanto abiótico, de modo que se mostra de fundamental importância para o desenvolvimento de espécies marinhas e terrestres. Seu desenvolvimento pelo globo limita-se à faixa tropical e subtropical, de modo que este apresenta condições específicas para seu pleno desenvolvimento (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 1995).

O estudo microclimático do manguezal localizado na Barra do Ribeira-Iguape/SP teve início em 2008 com a instalação da EMA (Estação Meteorológica Automática) a partir do mestrado de Lima (2009), onde a mesma foi descontinuada devido ao evento extremo de granizo em 2019. Os dados obtidos a partir da EMA permitiram o monitoramento dos atributos climáticos de precipitação, incidência de radiação solar, direção e velocidade dos ventos, temperatura do ar e umidade em uma série histórica de 2008 a 2019. Os registros dos referidos atributos climáticos permitem o entendimento das influências da dinâmica atmosférica regional e do meio sobre tais atributos, bem como compreensão de como a alteração deste ecossistema influencia o microclima do manguezal.

Desta forma, o vigente trabalho visa a análise de eventos climáticos extremos a partir dos dados obtidos a partir da estação meteorológica instalada na área de estudo, em consonância com a análise da dinâmica atmosférica regional por meio de cartas sinóticas e imagens de satélite que permitam compreender a relação entre as escalas mesoclimática e microclimática (RIBEIRO, 1993).

A análise climática realizada neste trabalho pressupõe a interação entre as escalas do clima. O entendimento das interações entre a escala mesoclimática e microclimática torna-se fundamental para o entendimento da produção de eventos climáticos extremos registrados a partir da EMA localizada na Ilha dos Papagaios na Barra do Ribeira de Iguape – SP, de modo que os registros de temperatura do ar e precipitação no microclima do manguezal serão associados às massas de ar atuantes num dado tempo e espaço.

Justificativa

O desenvolvimento do manguezal depende de um delicado equilíbrio das condições do meio, no qual as adaptações ecofisiológicas das espécies vegetais acabam por resultar em um bosque único do ponto de vista da fitofisionomia. Fatores como variação das marés, salinidade, temperatura e precipitação são fatores climáticos e ambientais de fundamental importância para o desenvolvimento do manguezal e adaptação das espécies vegetais (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 1995).

Tais adaptações de flora acabam por compor um bosque e dossel únicos do ponto de vista ecofisiológico, que por sua vez inferem em um microclima onde o controle dos atributos climáticos é influenciado diretamente pela vegetação que se desenvolve no manguezal.

O estudo microclimático em ambiente de manguezal, portanto, passa a ser realizado na escala de detalhe, considerando a fitofisionomia do ambiente, juntamente com a escala regional, considerando a dinâmica atmosférica na produção de tempo no ambiente de manguezal (LIMA, 2014).

O entendimento da influência da dinâmica atmosférica regional na produção de eventos climáticos extremos no manguezal, bem como compreender quando, onde e quais eventos climáticos extremos ocorreram permite uma análise sistêmica das escalas do clima, compreendendo a relação meso e micro climática. Assim, torna-se de fundamental importância o entendimento das relações entre as escalas do clima a partir da dinâmica atmosférica regional e ambiente microclimático para promover estudos futuros que permitam a mitigação de tais eventos, promovendo a conservação deste ecossistema vital para a linha de costa.

Objetivos

A pesquisa tem como objetivo analisar a ocorrência de eventos climáticos extremos sobre os atributos climático de temperatura do ar (mínima, média e máxima) e precipitação no manguezal localizado na Barra do Ribeira- Iguape/SP, com medições de 12 metros e 2 metros acima da superfície, em uma série histórica de 2009 a 2018. Bem como realizar um estudo multi escalar entre mesoclima e microclima, a partir de análise de cartas sinóticas de superfície, imagens de satélite e monitoramento da temperatura do ar e precipitação por meio da estação meteorológica automática ao longo dos anos registrados.

Objetivos específicos

- Compreender a dinâmica atmosférica da região na produção de eventos climáticos extremos;
- Identificar diferentes sistemas atmosféricos atuantes na região e que impactaram os manguezais, com o uso do Banco de dados microclimático obtido nos manguezais;
- Compreender a relação entre a escala climática regional e a microclimática e sua interação no manguezal;

Área de estudo

A área de estudo localiza-se no Sistema Costeiro de Cananéia-Iguape, situado no litoral sul do estado de São Paulo, na divisa com o estado do Paraná (LIMA, 2014). Define-se como morfoescultura da planície costeira marinha e fluvial, compreendendo um ambiente sedimentar, predominantemente argiloso e arenoso inconsolidado, com fluxo de energia e matéria pela troca constante entre continente-oceano, em interações intrínsecas que são de fundamental importância para conservação (do ponto de vista ecológico), por apresentarem-se como pilares para a manutenção de funções vitais de inúmeras espécies (ROSS, MOROZ, 1997).

Sendo assim, faz-se de fundamental importância a análise da área de estudo segundo dois aspectos fundamentais: o físico, correspondendo à geomorfologia e o clima da área, e o humano, abrangendo aspectos como ocupação e área de proteção ambiental. Ambos os aspectos se relacionam no que diz respeito à ocupação da área e sua influência antrópica do ponto de vista dos usos econômicos que se dão na região, bem como os impactos ambientais, tendo como exemplo principal o Valo Grande.

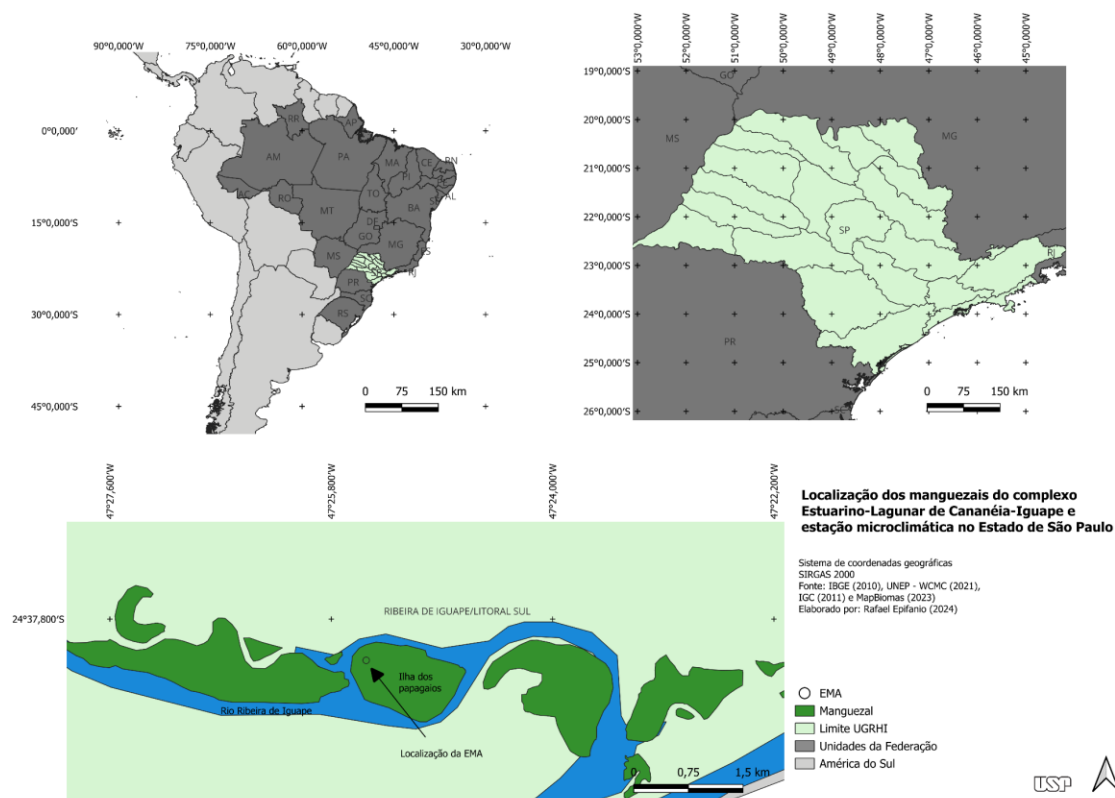


Figura 1: Mapa de localização do manguezal do Sistema costeiro Cananéia-Iguape e da estação microclimática. Fonte: Rafael Epifanio (2024)

Aspectos Físicos

A área de estudo, situada no sistema costeiro de Cananéia-Iguape, configura-se, segundo Ross (2002), como sendo pertencente à unidade morfoestrutural da Depressão Tectônica do Baixo Ribeira, compreendendo a morfoescultura da Planície costeira Cananéia-Iguape. De modo que esta apresenta gênese do ponto de vista tectônico e paleoclimático.

Compreende-se a gênese tectônica da planície marinha supracitada a partir dos postulados de Silveira (1993), onde houvera soerguimento da costa marinha, promovendo entalhamento dos vales e esculpando novos terraços, seguido de abaixamento da costa, induzindo o afogamento dos vales gerando pântanos e aluviamento. O autor conclui que é a partir deste afogamento que se desenvolvem as planícies e restingas atuais.

A gênese da planície marinha observada atualmente deve ser compreendida a partir das variações dos níveis do mar nos últimos 120 mil anos, a partir das transgressões e regressões marinhas (ROSS, 2002). Suguio e Tessler (1992) consideram quatro fatores fundantes na formação das planícies costeiras no Brasil, sendo elas: “fontes de areais; correntes de deriva

litorânea; armadilhas para retenção de sedimentos e as variações dos níveis marinhos” (SUGUIO, TESSLER, 1992).

Dessa forma, compreende-se a planície costeira em articulação com a gênese das Planícies Fluviais do Baixo Ribeira. Segundo Ross (2002, pg. 35):

As Planícies Fluviais do Baixo Ribeira são articuladas morfológica e geneticamente com a Planície Costeira, e ambas estão fortemente relacionadas com a gênese da Depressão Tectônica do Ribeira. Essa planície é caracterizada por uma densa ramificação de planícies fluviais que apresentam diferenciação significativa entre os trechos a montante de Registro, no rio Ribeira, e nas bacias dos rios Juquiá e Jacupiranga. Enquanto nos trechos mais à montante da cidade de Registro prevalecem planícies e terraços mais estreitos, constituídos por depósitos preferencialmente argilo-arenosos e cascalhos, prevalecendo o canal principal do rio mais entalhado e com perfil longitudinal com declividade pouco mais acentuada.

O autor prossegue estabelecendo as características à jusante da planície, contemplando suas características geomorfológicas e hidrográficas:

Nos trechos a jusante, as planícies são mais largas, originadas principalmente a partir de vales afogados pela sedimentação marinha, com muito baixo gradiente topográfico, onde as águas encontram grande dificuldade em serem drenadas para o mar. Nesse trecho inferior do rio Ribeira do Iguape, prevalece uma grande sinuosidade em forma de meandros divagantes e o tempo de permanência das águas de inundações são de maior duração. Nesse setor, as planícies são mais arenosas e mais úmidas apresentando lençol freático muito próximo à superfície e frequentemente aflorando na mesma e formando extensos brejos e pântanos (ROSS, 2002, pg. 35).

Sendo assim, a planície costeira Cananéia-Iguape configura-se como uma planície de gênese tectônica e paleoambiental, onde o soerguimento promoveram o entalhamento dos vales, seguindo de rebaixamento, induzindo a seus afogamentos, gerando as planícies e restingas atuais. Não obstante, juntamente com esse processo, a transgressão e regressão

marinha acabam por compor a sedimentação, promovendo um ambiente sedimentar inconsolidado (composto majoritariamente por areia e argila), bem como modelando a drenagem em forma de meandros sinuosos.

A área de estudo em questão apresenta particularidades do ponto de vista climático, onde segundo Monteiro (1963), esta apresenta clima Meridional permanentemente úmido, com atuação das massas polares sobrepondo à atuação das massas tropicais. O autor também destaca, para o litoral sul de São Paulo, uma sujeição à participação e influência de sistemas extratropicais, como anticiclones e frente polar, bem como atuação da frente polar que gera clima regional subtropical permanentemente úmido, moderado por massas polares marítimas e massas tropicais (MONTEIRO, 1963).

Novais (2019) define uma metodologia de classificação para bacia hidrográfica do rio Ribeira de Iguape, no qual se aplica para área de estudo deste trabalho. A metodologia consiste no controle do clima zonal pela Temperatura Média do Mês mais Frio (TMMMF) onde o domínio climático é controlado pela TMMMF em associação com sistemas atmosféricos. Já o Subdomínio Climático é definido pela quantidade de meses secos, quando a precipitação pluvial é menor em comparação com a evapotranspiração potencial (ETP) (NOVAIS, 2019; NOVAIS, 2022; NOVAIS, GALVANI, 2022).

Novais (2019) aborda oito hierarquias, sendo 4 consideradas na pesquisa de Galvani et al (2022): Clima Zonal, Domínio Climático, Subdomínio Climático, e Tipos Climáticos. Desta forma, Galvani et al (2022) a partir da metodologia de Novais (2019), define três domínios climáticos principais: Subtropical, Tropical Ameno e Tropical. O domínio subtropical localiza-se na porção da bacia hidrográfica pertencente ao estado do Paraná, onde o clima sofre influência de maiores altitudes e apresenta menores percentuais de precipitação e temperatura média anual (GALVANI et al. 2022). O domínio tropical ameno, segundo Galvani et al. (2022), localiza-se na região central e nordeste da bacia hidrográfica, apresentando valores de precipitação e temperatura do ar mais elevados, se comparado com o domínio subtropical. Por fim, o domínio tropical abrange o litoral da bacia, coincidindo com a área de estudo deste vigente trabalho. Este domínio, por sua vez, apresenta os maiores valores de precipitação pluvial e temperatura do ar (GALVANI et al, 2022).

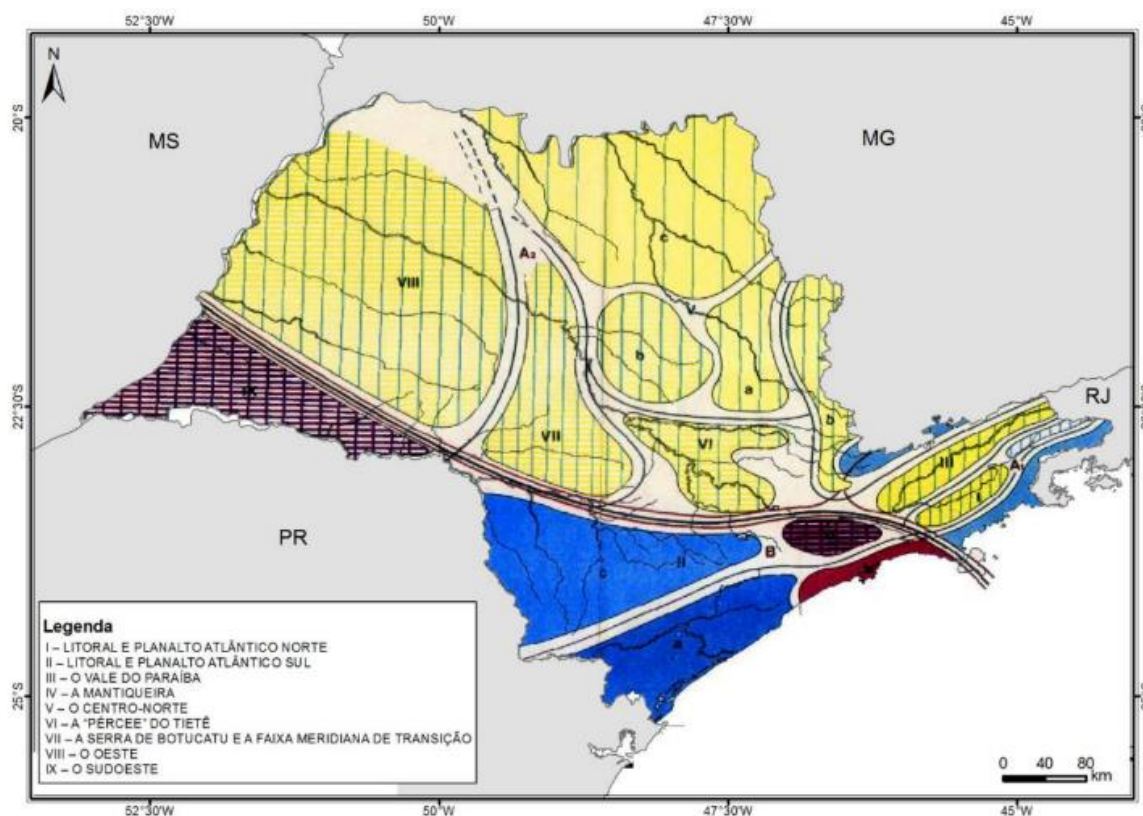


Figura 2: Classificação climática do Estado de São Paulo segundo Monteiro (1973). Fonte: Monteiro (1973).

A figura 2 apresenta a classificação climática do Estado de São Paulo elaborada por Monteiro (1973), no qual é possível observar a área de estudo localizada na Barra do Rio Ribeira de Iguape/SP enquadrada como “litoral e planalto atlântico sul”, onde há características climáticas tropicais de elevados totais pluviométricos e temperaturas médias com influências de frentes frias e massas tropicais (MONTEIRO, 1963).

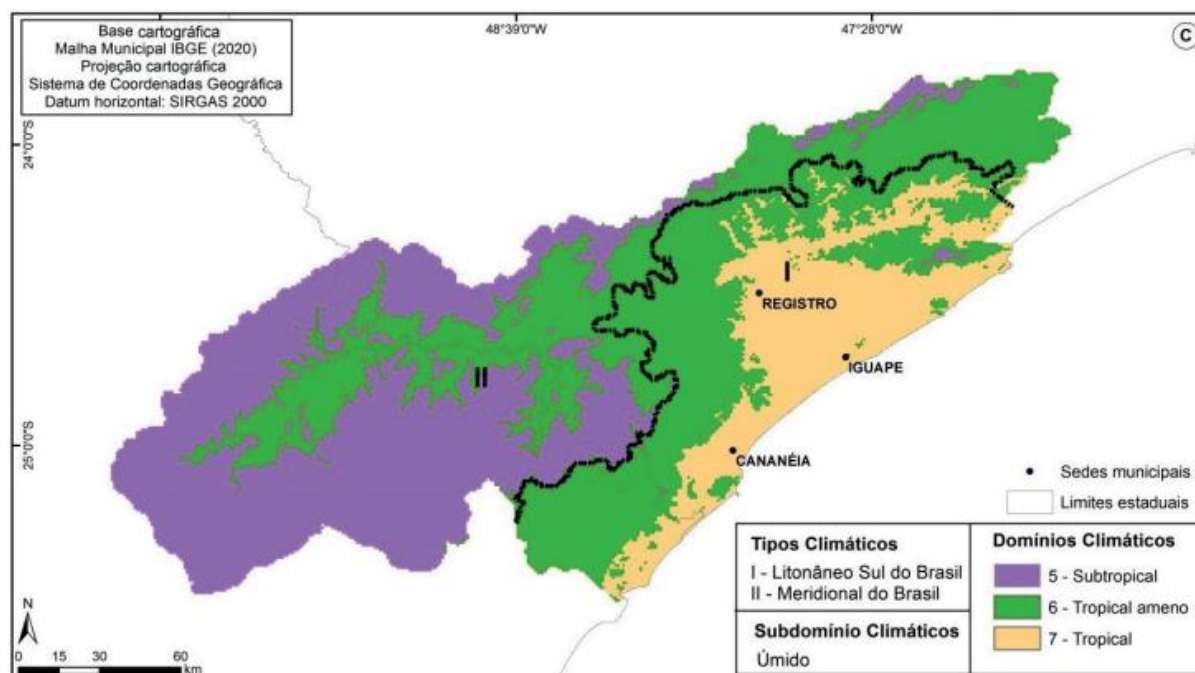


Figura 3: Classificação climática da bacia hidrográfica do rio Ribeira de Iguape segundo metodologia de Novais (2019). Fonte: Galvani et al. (2022).

A figura 3 apresenta classificação climática segundo Galvani et al. (2022) a partir da metodologia de Novais (2019), onde a área de estudo da Barra do Rio Ribeira de Iguape/SP deste vigente trabalho coincide com a classificação “tropical”, caracterizada por elevados totais pluviométricos e temperatura média do ar (GALVANI et al, 2022).

Aspectos históricos, humanos e de conservação

A área de estudo, segundo Lima (2014) compreende o setor costeiro denominado Complexo Estuarino-Lagunar de Iguape-Cananéia, composto pelos municípios de Iguape, Cananéia e Ilha Comprida. A ocupação e fundação do município de Iguape remonta ao período colonial, mais precisamente ao primeiro século de colonização, sobretudo devido à sua importância no que tange ao escoamento de produção por meio da navegação, através do mar pequeno (PRETTI, 2008).

Segundo Petroni (1966) a área de Iguape, juntamente com Cananéia surgem inevitavelmente devido a suas funções portuárias. Iguape ganha especial destaque, servindo de

processo de penetração para o interior devido a articulação com o interior de todo o Vale do Ribeira por meio do rio Ribeira e seus afluentes.

De acordo com Fortes (2000) a região do Vale do Ribeira presenciou dois ciclos econômicos de destaque: o primeiro diz respeito ao ciclo do ouro, entre os séculos XVI até o fim do século XVII, e posteriormente o ciclo do arroz, correspondente a metade do século XVIII até a década de 1930. Iguape ganha seu destaque em tais ciclos devido a sua localização geográfica no qual permitia integração entre o interior do Vale e o mar.

O declínio da produção aurífera nos fins do século XVII dá-se devido à descoberta de ouro em Minas Gerais, deslocando os mineradores para a região. A economia do arroz ganha destaque no início do século XIX, no qual a elite agrária constituída por portugueses e proprietários de terra e escravos da região concentram o capital na lavoura de arroz, onde Iguape torna-se imponente na exportação deste produto. (PRETTI, 2008; PEREIRA 2005).

Atualmente ganha destaque a atividade de pesca na região, devido a orla litorânea, rios e canais, no qual permite a pesca de inúmeras espécies como ostras, garoupas, corvinas, bagres e camarão, garantindo a subsistência da população local (PRETTI, 2008). É importante destacar a sazonalidade da atividade, segundo Petroni (1966), nas estações quentes, de outubro até março, há a pesca do peixe “graúdo” como robalo (*Centropomus undecimalis*), pescada amarela (*Cynoscion acoupa*), o pacu (*Piaractus mesopotamicus*). Nas estações frias, referentes aos meses de maio a agosto, há a pesca do peixe “miúdo” (*Chloroceryle aenea*), como bagre (*Pimelodus maculatus*), tainha (*Mugil cephalus*), entre outros (PRETTI, 2008).

Sendo assim, a região apresenta-se como um mosaico, tanto do ponto de vista histórico, no qual permite compreender a ocupação humana e as principais atividades econômicas, bem como geográficas, no qual foram sendo produzidas a partir de tais contextos.

Segundo a Unesco, esta área foi reconhecida como componente da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica por possuir relevância para sua conservação ambiental e de costumes tradicionais para o desenvolvimento de práticas sustentáveis (ICMBIO, 2014; LIMA, 2014).

A geomorfologia da área em questão, referente à sua característica fluvio-estuarina permite um certo isolamento dos centros urbanos, de modo que as atividades econômicas dos povoadamentos se referem sobretudo à pesca e setor agropecuário (LIMA, 2014).

A área diz respeito a unidade de conservação, sendo a Barra do Ribeira - Iguape/SP parte da Área de Proteção Ambiental Federal Cananéia-Iguape-Peruíbe (APA-CIP), bem como Parque Estadual Ilha do Cardoso/SP, caracterizado como unidade de conservação estadual segundo a lei: Sistema Nacional de Unidades de Conservação – Lei 9.985 de 18 de julho de 2000, criada a partir da lei do SNUC (Sistema nacional de unidades de conservação da

Natureza) que corresponde ao conjunto de unidades de conservação (UCs), federais, estaduais e municipais (SNUC/GOV BR; acesso em 2023).

Apesar de representarem unidades de conservação, a área de estudo apresenta ameaças no que tange à interferência antrópica no meio. O mais relevante desse processo refere-se, sobretudo, à construção do canal artificial Valo Grande entre 1827 e 1852, realizado no período para facilitar acesso ao porto de Iguape, bem como diminuir os custos de transporte para o escoamento de produção (LIMA, 2014). No entanto, o canal promoveu alteração no que tange à sedimentação e fluxo fluvial do rio Ribeira de Iguape, promovendo o alargamento do canal por sedimentos, alterando sobretudo os níveis de salinidade e mudança no fluxo do rio ribeira, sendo o canal meio preferencial para o escoamento de suas águas, promovendo o assoreamento.

A entrada das águas do rio Ribeira no mar pequeno provocou alterações nas condições locais, afetando a reprodução e manutenção da vida marinha (LIMA, 2014). Não obstante, segundo Mahiques et al. (2009), a abertura do canal causou alteração significativa no que tange ao aporte de metais pesados, afetando sobretudo o desenvolvimento da vida marinha na região.

Atualmente o manguezal da área de estudo localizada na Ilha dos Papagaios na Barra do rio Ribeira de Iguape/SP encontra-se totalmente alterado. Tal alteração se dá devido a abertura do Valo Grande, juntamente com a ocorrência de um evento climático extremo em maio de 2019. A abertura do Valo Grande alterou a dinâmica fluvial da região, ocasionando alteração nos níveis de salinidade e consequentemente perda de vegetação nativa e desenvolvimento de espécies invasoras, como observadas clareiras em áreas de manguezal devido a invasão de macrófitas aquáticas (LIMA et al. 2023).

A ocorrência do evento climático extremo no dia 30 de maio de 2019 apresentou registros de precipitação de 95,6 mm, sendo o último registro da estação meteorológica automática às 8 horas e 30 minutos com ventos de $58.8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, indicando intensa atividade convectiva na atmosfera. O evento climático extremo promoveu alta mortalidade da vegetação, indicando baixa recuperação do ecossistema nos anos subsequentes devido a influência da abertura do canal artificial do Valo Grande (LIMA et al. 2023).

Referencial Teórico

Este trabalho refere-se, principalmente, ao artigo de Ribeiro (1993), no qual aborda as escalas do clima e suas interações, bem como sua caracterização temporal e espacial para análise climatológica. Não obstante, a tese de Lima (2014) permite o entendimento do manguezal em sua totalidade como paisagem, onde características climáticas e seus controles

interagem entre-si, de modo que os atributos climáticos como precipitação, incidência de radiação solar, direção e velocidade dos ventos, temperatura do ar e umidade são controlados principalmente por fatores da dinâmica atmosférica e vegetação dos manguezais.

A análise dos atributos climáticos depende de alguns fatores inerentes da paisagem em questão e seus controles, segundo Lima (2014), de modo que os atributos abordados pela autora se referem à temperatura do ar, umidade absoluta do ar, precipitação, radiação solar e vento. As considerações da autora apresentam-se de fundamental importância para a elaboração e análise de variáveis climáticas em questão.

Considera-se aspectos como estrutura da vegetação (espécies, geometria de copa e altura); as marés (por ser fator fundante para o ciclo de matéria e decomposição dos manguezais); bem como sistemas meteorológicos, destacando o papel das frentes, ciclones e anticiclones extratropicais como alteradores de tempo e reguladores climáticos na área de estudo em questão.

Autores como Monteiro (1973), Galvani et al (2022) e Tarifa (2004), construíram o bojo teórico de estudos climáticos locais e regionais e seus respectivos atributos, de modo que possibilitam a realização de análises detalhadas sobre temperatura do ar e precipitação na área de estudo vigente neste trabalho. Também se apresenta de fundamental importância os postulados de Borsato (2016) para análise das massas de ar atuantes no Brasil, bem como interpretação das cartas sinóticas, que permitem visualizar a dinâmica atmosférica no tempo e no espaço.

Dessa forma, a análise climática realizada neste trabalho pressupõe a interação entres as escalas do clima, de modo que os registros de temperatura do ar e precipitação auferidos no microclima do manguezal serão associados às massas de ar atuantes num dado tempo e espaço. Assim, a partir da dinâmica atmosférica regional, compreender a natureza dos registros microclimáticos.

Manguezal: uma revisão bibliográfica

Origem e distribuição

Os manguezais caracterizam-se por serem sistemas ecológicos tropicais costeiros, situados principalmente entre os trópicos de câncer e de capricórnio em uma faixa latitudinal de 30° N à 30° S, aproximadamente. Tais ecossistemas desenvolvem-se na zona litorânea

brasileira, estendendo-se desde o estado do Amapá à Santa Catarina, entre as latitudes 4°30'N e 28°30'S (LIMA; TOGNELLA, 2012). Estima-se que há cerca de 10.000 a 25.000 km² de manguezais situados de forma não homogênea na faixa litorânea do Brasil (CORREIA, SOVIERZOSKI; 2005).

A ocorrência nesta faixa latitudinal específica refere-se à adaptabilidade da fauna e flora a temperaturas médias altas constantes, bem como totais pluviométricos elevados. Desta forma, o ecossistema de manguezais desenvolve-se em uma faixa ótima de temperatura média acima de 20°C e mínimas superiores a 15°C (WALSH, 1974), em uma média anual de precipitação em torno ou acima de 1.500 mm/ano (CORREIA, SOVIERZOSKI; 2005.). Não obstante, fatores como a maritimidade influenciam diretamente este ecossistema pois promove a variação da salinidade, afetando o desenvolvimento dos seres vivos nos manguezais.

Por desenvolver-se a uma faixa latitudinal limitada, a dos trópicos, os manguezais desenvolvem-se por toda a faixa tropical do globo, mais especificamente em regiões delimitadas pelas grandes correntes oceânicas quentes e pela isoterma de 20°C da água marítima no inverno (ALONGI, 2009). Por desenvolver-se em diferentes regiões, há diferenças no que tange à distribuição de espécies vegetais nos manguezais do mundo.

Dessa forma, segundo LIMA (2014), é possível segmentar a distribuição de espécies entre o velho mundo (costa leste da África, Ásia, Austrália e Oceania) e Novo mundo (Américas e costa oeste da África), sendo o novo mundo com menor presença no que tange à número de espécies, apresentando apenas três espécies principais: *Rhizophora mangle* L., *Avicennia germinans* (L.) L. e *Laguncularia racemosa* (L.) C.F. Gaertn. Já o velho mundo, em contrapartida, apresenta números mais significativos no que diz respeito ao número de espécies, apresentando todas os 16 gêneros core (LIMA, 2014).

Segundo Woodroffe e Grindrod (1991), os 16 gêneros core referem-se à: *Aegialitis*, *Aegiceras*, *Avicennia*, *Bruguiera*, *Campostemon*, *Ceriops*, *Kandelia*, *Laguncularia*, *Lumnitzera*, *Osborne*, *Pelliciera*, *Rhizophora*, *Scyphiphora*, *Sonneratia*, *Xylocarpus* e *Nypa*.

Sendo assim, o velho mundo apresenta, comparativamente, maior diversidade no que tange ao desenvolvimento e presença de espécies vegetais, de modo que a região entre a Malásia e Norte da Austrália mostra-se mais diversificada biologicamente (TOMLINSON, 1986; LIMA, 2014).

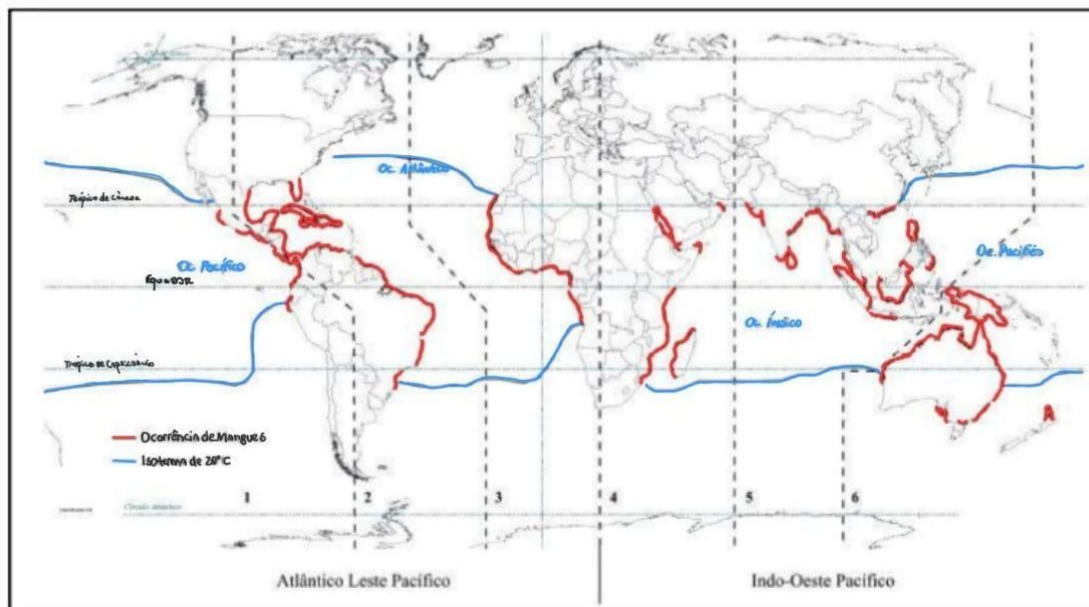


Figura 4: Distribuição global dos manguezais e localização da isoterma de 20°C. Fonte: Maia et al. (2005, p. 5. Adaptado de SPALDING; BLASCO; FIELD, 1997). Adaptado.

A figura 4 apresenta a distribuição global dos manguezais (tracejado vermelho), bem como a localização da isoterma de 20°C (tracejado em azul), sendo este fator fundamental para o desenvolvimento dos ecossistemas de manguezais. É possível observar que em algumas regiões há a extrapolação latitudinal, havendo ocorrência de mangue em áreas de exceção. Segundo Spalding, Blasco e Field (1997), pode haver ocorrência de manguezais até 31° 22' N no Japão e 32° 20' N nas Ilhas Bermudas, havendo extremos de ocorrências ao sul da costa oriental da África do Sul 32° 59' S, Nova Zelândia 38° 03' S e Austrália 38° 45' S (DOS SANTOS; LIMA, 2021).

Os manguezais caracterizam-se como um sistema ecológico, pois desempenham funções para a manutenção do equilíbrio dinâmico entre a vida e os aspectos inerentes à paisagem como clima e geomorfologia, sendo o manguezal uma zona de reprodução de inúmeras espécies marinhas, pois encontram neste ecossistema as condições ideais para o desenvolvimento de suas funções vitais.

Dessa forma, os manguezais servem de verdadeiros santuários para a conservação e diversidade biológica, sendo um ambiente para reprodução de inúmeras espécies de répteis (como crocodilos, iguanas e cobras), anfíbios, mamíferos (tigres, veados, peixes-boi, golfinhos) e aves (garças, pelicanos entre outros) (LIMA, 2014). Por tratar-se de um ecossistema que surge a partir da interface rio-mar, torna-se crucial do ponto de vista de

ciclagem e disponibilidade de nutrientes, sendo crucial para a teia alimentar marinha (FAO, 2007).

Aspectos ecofisiológicos

Aspectos ecofisiológicos apresentam-se como um dos fatores fundantes deste ecossistema. No que tange à adaptação ao meio, a flora dos manguezais desenvolve-se devido, sobretudo, à sua resistência à salinidade e sua variação, pois este ecossistema situa-se em uma zona de encontro de água doce do rio, com a salgada dos mares. Posto isso, faz-se necessário definir tal adaptação.

Larcher (2006) define plantas halófitas como tolerantes ou resistentes ao sal. As plantas resistentes apresentam mecanismos fisiológicos que evitam a entrada, diluem ou eliminam o sal. Enquanto as tolerantes apresentam tolerância de sal no citoplasma, sendo definidas, segundo Salisbury e Ross (1994) como halófitas verdadeiras. Desta forma, os gêneros *avicennia*, mais conhecida como siriúba, apresentam glândulas de excreção de sal, enquanto o gênero *Laguncularia*, conhecida como mangue-branco, apresenta glândulas de sal (TOMLINSON, 1986). Tal adaptabilidade permite o desenvolvimento da vegetação em diferentes níveis a partir de suas características fisiológicas, segundo CORREIA, SOVIERZOSKI; 2005:

Nos locais junto à água e solos pouco compactos encontra-se principalmente o mangue-vermelho, *Rhizophorae mangle*, caracterizado por apresentar raízes-escora. Em seguida, observa-se a *Avicennia schaueriana*, conhecida como siriúba, que possui pneumatóforos, raízes aéreas que auxiliam na respiração da planta. Na região alcançada pelas marés altas de sizígia, inundada por curtos períodos de tempo, ocorre a *Laguncularia racemosa*, denominada popularmente de mangue-branco ou tinteira.

O autor também retrata em um desenho esquemático simples os diferentes níveis de desenvolvimento segundo a espécie em um plano horizontal, o que nos permite inferir diretamente a influência de aspectos como salinidade, temperatura e influências das marés como fator ecofisiológico fundante para o desenvolvimento de diferentes gêneros de espécies nos manguezais.

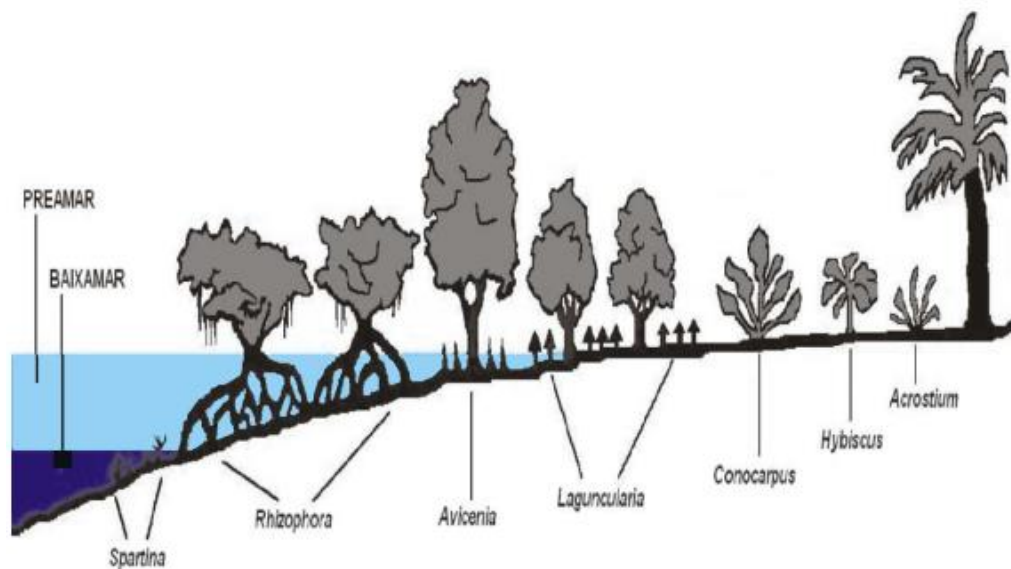


Figura 5: Desenvolvimento de diferentes gêneros de espécies segundo níveis em um plano horizontal. Fonte: (CORREIA, SOVIERZOSKI; 2005).

É importante destacar o papel do sal no que tange as atividades metabólicas das plantas. O desenvolvimento em ambiente salino promove duas dificuldades do ponto de vista metabólico: regulação osmótica e toxicidade destes íons salinos presentes no ambiente (PASCOALINI SS, et al. 2014). Desta forma, as plantas possuem capacidade adaptativa de absorção de íons inorgânicos para neutralizar o gradiente osmótico, como fósforo (P+) e potássio (K+), mantendo a pressão osmótica estável em suas células. No entanto, segundo Mehlig (2006), o excesso destes íons tem efeitos negativos na reprodução, sobrevivência e crescimento das plantas.

Para efeitos de absorção de água, as plantas do mangue apresentam especial adaptabilidade. Dois aspectos principais merecem destaque: adaptação morfológica e fisiológica, no que diz respeito ao espessamento foliar, aumento no tempo de retenção de nitrogênio e eficiência no uso de água; e manutenção do potencial de água em níveis suficientemente baixos no interior das folhas (LOVELOCK; FELLER, 2003; KRAUSS et al., 2008).

Além destas adaptações supracitadas, há o acúmulo de solutos compatíveis com o sal, que ampliam o potencial osmótico. Dessa forma, segundo Moghaieb et al., (2004), as reduções no potencial osmótico atraem água para dentro da célula e permitem o potencial de pressão, indispensável para obtenção de água.

Sendo assim, o ecossistema de manguezal configura-se como um sistema de equilíbrio dinâmico entre fatores bióticos e abióticos, servindo de base para a manutenção das funções reprodutivas de inúmeras espécies de plantas, répteis, anfíbios, aves, mamíferos e peixes, sendo de função vital para a teia alimentar marinha (FAO, 2007). No entanto, o equilíbrio entre os fatores supracitados depende de flutuações no que tange a fatores climáticos, como incidência de radiação solar, temperatura do ar, umidade e marés. Tais fatores como incidência solar variam a partir de latitude e sazonalmente em função da declinação solar (LIMA, 2014), sendo de característica vital para o fluxo de energia no ecossistema, inferindo diretamente na manutenção das funções ecológicas do mangue.

Segundo Walsh (1974) existem cinco fatores fundantes para o desenvolvimento de manguezais, sendo eles: Temperatura média entre 20°C ou acima, com amplitude térmica anual de 5°C; Substrato Lodoso rico em silte e argila, com alto teor de matéria orgânica; variação das marés, permitindo a zonação de espécies marinhas; presença de água salgada, pois espécies vegetais do mangue são halófitas, ou seja, resistentes ou tolerantes ao sal; e por fim, áreas abrigadas que permitam a resistência de plântulas e sedimentos do manguezal à ação das marés.

É possível, portanto, a partir dos fatores abióticos supracitados inferir o estado de equilíbrio necessário para o desenvolvimento e manutenção deste ecossistema costeiro vital, que se encontram ameaçados pela ação antrópica tanto pela pesca predatória, como pela sua ocupação e desmatamento.

Aspectos ecológicos

Um ecossistema refere-se a um sistema integrado, como uma unidade autorregulada, nos quais possui mecanismos adaptativos que se integram, promovendo a manutenção do mesmo (LUGO; SNEDAKER, 1974). Desta forma, o ecossistema de manguezal deve ser compreendido a partir de seus mecanismos e interações, de forma que se compõe um mosaico de atributos, em uma interação abiótica e biótica, no qual promove o desenvolvimento de fauna e flora com aspectos particulares.

Lugo e Snedaker (1974) propõem um modelo para manguezais no qual aborda este ecossistema como um sistema aberto, com fluxo de energia exterior (sol e precipitação) em interação com mecanismos abióticos e bióticos. Os autores segmentam o modelo a partir dos seguintes aspectos:

O modelo é composto por dois compartimentos de mangue (estrutura aérea e lamas; este último inclui raízes e processos aeróbios e anaeróbios); duas fontes externas de energia (o sol e o escoamento superficial, que inclui a contribuição das chuvas); cinco processos de manguezais (produtividade primária, respiração aérea do solo, respiração das lamas, reciclagem de nutrientes minerais e exportação de matéria orgânica para estuários ou outros ecossistemas contíguos); e seis potenciais fatores de estresse (canalização, drenagem e assoreamento; furacões e herbicidas; e carga térmica). - (LUGO; SNEDAKER, 1974) traduzido.

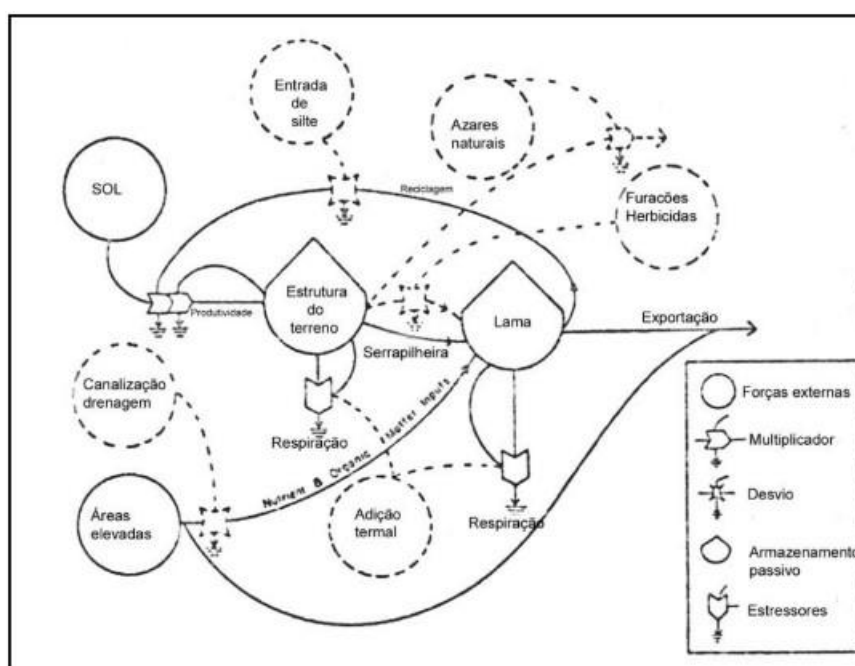


Figura 6: Modelo que representa principais estoques e fluxos em um ecossistema de manguezal onde as linhas tracejadas representam fatores de stress. Fonte: (LUGO; SNEDAKER, 1974). Adaptado.

A figura 6 apresenta um modelo no aborda o ecossistema de manguezal segundo sua complexidade de interações, de modo que é possível compreendê-lo a partir de múltiplos fatores ecológicos.

Ganham destaques os mecanismos de formação de canal e drenagem, que acabam por influenciar a maritimidade dos manguezais e os índices de salinidade, afetando sobretudo o desenvolvimento da flora em diferentes níveis. Não obstante, os autores destacam as interações e estruturas acima do solo, na interação de respiração e disponibilidade de oxigênio em uma interação de formação de serapilheira e lama (LUGO; SNEDAKER, 1974).

É importante destacar os mecanismos de ciclagem de matéria nos manguezais, em uma interação entre fatores físicos como marés diárias, escoamento e precipitação. Bem como processos biológicos de importância significativa para ciclagem de minerais como queda de folhagens, decomposição, taxa de absorção de minerais e atividade da fauna (LUGO; SNEDAKER, 1974).

Os processos de decomposição são de extrema importância pois permitem a ciclagem e renovação de minerais inorgânicos a partir de substrato orgânico, sendo incorporados pelo processo de respiração na lama (LUGO; SNEDAKER, 1974). Dessa forma, o oxigênio apresenta-se como elemento primordial para a decomposição neste ecossistema, sendo as taxas definidas a partir da disponibilidade deste elemento, havendo aumento quando a lama é exposta à atmosfera, bem como o tipo de lama, sendo também a atividade da macrofauna e microfauna como fundamentais para delimitar as taxas deste processo. Observa-se, a partir dos postulados de Lugo e Snedaker (1974) o equilíbrio entre as atividades abióticas do meio e metabólicas de microrganismos e flora, que reciclam estes nutrientes e elementos minerais, promovendo matéria orgânica e minerais essenciais para a cadeia alimentar do ecossistema.

Há variação no que tange à formação de serapilheira e decomposição de acordo com o tipo de floresta de mangue, sendo o balanço desses processos em resposta ao fluxo de maré. Em zonas de mangue vermelho expostas à maritimidade diária, as folhas suspensas são consumidas e decompostas por processos metabólicos do próprio ecossistema. Já áreas do interior protegidas a esses fluxos de maré, característico do mangue preto, as folhas são decompostas *in situ* e detritos menos particulados são transportados para baías e áreas adjacentes (LUGO; SNEDAKER, 1974).

É possível compreender a dinâmica ecossistêmica de ciclagem e decomposição de nutrientes a partir da macro e micro fauna, bem como a partir de fatores abióticos físicos (como adsorção e presença de oxigênio nas lamas presentes do mangue) sendo este elemento essencial para os processos metabólicos e de decomposição nos manguezais. Não obstante, é de fundamental importância para o processo de decomposição o fluxo de marés, pois estas apresentam-se como principal mecanismo de transporte de matéria orgânica e minerais inorgânicos, sendo esta essencial para o fluxo de matéria no ecossistema.

Lugo e Snedaker (1974) abordam o processo de ciclagem nos ecossistemas de manguezais a partir do equilíbrio dinâmico entre áreas de terra firme e áreas banhadas, onde segundo os autores: “O resultado líquido do processo de ciclagem de Manguezais é a importação de compostos inorgânicos da terra e uma exportação de produtos orgânicos para o mar.” (LUGO; SNEDAKER, 1974) traduzido.

Todos esses fatores em conjunto e intrinsecamente relacionados acabam por compor o ecossistema de manguezal, de modo que este encontra-se constantemente em interação com fatores abióticos, sobretudo geomorfológicos no que tange à formação de canais e estuários, que influenciam diretamente em outros mecanismos como fluxo de marés e matéria. Desta forma, os manguezais devem ser entendidos como palimpsesto, sendo uma paisagem em constante transformação a partir de processos pretéritos que interagem entre si em um delicado equilíbrio.

Aspectos pedológicos

O entendimento dos aspectos pedológicos dos manguezais deve ser realizado a partir da dinâmica do fluxo constante de matéria e energia devido às marés e os rios. Os sedimentos advindos dos corpos hídricos, bem como o fluxo de matéria orgânica e inorgânica advindo das marés possuem extrema influência no desenvolvimento do substrato dos manguezais.

Posto isso, Rossi e Mattos (2002) realizaram estudos a respeito dos solos de manguezais no litoral do Estado de São Paulo, de modo que os conceitos e conclusões postos pelos autores nos servem de parâmetros para os aspectos pedológicos neste vigente artigo, posto que a área de estudo entre os dois trabalhos coincide-se.

O trabalho dos autores supracitados foi realizado no Litoral do Estado de São Paulo, com 18 pontos de coleta, situados entre Rio Una do Prelado e Rio Itapanhau, de modo que abrange uma área entre os municípios de Iguape e Cananéia. O diagrama a seguir apresenta em detalhes a área de estudos do trabalho vigente.

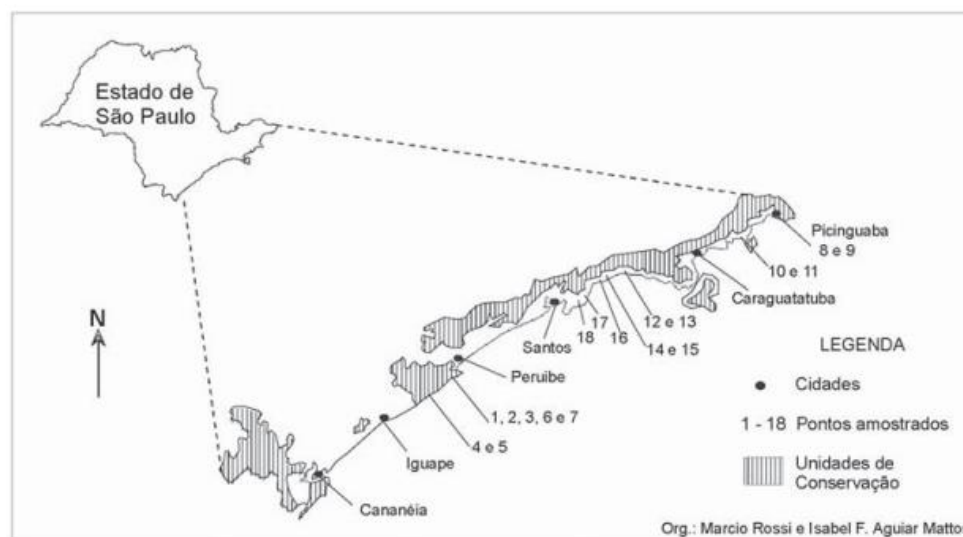


Figura 7: Localização dos pontos de amostra, segundo o trabalho de Rossi e Mattos (2002)
Fonte: Rossi e Mattos (2002).

A dinâmica intensa entre os fluxos de matéria proveniente das marés e dos rios acabam por compor o substrato pedológico do mangue, de modo que este apresenta consistência pastosa, pouco compactado, alagadiço, pobre em oxigênio e rico em matéria orgânica, bem como sujeito a períodos de inundação e drenagem, conforme a variação das marés (IPT, 1988).

Rossi e Mattos (2002) apresentam em seus resultados aspectos gerais a respeito das amostras coletadas no litoral paulista, sendo elas: Textura arenosa, ou média quase arenosa com variação em silte; hidromorfia, devido a inundação periódica; O aspecto sálico, devido à salinidade; bem como tiomorfismo, com a presença de enxofre, apresentando baixos valores de pH. Os autores destacam os solos estudados como sendo: “Solonchak Sódico tiomórfico (Gleissolo Sálico sódico ou solódico tiomórficos e Neossolo Quartzarênico Hidromórfico salino-sódico ou salino-solódico, conforme a textura).” (ROSSI e MATTOS; 2002).

Os aspectos então apresentados pelos autores na área de estudo vigente em seu trabalho relacionam-se com os aspectos previamente abordados neste presente trabalho, de modo que o fluxo de energia e matéria dos manguezais acabam por atribuir-lhes características únicas, que se manifestam do ponto de vista ecológico, pedológico e ecofisiológico.

Manguezais como proteção à linha de costa

Além das funções ecológicas supracitadas, os manguezais apresentam-se de fundamental importância no que tange à mitigação de efeitos de eventos extremos na linha de costa, que podem tornar-se danosos para as populações costeiras. Devido ao aumento populacional na linha de costa, observado nos últimos anos, tal ocupação associa-se, sobretudo, à infraestrutura, agricultura e indústria (McIvor et al. 2012). Juntamente com tais aspectos, é de evidência global o aumento da ocorrência de eventos extremos com efeitos na linha de costa, associados, sobretudo, às mudanças climáticas globais.

Sendo assim, o manguezal apresenta de fundamental importância para a mitigação dos efeitos de ondas provenientes de eventos climáticos extremos. Segundo McIvor et al (2012), os manguezais podem atuar como fator atenuante na redução da energia das ondas e sua altura, diminuindo seus efeitos. Não obstante, é sugerido que os manguezais atuam na redução da altura de ondas de “swell” e de vento em uma faixa entre 13 e 66% nos 100m de manguezais (McIvor et al. 2012).

A relação entre diminuição da energia e efeitos das ondas pelos manguezais deve ser compreendido a partir de uma conjuntura de fatores, dentre eles: espécies vegetais dos manguezais; altura das folhas; idade e tamanho das árvores; estrutura radicular aérea e altura, lâmina d'água; batimetria, topografia e declividade e pôr fim à altura da onda (McIvor et al. 2012).

A vegetação e sua arquitetura atua como fator principal na redução da energia e efeitos das ondas, por proporcionar força de atrito ao movimento da água, de modo que a energia se reduz ao atravessar a área de mangue. É possível estipular tal efeito a partir do “drag coefficient” ou coeficiente de resistência. Tal equação define-se da seguinte forma:

Calcular o coeficiente de arrasto (ou coeficiente de resistência, CD) usando a altura de onda incidente medida em frente aos manguezais (H_0), a altura da onda em um local litorâneo tendo passado por manguezais (H_x) e a distância (x) e a profundidade média (h) entre as duas estações (McIvor et al 2012) - Traduzido

$$C_D = \frac{32\sqrt{2}}{\pi} \frac{h^2}{H_1 \Delta x} \left(\frac{H_0}{H_x} - 1 \right)$$

Tal equação deriva-se de equações que descrevem resistência de fluxo causado por fricção de fundo (Mazda et al. 1997a). De modo que os valores para o coeficiente de resistência variam com a profundidade da água, de acordo com a passagem da água por diferentes estruturas vegetais (McIvor et al. 2012).

Não obstante, também é possível observar o fenômeno de atenuação das ondas pelo manguezal a partir da equação de taxa de redução da altura da onda, onde segundo (Mazda et al., 2006) e McIvor (2012) define-se da seguinte forma: “A taxa de redução da altura de onda (r) por unidade de distância na direção da propagação da onda é definida como a redução da altura de onda (ΔH) como proporção da altura de onda inicial (H) sobre uma distância (Δx) percorrida pela onda” (Mazda et al., 2006) e McIvor (2012) - traduzido

$$r = -\frac{\Delta H}{H} \cdot \frac{1}{\Delta x}$$

Tal equação permite fazer uma análise da altura da onda antes e após contato com ambiente de manguezal, podendo inferir a atuação do ecossistema na mesma. A relação entre os fatores supracitados entre o ecossistema manguezal e as ondas pode ser entendido a partir do diagrama a seguir:

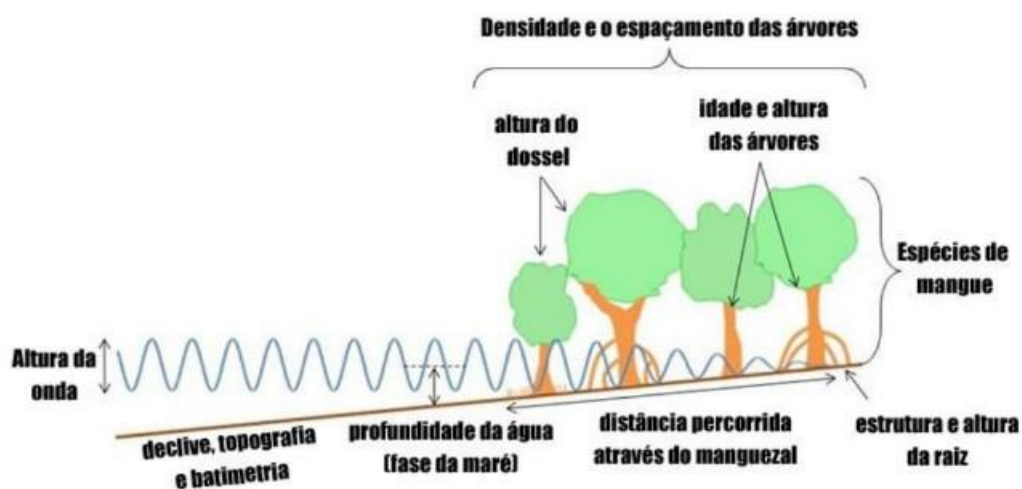


Figura 8: Fatores de atenuação das ondas por parte do ecossistema manguezal. Fonte: McIvor (2012).

A figura 8 permite viabilizar os efeitos sobre as ondas a partir dos inúmeros fatores supracitados, de modo que fica nítido, juntamente com as equações supracitadas, a relação entre manguezal e atenuação das ondas.

Fatores que afetam a redução de ondas de tempestades em manguezais

A redução dos efeitos de ondas de tempestades e ressacas em manguezais deve ser compreendido a partir de uma gama de fatores, no qual permite o entendimento holístico do ecossistema enquanto proteção à linha de costa. Segundo McIvor et al. (2012) os fatores que implicam na redução das ondas de tempestades e ressacas nos manguezais dizem respeito a aspectos ecofisiológicos, do ponto de vista de adaptação da vegetação ao meio, como por exemplo: densidade das árvores e complexidade das estruturas, como raízes, caules, ramos e folhagem das espécies dominantes; características físicas, como presença de canais e piscinas; aspectos geomorfológicos referentes à topografia da área, influenciada também pelo ecossistema de manguezal; por fim, a característica da própria tempestade, enquanto seu grau de intensidade. A autora destaca a limitação de dados a respeito dos estudos de redução dos efeitos de tempestades nos manguezais, sendo baseados, sobretudo, a partir de modelação numérica mais que dados empíricos (McIvor et al. 2012).

Segundo observações de Krauss et al. (2009) a taxa de redução de ondas de tempestades por manguezais aparenta ter uma gama entre 5 e 15 cm/km, podendo ser até 50 cm/km segundo os modelos numéricos de Zhang et al. (2012). Zhang et al., (2012) baseia seus postulados a partir do modelo CEST (Coastal and Estuarine Stormtide) ou Maré de tempestade costeira e estuarina (traduzido), no qual a partir de tal modelo estabelece simulações para a simulação da atenuação de ondas de tempestades por parte dos manguezais, permitindo mensurar tais valores.

Desta forma, Zhang et al. (2012) estabelece um gráfico no qual permite relação direta entre porcentagem de redução de altura de ondas de tempestades por largura de manguezal em quilômetros (km). O autor nota, a partir das simulações, que a atenuação dos efeitos por parte do ecossistema manguezal dá-se de forma não linear, de modo que as maiores reduções no pico de nível d'água dão-se na área limite entre o mangue e o corpo de água, enquanto em áreas internas do ecossistema a redução dá-se mais lentamente (Zhang et al. 2012).

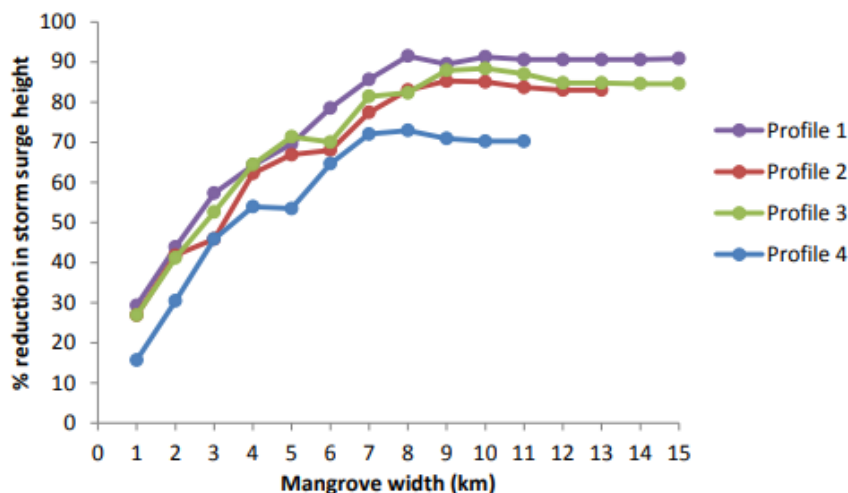


Figura 9: Redução da altura das ondas de tempestade em relação ao aumento da largura do cinturão de manguezais apresentado em 4 perfis de costa distintos. Fonte: apud Zhang et al., (2012).

Tal diagrama nos permite observar o pico da redução nos primeiros quilômetros de ecossistema, de modo que a atenuação se dá devido a fatores como estrutura vegetal da floresta, bem como aspectos geomorfológicos de topografia. A redução atinge seu pico nos quilômetros 8 e 10, mantendo altos níveis nos quilômetros subsequentes.

Escalas do clima

A escala é um valor de referência pautada segundo critérios para a observação de um fenômeno. No estudo da atmosfera e do clima são considerados os fenômenos inter-relacionados segundo sua extensão e sua duração (RIBEIRO, 1993). A atmosfera e o clima são compostos por inúmeros fenômenos que interagem entre si na litosfera, biosfera, hidrosfera, criosfera e atmosfera no tempo e no espaço. Entre a atmosfera e a superfície do planeta, especificamente, há troca de energia constante entre os corpos, formando o que denominamos de circulação atmosférica.

Para o estudo do clima, dada a sua complexidade, há de se estabelecer escalas e critérios para que se possa segmentar os fenômenos segundo escalas temporais e espaciais. Como parte da metodologia da pesquisa climática, a referência escalar dos fenômenos permite a abstração racional, bem como técnicas analíticas, coleta de dados, tratamento matemático, imagético e cartográfico de cada fenômeno observado (RIBEIRO, 1993).

Ribeiro (1993) aponta 6 critérios orientadores para o sistema taxonômico de classificação climática, sendo eles:

a) São consideradas escalas superiores aquelas mais próximas do nível planetário e escalas inferiores aquelas mais próximas dos indivíduos habitantes da superfície da Terra; b) As combinações de processos físicos interativos numa escala superior resultam em modificações sucessivas no comportamento da atmosfera nas escalas inferiores; c) As combinações particulares de processos físicos nas escalas inferiores possuem limitada repercussão nas escalas superiores; d) O grau de dependências da radiação extraterrestre na definição climática é maior nas escalas superiores, enquanto que a influência dos elementos da superfície, inclusive a ação antrópica, vai-se tornando mais pronunciada na medida em que se atingem as escalas inferiores; e) Quanto mais extenso o resultado de determinada combinação, maior será o tempo de sua permanência, sendo o inverso igualmente verdadeiro; f) A extensão de uma determinada combinação na atmosfera resulta num atributo tridimensional sendo, portanto, volumétrica a noção de extensão, em Climatologia, e tendo como limite superior o próprio limite da atmosfera terrestre. - (RIBEIRO, 1993, pg. 1)

Segundo as interações de matéria e energia no tempo e no espaço entre os corpos e superfícies presentes no clima e na atmosfera, Ribeiro (1993) define três escalas ou níveis climáticos principais: macroclima, mesoclima e microclima. Cada nível possui uma escala temporal e espacial, interagindo e modificando em uma ordem decrescente (do maior nível para o menor), de modo que o macroclima infere no meso e microclima, mas o contrário é restringido devido a escala do fenômeno.

O nível macroclimático está relacionado com as interações astronômicas terra-sol, bem como o movimento de translação e rotação terrestre. A radiação solar incidente interage no tempo e no espaço com a superfície terrestre, promovendo troca de energia entre os corpos, gerando circulação atmosférica e troca de matéria e energia com a litosfera, hidrosfera, criosfera e biosfera (RIBEIRO, 1993).

O nível mesoclimático compreende a interação próxima a superfície, de escala espacial entre 10 a 100 quilômetros de largura. Envolve a interação entre os atributos do clima

(umidade, pressão atmosférica, precipitação, temperatura do ar, velocidade e direção do vento) com as feições do planeta (RIBEIRO, 1993; AYOADE, 1988).

O nível microclimático se refere ao clima próximo à superfície, de áreas muito pequenas, de ordem de escala espacial de 100 metros de extensão ou menos (AYOADE, 1988). Neste nível, há a interação particular entre o meio com os atributos do clima, momentum, massa e fluxo de energia (RIBEIRO, 1993). Por compreender uma área muito pequena, este não exerce influência sobre os demais níveis climáticos, mas sofre influência direta sobre o nível macroclimático e mesoclimático.

Há, portanto, relação direta entre os níveis climáticos, pois o clima e atmosfera é composto por troca de matéria e energia constante no tempo e no espaço. Os níveis climáticos interagem entre si, sendo a influência de caráter decrescente, onde os níveis superiores inferem influência sobre os níveis inferiores, ou seja, do macroclima sobre o mesoclima e microclima.

Os eventos climáticos extremos

Os eventos climáticos extremos podem ser entendidos como fenômenos climáticos de caráter anormal, ou seja, de baixa frequência em uma dada escala temporal, e de elevada magnitude. Possuem diferentes fontes de energia geradores, a depender do fenômeno de origem, estando todos associados ao clima direta e indiretamente.

Dessa forma, podem ser classificados segundo eventos geofísicos (processos erosivos, movimentos de massa e tectônicos), hidrológicos (inundações, enchentes, alagamentos), meteorológicos (ciclones, vendavais, raios) e climatológicos (estiagem, geadas, ondas de frio e calor) (ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE, MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2015; FANTE, 2019).

Por se referir ao clima, tais eventos estão diretamente associados com a população humana, sendo, portanto, uma análise geográfica climatológica necessária, visto que há a relação sociedade-natureza intrínseca na ocorrência de eventos climáticos extremos e as mazelas consequentes para a sociedade (MONTEIRO, 1991).

Segundo Fante (2019. pg. 151):

Os eventos extremos podem ser entendidos como situações em que as manifestações dos elementos atmosféricos ocorrem de modo demasiado e/ou suficientes para desencadear situações de perigo ao homem e as ocupações

humanas. Devido a sua magnitude, intensidade do fenômeno, permanência em relação ao número de dias e frequência no espaço temporal podem ser prejudiciais a vida e a saúde humana.

Segundo Albala-Bertrand (op.cit. 1993) e Vicente (2004, p.08) há 7 fatores principais que permitem identificar tais eventos: magnitude, frequência, extensão, velocidade, padrão de dispersão e regularidade. Desta forma, um evento climático extremo está atrelado diretamente aos atributos do clima, segundo oscilações do estado do tempo, no qual produzem episódios excepcionais (MONTEIRO, 1991). Portanto, está atrelado intrinsecamente à sua excepcionalidade (baixa frequência, magnitude e duração). Segundo Almeida (2012, p. 54): “É um evento raro dentro de uma referência estatística de um lugar particular”. Logo, eventos climáticos extremos devem ser analisados segundo uma referência estatística dos atributos climáticos (temperatura do ar, umidade, precipitação, radiação solar, pressão) e a respectiva normal climatológica do local.

Materiais e procedimentos

No que tange a metodologia de coleta de dados, foram utilizadas duas vias principais. A primeira diz respeito à análise de dados coletados da estação meteorológica instalada na Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira-Iguape/SP em 2008 e descontinuada em 2019. Já a segunda compreende a análise de cartas sinóticas e imagens de satélite para entendimento da dinâmica atmosférica atuante no período e na região estudada.

A estação meteorológica permite a medição de atributos climáticos (temperatura e umidade relativa do ar, temperatura do solo/água, radiação solar global, direção e velocidade do vento e pluviosidade) fundamentais para o estudo e monitoramento do microclima do ecossistema. Sendo neste trabalho apenas os atributos de temperatura do ar e precipitação analisados.

Monteiro (1973), Novais (2019) e Galvani et al (2022) elucidam o clima regional da área de estudo em questão, de modo a categorizar as características climáticas para fins de análise das influências das massas de ar na produção de tempo da região e sua influência nos atributos climáticos medidos.

São considerados que as diferenças dos atributos climáticos (temperatura do ar, umidade relativa do ar, precipitação, radiação solar global, direção e velocidade dos ventos)

são influenciados principalmente pela estrutura vegetal do mangue, considerando sua altura, dossel, espécies vegetais, área foliar, densidade, abertura do dossel, bem como outros aspectos ecofisiológicos da vegetação do mangue que acabam por inferir nos atributos climáticos, sobretudo incidência e interação de radiação solar no ambiente ecossistêmico em questão (LIMA, 2014).

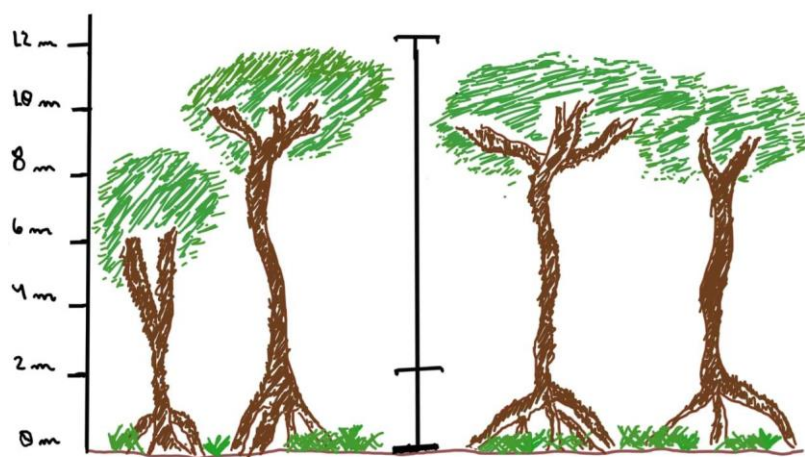


Figura 10: Diagrama da instalação da torre microclimática localizada na Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP. Fonte: Rafael Epifanio (2024) adaptado.

A figura 10 representa a instalação da torre meteorológica automática segmentada em duas partes, uma instalada a 2 metros acima da superfície, e outra a 12 metros. Tal diferença permite analisar a influência das copas sobre os atributos climáticos, de modo que a estação a 2 metros se encontra inserida abaixo das copas das árvores, enquanto a estação de 12 metros localiza-se acima delas.

Na análise climática são considerados os registros de temperaturas (mínima, média e máxima) da estação meteorológica, juntamente com as cartas sinóticas elaboradas pela Marinha do Brasil, e imagens de satélite fornecidas pelo CPTEC (Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos), de modo a compreender a dinâmica atmosférica regional. Assim sendo possível realizar uma análise meso e microclimática, com a finalidade de compreender os sistemas produtores de tempo e eventos extremos que acabam por influenciar na área de estudo vigente.

As cartas sinóticas de superfície foram obtidas entre os anos de 2008 a 2019. A metodologia de leitura e interpretação das cartas foi baseada segundo a obra de Borsato (2016).

O autor elucida a importância das cartas sinóticas, sua simbologia e como compreender a dinâmica atmosférica regional a partir de sua leitura.

A análise gráfica das temperaturas (mínima, média e máxima), bem como os gráficos de precipitação são consideradas juntamente com a análise sinótica e imagens de satélite do canal METEOSAT-9 na banda visível, de registros extremos da respectiva data e hora do evento climático extremo observado, permitindo entendimento multiescalar dos fenômenos e da medição apresentada.

A análise de dados deste trabalho baseia-se nos registros das temperaturas mínimas, médias e máximas, seguido dos dados de precipitação em mm. Foram considerados apenas os anos com nenhuma falha de registro, sendo eles: 2009, 2012, 2013, 2015, 2017 e 2018. Os dados diários analisados referem-se aos dias de valores extremos de temperatura máxima e mínima absoluta, bem como de totais pluviométricos mais elevados. A análise de tais dias contempla o horário entre e 12 TMG (9 horas), 18 TMG (15 horas) e 00 TMG (21 horas) referente ao horário padrão do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) e horário das cartas sinóticas da Marinha do Brasil.

Os recortes históricos para análise da normal climatológica de Iguape foram selecionados segundo a disponibilidade de dados do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), apresentando dados entre 1931 a 2010, sendo comparados com o recorte histórico dos registros da EMA instalada na área de estudo, referente aos anos entre 2009 a 2018.

Resultados e discussão

Dados climatológicos de Iguape entre 1931-1960, 1961-1990 e 2009-2017.

As normais climatológicas representam o registro de uma série de dados climatológicos em um período de tempo longo e uniforme, de no mínimo 30 anos, no qual permite analisar os padrões climáticos de um dado local (A Organização Meteorológica Mundial (OMM).

Para análise das normais climatológicas de Iguape, os dados foram obtidos segundo INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), no qual apresenta a série temporal de 1931-1960 e 1961-1990 para dados de temperatura máxima, média e mínima em °C. Já para os dados de precipitação, foram obtidos os dados de precipitação acumulada em mm por mês para a normal climatológica de 1981-2010.

Dados de temperaturas das normais climatológicas entre 1931-1960 e 1961-1990

As normais climatológicas de 1931-1960 e 1961-1990 permitem o entendimento do comportamento e variação do atributo climático de temperatura do ar ao longo de um período histórico de 60 anos. As normais climatológicas permitem caracterizar o clima de uma dada região, de modo que se torna de fundamental importância para relação e comparação com os dados de temperatura do ar a partir da EMA instalada na área de estudo.

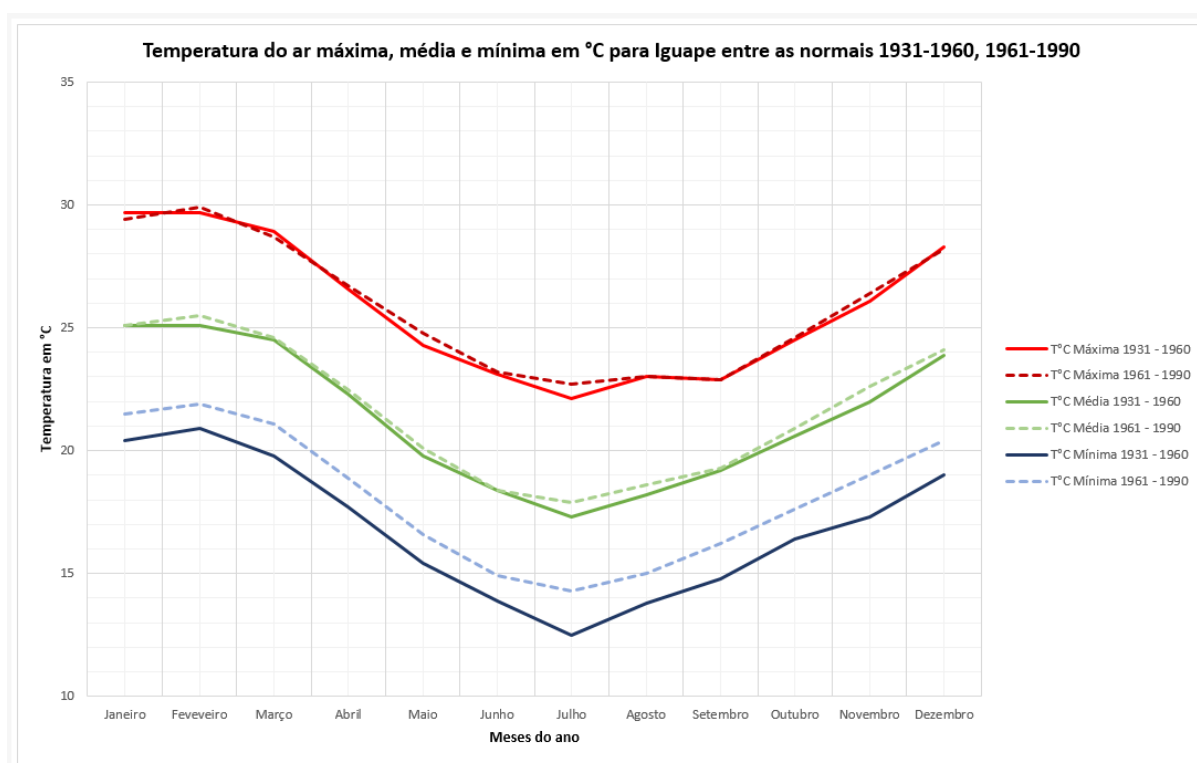


Figura 11: Gráfico de temperaturas máxima, média e mínima entre as normais climatológicas de 1931-1960 e 1961-1990. Fonte: INMET (2024).

A figura 11 permite analisar os dados de temperaturas (máxima, média e mínima) entre as séries históricas de 1931-1960 e 1961-1990. Por tratar-se de duas normais climatológicas consecutivas, estas apresentam sequência de dados longa e uniforme, caracterizando o perfil de temperatura para Iguape nos anos que se apresentam.

As temperaturas máximas da série 1931-1960 e 1961-1990 apresentam valores em torno de 28°C e 29°C nos meses de verão (Dezembro, janeiro e fevereiro), 28°C e 24°C nos meses de outono (março, abril e maio), 23°C e 22°C nos meses de inverno (junho, julho, agosto) e 22°C e 26°C nos meses de primavera (setembro, outubro e novembro). As temperaturas médias entre as séries 1931-1960 e 1961-1990 apresentam valores entre 23°C e

25°C nos meses de verão (dezembro, janeiro e fevereiro), 24°C e 19°C nos meses de outono (março, abril e maio); 18°C e 17°C nos meses de inverno (junho, julho e agosto); e 19°C e 22°C nos meses de primavera (setembro, outubro e novembro).

As temperaturas mínimas entre as normais climatológicas 1931-1960 apresentam valores em torno de 19°C e 20°C nos meses de verão (dezembro, janeiro e fevereiro); 19°C e 15°C nos meses de outono (março, abril e maio); 13°C e 12°C nos meses de inverno (junho, julho e agosto); e 14°C e 17°C nos meses de primavera (setembro, outubro e novembro). Já as temperaturas mínimas da normal climatológica de 1961-1990 apresentam valores de temperatura mínima em torno de 20°C e 21°C nos meses de verão (dezembro, janeiro e fevereiro); 21°C e 16°C nos meses de outono (março, abril, maio); 14°C e 15°C nos meses de inverno (junho, julho e agosto); e 16°C e 19°C nos meses de primavera (setembro, outubro e novembro).

É possível observar diferenças entre as temperaturas máximas registradas entre as normais climatológicas de 1931 a 1960 e 1961 a 1990. A normal de 1961-1990 apresenta ligeiras amplitudes térmicas comparativamente com a de 1931-1960, chegando a quase 1°C entre os meses de maio e julho. Os dados mostram-se constantes no que tange às máximas para os meses de verão e inverno, com temperaturas em torno de 28°C a 29°C e 22°C e 23°C, respectivamente.

No que tange às temperaturas médias, esta também apresenta diferença entre as normais climatológicas, com amplitudes térmicas entre 1961-1990 0,5°C a 1°C mais elevadas nos meses de fevereiro, julho e novembro comparativamente com a normal climatológica de 1931-1960. Para a temperatura mínima a amplitude entre as normais se amplia, onde a normal de 1961-1990 chega a ser 1°C ou mais durante todo o ano comparativamente com o período entre 1931-1960. Tais diferenças entre as séries mostra uma tendência de aquecimento ao longo dos anos, sendo as temperaturas entre 0,5°C a 1,5°C mais elevadas em um intervalo de 30 anos.

Comparação entre as normais climatológicas de 1931-1960, 1961-1990 e série histórica de 2009-2018

A comparação entre os dados das normais climatológicas de 1931-1960 e 1961-1990 com a série histórica de 2009-2017 coletada a partir da EMA instalada na área de estudo permite o entendimento da variação nos registros das temperaturas máxima, média e mínima em Iguape.

A figura 11 permite analisar e comparar os dados de temperatura máxima, média e mínima para Iguape entre as normais climatológicas de 1931-1960 e 1961-1990. É importante destacar que os dados das normais de 1931-1960 e 1961-1990 correspondem aos dados oficiais do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia).

É possível observar amplitude térmica das temperaturas observada para a normal climatológica de 1961-1990 comparativamente com a normal de 1931-1960. Tal amplitude caracteriza-se por temperaturas médias e mínimas mais elevadas no período de 1961-1990, cerca de 1°C a 2°C comparativamente com 1931-1960. No que tange à temperatura média, tal amplitude é reduzida, com cerca de 0,5°C a 1°C comparativamente com 1931-1960 nos meses de fevereiro, julho e novembro. Já a temperatura mínima da normal de 1931-1960 apresenta valores reduzidos durante todo o ano comparativamente com a normal climatológica de 1961-1990. Tal diferença chega a ser superior a 1°C.

É importante destacar o aumento nos registros de temperatura mínima e média ao longo dos anos, sendo a normal climatológica de 1931-1960 com os menores valores registrados comparativamente com a normal de 1961-1990. No que tange à temperatura máxima, os valores entre as séries de 1931-1960 e 1961-1990 apresentam valores muito próximos, havendo ligeira amplitude térmica observada no mês de julho para a série de 1961-1990 comparativamente com a série de 1931-1960.

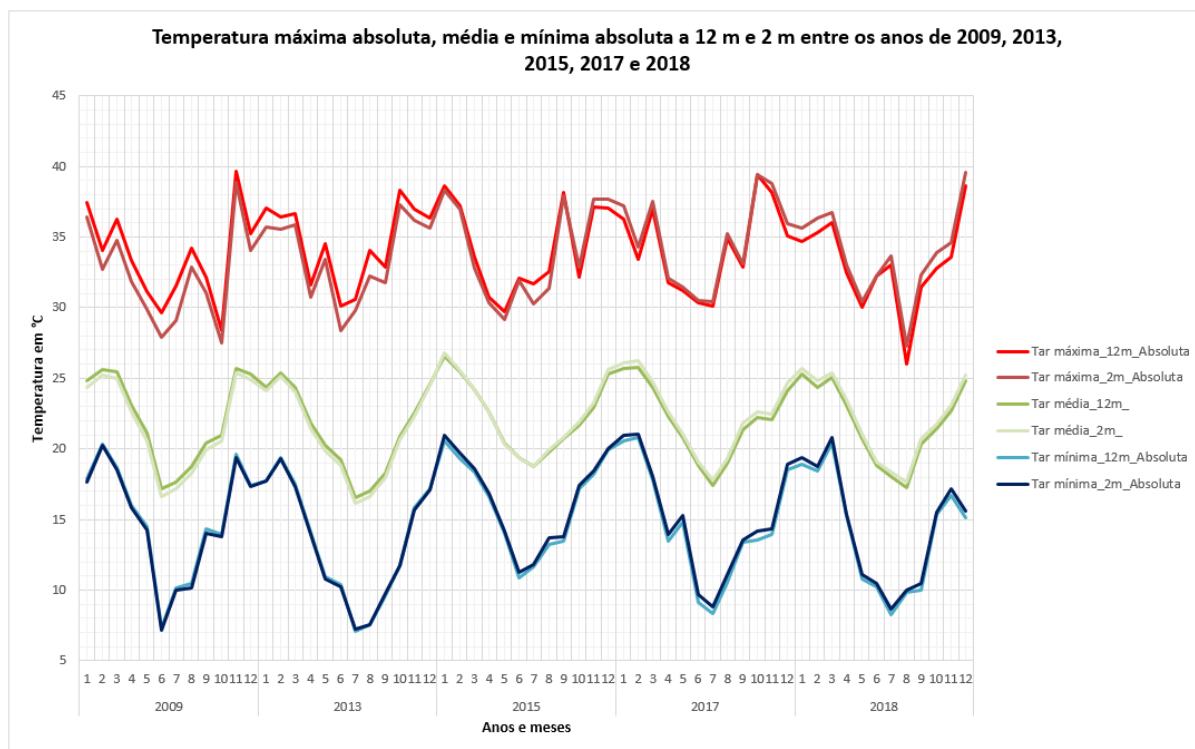


Figura 12: Temperatura máxima absoluta, média e mínima absoluta a 12 m e 2 m entre os anos de 2009, 2013, 2015 e 2017 na Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira de Iguape. Fonte: Rafael Epifanio (2024).

A figura 12 permite visualizar a temperatura máxima e mínima absoluta e a temperatura média a 12 metros e 2 metros para os anos de 2009, 2013, 2015, 2017 e 2018 segundo os dados da EMA instalada na área de estudo. É possível observar temperaturas máximas absolutas em torno de 30°C a 35°C durante boa parte dos meses dos anos observáveis, sendo o pico próximo aos 39°C e 40°C nos meses de primavera e verão. Há destaque para temperaturas inferiores aos 30°C registrada para junho e outubro de 2009 e agosto de 2018.

As temperaturas médias apresentam-se em torno de 16°C e 26°C, variando segundo a sazonalidade, com temperaturas mais elevadas nos meses de verão e primavera, e reduzidas nos meses de outono e inverno. Já as temperaturas mínimas absolutas apresentam grande variação marcada com a sazonalidade, com registros em torno de 19°C a 21°C no verão e inferiores aos 15°C no inverno, com registro de até 7°C e 8°C nos anos de 2009, 2013, 2017 e 2018 nos meses de junho e julho.

Comparativamente com os dados das normais climatológicas de 1931-960 e 1961-1991 as temperaturas médias para os meses de verão se apresentam em torno de 25°C a 26°C e nos meses de inverno em torno de 16°C a 17°C. Observa-se, no entanto, ligeira amplitude térmica,

com temperaturas de 0,5°C a 1°C mais elevadas nos meses de verão e até 1°C mais reduzidas nos meses de inverno.

Dados de precipitação da normal climatológica de 1981-2010 e comparação com os anos de 2009-2017 a partir dos dados da EMA da Área de estudo.

A análise dos dados de precipitação a partir da normal climatológica de 1981-2010 e sua comparação com a série histórica de 2009-2017 permite o entendimento dos totais pluviométricos mensais, sua variação durante o ano e a diferença de registros entre os anos.

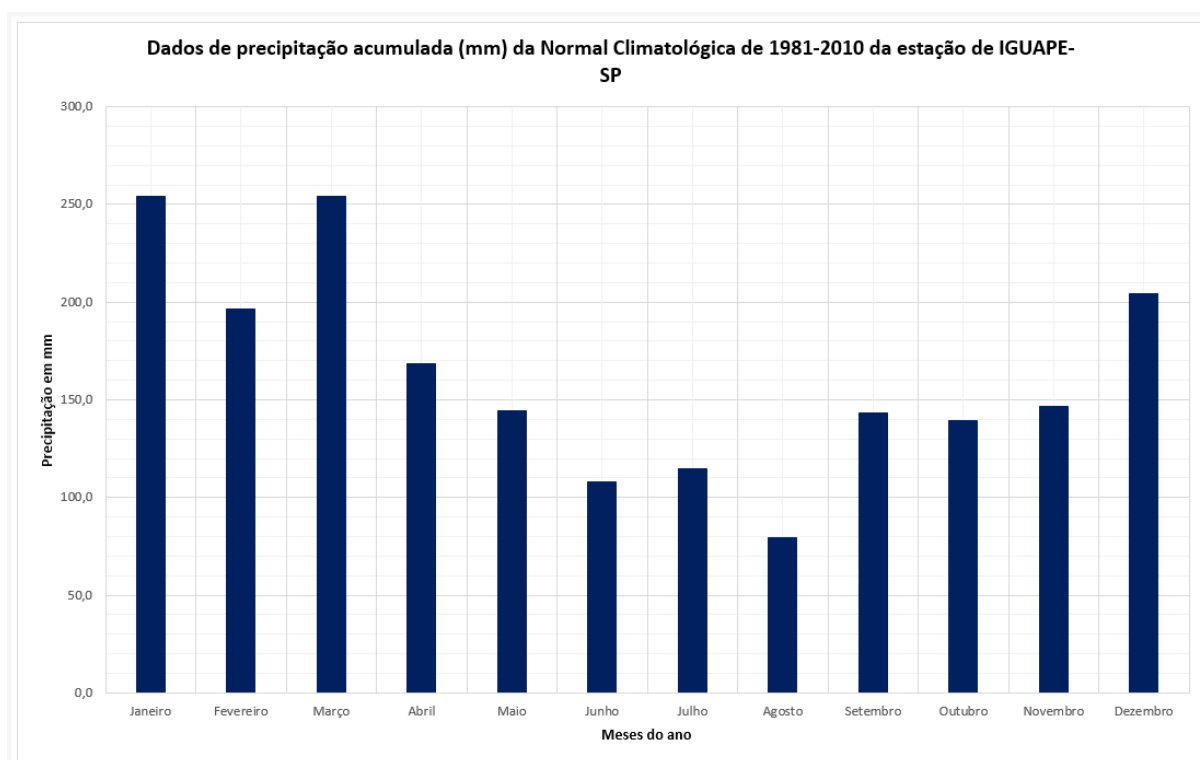


Figura 13: Chuva em mm por mês para normal climatológica de 1981-2010 em Iguape.
Fonte: INMET (2024).

A figura 13 permite visualizar os totais pluviométricos da série histórica de 1991-2020 para Iguape. Se observa a sazonalidade marcante, havendo totais pluviométricos superiores aos 150 mm para os meses de verão (janeiro, fevereiro e março). Já nos meses de outono, inverno e primavera, os totais pluviométricos são inferiores aos 150 mm, referentes aos meses de abril, maio, junho, julho, agosto, setembro, outubro e novembro. Os totais pluviométricos superam os 150 mm com o retorno do verão, na segunda metade do mês de dezembro.

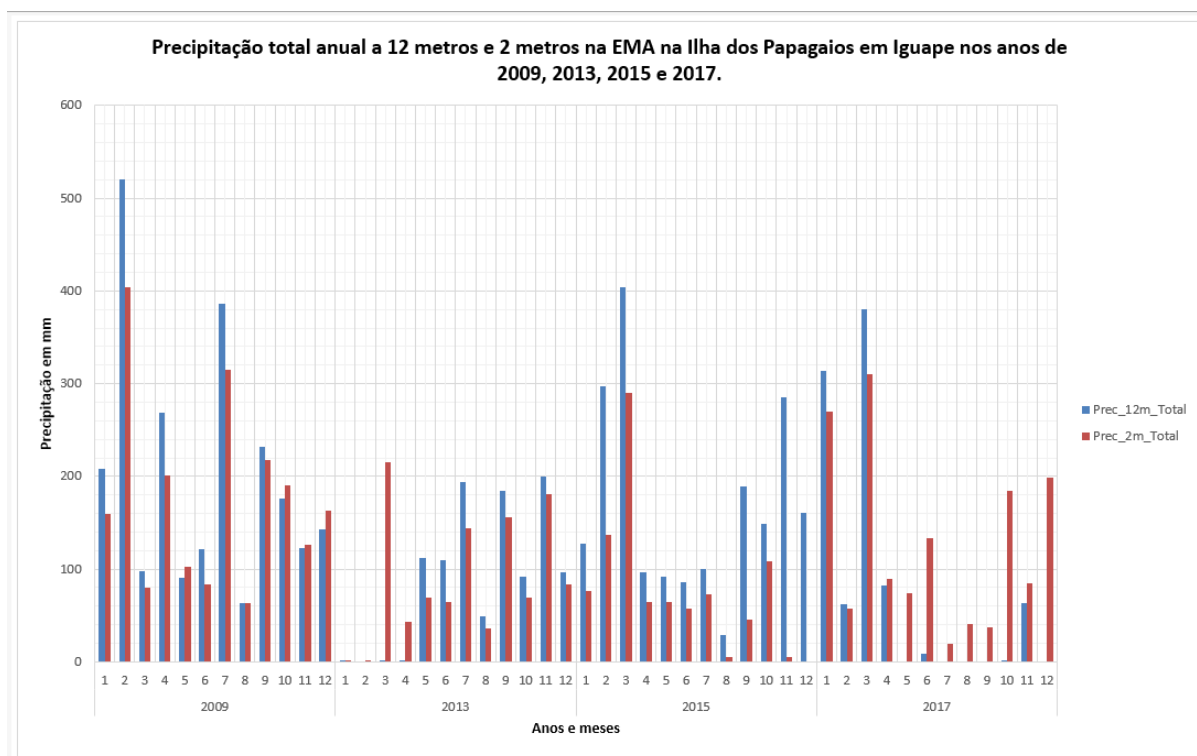


Figura 14: Precipitação total anual a 12 metros e 2 metros na EMA na Ilha dos Papagaios na Barra do Ribeira de Iguape nos anos de 2009, 2013, 2015 e 2017. Fonte: Rafael Epifanio (2024).

A figura 14 permite analisar os totais pluviométricos por meses e anos, segundo o banco de dados da EMA instalada na área de estudo. 2009 apresenta totais superiores aos 500 mm para os meses de janeiro, fevereiro e março e superiores aos 300 mm no mês de julho, representando o ano com totais pluviométricos mais elevados. Os demais anos de 2015 e 2017 também apresentam a sazonalidade marcante para o período de chuvas, sendo os meses de janeiro, fevereiro e março superiores aos 300 mm de precipitação. Já os meses de junho, julho, agosto e setembro apresentam valores inferiores aos 150 mm, havendo aumento nos meses de outubro, novembro e dezembro. O ano de 2013 merece destaque devido seus totais pluviométricos inferiores aos 250 mm durante todo o ano, caracterizando um ano de pouca precipitação ou estiagem.

Comparativamente com a figura 13, se observa totais pluviométricos superiores por ano, com registros superiores aos 300 mm em vários meses. Na figura 13 os totais pluviométricos mais elevados caracterizam-se pelos valores de 250 mm, aproximadamente. É importante ressaltar que se trata de uma normal climatológica, com distribuição da precipitação e respectivos registros dividida por 30 anos.

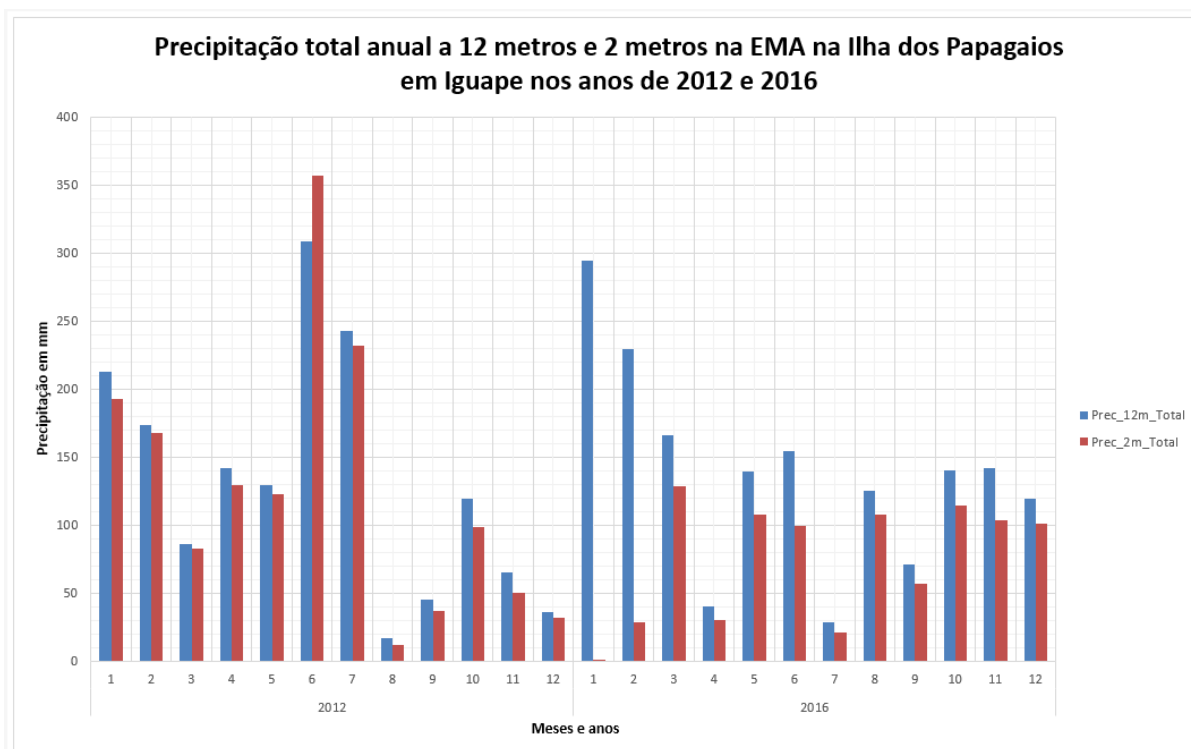


Figura 15: Precipitação total anual a 12 metros e 2 metros na EMA na Ilha dos Papagaios na Barra do Ribeira de Iguape nos anos de 2012 e 2016. Fonte: Rafael Epifanio (2024).

A figura 15 apresenta os totais pluviométricos segundo os dados da EMA instalada na Ilha dos Papagaios na Barra do Ribeira de Iguape a diferentes níveis altimétricos para o ano de 2012 e 2016. É possível observar que o ano de 2012 não apresenta sazonalidade marcada como os demais anos, sendo os meses de totais pluviométricos mais elevados referentes aos meses de inverno de junho e julho, com totais superiores aos 300 mm registrados. Já nos demais meses, os totais pluviométricos apresentam-se inferiores aos 250 mm, o que se caracteriza por uma inversão na dinâmica de precipitação para região, com totais pluviométricos no inverno superiores aos meses de verão.

Já no ano de 2016 a sazonalidade apresenta-se novamente marcada por totais pluviométricos nos meses de verão (janeiro, fevereiro e março) superiores aos 250 mm comparativamente com os meses de inverno (junho, julho e agosto), inferiores aos 150 mm. julho merece destaque devido aos totais inferiores aos 50 mm registrados.

Temperatura do ar

Os dados de temperatura do ar foram analisados em conjunto, considerando as temperaturas máximas, médias e mínimas nos diferentes níveis altimétricos (12 metros e 2 metros). A análise conjunta permite visualizar as diferenças e amplitudes térmicas dos registros acima do dossel (12 metros) e abaixo do dossel (2 metros), durante todo o ano considerado. Já a análise gráfica de temperatura mínima e máxima absoluta permite observar o registro de eventos climáticos extremos de acordo com a data de ocorrência e medição dos respectivos valores segundo os diferentes níveis altimétricos.

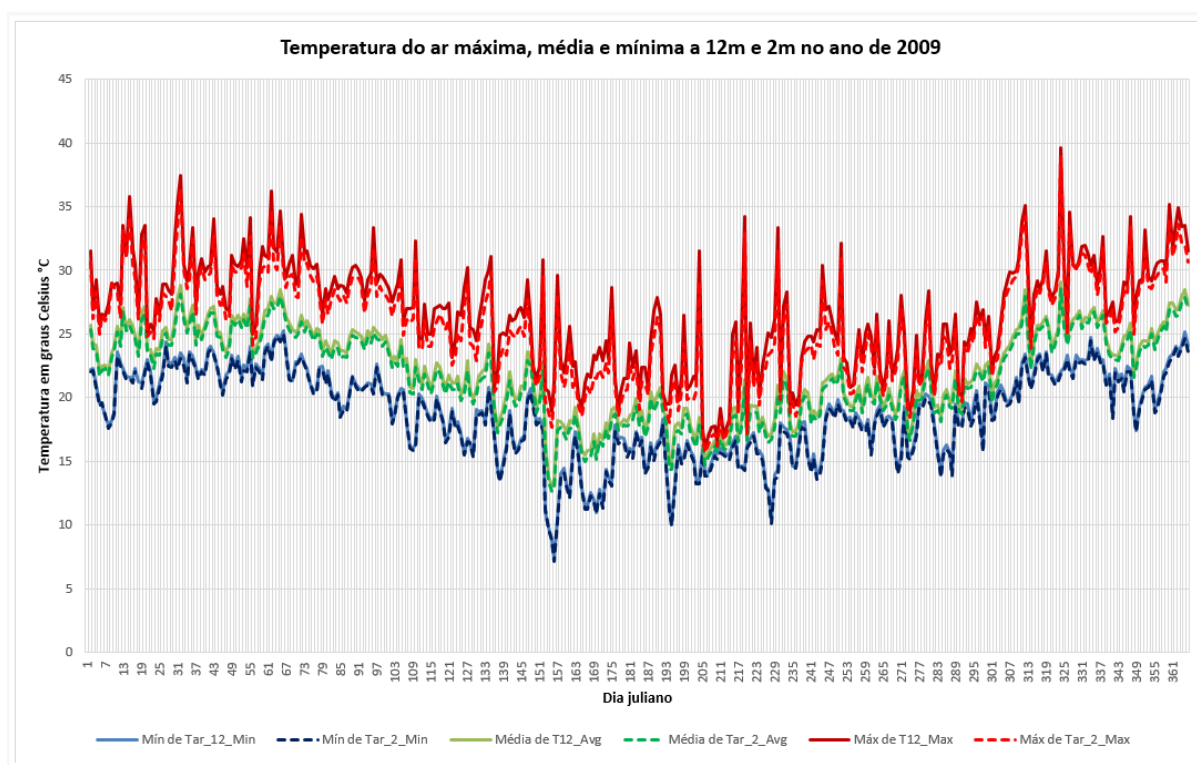


Figura 16: Temperatura do ar máxima, média e mínima acima (12 metros) e abaixo (2 metros) do dossel no ano de 2009 em dia juliano no manguezal da Barra do Ribeira - Iguape/SP. Fonte: Rafael Epifanio (2024).

A figura 16 permite visualizar uma ampla gama de fenômenos importantes do ponto de vista climático. Primeiro é possível observar a diferença entre as medições a 12 metros de superfície (acima das copas) e 2 metros (abaixo das copas), ainda que ligeira. As medições a 12 metros apresentam maiores amplitudes térmicas, sobretudo nas temperaturas máximas e médias, de modo que fica nítida a influência da vegetação na temperatura do ar sobre o ponto de vista microclimático.

O ano de 2009 apresenta temperaturas médias em torno de 21 e 27 graus Celsius no verão e outono, caindo para 17 a 21 graus Celsius no inverno, e novamente subindo em torno de 21 a 28 °C com a primavera e verão. Torna evidente um movimento sazonal da temperatura média anual, estando a temperatura máxima e mínima em consonância com esta sazonalidade. Desta forma, as temperaturas máximas apresentam-se mais expressivas nas estações quentes (verão e primavera), e as mínimas mais expressivas na estação fria (inverno).

É possível identificar eventos pontuais expressivos entre os dias 150 (30 de maio) e 157 (06 de junho), com uma queda abrupta de temperatura, bem como temperaturas máximas acima dos 35 graus Celsius no dia 32 (01 de fevereiro), 62 (03 de março) e 324 (20 de novembro). Não obstante, é possível identificar temperaturas mínimas contrastantes no dia 156 (05 de junho), 195 (14 de julho) e 228 (16 de agosto), com temperaturas de 7,1 °C, 9,9°C e 10,1°C, respectivamente.

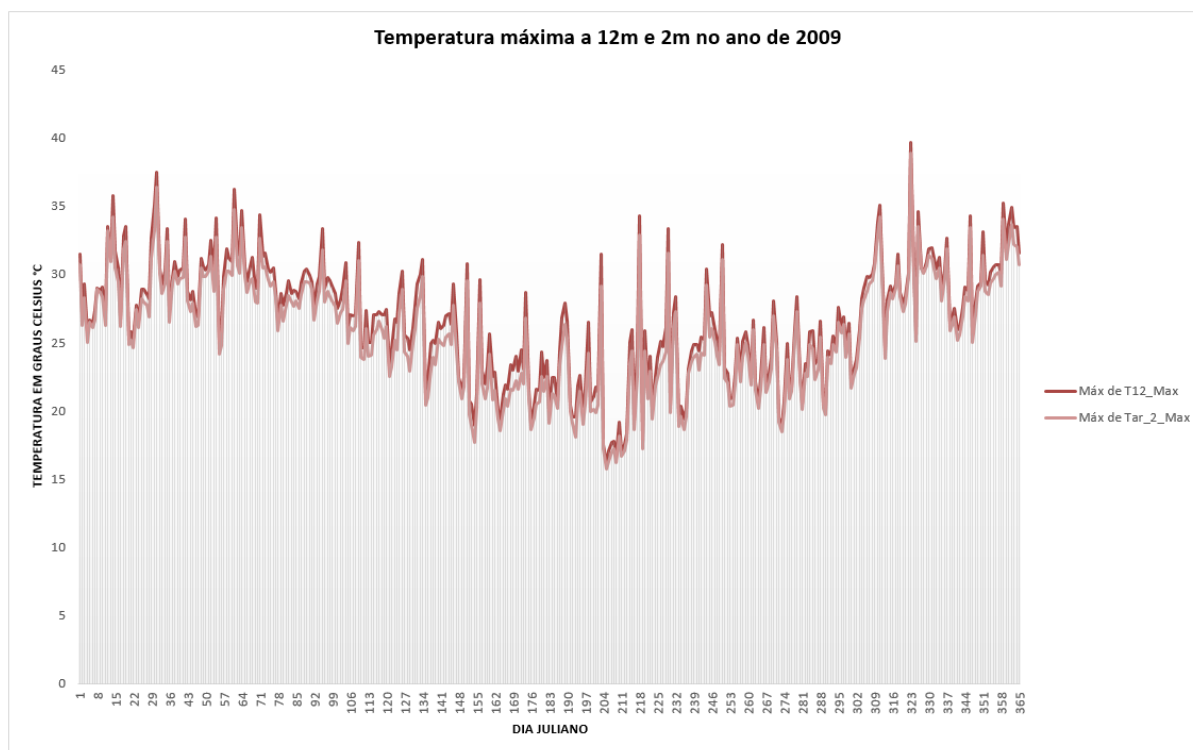


Figura 17: Temperatura do ar máxima absoluta acima (12 metros) e abaixo (2 metros) do dossel no ano de 2009 em dia juliano no manguezal da Barra do Ribeira - Iguape/SP. Fonte: Rafael Epifanio (2024).

A temperatura máxima para o ano de 2009 pode ser observado com detalhes na figura 17, onde destacam-se os dias 154 e 155 (03/04 de junho) com temperaturas máximas inferiores a 22°C, com registro de 18,9°C a 12 metros, 17,6°C a 2 metros no dia 154; e 21,2°C a 12 metros e 20,1°C a 2 metros no dia 155 (04 de junho), respectivamente. Também é possível observar

temperatura máxima acima dos 35°C referente ao dia 323 (19 novembro), com registro de 39,6°C a 12 metros e 38,8°C a 2 metros.

Tais registros com temperaturas máximas inferiores a 22°C podem ser analisados a partir das cartas sinóticas para o respectivo dia de 155 (04 de junho), onde a passagem de um ciclone extratropical associado a um sistema frontal à sudeste da área de estudo impôs condições que acabaram por influenciar na queda de temperatura registrada.

Já os registros de temperaturas maiores que 35°C podem ser analisadas a partir das respectivas cartas sinóticas do referido dia de 19 de novembro (figura 18), onde uma massa de ar de baixa pressão quente e seca, que se forma no interior do continente sul americano, na região dos pampas, acabam por inferir na condição de temperatura na região da área de estudo analisada (BORSATO, 2016).

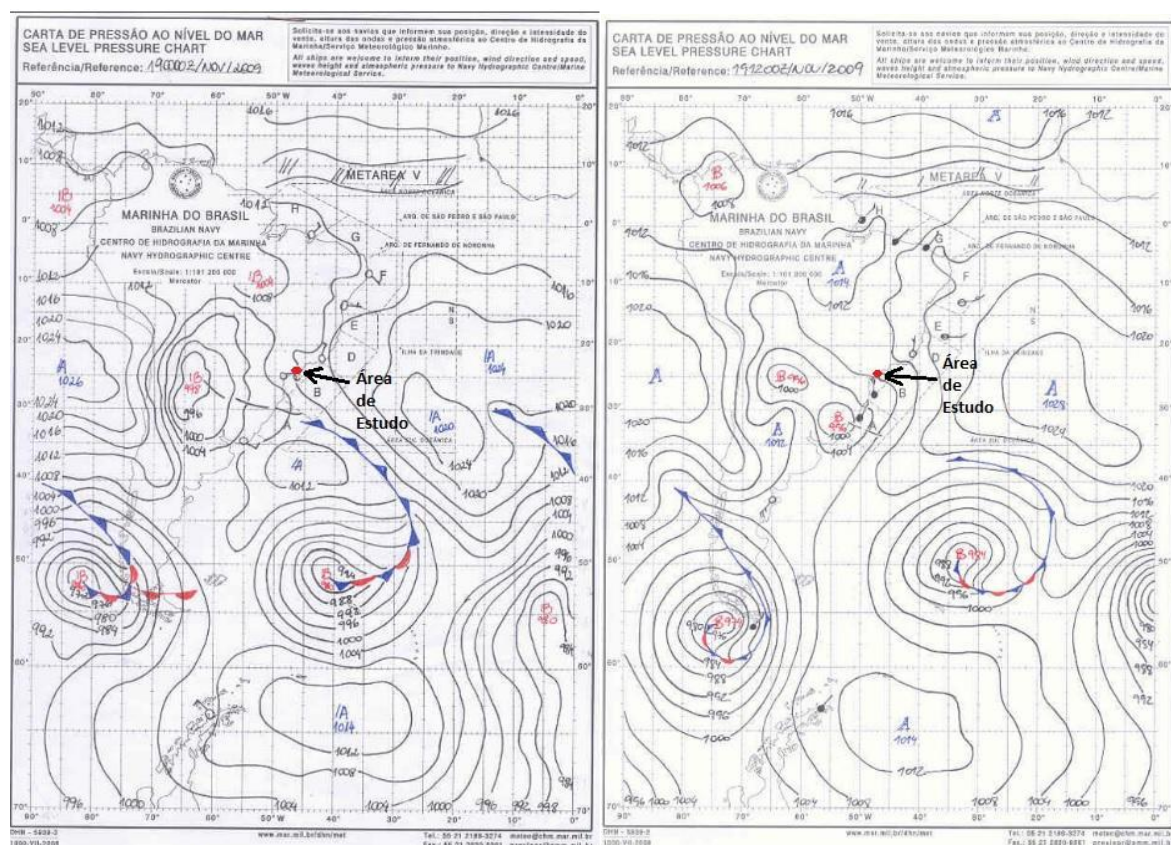


Figura 18: Cartas sinóticas do dia 19 de novembro de 2009 às 00 TMG (esquerda) e 12 TMG (direita). Fonte: Marinha do Brasil (2009). Adaptado.

A figura 18 permite visualizar a massa de ar de baixa pressão entre as latitudes 25° e 30°S a oeste e sudoeste da área de estudo. Tal massa tem características específicas como baixa umidade, portanto seca, e de alta temperatura. Forma-se no interior do continente da América do Sul, na região dos pampas. Por tratar-se de uma massa quente e seca, esta acaba por

influenciar a região em estações quentes, como primavera e verão, onde a mesma ganha proeminência. Tal massa de ar possui a denominação de Massa Tropical Continental (mTc) (BORSATO, 2016).

Tabela 1: Dados de temperatura máxima absoluta horária e em minutos das 9, 15 e 21 horas do dia 19 de novembro de 2009.

ANO	MÊS	DIA	HORA	MIN	Tar °C max 12 metros	Tar °C max 2 metros
2009	Novembro	19	9	0	31,8 °C	30,6 °C
2009	Novembro	19	9	10	32,4 °C	31,5 °C
2009	Novembro	19	9	20	33,0 °C	32,1 °C
2009	Novembro	19	9	30	33,5 °C	32,6 °C
2009	Novembro	19	9	40	33,8 °C	33,1 °C
2009	Novembro	19	9	50	34,3 °C	33,5 °C
2009	Novembro	19	15	0	35,0 °C	34,8 °C
2009	Novembro	19	15	10	34,3 °C	33,9 °C
2009	Novembro	19	15	20	34,5 °C	34,0 °C
2009	Novembro	19	15	30	34,4 °C	33,8 °C
2009	Novembro	19	15	40	34,4 °C	33,8 °C
2009	Novembro	19	15	50	34,8 °C	34,2 °C
2009	Novembro	19	21	0	27,3 °C	27,0 °C
2009	Novembro	19	21	10	25,5 °C	25,3 °C
2009	Novembro	19	21	20	25,4 °C	25,1 °C
2009	Novembro	19	21	30	25,2 °C	24,9 °C
2009	Novembro	19	21	40	24,9 °C	24,6 °C
2009	Novembro	19	21	50	24,8 °C	24,5 °C

Fonte: Rafael Epifanio (2024).

A tabela 1 permite analisar os dados horários e de minutos do dia 19 de novembro de 2009. É possível observar que a temperatura máxima absoluta se apresenta acima dos 30°C já pela manhã, chegando aos 34,3°C a 12 metros e 33,5°C a 2 metros às 9 horas e 50 minutos. Nota-se que no horário citado a temperatura do ar ainda não atingiu seu pico, visto que tal fenômeno ocorre poucas horas após o meio-dia (horário de menor angulação solar, portanto maior incidência de radiação direta) (AYOADE, 1988). O período de temperatura máxima absoluta ocorre às 14 horas e 30 minutos, com registro de 39,6°C a 12 metros e 38,8°C a 2 metros, sendo o valor mais elevado para o ano inteiro.

É importante ressaltar a influência da dinâmica atmosférica nos registros apresentados, onde a figura 15 apresenta a formação de uma massa de ar quente e seca sobre a região da área de estudo, que promoveu o aumento de temperatura registrado, onde os valores de temperatura máxima absoluta foram os maiores para todo o ano de 2009.

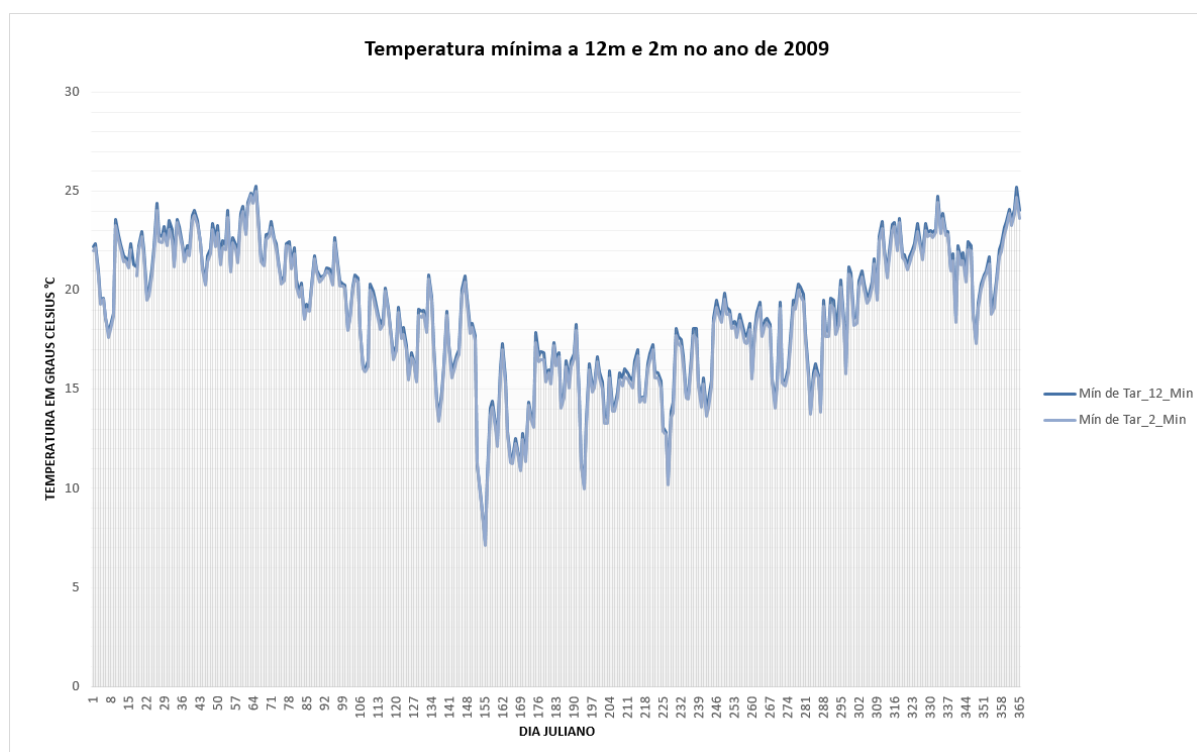


Figura 19: Temperatura do ar mínima absoluta acima (12 metros) e abaixo (2 metros) do dossel no ano de 2009 em dia juliano no manguezal da Barra do Ribeira - Iguape/SP. Fonte: Rafael Epifanio (2024).

A figura 19 permite observar a temperatura mínima registrada a 12 metros e 2 metros acima da superfície no ano de 2009 em na Ilha dos Papagaios. Destaca-se a sazonalidade no

que tange à medição dos dados, com temperaturas mínimas mais proeminentes na estação fria do inverno.

Há de se considerar na análise em especial o dia 155 (04 de junho), onde houve registro de temperaturas mínimas absolutas inferiores a 8°C , mais especificamente com medições de $7,3^{\circ}\text{C}$ a 12 metros e $7,1^{\circ}\text{C}$ a 2 metros. Tais registros no ambiente microclimático associam-se à dinâmica atmosférica atuante na região, referente a passagem de um sistema frontal associado a um ciclone extratropical à sudeste do continente sul americano.

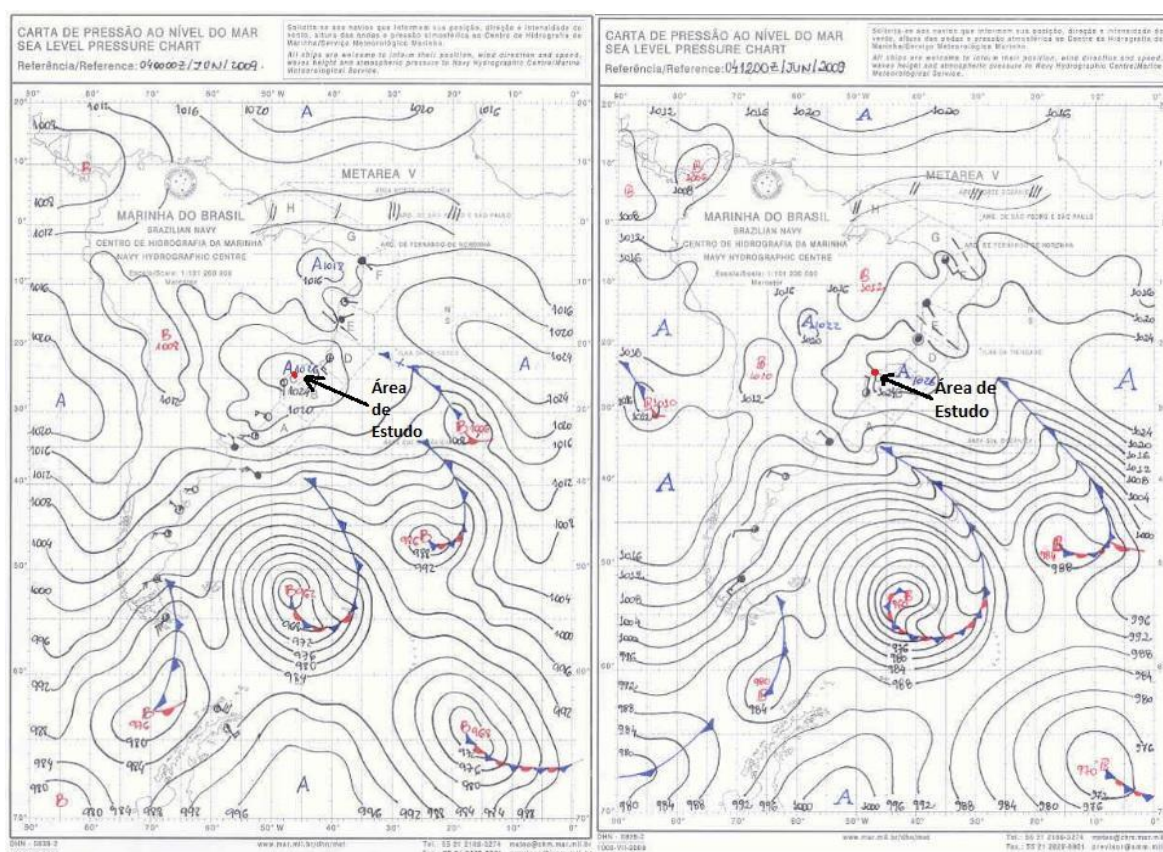


Figura 20: Cartas sinóticas do dia 04 de junho de 2009 às 00 TMG (a esquerda) e 12 TMG (a direita). Fonte: Marinha do Brasil (2009). Adaptado.

A figura 20 permite observar o sistema ciclônico extratropical associado à passagem de um sistema frontal à sudeste da área de estudo que acaba por influenciar na temperatura. É possível identificar o sistema de alta pressão atuante na região da área de estudo, que acaba por garantir estabilidade atmosférica. Portanto, a associação do ciclone extratropical com o anticiclone de alta pressão acaba por inferir em temperaturas mínimas absolutas inferiores a 8°C na data vigente.

Tabela 2: Dados de temperatura mínima absoluta horária e em minutos das 9, 15 e 21 horas do dia 04 de junho de 2009.

ANO	MÊS	DIA	HORA	MIN	Tar °C mín 12 metros	Tar °C mín 2 metros
2009	Junho	04	9	0	11,1 °C	10,1 °C
2009	Junho	04	9	10	11,6 °C	10,5 °C
2009	Junho	04	9	20	12,2 °C	10,8 °C
2009	Junho	04	9	30	12,6 °C	11,3 °C
2009	Junho	04	9	40	12,9 °C	11,7 °C
2009	Junho	04	9	50	13,3 °C	12,1 °C
2009	Junho	04	15	0	20,9	19,9
2009	Junho	04	15	10	21,0	19,9
2009	Junho	04	15	20	20,5	19,7
2009	Junho	04	15	30	20,7	19,7
2009	Junho	04	15	40	20,6	19,6
2009	Junho	04	15	50	20,8	19,7
2009	Junho	04	21	0	12,0 °C	12,0 °C
2009	Junho	04	21	10	11,9 °C	11,8 °C
2009	Junho	04	21	20	12,2 °C	11,8 °C
2009	Junho	04	21	30	12,0 °C	11,8 °C
2009	Junho	04	21	40	12,0 °C	11,9 °C
2009	Junho	04	21	50	12,0 °C	11,9 °C

Fonte: Rafael Epifanio (2024).

A tabela 2 permite visualizar os dados horários e em minutos às 9, 15 e 21 horas do dia 4 de junho de 2009. A temperatura mínima absoluta registra valores inferiores aos 8°C às 4 horas, sendo os menores registros as 4 horas e 30 minutos, com medição de 7,3°C a 12 metros e 7,1 °C a 2 metros. Tais valores representam os menores valores de temperatura mínima absoluta para todo o ano de 2009.

Há ligeiro aumento de temperatura ao decorrer do dia, com registro de 13,3°C a 12 metros e 12,1°C às 9 horas e 50 minutos, com consequente decréscimo às 21 horas e 10 minutos, com registros de 11,9°C a 12 metros e 11,8°C a 2 metros. O aumento de temperatura do ar se mostra significativo pela tarde, com registros de 20,8 °C a 12 metros e 19,7°C a 2 metros às 15 horas e 50 minutos. Tal variação diurna é referente ao movimento aparente do sol diário, que acaba por inferir no balanço diário de radiação, havendo aumento e diminuição da temperatura do ar ao longo do dia (AYOADE, 1988).

Os registros inferiores aos 8°C se relacionam com a dinâmica atmosférica regional, apresentado na figura 15. A passagem de um sistema frontal associado com a formação de um ciclone extratropical acaba por impor características físicas de temperatura, umidade e pressão das latitudes de origem, promovendo diminuição acentuada na temperatura do ar pelas latitudes por onde avança (BORSATO, 2016).

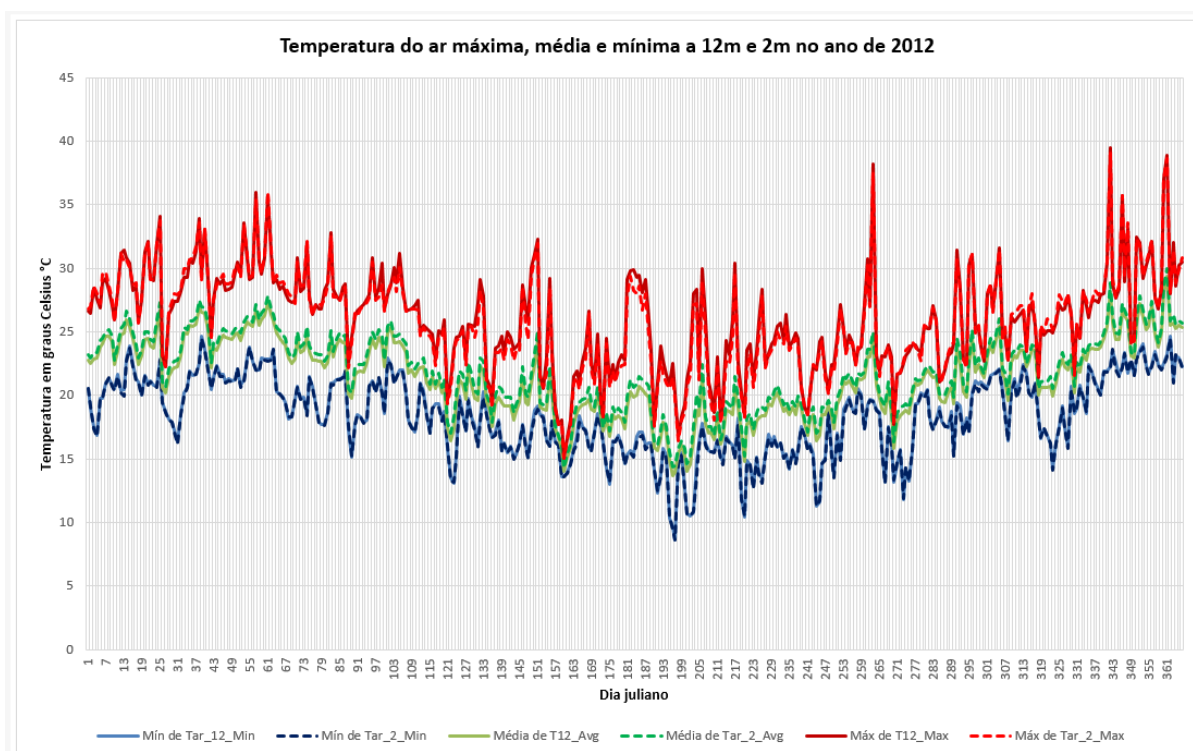


Figura 21: Temperatura do ar máxima, média e mínima acima (12 metros) e abaixo (2 metros) do dossel no ano de 2012 em dia juliano no manguezal da Barra do Ribeira - Iguape/SP. Fonte: Rafael Epifanio (2024).

A figura 21 permite identificar as variações das temperaturas do ar (máxima, média e mínima) ao longo do ano. Assim como o ano de 2009, as temperaturas apresentam sazonalidade bem marcada, sendo a temperatura máxima mais expressiva no verão, com medição em torno de 30 a 35 graus Celsius (°C) e a temperatura mínima, no inverno, com medições em torno de

15 a 11 graus Celsius (°C). A temperatura média mostra-se entre 20 a 27 graus Celsius entre os dias 1 (01 de janeiro) a 121 (30 de abril), correspondente ao verão e outono. Com o início do inverno há considerável queda na temperatura média do ar, variando em torno de 16 e 23 graus Celsius (°C).

É importante destacar os eventos de queda das temperaturas referentes aos dias 25 a 27 (de janeiro), 87 a 90 (27 a 30 de março), 119 a 121 (28 a 30 de maio), 155 a 160 (03 a 08 de junho), 188 a 191 (06 a 09 de julho), 206 a 212 (24 a 30 de julho), 217 a 220 (05 a 07 de agosto), 267 a 270 (23 a 26 de setembro), 305 a 308 (31 de outubro a 03 de novembro) e 346 a 350 (11 a 15 de dezembro). Tais quedas estão associadas à passagem de sistemas frontais proveniente de maiores latitudes.

Se destacam as medições de temperatura máxima absoluta extrema referente aos dias 263 (21 de setembro), 342 (09 de dezembro) e 361 (28 de dezembro), com registro de 38,1°C, 39,0°C e 38,5°C, respectivamente. Há também registro de temperaturas mínimas absolutas inferiores aos 15°C, referente aos dias 197 (17 de julho), 202 (22 de julho), 244 (02 de setembro) e 273 (01 de outubro), com temperaturas de 8,6°C, 10,5°C, 11,2°C e 11,9°C, respectivamente.

É possível observar diferença de registros entre as altitudes de 12 metros e 2 metros acima da superfície, as medições acima da copa das árvores (12 metros) apresentam amplitudes térmicas ligeiras, se comparada à medição abaixo das copas (2 metros). Tal diferença se dá devido à influência da vegetação no atributo climático analisado (temperatura do ar).

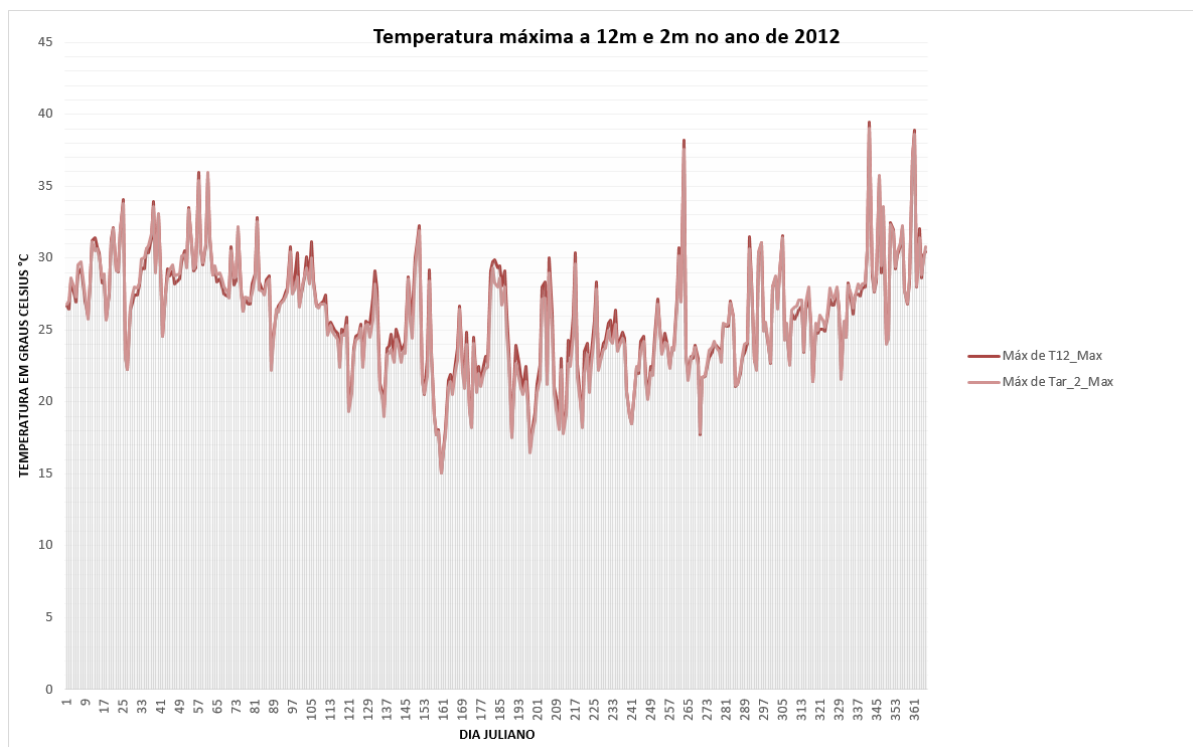


Figura 22: Temperatura do ar máxima absoluta acima (12 metros) e abaixo (2 metros) do dossel no ano de 2012 em dia juliano no manguezal da Barra do Ribeira - Iguape/SP. Fonte: Rafael Epifanio (2024).

A figura 22 mostra a temperatura máxima absoluta a 12 metros e 2 metros acima da superfície para o ano de 2012. Assim como os demais anos analisados, é possível destacar alguns dias nos quais apresentam temperaturas máximas absolutas abaixo de 21°C e acima de 35°C, sendo os dias 197 (17 de julho) e 342 (09 de dezembro), respectivamente.

O dia 197 (17 de julho) apresenta uma temperatura máxima registrada de 20,2°C a 12 metros e 19,7°C a 2 metros. Tal temperatura relativamente baixa para uma medida de temperatura máxima está associada à passagem de um sistema frontal, no qual impõe características físicas de temperatura e pressão proveniente de latitudes médias e altas.

O dia 342 (09 de dezembro) apresenta registro de temperatura máxima de 39,4°C a 12 metros e 39,0°C a 2 metros, representando o dia mais quente do ano. Tal registro associa-se à massa de ar quente e seca de baixa pressão do continente sul americano, com origem no oeste da área de estudo, nos pampas (BORSATO, 2016).

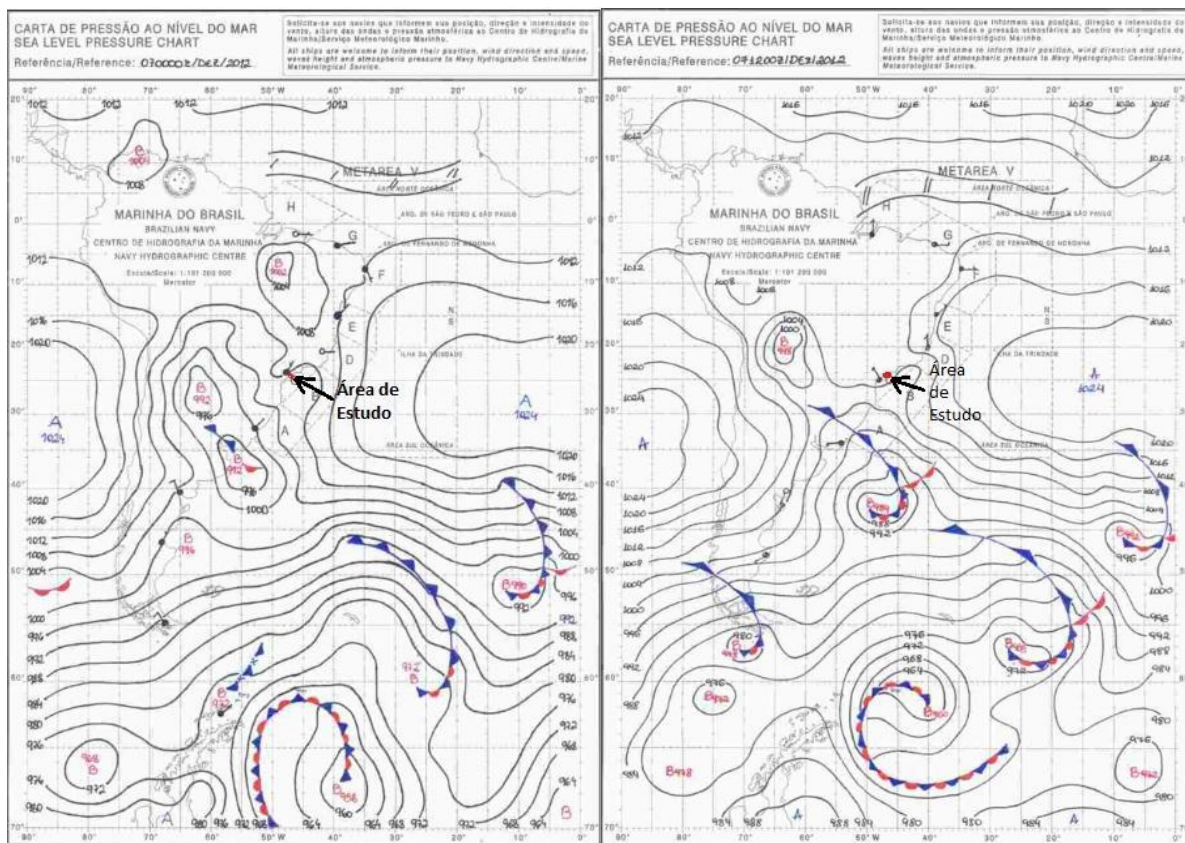


Figura 23: Cartas sinóticas do dia 07 de dezembro de 2012 às 00 TMG (a esquerda) e 12 TMG (a direita). Fonte: Marinha do Brasil (2012). Adaptado.

A figura 23 permite observar a massa de ar de baixa pressão no interior do continente sul americano, a oeste da área de estudo. Tal célula desenvolve-se nos pampas sul americanos, possuindo característica de alta temperatura e baixa umidade, denominada de massa tropical continental (mTc) (BORSATO, 2016). Tal massa possui proeminência na estação quente (verão) no hemisfério sul exercendo influência regional, estando, portanto, associada às temperaturas máximas de 39,4°C a 12 metros e 39,0°C a 2 metros registradas.

As cartas apresentam o desenvolvimento e passagem de um sistema frontal, que estão associados à queda de temperatura nos dias seguintes. No dia 343 (10 de dezembro) há um decréscimo de 10°C a 11°C na temperatura, havendo registro de 28,7°C a 12 metros e 29,1°C a 2 metros.

Tabela 3: Dados de temperatura máxima absoluta horária e em minutos das 9, 15 e 21 horas do dia 07 de dezembro de 2012.

ANO	MÊS	DIA	HORA	MINUTO	Tar °C max 12 metros	Tar °C max 2 metros
2012	Dezembro	07	9	0	31,7 °C	31,6 °C
2012	Dezembro	07	9	10	32,2 °C	32,3 °C
2012	Dezembro	07	9	20	32,8 °C	32,8 °C
2012	Dezembro	07	9	30	33,3 °C	33,2 °C
2012	Dezembro	07	9	40	32,9 °C	33,0 °C
2012	Dezembro	07	9	50	32,7 °C	32,5 °C
2012	Dezembro	07	15	0	37,9 °C	38,4 °C
2012	Dezembro	07	15	10	37,0 °C	36,9 °C
2012	Dezembro	07	15	20	36,0 °C	36,6 °C
2012	Dezembro	07	15	30	35,8 °C	36,0 °C
2012	Dezembro	07	15	40	34,8 °C	35,4 °C
2012	Dezembro	07	15	50	34,5 °C	34,8 °C
2012	Dezembro	07	21	0	25,3 °C	25,1 °C
2012	Dezembro	07	21	10	25,5 °C	25,1 °C
2012	Dezembro	07	21	20	25,4 °C	25,0 °C
2012	Dezembro	07	21	30	25,7 °C	24,9 °C
2012	Dezembro	07	21	40	25,6 °C	24,8 °C
2012	Dezembro	07	21	50	25,5 °C	24,8 °C

Fonte: Rafael Epifanio (2024).

A tabela 3 permite observar os dados horários e de minutos às 9, 15 e 21 horas do dia 07 de dezembro de 2012. É possível destacar as elevadas temperaturas logo no período matutino, com registro de temperatura máxima absoluta de 32,9°C a 12 metros e 33,0°C a 2 metros às 9 horas e 40 minutos. Com o decorrer do dia há elevação da temperatura do ar, sendo o maior registro às 14 horas e 40 minutos, com medição de 39,4°C a 12 metros e 39,0 a 2

metros. A temperatura cai pela noite, de acordo com a variação diária de radiação e incidência solar (AYOADE, 1988), com registros de 25,3°C a 12 metros e 25,1°C a 2 metros às 21 horas e 0 minutos.

É importante destacar a influência da dinâmica atmosférica no registro do fenômeno observado, onde o período matutino, que não apresenta o pico de radiação e incidência solar apresenta temperatura superior aos 30°C (AYOADE, 1988). Isso ocorre devido às massas de ar quente e seca no interior do continente sul americano e no centro oeste e nordeste do Brasil que acabam por promover aumento de temperatura, como apresentado na figura 23.

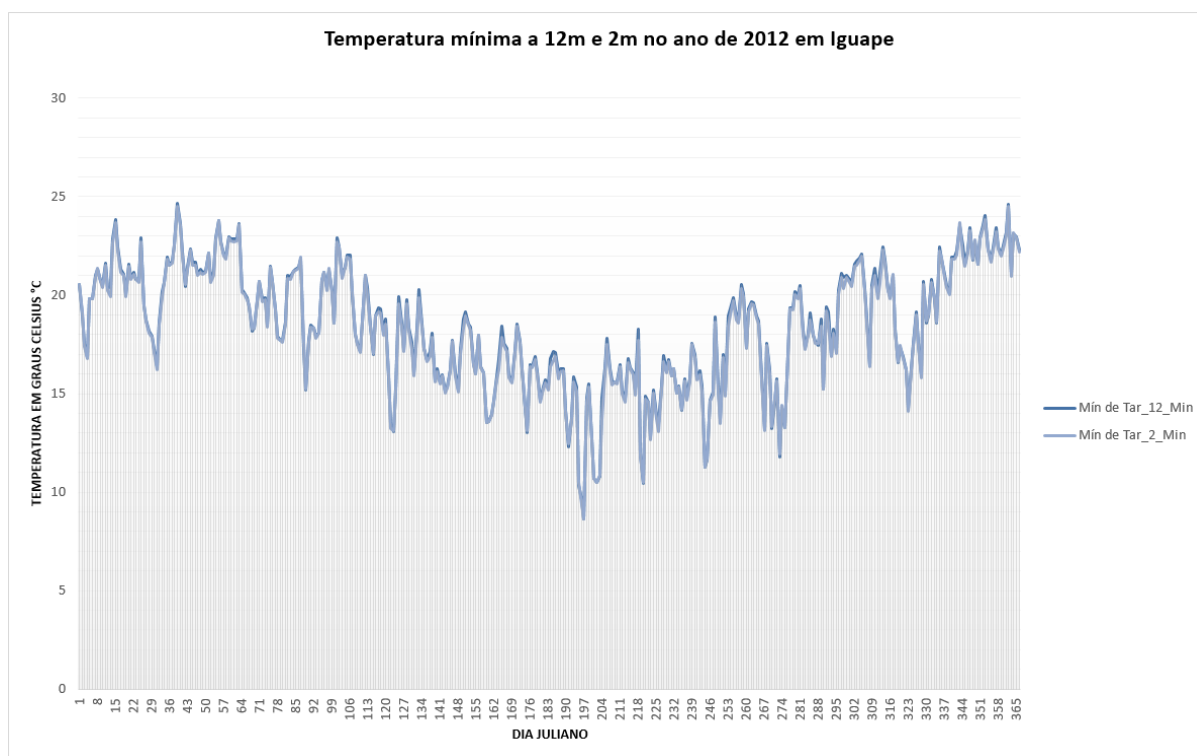


Figura 24: Temperatura do ar mínima absoluta acima (12 metros) e abaixo (2 metros) do dossel no ano de 2012 em dia juliano no manguezal da Barra do Ribeira - Iguape/SP. Fonte: Rafael Epifanio (2024).

A figura 24 mostra a temperatura mínima absoluta registrada para o ano de 2012 a 12 metros e 2 metros acima da superfície. Observa-se a proeminência das temperaturas mínimas na estação fria do inverno, com destaque para o dia 197 (17 de julho) com registro de temperaturas mínimas de 8,6°C à 12 e 2 metros. Tais registros associam-se à dinâmica atmosférica regional, com a passagem de um sistema frontal associado a um ciclone extratropical, comum nos meses de julho para a região.

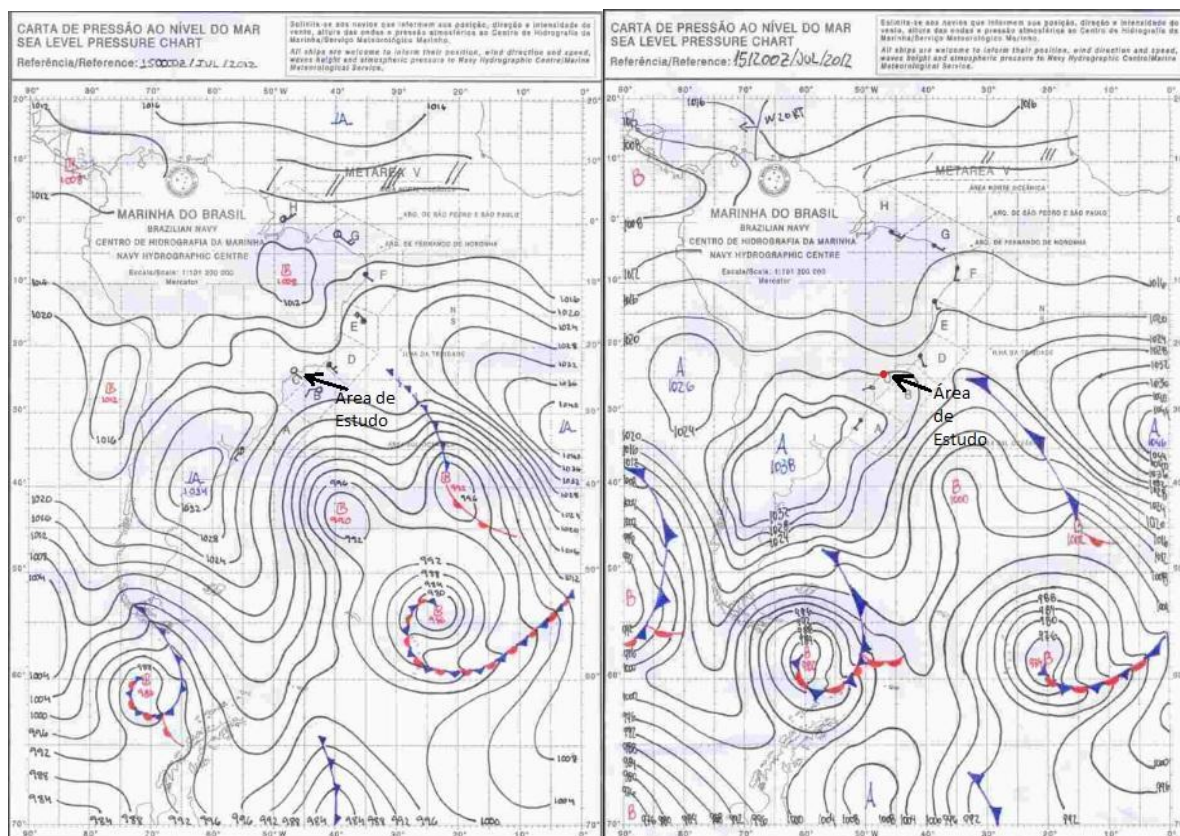


Figura 25: Cartas sinóticas do dia 15 de julho de 2012 às 00 TMG (a esquerda) e 12 TMG (a direita). Fonte: Marinha do Brasil (2012). Adaptado.

A figura 25 permite visualizar a dinâmica atmosférica para América do sul e oceano Atlântico no dia 15 de julho de 2012 às 00 TMG (21 horas) e 12 TMG (9 horas). É possível destacar a passagem de um sistema frontal, no qual impõe características físicas de temperatura provenientes de latitudes médias e altas, ou seja, mais frias (BORSATO, 2016). Dessa forma, associa-se diretamente com o registro de temperatura mínima abaixo dos 9°C registrados.

Tabela 4: Dados de temperatura mínima absoluta horária e em minutos das 9, 15 e 21 horas do dia 15 de julho de 2012.

ANO	MÊS	DIA	HORA	MIN	Tar °C mín 12 metros	Tar °C mín 2 metros
2012	Julho	15	9	0	12,0 °C	11,6 °C
2012	Julho	15	9	10	12,4 °C	12,2 °C
2012	Julho	15	9	20	12,9 °C	12,8 °C
2012	Julho	15	9	30	13,3 °C	13,3 °C
2012	Julho	15	9	40	13,9 °C	13,9 °C
2012	Julho	15	9	50	14,4 °C	14,3 °C
2012	Julho	15	15	0	17,4 °C	17,3 °C
2012	Julho	15	15	10	17,1 °C	17,1 °C
2012	Julho	15	15	20	16,9 °C	16,8 °C
2012	Julho	15	15	30	16,4 °C	16,6 °C
2012	Julho	15	15	40	16,4 °C	16,3 °C
2012	Julho	15	15	50	16,6 °C	16,4 °C
2012	Julho	15	21	0	16,9 °C	16,5 °C
2012	Julho	15	21	10	16,8 °C	16,5 °C
2012	Julho	15	21	20	16,7 °C	16,4 °C
2012	Julho	15	21	30	16,7 °C	16,4 °C
2012	Julho	15	21	40	16,8 °C	16,5 °C
2012	Julho	15	21	50	16,8 °C	16,5 °C

Fonte: Rafael Epifanio (2024).

A tabela 4 permite observar os dados horários e em minutos do dia 15 de julho de 2012, às 9, 15 e 21 horas. Há destaque para o registro às 7 horas e 30 minutos, com medição de 8,6°C em ambos os níveis altimétricos. Este valor mínimo registrado apresenta relação intrínseca com a dinâmica atmosférica regional mostrado na figura 25, onde a passagem de um sistema frontal impõe características físicas de temperatura e pressão de sua região de origem (médias e altas latitudes), promovendo queda de temperatura.

Se observa que há ligeiro aumento de temperatura no decorrer do dia, com registro mínimo de 12,4 °C a 12 metros e 12,2°C a 2 metros às 9 horas e 10 minutos; 17,4°C a 12 metros e 17,3°C a 2 metros às 15 horas e 16,7°C a 12 metros e 16,4°C a 12 metros às 21 horas e 20 minutos. Tal mudança está relacionada ao aumento de incidência solar e radiação ao longo do dia (AYOADE, 1988). A temperatura mantida acima dos 15°C pela noite mesmo com ausência de radiação solar está relacionada como a nebulosidade, onde a água atua como um gás do efeito estufa, retendo a radiação infravermelha e o calor gerado durante o dia pela radiação solar (AYOADE, 1988).

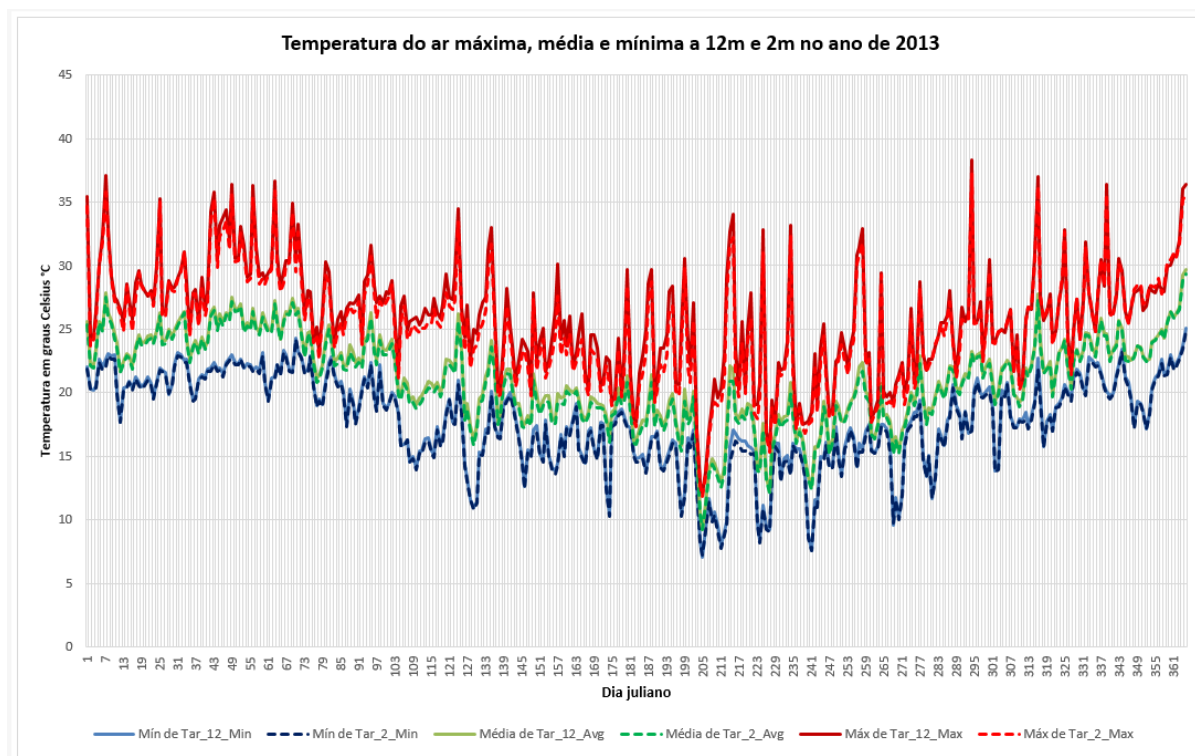


Figura 26: Temperatura do ar máxima, média e mínima acima (12 metros) e abaixo (2 metros) do dossel no ano de 2013 em dia juliano no manguezal da Barra do Ribeira - Iguape/SP. Fonte: Rafael Epifanio (2024).

A figura 26 mostra as temperaturas do ar (máxima, média e mínima) no ano de 2013. É possível observar a mesma sazonalidade apresentada nos anos anteriores, de modo que as temperaturas máximas são mais expressivas no verão, com temperaturas em torno de 25°C a 35°C. Já no inverno, as temperaturas mínimas mostram-se mais proeminentes, variando entre 15°C e 13°C. As temperaturas médias no verão e outono apresentam medição em torno de 21°C a 25 °C, sofrendo ligeira queda no inverno, com temperaturas em torno de 17°C e 22°C. A

temperatura volta a subir novamente com o início da primavera e retorno do verão, com temperaturas marcando 18°C a 24°C.

É importante destacar os eventos de queda de temperatura referente aos dias 71 a 78 (12 a 19 de março), 124 a 128 (04 a 08 de maio), 180 a 183 (29 de junho a 03 de julho), 202 a 205 (21 de julho a 24 de julho) e 234 a 241 (22 a 29 de agosto). Tais eventos estão associados a massas de ar regionais que acabam por impor suas características sobre o microclima analisado.

Destaca-se os eventos de temperatura máxima absoluta acima de 35°C registrados nos dias 7 (de janeiro), 43 (12 de fevereiro), 49 (18 de fevereiro), 56 (25 de fevereiro), 63 (04 de março), 294 (21 de outubro), 316 (12 de novembro), 339 (05 de dezembro) e 365 (31 de dezembro). Há também registro de temperaturas mínimas expressivas, referente aos dias 129 (09 de maio), 174 (23 de junho), 198 (17 de julho), 205 (24 de julho), 211 (30 de julho), 224 (12 de agosto), 227 (15 de agosto), 241 (29 de agosto) e 268 (25 de setembro) com registro de 10,8°C, 10,2°C, 10,3°C, 7,2°C, 7,7°C, 8,2°C, 9,0°C, 7,5°C e 9,7°C respectivamente.

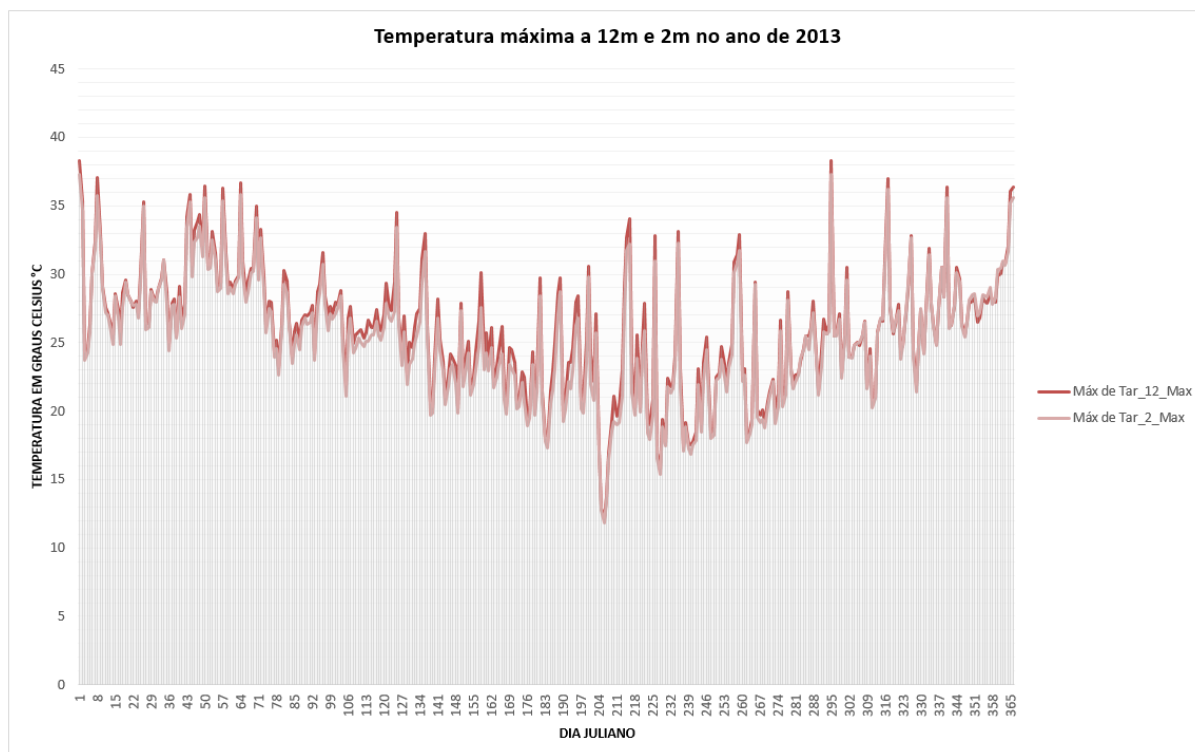


Figura 27: Temperatura do ar máxima absoluta acima (12 metros) e abaixo (2 metros) do dossel no ano de 2013 em dia juliano no manguezal da Barra do Ribeira - Iguape/SP. Fonte: Rafael Epifanio (2024).

A figura 27 mostra a temperatura máxima registrada a 12 metros e 2 metros acima da superfície para o ano de 2013. É possível destacar algumas datas importantes, como o dia 1 (01 de janeiro) e 205 (24 de julho). O dia 1 de janeiro apresenta registro de temperatura máxima de 37,0°C e 35,7°C a 12 metros e 2 metros, respectivamente. O dia mais quente do ano refere-se ao dia 294 (21 de outubro), com registro de 38,3°C a 12 metros e 37,2°C a 2 metros. Apesar de o dia 1 não representar o dia mais quente do ano, este apresenta peculiaridades sinóticas que merecem atenção de análise.

Se destaca o dia 205 (24 de julho), no qual apresenta registro de temperatura máxima absoluta inferior aos 15,0°C, com medidas de 12,1°C a 12 metros e 11,8°C a 2 metros, representando registros extremamente reduzidos. Tal registro associa-se à passagem de um sistema frontal.

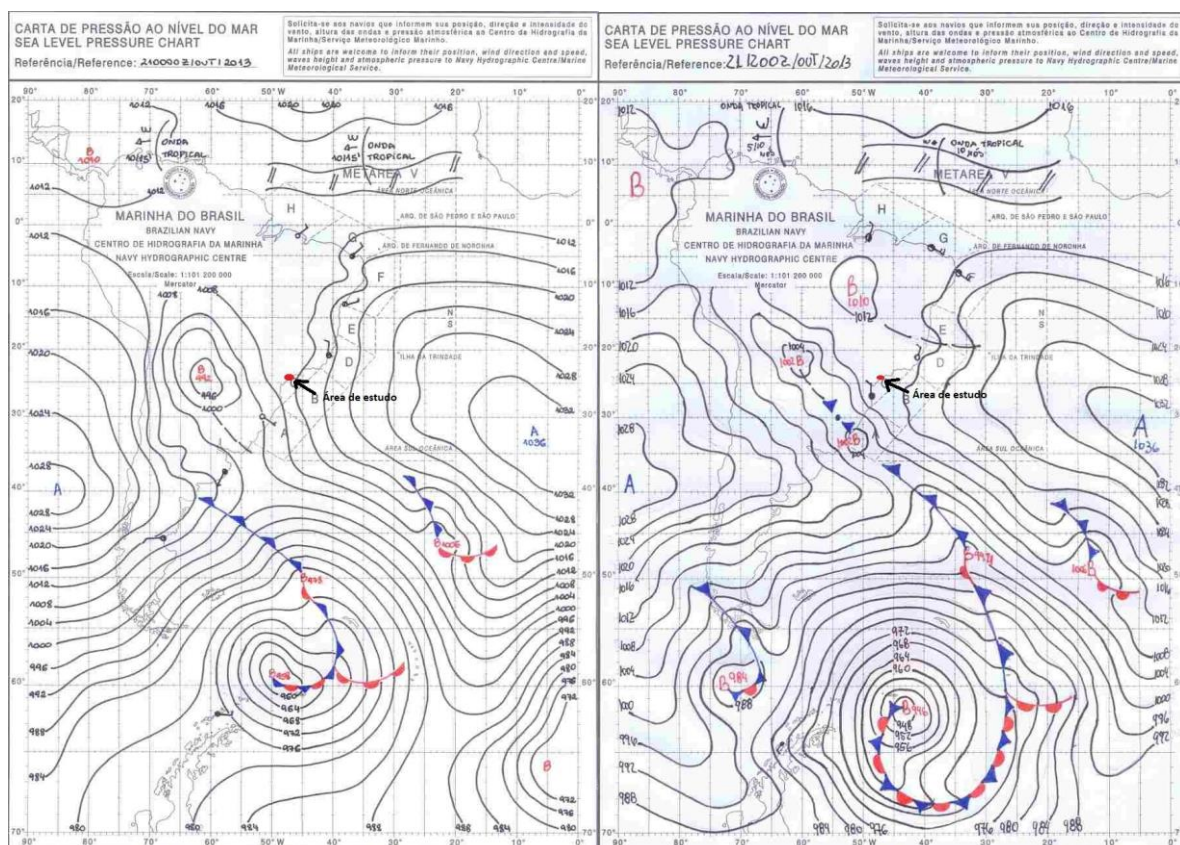


Figura 28: Cartas sinóticas do dia 21 de outubro de 2013 às 00 TMG (a esquerda) e 12 TMG (a direita). Fonte: Marinha do Brasil (2013). Adaptado.

A figura 28 permite visualizar o desenvolvimento de um ciclone extratropical no sul do Atlântico Sul associado a aproximação de um sistema frontal a sul-sudeste da área de estudo, bem como as massas de ar quente e seca, referente à massa tropical continental (mTc) à Oeste e Sudoeste da área de estudo; e a massa de ar quente e úmida referente à massa equatorial continental (mEc) a norte e nordeste do Brasil (BORSATO, 2016).

A temperatura acima de 35°C registrada no dia 21 de outubro se dá, sobretudo, devido à influência da massa tropical continental (mTc), no qual influencia regionalmente o tempo e clima a sudoeste e sudeste da América do Sul, impondo características físicas de temperaturas elevadas (BORSATO, 2016). É importante destacar que tal massa de ar é mais proeminente nas estações quentes de primavera e verão, no qual o dia 21 de outubro está inserido, caracterizado como o dia de maior temperatura máxima absoluta.

Tabela 5: Dados de temperatura máxima absoluta horária e em minutos das 9, 15 e 21 horas do dia 21 de outubro de 2013.

ANO	MÊS	DIA	HORA	MINUTO	Tar °C max 12 metros	Tar °C max 2 metros
2013	Outubro	21	9	0	20,8 °C	20,6 °C
2013	Outubro	21	9	10	21,1 °C	20,9 °C
2013	Outubro	21	9	20	21,4 °C	21,2 °C
2013	Outubro	21	9	30	21,7 °C	21,7 °C
2013	Outubro	21	9	40	22,2 °C	22,3 °C
2013	Outubro	21	9	50	22,9 °C	23,2 °C
2013	Outubro	21	15	0	28,0 °C	28,1 °C
2013	Outubro	21	15	10	28,0 °C	28,1 °C
2013	Outubro	21	15	20	28,0 °C	28,0 °C
2013	Outubro	21	15	30	28,0 °C	27,8 °C
2013	Outubro	21	15	40	28,1 °C	28,0 °C
2013	Outubro	21	15	50	28,1 °C	27,9 °C
2013	Outubro	21	21	0	21,3 °C	21,0 °C
2013	Outubro	21	21	10	21,3 °C	21,0 °C
2013	Outubro	21	21	20	21,4 °C	21,0 °C
2013	Outubro	21	21	30	21,4 °C	21,1 °C
2013	Outubro	21	21	40	21,4 °C	21,0 °C
2013	Outubro	21	21	50	21,2 °C	20,9 °C

Fonte: Rafael Epifanio (2024).

A tabela 5 permite analisar os dados horários e em minutos do dia 21 de outubro de 2013. É possível observar temperaturas amenas no período da manhã e noite, com temperaturas máximas absolutas em torno de 22,9°C a 12 metros e 23,2°C a 2 metros às 9 horas e 50 minutos. Logo após ao meio dia, se observa elevação nos registros, com a temperatura máxima absoluta atingindo seu pico registrado para o dia e para o ano às 13 horas e 40 minutos com medição de

38,3°C a 12 metros e 37,2°C a 2 metros, representando o dia mais quente do ano. A noite observa redução significativa da temperatura, com registros entre 20°C e 21°C às 21 horas.

As elevadas temperaturas máximas absolutas estão relacionadas com a presença e influência da massa tropical continental (mTc), com características de altas temperaturas e baixa umidade, originada nos pampas sul americanos (BORSATO, 2016). Tal massa exerce influência regional, inferindo altas temperaturas na área de estudo, como observado nos registros da estação microclimática.

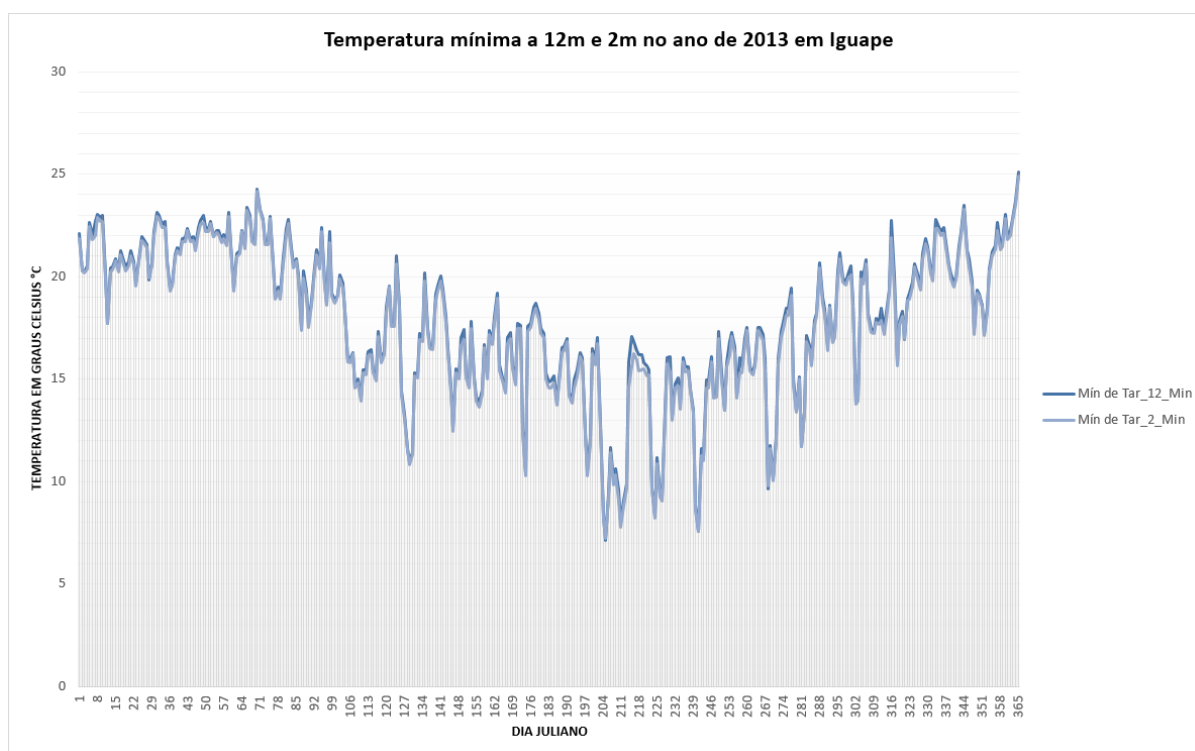


Figura 29: Temperatura do ar mínima absoluta acima (12 metros) e abaixo (2 metros) do dossel no ano de 2013 em dia juliano no manguezal da Barra do Ribeira - Iguape/SP. Fonte: Rafael Epifanio (2024).

A figura 29 apresenta a temperatura mínima registrada de 12 metros e 2 metros acima da superfície para o ano de 2013 na Ilha dos Papagaios. A sazonalidade se apresenta bem destacada, com temperaturas mínimas mais proeminentes no outono e inverno. Se destaca o dia 205 (24 julho), com registro de temperatura de 7,1°C a 12 metros e 7,2°C a 2 metros. Tais medições associam-se à passagem de um sistema frontal, característico dos meses de julho.

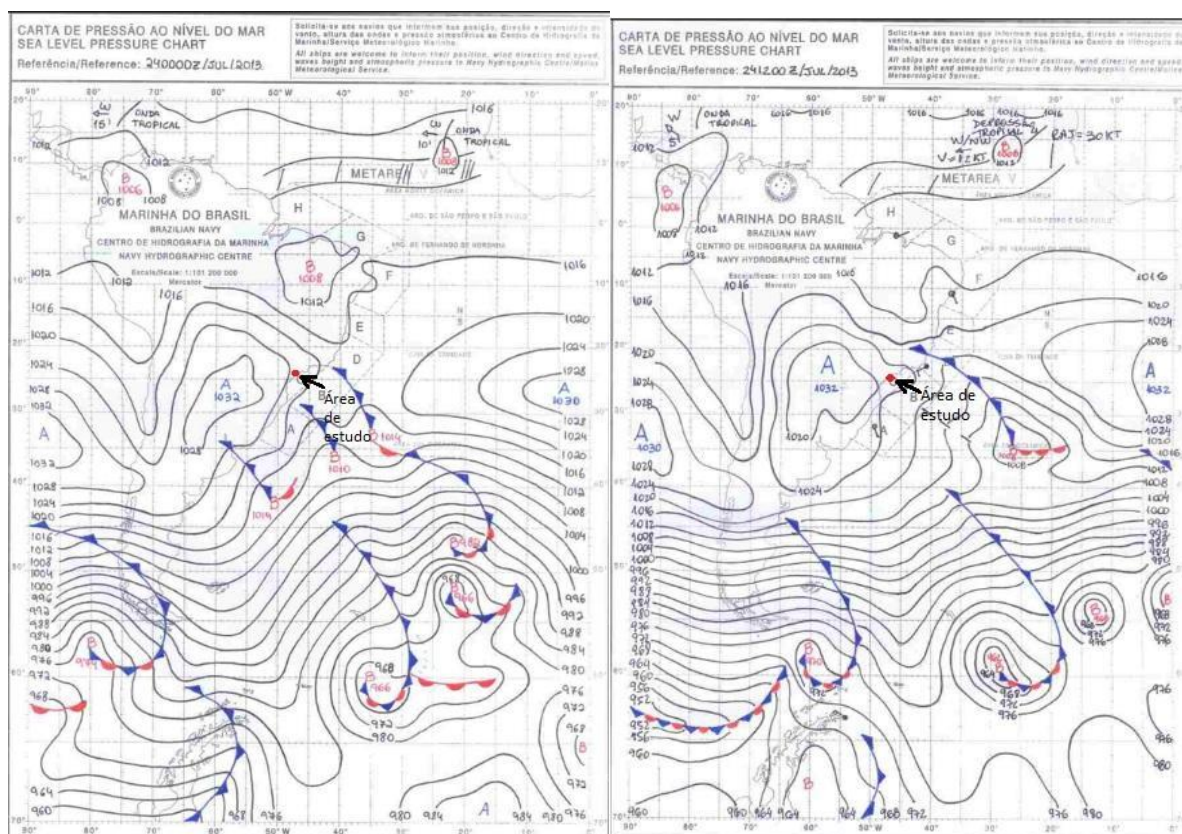


Figura 30: Cartas sinóticas do dia 24 julho de 2013 às 00 TMG (a esquerda) e 12 TMG (a direita). Fonte: Marinha do Brasil (2013). Adaptado.

A figura 30 permite observar a passagem de um sistema frontal no qual impõe características físicas de temperatura e pressão de latitudes médias e altas. É importante destacar que o registro de temperatura mínima inferior a 8°C associa-se diretamente com a passagem deste sistema frontal, característicos dos meses de julho na estação mais fria (inverno).

Tabela 6: Dados de temperatura mínima absoluta horária e em minutos das 9, 15 e 21 horas do dia 24 de julho de 2013.

ANO	MÊS	DIA	HORA	MIN	Tar °C mín 12 metros	Tar °C mín 2 metros
2013	Julho	24	9	0	7,7 °C	7,7 °C
2013	Julho	24	9	10	7,7 °C	7,7 °C
2013	Julho	24	9	20	7,8 °C	7,9 °C
2013	Julho	24	9	30	8,1 °C	8,0 °C
2013	Julho	24	9	40	8,1 °C	7,9 °C
2013	Julho	24	9	50	8,3 °C	8,0 °C
2013	Julho	24	15	0	10,4 °C	10,3 °C
2013	Julho	24	15	10	10,4 °C	10,3 °C
2013	Julho	24	15	20	10,4 °C	10,3 °C
2013	Julho	24	15	30	10,4 °C	10,3 °C
2013	Julho	24	15	40	10,6 °C	10,6 °C
2013	Julho	24	15	50	10,8 °C	10,8 °C
2013	Julho	24	21	0	9,4 °C	9,5 °C
2013	Julho	24	21	10	9,5 °C	9,4 °C
2013	Julho	24	21	20	9,5 °C	9,3 °C
2013	Julho	24	21	30	9,5 °C	9,3 °C
2013	Julho	24	21	40	9,4 °C	9,3 °C
2013	Julho	24	21	50	9,4 °C	9,3 °C

Fonte: Rafael Epifanio (2024).

A tabela 6 permite observar os dados horários e em minutos do dia 24 de julho de 2013 às 9 e 21 horas. É possível analisar registro de temperatura mínima absoluta inferior aos 8°C no período matutino, sendo os menores registros de 7,7°C para ambos os níveis altimétricos às 9 horas e 10 minutos. Há reduzido aumento de temperatura no decorrer do dia, com registro de 10,8°C para ambos os níveis altimétricos às 15 horas e 50 minutos. Pela noite observa-se novamente redução de temperatura, apresentando medições em torno de 9,5°C e 9,3°C.

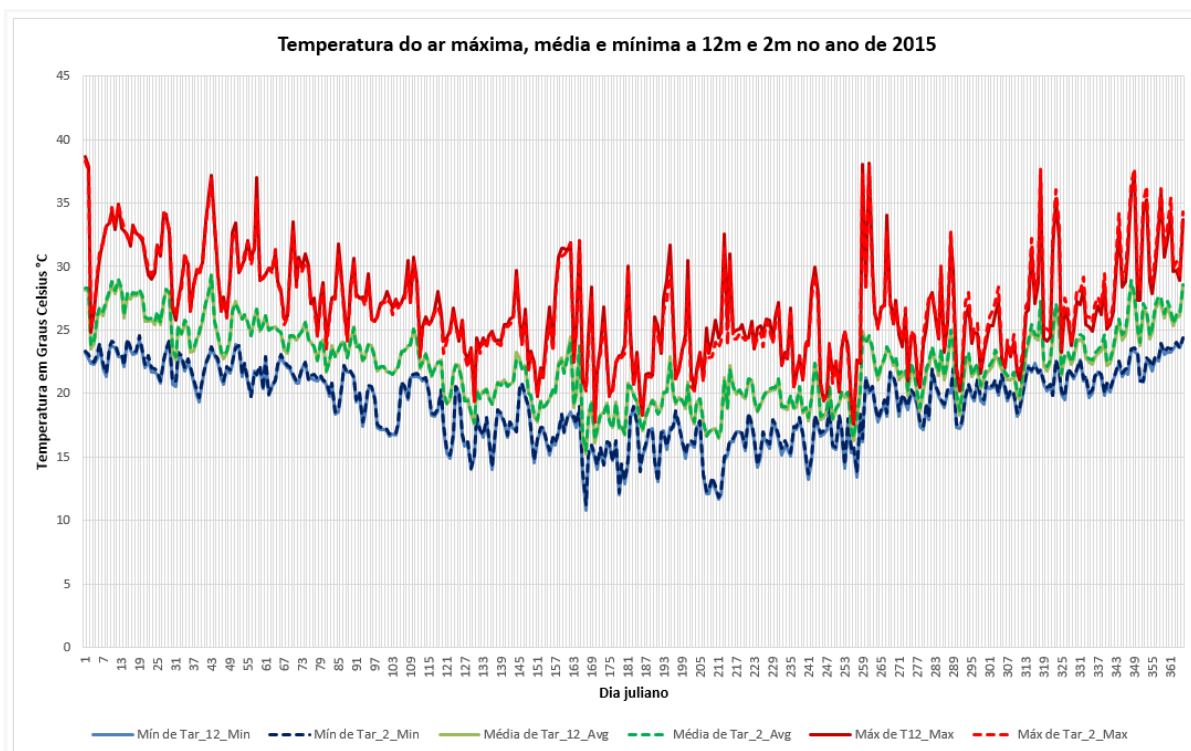


Figura 31: Temperatura do ar máxima, média e mínima acima (12 metros) e abaixo (2 metros) do dossel no ano de 2015 em dia juliano no manguezal da Barra do Ribeira - Iguape/SP. Fonte: Rafael Epifanio (2024).

A figura 31 apresenta as temperaturas mínima, média e máxima medidas no ano de 2015, representadas em dia juliano. É possível observar a temperatura média anual em torno de 23°C a 26°C no verão, havendo queda entre 23°C e 16°C no inverno, com aumento na temperatura com a primavera e retorno do verão. Isso indica, novamente, a sazonalidade da variação de temperatura, sendo no inverno as temperaturas mínimas mais expressivas que as demais épocas do ano, com registros em torno de 17°C e 13°C. Já as temperaturas máximas ganham maior expressividade no verão e primavera, com temperaturas em torno de 32°C e 37°C, havendo máximas de até 38°C.

No que tange a temperaturas acima da média registrada, há de se destacar temperaturas acima de 37°C referentes aos dias 1 (01 de janeiro), 259 (16 de setembro), 261 (18 de setembro), 318 (14 de novembro) e 349 (15 de dezembro), com temperaturas registradas de 38,3°C, 38,0°C, 37,9°C, 37,6°C e 37,7°C, respectivamente. Já as temperaturas mínimas menores que 15°C referem-se aos dias 167 (16 de junho), 178 (27 de junho), 180 (29 de junho), 185 (04 de julho), 191 (10 de julho), 208 (27 de julho), 211 (30 de julho), 241 (29 de agosto) e 257 (14 de setembro), com temperaturas registradas em torno de 11,2°C, 12,1°C, 13,1°C, 13,8°C, 13,0°C, 12,3°C, 11,8°C, 13,7°C e 13,8°C, respectivamente.

É possível observar quedas abruptas de temperatura referentes entre os dias 43 e 48, 165 e 167, 288 e 291 e 318 e 321. Tais variações abruptas estão relacionadas à passagem de sistemas frontais.

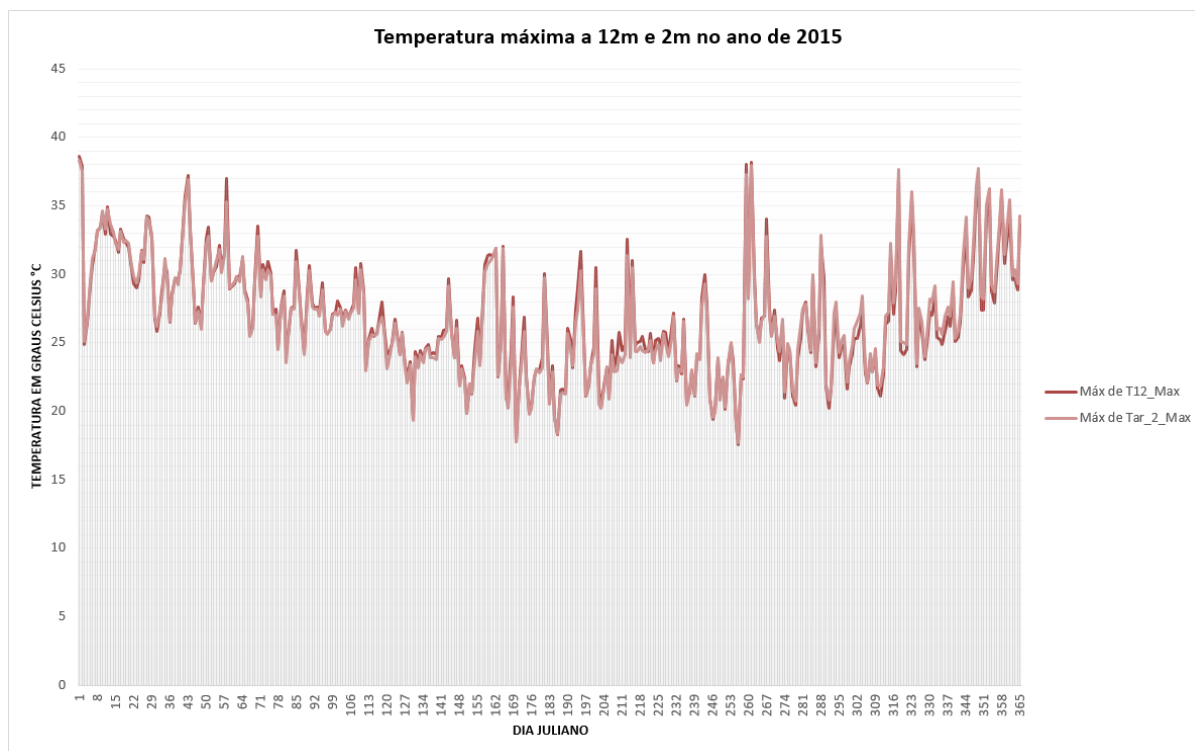


Figura 32: Temperatura do ar máxima absoluta acima (12 metros) e abaixo (2 metros) do dossel no ano de 2015 em dia juliano no manguezal da Barra do Ribeira - Iguape/SP. Fonte: Rafael Epifanio (2024).

A figura 32 apresenta a temperatura máxima a 12 metros e 2 metros acima da superfície para o ano de 2015 em dia juliano. Diferentemente dos anos previamente analisados, este possui características particulares, pois o dia mais quente do ano caracteriza-se pelo 01 janeiro, com registro de 38,6°C à 12 metros e 38,3°C à 2 metros.

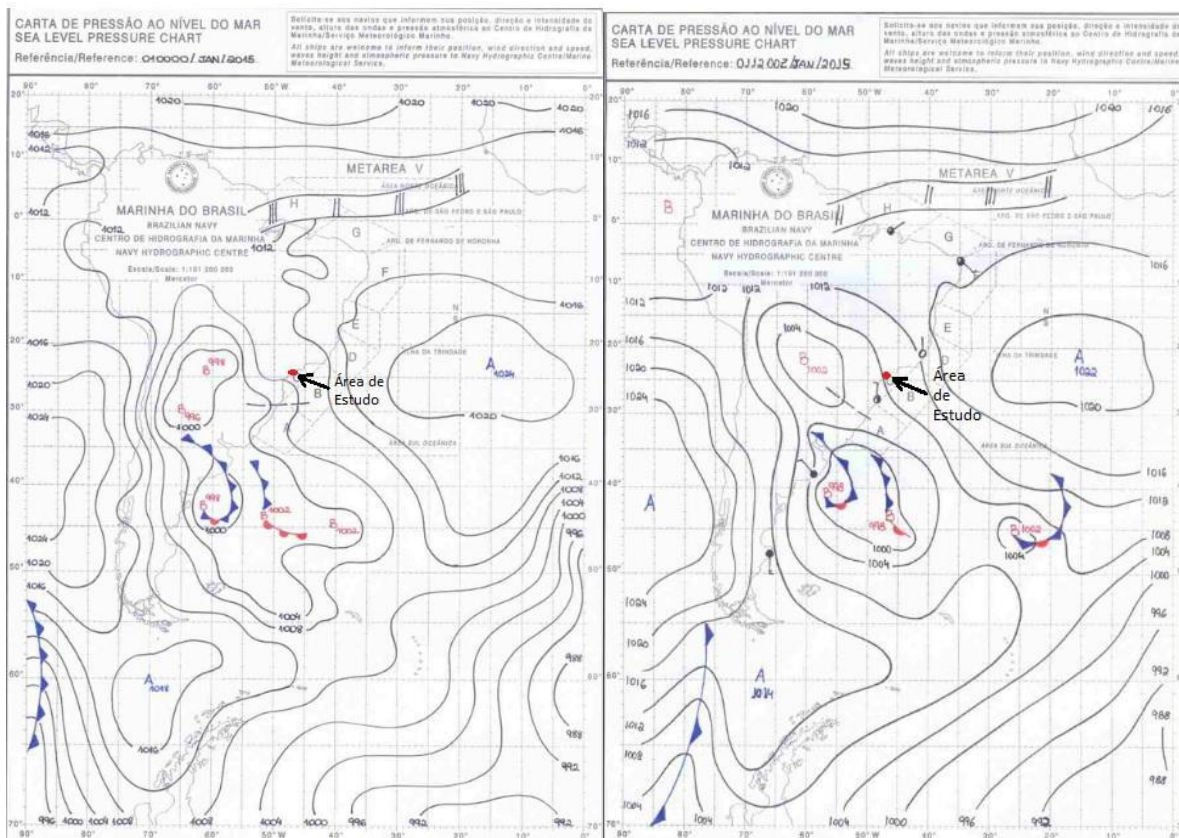


Figura 33: Cartas sinóticas do dia 01 de janeiro de 2015 às 00 TMG (a esquerda) e 12 TMG (a direita). Fonte: Marinha do Brasil (2015). Adaptado.

A figura 33, referente ao dia 1 de janeiro de 2015 permite visualizar a dinâmica atmosférica da região. É possível identificar dois sistemas atmosféricos proeminentes, a formação de um ciclone extratropical ao sul da América do Sul, mais especificamente próximo à costa atlântica da Argentina; e a massa tropical continental (mTc), no interior do continente sul americano, à oeste-sudoeste da área de estudo (BORSATO, 2016).

Apesar da formação do ciclone extratropical, a massa tropical continental (mTc) exerce maior influência sobre a região centro oeste e sudeste do Brasil, sobretudo influenciando no sistema costeiro Cananéia-Iguape e nos atributos medidos. Tal massa tem como característica elevada temperatura e reduzida umidade, de modo que acaba por inferir em elevadas temperaturas na região onde atua (BORSATO, 2016). Desta forma, a medição superior aos 38°C apresentados previamente no gráfico relaciona-se com a atuação desta massa de ar no verão. É importante destacar que às 12 TMG, o ciclone extratropical avança para o Atlântico, a leste, de modo que este acaba por exercer pouca influência na dinâmica microclimática medida.

Tabela 7: Dados de temperatura máxima absoluta horária e em minutos das 9, 15 e 21 horas do dia 01 de janeiro de 2015.

ANO	MÊS	DIA	HORA	MINUTO	Tar °C max 12 metros	Tar °C max 2 metros
2015	Janeiro	01	9	0	32,2 °C	32,3 °C
2015	Janeiro	01	9	10	32,6 °C	32,6 °C
2015	Janeiro	01	9	20	32,6 °C	32,9 °C
2015	Janeiro	01	9	30	32,0 °C	33,3 °C
2015	Janeiro	01	9	40	33,1 °C	33,5 °C
2015	Janeiro	01	9	50	33,4 °C	33,8 °C
2015	Janeiro	01	15	0	37,9 °C	37,6
2015	Janeiro	01	15	10	37,2 °C	37,1 °C
2015	Janeiro	01	15	20	35,1 °C	35,0 °C
2015	Janeiro	01	15	30	35,4 °C	35,5 °C
2015	Janeiro	01	15	40	36,1 °C	35,8 °C
2015	Janeiro	01	15	50	35,09 °C	35,24 °C
2015	Janeiro	01	21	0	23,6 °C	23,7 °C
2015	Janeiro	01	21	10	23,6 °C	23,7 °C
2015	Janeiro	01	21	20	23,5 °C	23,6 °C
2015	Janeiro	01	21	30	23,4 °C	23,6 °C
2015	Janeiro	01	21	40	23,6 °C	23,6 °C
2015	Janeiro	01	21	50	23,7 °C	23,7 °C

Fonte: Rafael Epifanio (2024).

A tabela 7 permite analisar os dados horários e em minutos do dia 01 de janeiro de 2017. É possível observar temperaturas acima dos 30°C ainda no período matutino, onde a incidência de radiação solar ainda não atingiu seu pico diário. As 9 horas e 50 minutos os registros de temperatura máxima já atingem os 33,4°C a 12 metros e 33,8°C a 2 metros. Há elevação da temperatura com o decorrer do dia, sendo os valores mais elevados às 14 horas e

30 minutos, com registro de 38,6°C a 12 metros e 38,4°C a 2 metros, sendo o dia com maior registro de temperatura máxima absoluta para o ano.

A temperatura do ar atinge seu valor mais elevado poucas horas após meio dia, horário onde o sol está no zênite do local. Isso devido a incidência de radiação solar a 90° no verão (01 de janeiro) no trópico de capricórnio (próximo da área de estudo), de modo que há maior quantidade de energia por unidade de área. Portanto, maior é a geração de calor e a temperatura do ar se eleva. No decorrer do dia há decréscimo da temperatura do ar, devido à redução de radiação solar direta sobre a superfície, cessando logo após o pôr do sol (AYOADE, 1988).

Devido a estes fatores, se observa redução significativa da temperatura máxima absoluta pela noite, sendo os menores valores registrados às 21 horas e 30 minutos, com medição de 23,4°C a 12 metros e 23,6°C a 2 metros. As elevadas temperaturas máximas absolutas observadas para o dia (sendo este o mais quente do ano) se relacionam com a dinâmica atmosférica regional apresentada na figura 33.

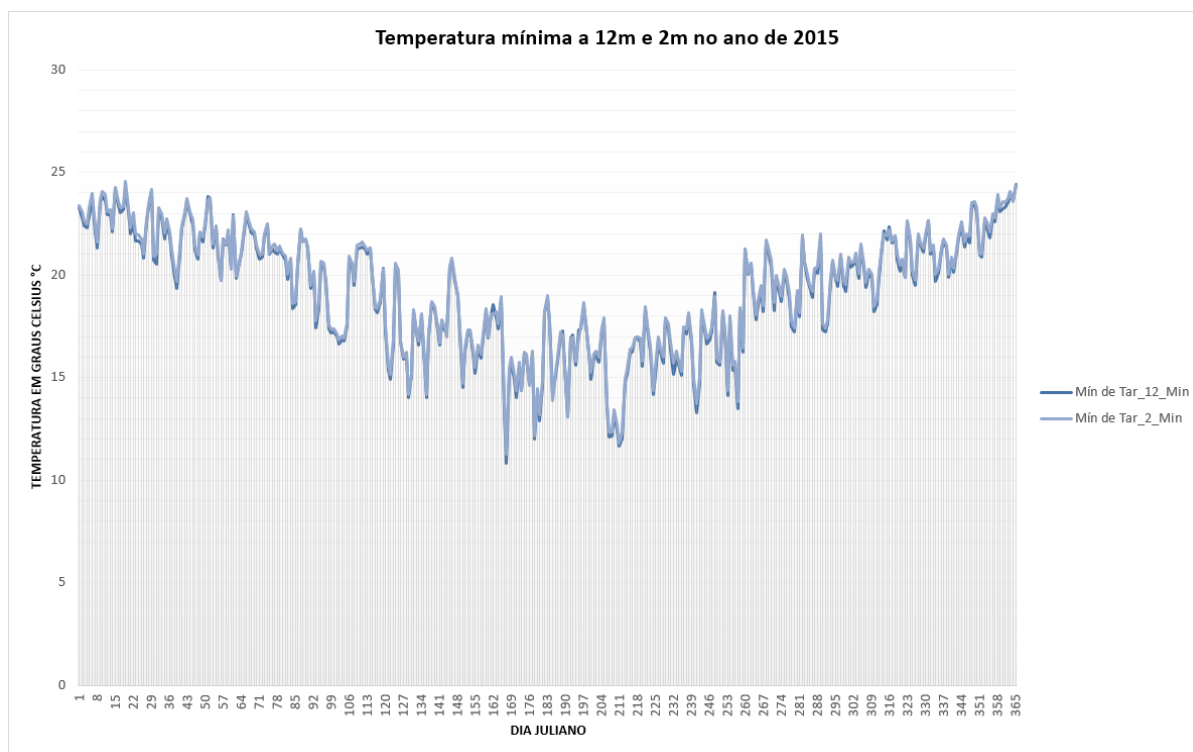


Figura 34: Temperatura do ar mínima absoluta acima (12 metros) e abaixo (2 metros) do dossel no ano de 2015 em dia juliano no manguezal da Barra do Ribeira - Iguape/SP. Fonte: Rafael Epifanio (2024).

A figura 34 mostra a temperatura mínima absoluta a 12 metros e 2 metros acima da superfície para o ano de 2015. É possível observar que as menores temperaturas coincidem

com a estação fria de inverno. Destaca-se o dia 167 (16 de junho) com registros de temperaturas de 10,8°C a 12 metros e 11,2°C a 2 metros. Temperaturas abaixo de 15°C apresentam-se abaixo da média, sendo comum nesta região a associação de temperaturas baixas com a passagem de sistemas frontais na região.

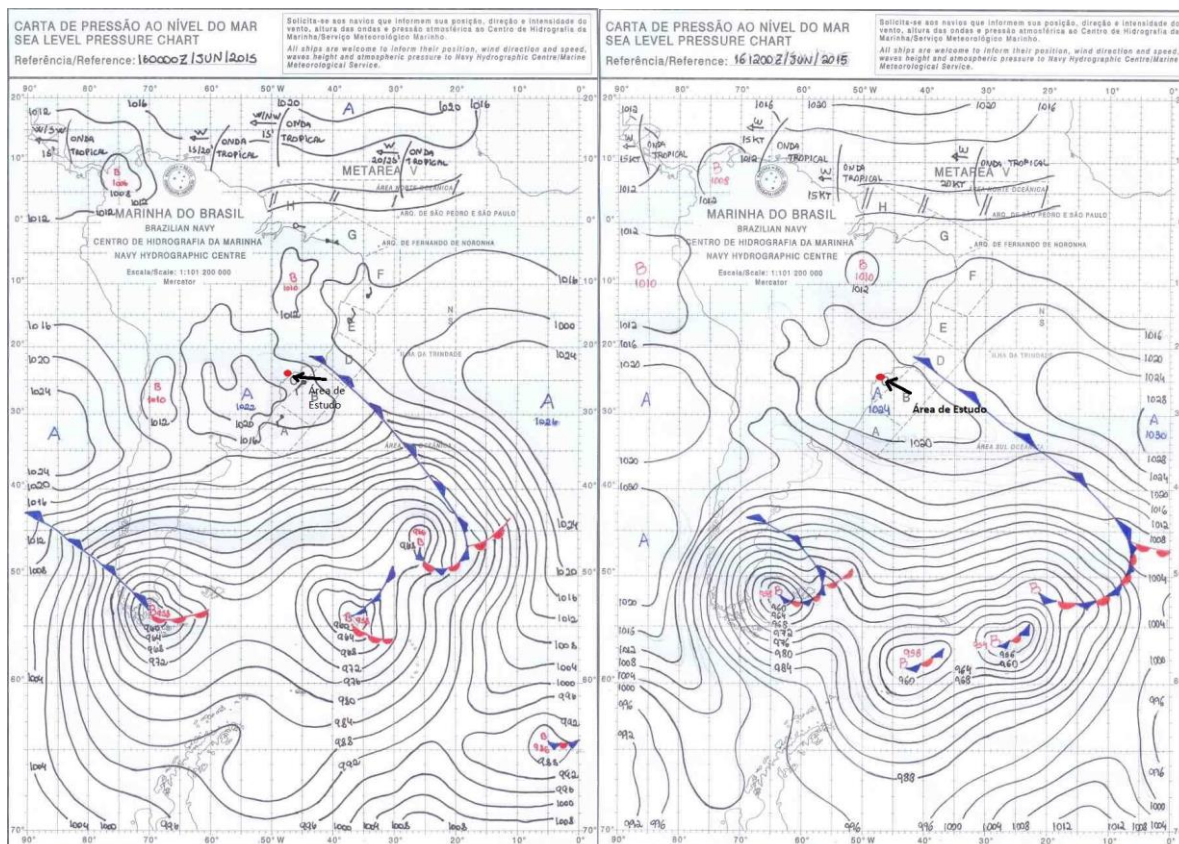


Figura 35: Cartas sinóticas do dia 16 de junho de 2015 às 00 TMG (a esquerda) e 12 TMG (a direita). Fonte: Marinha do Brasil (2015). Adaptado.

A figura 35 permite visualizar a dinâmica atmosférica para América do Sul e o oceano Atlântico. Se destaca a presença de um sistema frontal de extensão noroeste-sudeste, presente na costa sudeste do Brasil, associado a um ciclone extratropical a sudeste do Atlântico Sul. Observa-se que os registros de temperatura de 10,8°C a 12 metros e 11,2°C a 2 metros associam-se à passagem deste sistema.

O sistema frontal (ou frente fria) são massas de ar que se formam em médias e altas latitudes, com características físicas de temperatura e pressão divergentes das massas de ar presentes na região da área de estudo (trópico de capricórnio), litoral sul de São Paulo (BORSATO, 2016). Desta forma, por se formarem em regiões frias, acabam por impor suas características de temperatura, pressão e umidade, inferindo diretamente nos atributos

climáticos monitorados no microclima, promovendo queda de temperatura acentuada, como observado na figura 35.

Tabela 8: Dados de temperatura mínima absoluta horária e em minutos das 9, 15 e 21 horas do dia 16 de junho de 2015.

ANO	MÊS	DIA	HORA	MIN	Tar °C mín 12 metros	Tar °C mín 2 metros
2015	Junho	16	9	0	12,2 °C	12,5 °C
2015	Junho	16	9	10	12,6 °C	13,0 °C
2015	Junho	16	9	20	12,8 °C	13,1 °C
2015	Junho	16	9	30	12,8 °C	13,1 °C
2015	Junho	16	9	40	12,9 °C	13,4 °C
2015	Junho	16	9	50	13,1 °C	13,5 °C
2015	Junho	16	15	0	19,7 °C	19,9 °C
2015	Junho	16	15	10	19,7 °C	19,9 °C
2015	Junho	16	15	20	19,7 °C	19,8 °C
2015	Junho	16	15	30	19,6 °C	19,8 °C
2015	Junho	16	15	40	19,6 °C	19,8 °C
2015	Junho	16	15	50	20,1 °C	20,1 °C
2015	Junho	16	21	0	15,9 °C	16,2 °C
2015	Junho	16	21	10	15,8 °C	16,1 °C
2015	Junho	16	21	20	15,7 °C	16,0 °C
2015	Junho	16	21	30	15,4 °C	15,8 °C
2015	Junho	16	21	40	15,5 °C	15,7 °C
2015	Junho	16	21	50	15,7 °C	15,9 °C

Fonte: Rafael Epifanio (2024).

A tabela 8 apresenta dados horários e em minutos do dia 16 de junho de 2015. É possível analisar temperaturas inferiores aos 15°C pela manhã, sendo o menor registro de temperatura

mínima absoluta às 7 horas e 10 minutos, com medição de 10,9°C a 12 metros e 11,3°C a 2 metros, sendo o dia de menor registro de temperatura mínima. Há aumento de temperatura ao longo do dia com registro de temperatura mínima de 20,1°C em ambos os níveis altimétricos às 15 horas e 50 minutos. Pela noite há redução de temperatura, com registros de 15,9°C a 12 metros e 16,2°C a 2 metros às 21 horas e 0 minutos.

As reduzidas temperaturas mínimas absolutas observadas no dia possuem relação direta com a dinâmica atmosférica regional apresentada na figura 35, no qual a passagem de um sistema frontal associado com a formação de um ciclone extratropical inferiu redução da temperatura registrada na área de estudo.

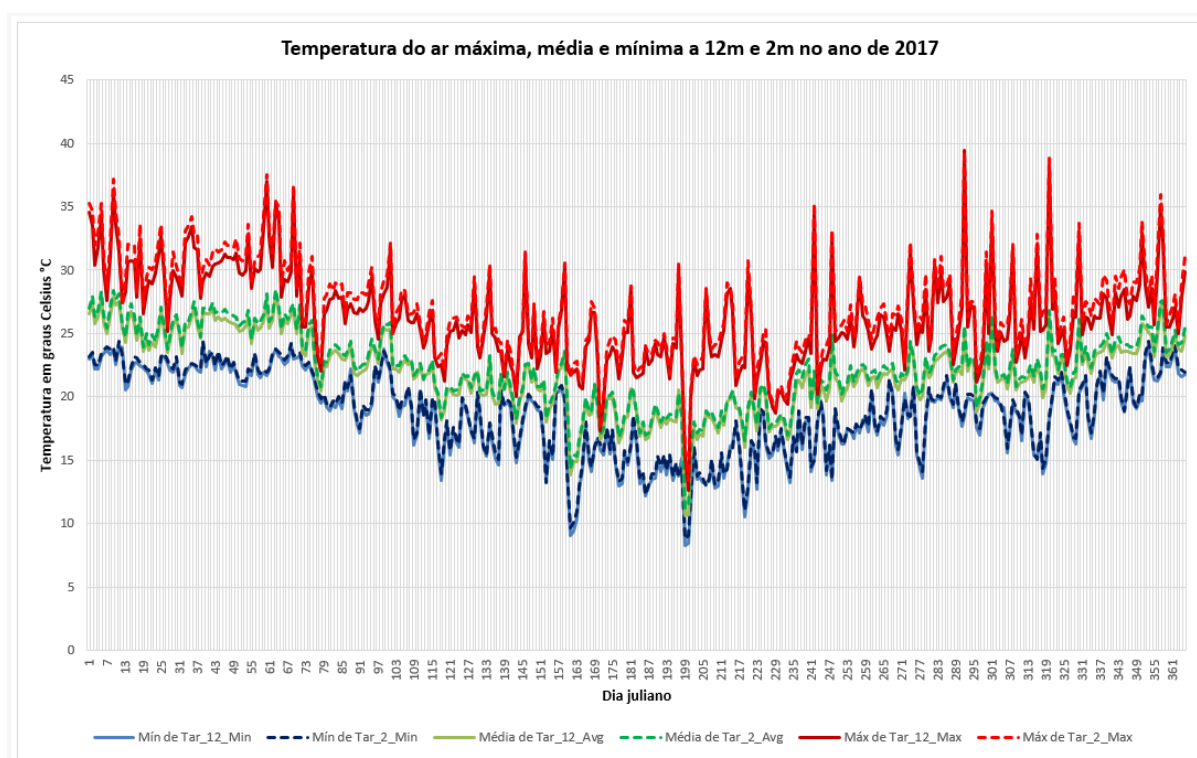


Figura 36: Temperatura do ar máxima, média e mínima acima (12 metros) e abaixo (2 metros) do dossel no ano de 2017 em dia juliano no manguezal da Barra do Ribeira - Iguape/SP. Fonte: Rafael Epifanio (2024).

A figura 36 representa o registro de temperaturas entre 12 metros acima da superfície e 2 metros no ano de 2017 na Ilha dos Papagaios. É possível observar que as medições abaixo do dossel (2 metros) apresentam ligeira amplitude térmica se comparada aos registros acima do dossel (12 metros). Tal fator pode estar relacionado com a alteração da área foliar (AF) e índice de área foliar (IAF) do dossel, no qual interfere na incidência de radiação solar na superfície abaixo do dossel (LIMA, 2009).

Novamente observa-se a sazonalidade das temperaturas registradas, onde as máximas apresentam maior proeminência no verão, com registros em torno de 28°C a 37°C, diminuindo no inverno em torno de 23°C a 31°C e aumentando novamente com a primavera e retorno do verão, registrando entre 26°C e 33°C, havendo dias de medição que ultrapassam os 37°C. Já no inverno, as temperaturas mínimas que apresentam proeminência com temperaturas entre 17°C e 13°C, havendo dias com temperaturas menores que 12°C.

A temperatura média apresenta a mesma sazonalidade que as temperaturas máximas e mínimas supracitadas. Observa-se temperaturas médias entre 27°C e 22°C no verão e outono, com queda substancial entre 18°C e 22°C no inverno. Já na primavera e retorno do verão há novamente aumento da temperatura média, com registros entre 20°C e 26°C.

É possível observar temperaturas acima da média para o ano analisado. No que tange à temperatura máxima, ganha destaque os dias 9 (09 de janeiro), 60 (01 de março), 292 (19 de outubro) e 320 (16 de novembro), com temperaturas registradas de 37,2°C, 37,5°C, 39,3°C e 38,8°C, respectivamente. Já no que diz respeito à temperatura mínima, destacam-se os dias 118 (28 de abril), 153 (02 de junho), 161 (10 de junho), 199 (18 de julho), 219 (07 de agosto) e 220 (08 de agosto), com registro de 13,9°C, 13,2°C, 9,6°C, 8,3°C, 11,1°C e 12,9°C, respectivamente.

Por fim, é possível observar queda de temperatura registrada entre os dias 75 (16 de março) e 78 (19 de março), 159 (08 de junho) a 161 (10 de junho), 169 (18 de junho) a 171 (20 de junho), 197 (16 de julho) a 200 (19 de julho), 242 (30 de agosto) a 243 (31 de agosto), e por fim de 295 (22 de outubro) a 296 (23 de outubro). Tais quedas estão associadas a frentes frias ou passagem de sistemas atmosféricos de caráter regional com características físicas diferentes do sistema atuante na região da área de estudo observada.

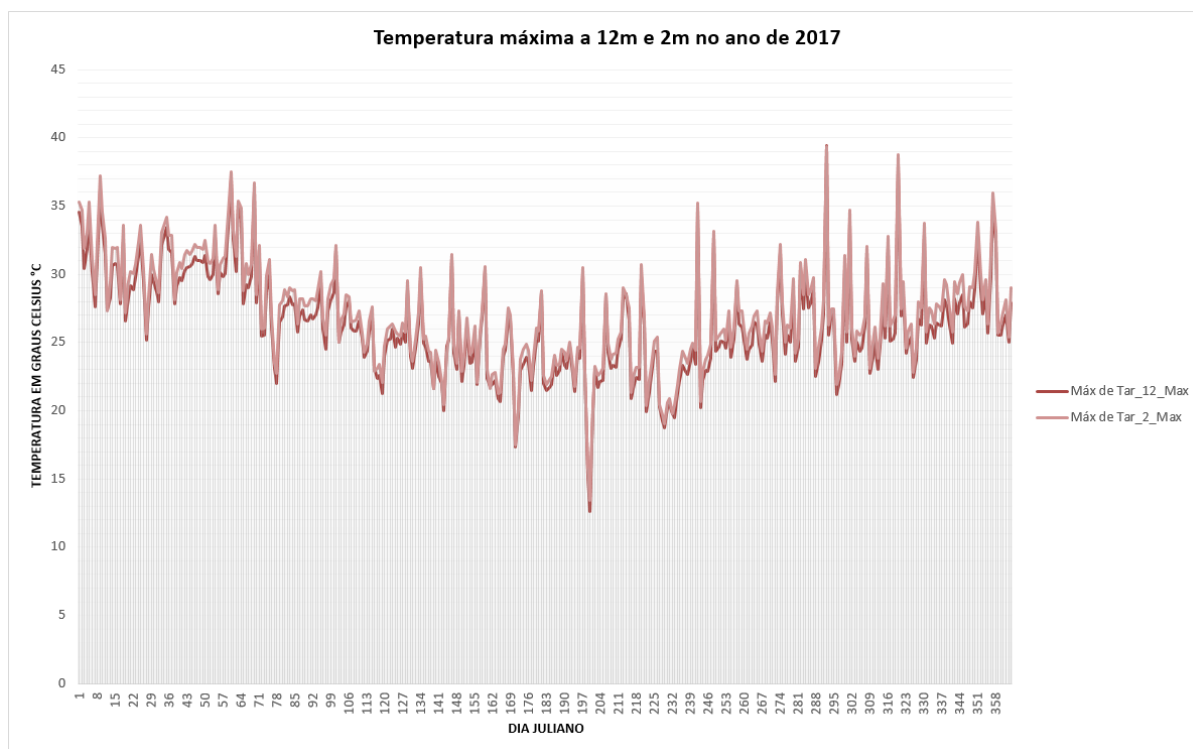


Figura 37: Temperatura do ar máxima absoluta acima (12 metros) e abaixo (2 metros) do dossel no ano de 2017 em dia juliano no manguezal da Barra do Ribeira - Iguape/SP. Fonte: Rafael Epifanio (2024).

A figura 37 mostra a temperatura máxima absoluta a 12 metros e 2 metros acima da superfície para o ano de 2017. Destacam-se duas datas, que se apresentam bem visíveis no gráfico, referente aos dias 199 e 200 (18 e 19 de julho) com registro de temperaturas máximas entre 15°C e 13°C; e o dia 292 (19 de outubro), com registro de temperatura superior aos 39°C. As datas e suas temperaturas associam-se à dinâmica atmosférica atuante na região, podendo ser observadas a partir de análise sinótica.

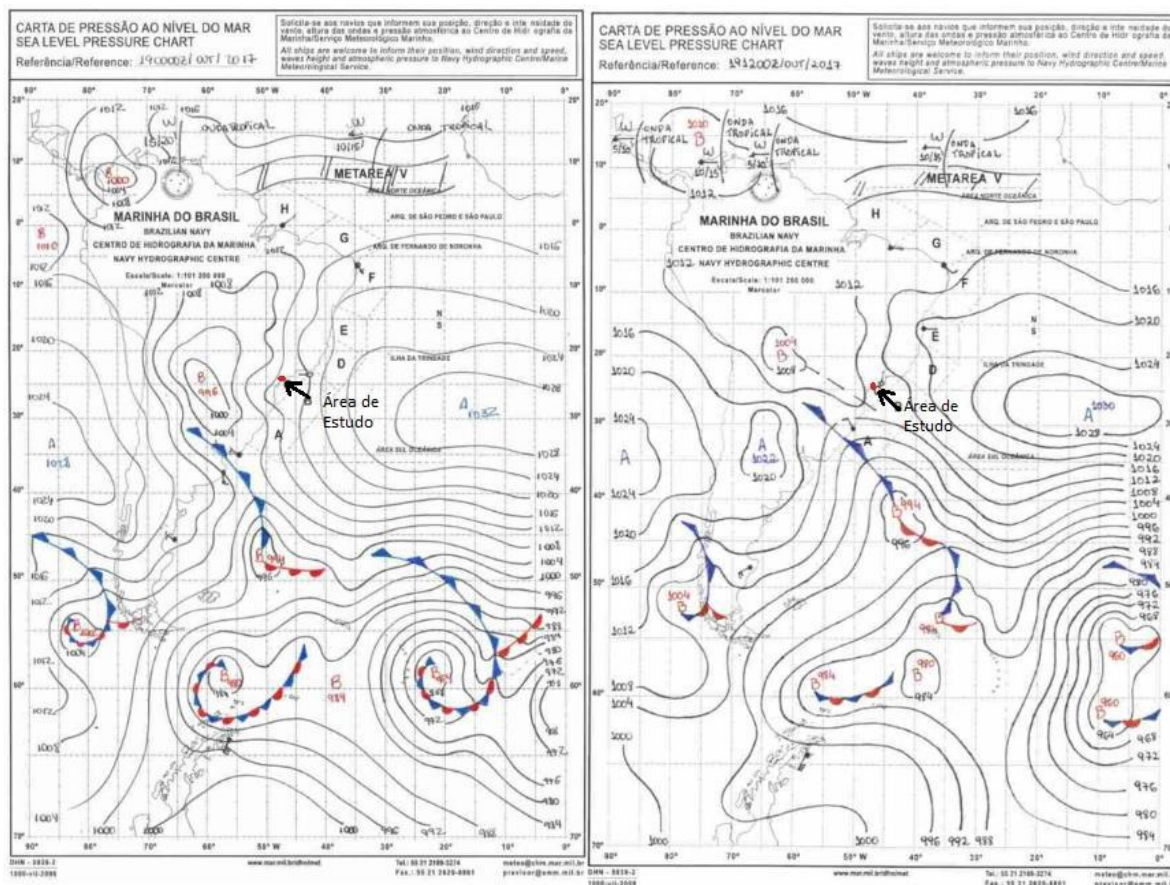


Figura 38: Cartas sinóticas do dia 19 de outubro de 2017 às 00 TMG (a esquerda) e 12 TMG (a direita). Fonte: Marinha do Brasil (2017). Adaptado.

A figura 38 permite observar a dinâmica atmosférica atuante na região sul americana de modo que é possível destacar três movimentos proeminentes. O primeiro diz respeito à massa tropical continental (mTc), de origem no interior do continente sul americano, de característica seca e quente. Tal massa associa-se ao registro de temperatura máxima superior aos 39°C medido (BORSATO, 2016).

O segundo diz respeito à passagem de um sistema frontal associado à formação de um ciclone extratropical no sudeste do continente. Tal sistema é responsável pela queda abrupta na temperatura registrada, observada no gráfico, com temperaturas nos dias 293, 294, 295, 296, 297 (20, 22, 23, 24 e 25 de outubro) entre 21°C e 27°C.

Tabela 9: Dados de temperatura máxima absoluta horária e em minutos das 9, 15 e 21 horas do dia 19 de outubro de 2017.

ANO	MÊS	DIA	HORA	MINUTO	Tar °C max 12 metros	Tar °C max 2 metros
2017	Outubro	19	9	0	26,6 °C	27,8 °C
2017	Outubro	19	9	10	27,3 °C	28,3 °C
2017	Outubro	19	9	20	27,9 °C	28,9 °C
2017	Outubro	19	9	30	28,5 °C	29,3 °C
2017	Outubro	19	9	40	29,0 °C	29,9 °C
2017	Outubro	19	9	50	29,6 °C	30,7 °C
2017	Outubro	19	15	0	38,3 °C	38,3 °C
2017	Outubro	19	15	10	38,9 °C	38,8 °C
2017	Outubro	19	15	20	39,4 °C	39,3 °C
2017	Outubro	19	15	30	38,9 °C	39,1 °C
2017	Outubro	19	15	40	38,1 °C	38,1 °C
2017	Outubro	19	15	50	26,3 °C	27,6 °C
2017	Outubro	19	21	0	22,2 °C	22,3 °C
2017	Outubro	19	21	10	22,0 °C	22,1 °C
2017	Outubro	19	21	20	21,7 °C	21,9 °C
2017	Outubro	19	21	30	21,6 °C	21,8 °C
2017	Outubro	19	21	40	21,7 °C	21,7 °C
2017	Outubro	19	21	50	21,6 °C	21,7 °C

Fonte: Rafael Epifanio (2024).

A tabela 9 permite analisar os dados horários e de minutos do dia 19 de outubro de 2017. É possível observar que a temperatura máxima absoluta é superior aos 25°C já no período matutino, com registro de 29,6°C a 12 metros e 30,7°C a 2 metros às 9 horas e 50 minutos. A temperatura máxima absoluta apresenta os registros mais elevados às 15 horas e 20 minutos, com medição de 39,4°C a 12 metros e 39,3°C a 2 metros, sendo os maiores registros para o ano

de 2017. Há decréscimo de temperatura pela noite, com medições inferiores aos 23°C às 21 horas.

As elevadas temperaturas observadas se relacionam com a dinâmica atmosférica apresentada na figura 38, no qual a massa tropical continental (mTc) infere altas temperaturas na área de estudo (BORSATO, 2016).

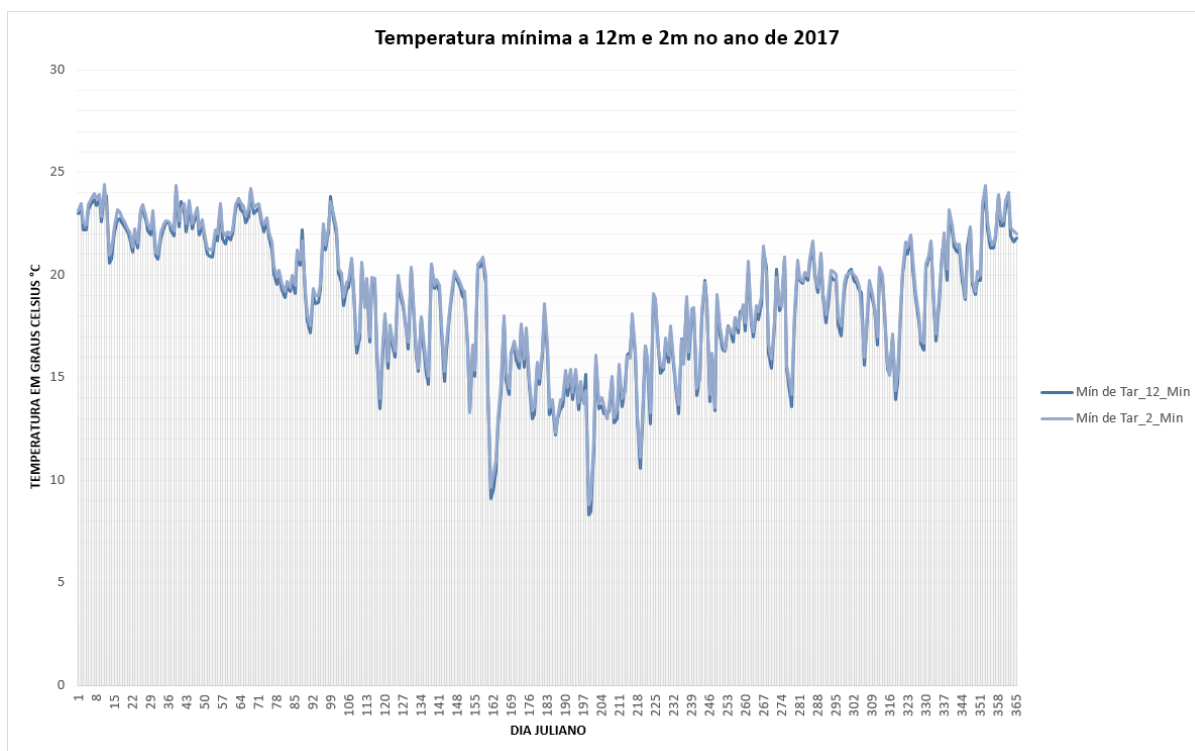


Figura 39: Temperatura do ar mínima absoluta acima (12 metros) e abaixo (2 metros) do dossel no ano de 2017 em dia juliano no manguezal da Barra do Ribeira - Iguape/SP. Fonte: Rafael Epifanio (2024).

A figura 39 mostra a temperatura mínima absoluta registrada a 12 metros e 2 metros acima da superfície para o ano de 2017. É possível observar temperaturas mínimas registradas abaixo de 10°C na estação fria do inverno. Destaca-se o dia 199 e 200 (18 e 19 julho), com registros de temperaturas mínimas em torno de 8°C e 9°C.

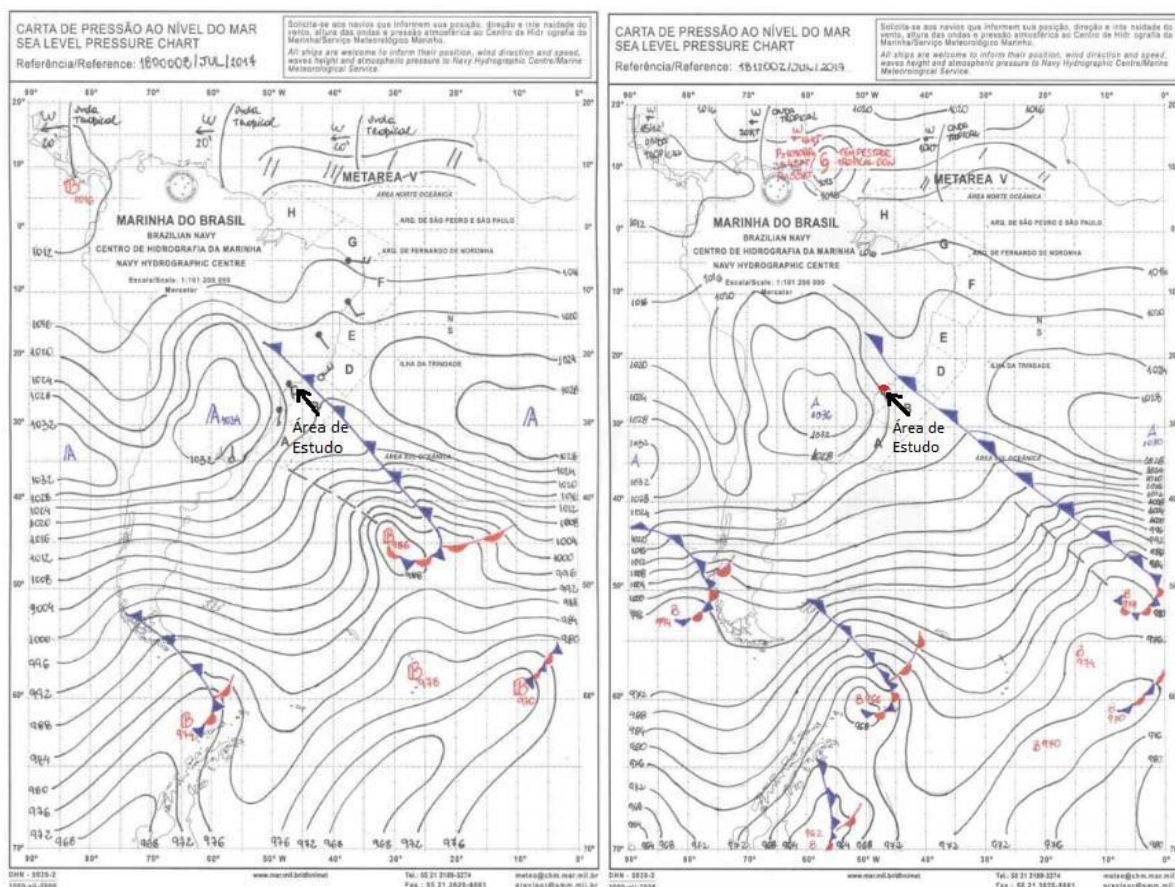


Figura 40: Cartas sinóticas do dia 18 de julho de 2017 às 00 TMG (a esquerda) e 12 TMG (a direita). Fonte: Marinha do Brasil (2017). Adaptado.

A figura 40 permite visualizar a dinâmica atmosférica no continente. Destaca-se a passagem do sistema frontal associado à formação de um ciclone extratropical a sudeste da América do Sul. Os registros de temperatura mínima inferiores a 9°C nos dias 199 e 200 (18 e 19 julho) estão associados, portanto, à passagem deste sistema frontal, que acaba por impor características físicas de temperatura de altas e médias latitudes.

Tabela 10: Dados de temperatura mínima absoluta horária e em minutos das 9, 15 e 21 horas do dia 18 de julho de 2017.

ANO	MÊS	DIA	HORA	MIN	Tar °C mín 12 metros	Tar °C mín 2 metros
2017	Julho	18	9	0	11,0 °C	11,6 °C
2017	Julho	18	9	10	10,9 °C	11,5 °C
2017	Julho	18	9	20	10,8 °C	11,5 °C
2017	Julho	18	9	30	10,6 °C	11,3 °C
2017	Julho	18	9	40	10,3 °C	11,2 °C
2017	Julho	18	9	50	10,1 °C	11,0 °C
2017	Julho	18	15	0	9,5 °C	10,1 °C
2017	Julho	18	15	10	9,5 °C	10,1 °C
2017	Julho	18	15	20	9,5 °C	10,1 °C
2017	Julho	18	15	30	9,4 °C	10,0 °C
2017	Julho	18	15	40	9,4 °C	10,0 °C
2017	Julho	18	15	50	9,3 °C	9,8 °C
2017	Julho	18	21	0	8,4 °C	8,9 °C
2017	Julho	18	21	10	8,3 °C	8,8 °C
2017	Julho	18	21	20	8,3 °C	8,8 °C
2017	Julho	18	21	30	8,3 °C	8,8 °C
2017	Julho	18	21	40	8,3 °C	8,8 °C
2017	Julho	18	21	50	8,3 °C	8,8 °C

Fonte: Rafael Epifanio (2024).

A tabela 10 permite analisar os dados horários e de minutos da temperatura mínima absoluta do dia 18 de julho de 2017. Se observa que a temperatura mínima absoluta é elevada pela manhã, comparativamente com o período da tarde e noite. Sendo o menor valor de temperatura mínima absoluta registrado às 21 horas e 50 minutos, com medição de 8,3°C a 12 metros e 8,8°C a 2 metros. No período da manhã a diferença de temperatura chega a ser superior aos 2°C, com registro de 10,9°C a 12 metros e 11,5°C a 2 metros, às 9 horas e 10 minutos.

As temperaturas reduzidas estão relacionadas com a passagem de um sistema frontal, apresentado na figura 40. Um sistema frontal ao avançar para regiões de baixas latitudes acaba por impor redução na temperatura e precipitação frontal (BORSATO, 2016).

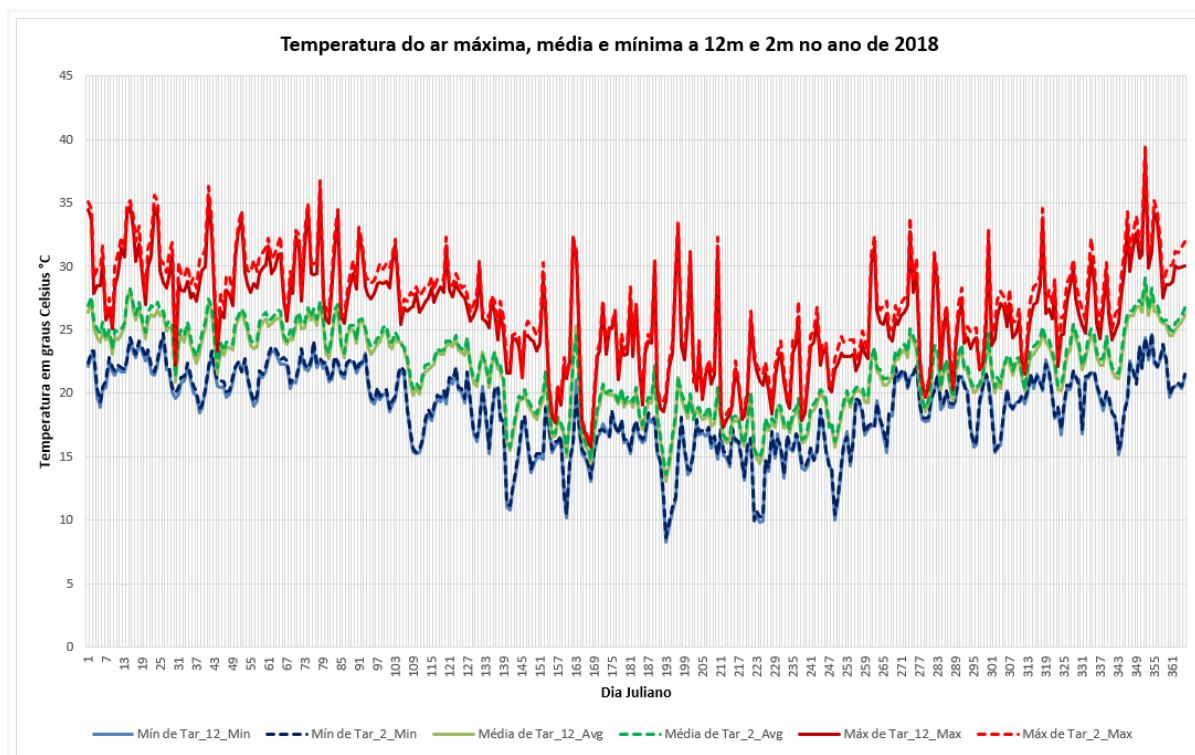


Figura 41: Temperatura do ar máxima, média e mínima acima (12 metros) e abaixo (2 metros) do dossel no ano de 2018 em dia juliano no manguezal da Barra do Ribeira - Iguape/SP. Fonte: Rafael Epifanio (2024).

A figura 41 refere-se ao registro das temperaturas máxima, média e mínima a 12 metros e 2 metros acima da superfície ao longo do ano de 2018 na Ilha dos Papagaios. Observa-se novamente a sazonalidade característica, com temperaturas mais elevadas no verão, mais amenas no outono e primavera e menores no inverno.

O gráfico mostra o registro de temperaturas médias em torno de 27°C e 22°C no verão e outono, 15°C a 21°C no inverno e 19°C a 24°C na primavera. As temperaturas máximas apresentam-se mais proeminentes no verão, em torno de 27°C a 36°C, havendo diminuição no outono e inverno com registro em torno de 23°C e 33°C e aumentando novamente com início da primavera, registrando temperaturas em torno de 27°C a 34°C. Já as temperaturas mínimas mostram-se proeminentes no inverno, com temperaturas em torno de 17°C e 14°C, havendo dias com registro de temperatura menores que os 12 °C.

É possível observar temperaturas acima de 36°C registrada para as temperaturas máximas nos dias 41 (10 de fevereiro), 78 (19 de março) e 352 (18 de dezembro), com registro de 36,3°C, 36,7°C e 39,5°C, respectivamente. Já para as temperaturas mínimas, ganham destaque os dias 141 (21 de maio), 160 (09 de junho), 193 (12 de julho), 224 (12 de agosto) e 249 (06 de setembro), com registro de 11,1°C, 10,4°C, 8,6°C, 10,2°C e 10,4°C, respectivamente.

Por fim, observa-se queda de temperatura registrada entre os dias 29 (29 de janeiro) a 30 (30 de janeiro), 41 (10 de fevereiro) a 44 (13 de fevereiro), 78 (19 de março) a 81 (22 de março), 152 (01 de junho) a 156 (05 de junho), 162 (11 de junho) a 168 (17 de junho), 189 (08 de julho) a 192 (11 de julho), 210 (29 de julho) a 212 (31 de julho), 237 (25 de agosto) a 238 (26 de agosto) e 276 (03 de outubro) a 279 (06 de outubro). Tal variação considerável nos registros associa-se à passagem de um sistema frontal ou sistema atmosférico de caráter regional com características físicas diversas à atuante na área de estudo analisada.

É possível observar que as medições abaixo do dossel (2 metros) apresentam ligeira amplitude térmica se comparada aos registros acima do dossel (12 metros). Tal amplitude é mais evidente no registro de temperatura máxima, onde as medições a 2 metros apresentam até 1,0°C de variação se comparadas aos registros acima do dossel. Tal fator pode estar relacionado com a alteração da área foliar (AF) e índice de área foliar (IAF) do dossel, no qual interfere na incidência de radiação global na superfície abaixo da vegetação. Se tal índice diminui, significa maior incidência de radiação, portanto maior geração de calor dentro do ambiente de dossel (2 metros), inferindo em temperaturas mais elevadas se comparada com o ambiente acima do dossel, à 12 metros (LIMA, 2009). Segundo Lima et al. (2021), a floresta de mangue onde estava instalada a EMA vem apresentando alteração no dossel, reflexo de mudanças ambientais históricas presentes na região.

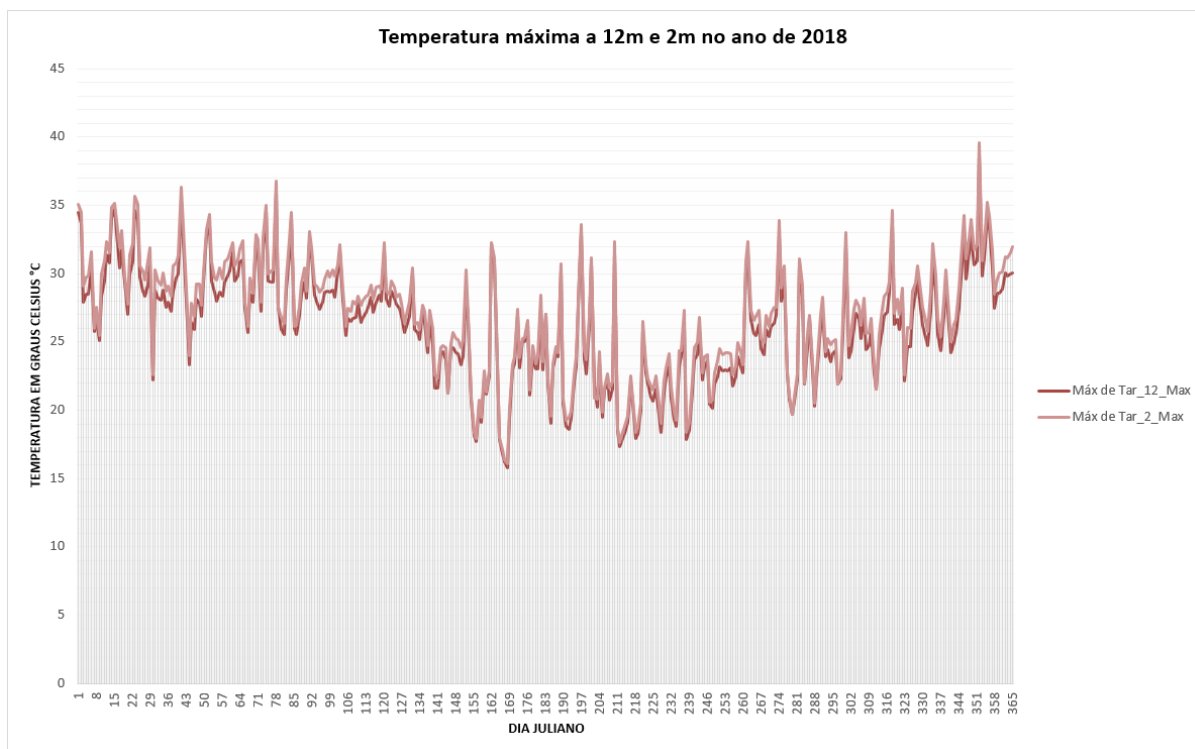


Figura 42: Temperatura do ar máxima absoluta acima (12 metros) e abaixo (2 metros) do dossel no ano de 2018 em dia juliano no manguezal da Barra do Ribeira - Iguape/SP. Fonte: Rafael Epifanio (2024).

A figura 42 apresenta a temperatura máxima medida a 12 metros e 2 metros acima da superfície para o ano de 2018 em Iguape. É possível destacar o dia 352 (18 dezembro) com registro de 38,6°C a 12 metros e 39,5°C a 2 metros. Tal temperatura acima de 35°C está associada à estação quente do verão, onde a dinâmica atmosférica acaba por influenciar no microclima e na medição.

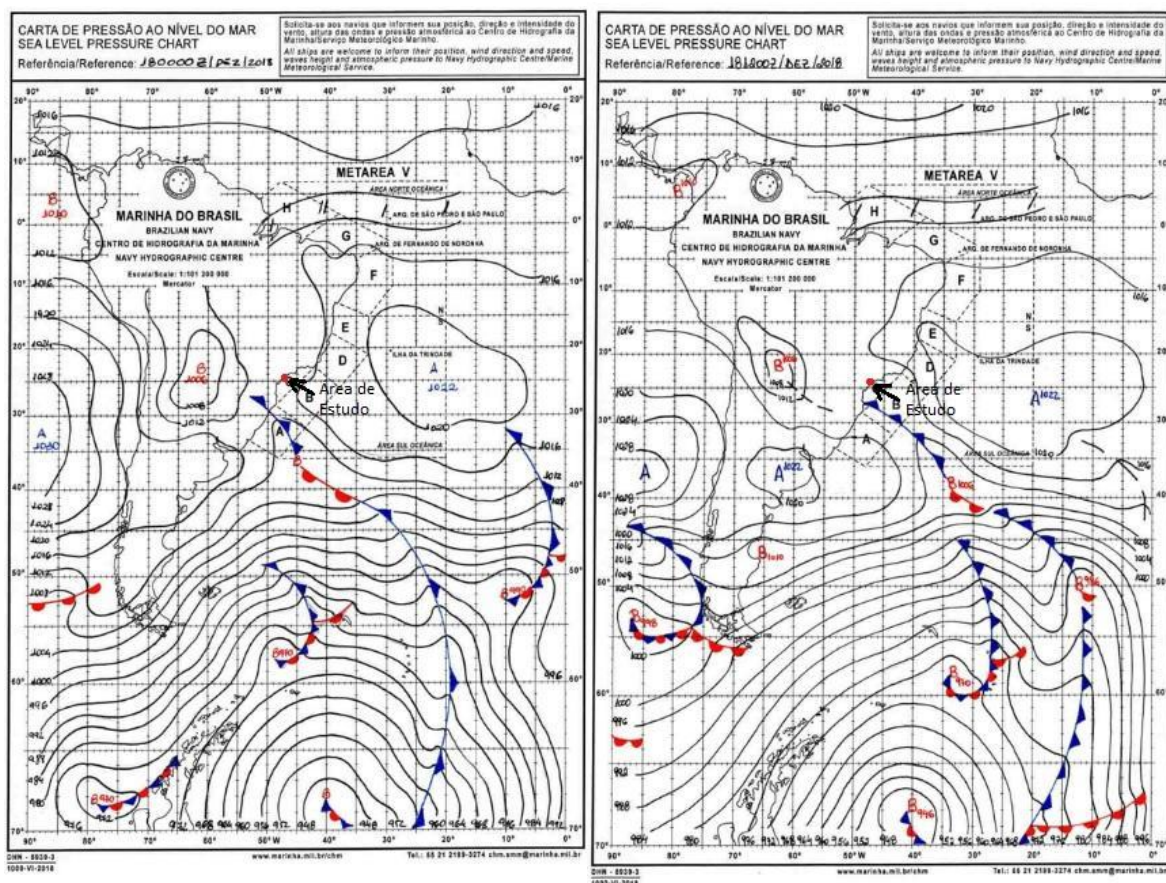


Figura 43: Cartas sinóticas do dia 18 de dezembro de 2018 às 00 TMG (a esquerda) e 12 TMG (a direita). Fonte: Marinha do Brasil (2018). Adaptado.

A figura 43 permite identificar a dinâmica atmosférica regional atuante na América do Sul. Destaca-se a massa tropical continental (mTc) no qual infere nos registros de temperaturas acima de 38°C medido. Não obstante, a passagem de um sistema frontal a sul-sudeste merece destaque, pois infere na queda de temperatura nos dias subsequentes.

Tabela 11: Dados de temperatura máxima absoluta horária e em minutos das 9, 15 e 21 horas do dia 18 de dezembro de 2018.

ANO	MÊS	DIA	HORA	MINUTO	Tar °C max 12 metros	Tar °C max 2 metros
2018	Dezembro	18	9	0	27,7 °C	28,7 °C
2018	Dezembro	18	9	10	27,9 °C	28,7 °C
2018	Dezembro	18	9	20	27,5 °C	28,1 °C
2018	Dezembro	18	9	30	27,6 °C	28,2 °C
2018	Dezembro	18	9	40	27,9 °C	28,6 °C
2018	Dezembro	18	9	50	27,8 °C	28,5 °C
2018	Dezembro	18	15	0	35,7 °C	36,8 °C
2018	Dezembro	18	15	10	36,2 °C	37,5 °C
2018	Dezembro	18	15	20	36,3 °C	37,7 °C
2018	Dezembro	18	15	30	36,4 °C	37,7 °C
2018	Dezembro	18	15	40	36,8 °C	38,0 °C
2018	Dezembro	18	15	50	37,2 °C	38,2 °C
2018	Dezembro	18	21	0	26,9 °C	26,9 °C
2018	Dezembro	18	21	10	26,9 °C	26,9 °C
2018	Dezembro	18	21	20	26,9 °C	26,9 °C
2018	Dezembro	18	21	30	26,9 °C	26,9 °C
2018	Dezembro	18	21	40	26,9 °C	26,9 °C
2018	Dezembro	18	21	50	26,8 °C	26,9 °C

Fonte: Rafael Epifanio (2024).

A tabela 11 permite analisar os dados de temperatura máxima absoluta horário e de minutos para o dia 18 de dezembro de 2018. É possível observar que as temperaturas máximas absolutas têm registro acima dos 25°C já pela manhã, com medição entre 27°C e 28°C às 9 horas. O valor de temperatura máxima absoluta é o mais elevado às 17 horas e 40 minutos, com

registro de 38,6°C a 12 metros e 39,5°C a 2 metros, registrando o dia mais quente do ano. À noite há redução dos valores, com registros em torno de 26°C.

As elevadas temperaturas possuem relação com a dinâmica atmosférica regional apresentada na figura 43, no qual a massa tropical continental (mTc), de característica quente e seca, acaba por inferir altas temperaturas em sua área de influência (BORSATO, 2016).

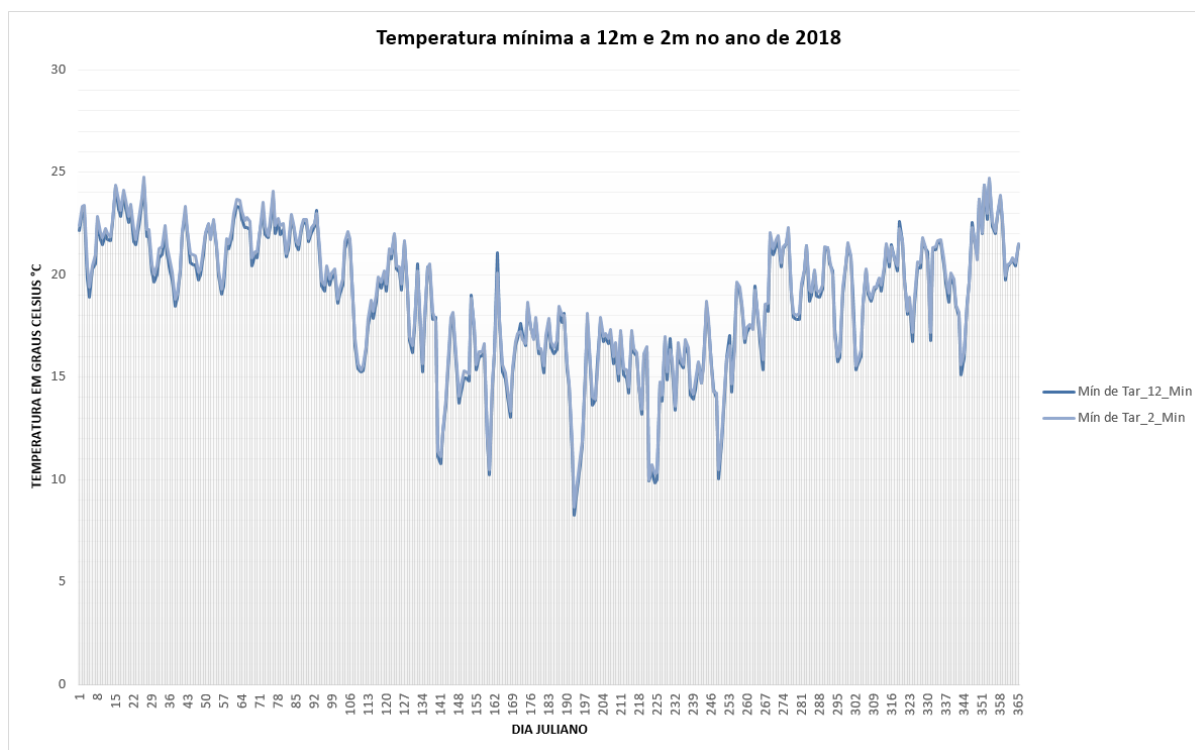


Figura 44: Temperatura do ar mínima absoluta acima (12 metros) e abaixo (2 metros) do dossel no ano de 2018 em dia juliano no manguezal da Barra do Ribeira - Iguape/SP. Fonte: Rafael Epifanio (2024).

A figura 43 permite observar o registro de temperatura a 12 metros e 2 metros acima da superfície na Ilha dos Papagaios no ano de 2018. Há de se destacar o dia 193 (12 julho) com registro de 8,2°C a 12 metros e 8,6°C a 2 metros. Tal registro associa-se à estação fria do inverno e à dinâmica atmosférica regional associada.

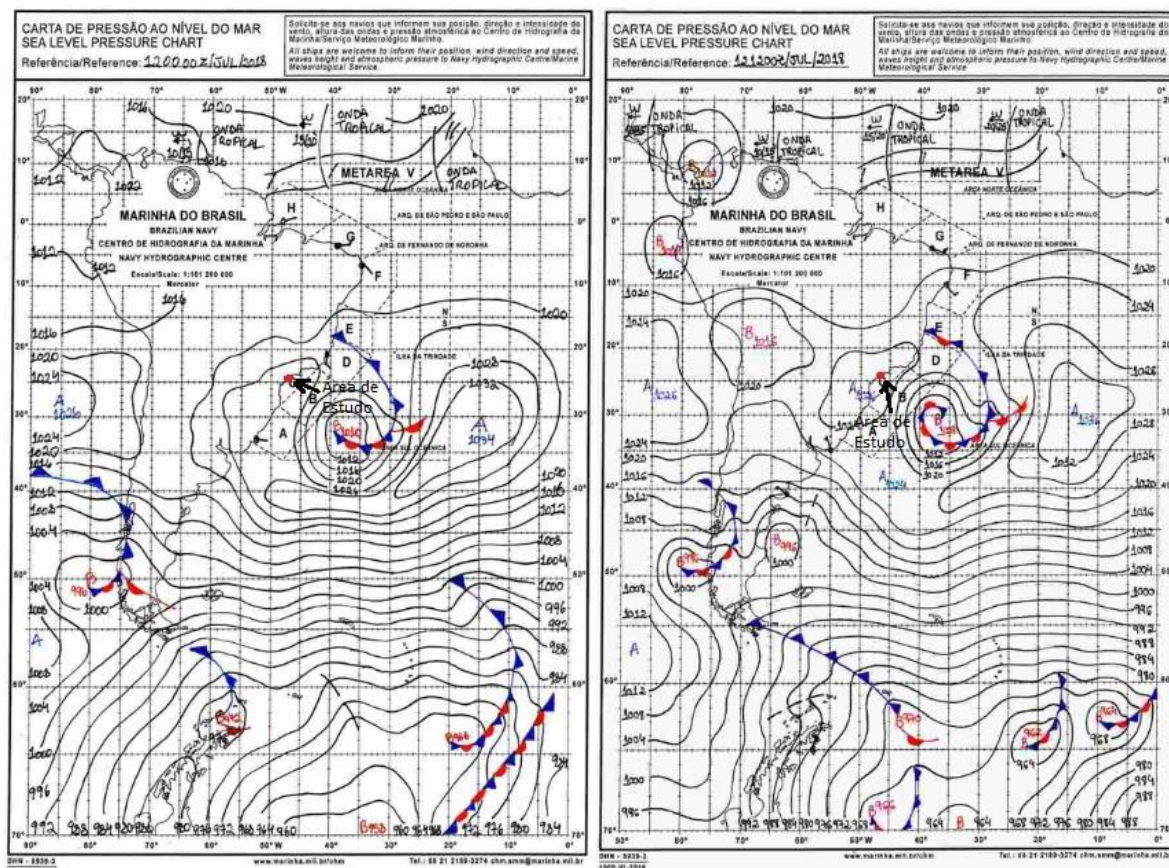


Figura 45: Cartas sinóticas do dia 12 de julho de 2018 às 00 TMG (a esquerda) e 12 TMG (a direita). Fonte: Marinha do Brasil (2018). Adaptado.

A figura 45 permite observar a dinâmica atmosférica regional da América do Sul para o dia 12 de julho. É importante destacar que as temperaturas mínimas registradas abaixo de 9°C associam-se à passagem de um ciclone extratropical à sudeste, no qual infere queda de temperatura e tempestades na região por onde passa.

Tabela 12: Dados de temperatura mínima absoluta horária e em minutos das 8, 9 e 21 horas do dia 12 de julho de 2018.

ANO	MÊS	DIA	HORA	MIN	Tar °C mín 12 metros	Tar °C mín 2 metros
2018	Julho	12	9	0	9,9 °C	10,0 °C
2018	Julho	12	9	10	10,3 °C	10,4 °C
2018	Julho	12	9	20	10,7 °C	10,8 °C
2018	Julho	12	9	30	11,1 °C	11,3 °C
2018	Julho	12	9	40	11,5 °C	12,0 °C
2018	Julho	12	9	50	11,8 °C	12,2 °C
2018	Julho	12	15	0	18,3 °C	19,1 °C
2018	Julho	12	15	10	18,3 °C	19,3 °C
2018	Julho	12	15	20	17,8 °C	19,1 °C
2018	Julho	12	15	30	17,8 °C	18,8 °C
2018	Julho	12	15	40	17,4 °C	18,2 °C
2018	Julho	12	15	50	17,3 °C	18,1 °C
2018	Julho	12	21	0	12,9 °C	13,3 °C
2018	Julho	12	21	10	12,7 °C	13,1 °C
2018	Julho	12	21	20	12,6 °C	13,1 °C
2018	Julho	12	21	30	12,7 °C	13,2 °C
2018	Julho	12	21	40	13,0 °C	13,3 °C
2018	Julho	12	21	50	12,9 °C	13,3 °C

Fonte: Rafael Epifanio (2024).

A tabela 12 permite analisar os dados de temperatura mínima absoluta, horários e de minutos do dia 12 de julho de 2018. Há registros de temperaturas inferiores aos 10°C pela manhã, com registros de 8,3°C a 12 metros e 8,6°C a 2 metros às 8 horas e 10 minutos. Há ligeiro aumento de temperatura, com registros entre 9°C e 10°C às 9 horas. A tarde há aumento significativo da temperatura mínima, com registros entre 17°C e 18°C às 15 horas. A noite se observa temperatura até 5°C acima se comparado às 8 horas, com registros de 13,0°C a 12

metros e 13,3°C a 2 metros às 21 horas e 40 minutos. As temperaturas reduzidas possuem relação com a dinâmica atmosférica regional, apresentada na figura 45. A passagem do sistema frontal acaba por inferir em redução de temperatura, caracterizando como o dia de menor temperatura mínima absoluta.

Precipitação

Os dados de precipitação foram analisados segundo dados anuais, com registro de 365 dias. Portanto, são considerados os anos de 2009, 2012, 2013, 2015, 2016, 2017 e 2018 por não apresentarem falha instrumental ao longo do ano. Foram considerados no trabalho de dados a soma das precipitações ao longo dos dias, meses e ano, de modo a extrair o valor total precipitado segundo o recorte de tempo considerado.

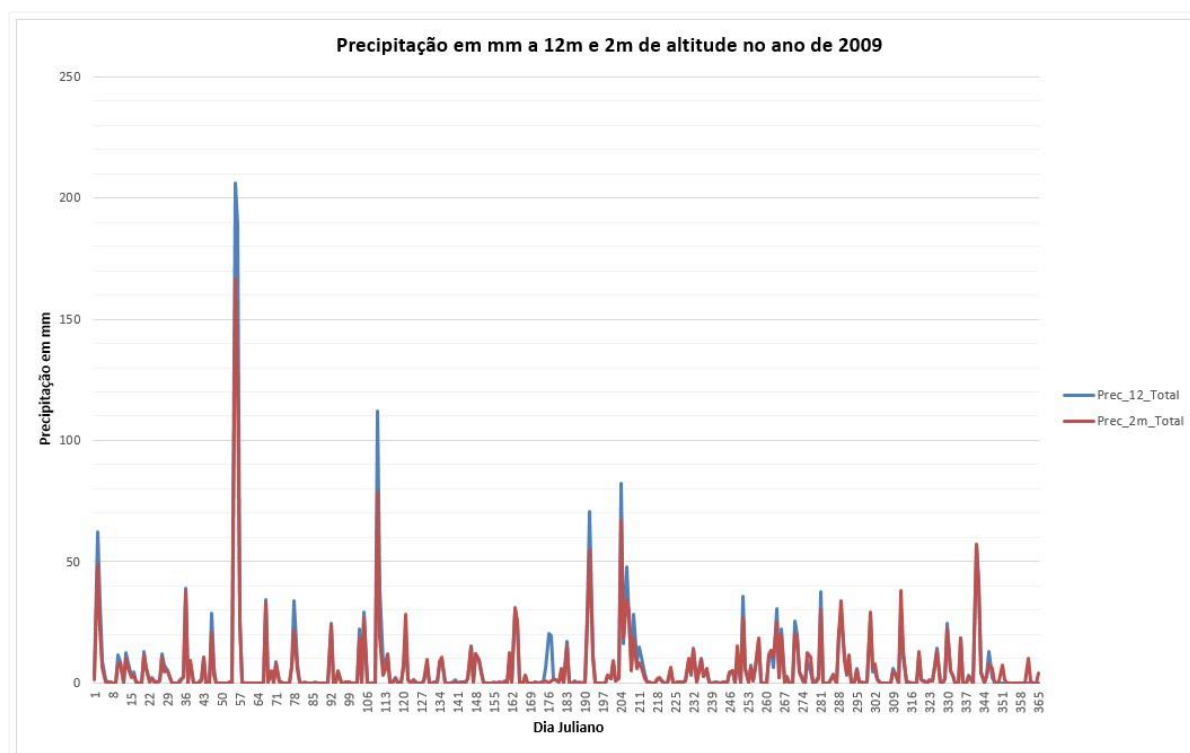
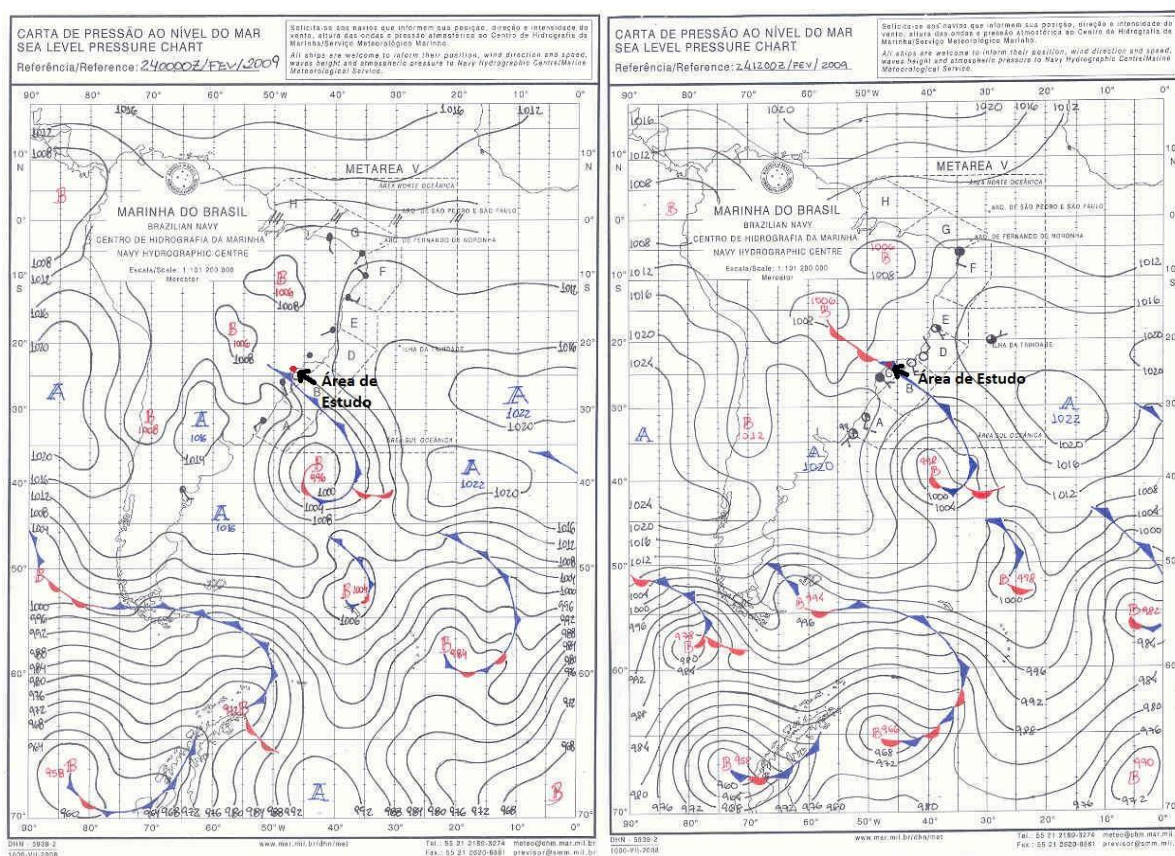


Figura 46: Gráfico de precipitação em mm à 12 metros e 2 metros de altitude na Ilha dos Papagaios - Barra do Ribeira de Iguape/SP no ano de 2009. Fonte: Rafael Epifanio (2024).

A figura 46 apresenta a precipitação em mm ao longo do ano de 2009 na Ilha dos Papagaios, com registros de 12 m e 2 metros acima da superfície. É possível observar uma distribuição homogênea de precipitação ao longo do ano, com valores acima de 50 mm tanto na estação quente de verão e primavera, como nas frias de outono e inverno. Os valores médios de precipitação ao longo do ano mostram-se em torno de 150 a 200 mm, sendo a precipitação total para o ano vigente de 2431,1 mm nos registros de 12 metros, e 2107,0 mm nos registros de 2 metros.

Há destaque para o evento do dia 55 (24 de fevereiro), cujo valores registrados de precipitação foram de 206,1 mm a 12 metros e 166,6 mm a 2 metros, podendo ser caracterizado como evento extremo de precipitação. A esta diferença de registros segundo os níveis altimétricos pode-se inferir a influência da vegetação, no qual intercepta e dissipa a precipitação incidente. O pluviômetro à 12 metros se encontra acima das copas, portanto há incidência direta da precipitação para registro (LIMA, 2014).



A figura 47 apresenta a dinâmica atmosférica do continente sul americano e oceano atlântico do dia 24 de fevereiro de 2009 às 00 TMG (21 horas) e 12 TMG (9 horas). É possível destacar dois sistemas principais. O primeiro se refere ao sistema frontal associado ao ciclone extratropical no sul-sudeste da área de estudo. Nota-se que o sistema frontal passa exatamente sobre a área de estudo, estando associado diretamente com o evento de precipitação com registros de 206,1 mm a 12 metros e 166,6 mm a 2 metros.

O segundo sistema caracteriza-se pela por uma massa de ar quente e seca presente no centro da américa do sul e nordeste-centro do Brasil. Tal sistema é importante para formação do evento de precipitação observado, pois o contato dessas massas de ar divergentes acaba por produzir instabilidade atmosférica, produção de nuvens e precipitação (AYOADE, 1988).

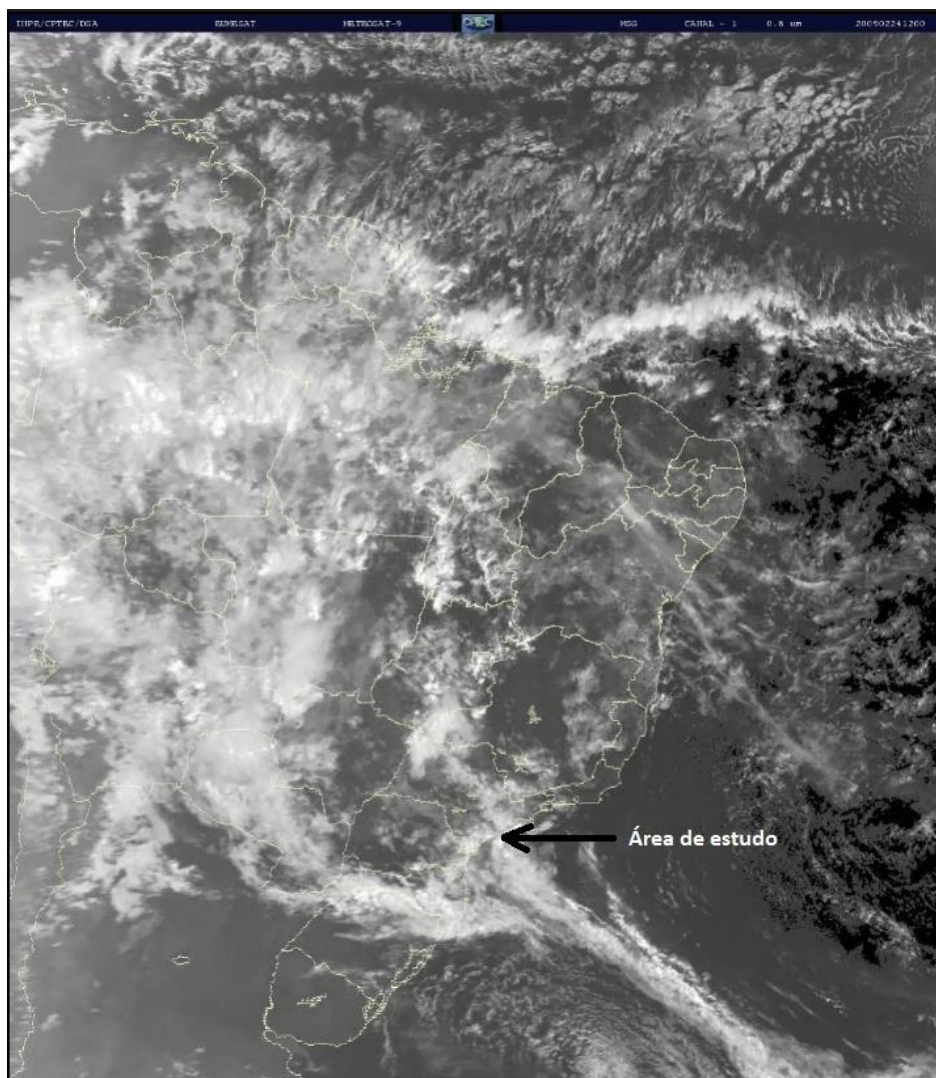


Figura 48: Imagem de satélite, canal METEOSAT-9 do dia 24 de fevereiro de 2009 às 12 horas. Fonte: CPTEC/INPE (2009). Adaptado.

A figura 48 permite visualizar a banda de nebulosidade presente em todo o território brasileiro. Na região na área de estudo destacada, se observa uma faixa de nebulosidade que se estende a sudeste do Atlântico Sul, a noroeste do Estado de São Paulo. A faixa de nuvens observada se relaciona com a precipitação registrada para a data em questão, entre às 6 horas da manhã e 23 horas do dia 24 de fevereiro de 2009 os totais pluviométricos registraram 206,1 mm, sendo os maiores valores às 10 horas com 47,9 mm a 12 metros e 45,5 mm a 2 metros; e 12 horas, com registros de 40,4 mm a 12 metros e 26,1 mm a 2 metros.

Tabela 13: Dados horários de Totais pluviométricos em mm com medição a 12 metros e 2 metros do dia 24 de fevereiro de 2009.

ANO	MÊS	DIA	HORA	Precip. em mm 12 mt	Precip. em mm 2 mt
2009	Fevereiro	24	9	17,4	14,5
2009	Fevereiro	24	10	47,9	45,5
2009	Fevereiro	24	11	36,3	31,9
2009	Fevereiro	24	12	40,4	26,1
2009	Fevereiro	24	13	14,6	11,8
2009	Fevereiro	24	14	1,5	1,1
2009	Fevereiro	24	15	2,2	1,4
2009	Fevereiro	24	16	4,1	2,6
2009	Fevereiro	24	17	25,6	17,7
2009	Fevereiro	24	18	4,8	3,5
2009	Fevereiro	24	19	1,6	1,5
2009	Fevereiro	24	20	0,2	0,2
2009	Fevereiro	24	21	0,3	0,2
2009	Fevereiro	24	22	0,4	0,5
2009	Fevereiro	24	23	0,4	0,2
TOTAL	-	-	-	206,1	166,6

Fonte: Rafael Epifanio (2024).

A tabela 13 permite visualizar os dados horários de precipitação para o dia 24 de fevereiro de 2009. É possível observar precipitação acima dos 10 mm já pela manhã, com registros de 17,4 mm a 12 metros e 14,5 mm a 2 metros. Os maiores valores para o dia foram registrados às 10 horas, com totais de 47,9 mm a 12 metros e 45,5 mm a 2 metros. Às 11 e 12 horas os totais precipitados superam os 35 mm, com decréscimo às 13 horas, com registros de 14,6 mm a 12 metros e 11,8 mm a 2 metros. No decorrer das horas há decréscimo dos totais precipitados, sendo os maiores valores entre 14 e 23 horas registrados às 17 horas, com medição de 25,6 mm a 12 metros e 17,7 mm a 2 metros.

O total precipitado para o dia refere-se a 206,1 mm a 12 metros e 166,6 mm a 2 metros, caracterizando-se pelos maiores valores para o ano. O evento associa-se diretamente com a passagem de um sistema frontal. Um sistema frontal caracteriza-se por ser uma massa de ar de reduzidas temperaturas e baixa umidade, originada em altas e médias latitudes. Ao avançar sobre área de menores latitudes, na faixa intertropical do globo, converge com massas de ar de elevadas temperaturas e umidade. O encontro dessas massas de ar divergentes promove a ascensão da massa de ar quente sobre a fria, gerando instabilidade atmosférica e precipitação (AYOADE, 1988).

O evento ocorrido no dia 24 de fevereiro possui características de chuva frontal, devido ao início dos registros de precipitações no período da manhã, às 9 horas. Chuvas frontais estão associadas diretamente com a passagem de um sistema frontal, e caracterizam-se por uma precipitação de duração de 12 horas ou mais (AYOADE, 1988).

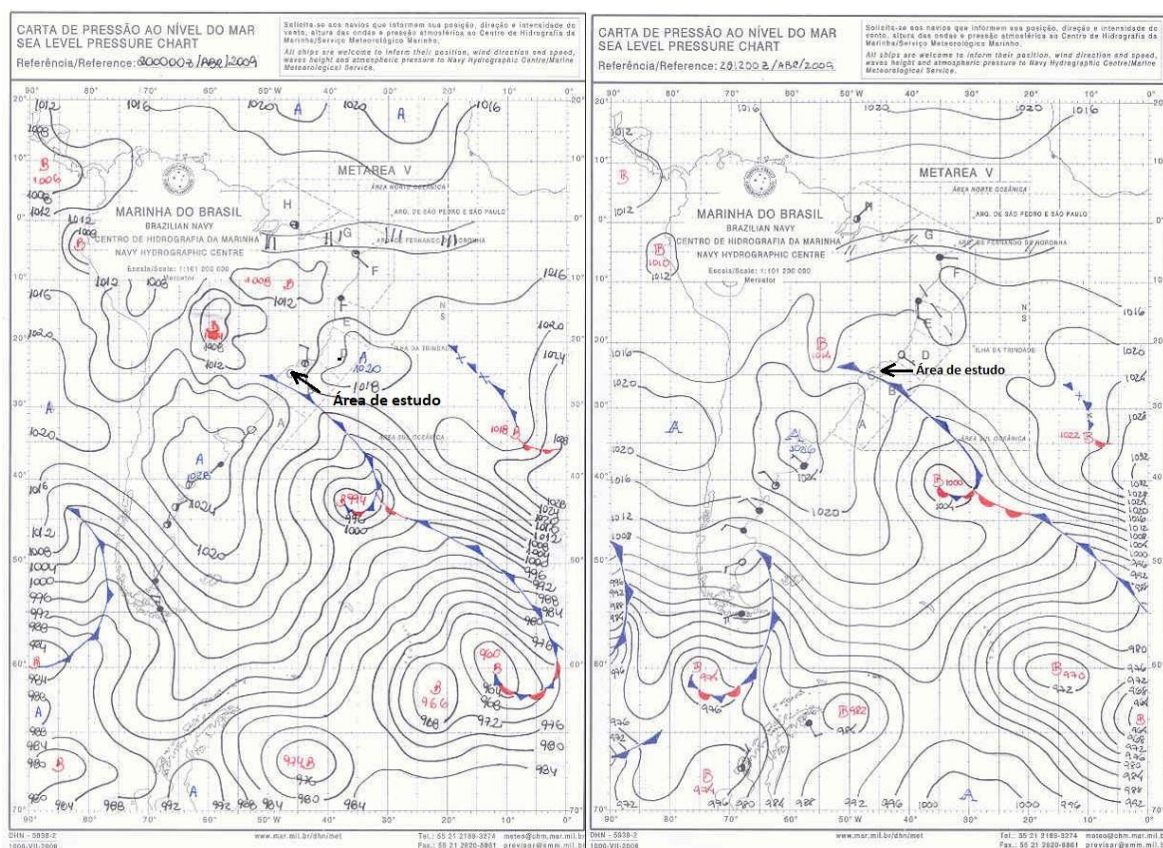


Figura 49: Cartas sinóticas do dia 20 de abril 2009 às 00 HMG (a esquerda) e 12 HMG (a direita). Fonte: Marinha do Brasil (2009). Adaptado.

A figura 49 apresenta as cartas sinóticas do dia 20 de abril de 2009 às 00 TMG e 12 TMG. Se observa a dinâmica atmosférica regional, de modo que é possível identificar um

sistema proeminente a sul-sudeste do Atlântico Sul, caracterizado como um sistema frontal (BORSATO, 2016).

O total pluviométrico observado no dia 20 de abril de 2009 associa-se diretamente à passagem deste sistema frontal. Os totais registrados de 112,3 mm a 12 metros e 78,7 mm a 2 metros possuem distribuição durante todo o dia, com o início da precipitação em torno de 2 horas da manhã. Assim podendo ser caracterizada como chuva frontal, formada a partir da passagem de um sistema frontal, onde há discrepância térmica entre massas de ar (AYOADE, 1988).

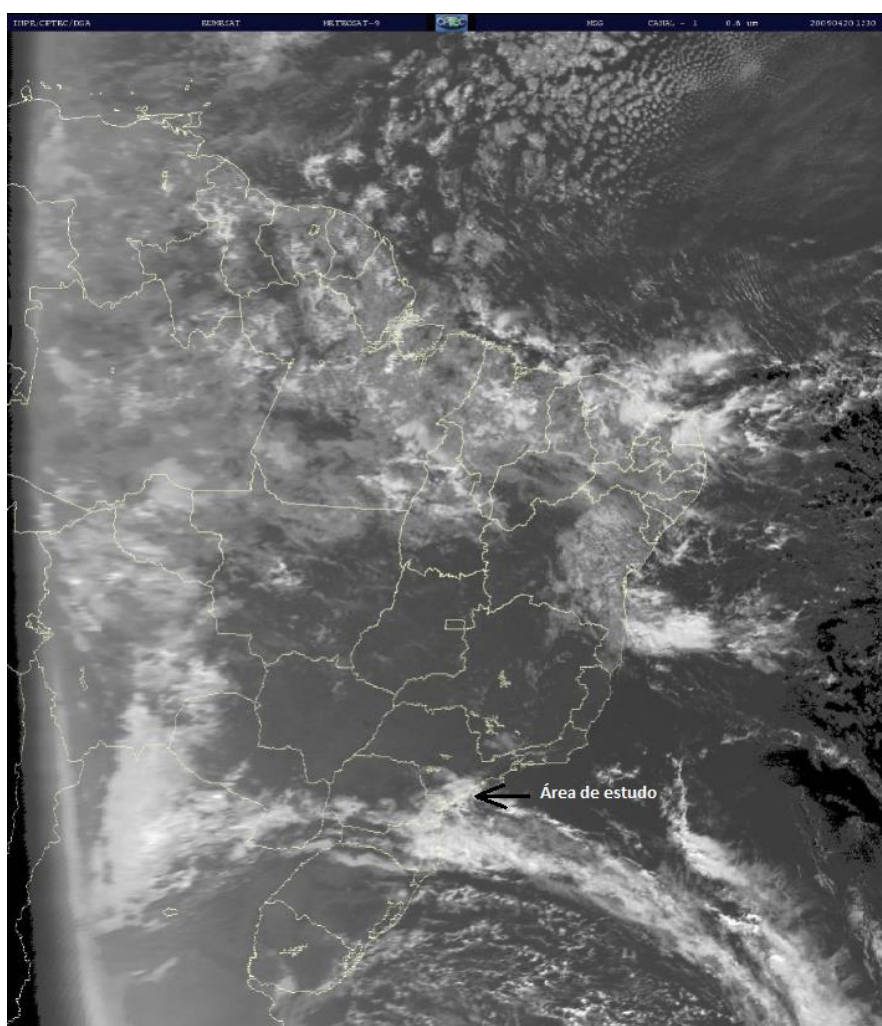


Figura 50: Imagem de satélite, canal METEOSAT-9 do dia 20 de abril de 2009 às 12 horas e 30 minutos. Fonte: CPTEC/INPE (2009). Adaptado.

A figura 50 representa imagem de satélite na banda visível para o Brasil, parte da América do Sul e Atlântico. Se observa a banda de nebulosidade referente ao sistema frontal

previamente analisado na carta sinótica, de modo que as nuvens se estendem ao sul-sudeste do Brasil a sudeste do Atlântico Sul.

A faixa contínua de nebulosidade é característica da passagem de um sistema frontal na região, de modo que o ar mais denso e frio de médias e altas latitudes avança sobre o ar menos denso e úmido da faixa do trópico de capricórnio. Tal encontro de massas de ar promove a ascensão e condensação de massas de ar, promovendo uma faixa de precipitação em escala regional (AYOADE, 1988).

Tabela 14: Totais pluviométricos em mm ao longo do ano com medição a 12 m e 2 metros de altitude na Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP no ano de 2009.

Ano	Meses	Precipitação 12 metros em mm	Precipitação 2 metros em mm
2009	Janeiro	208,5	159,8
2009	Fevereiro	519,9	404,1
2009	Março	97,7	80,4
2009	Abril	268,8	201,2
2009	Maió	90,7	102,6
2009	Junho	122,0	83,4
2009	Julho	385,7	314,9
2009	Agosto	63,6	63,9
2009	Setembro	232,4	217,1
2009	Outubro	175,9	189,9
2009	Novembro	122,7	126,3
2009	Dezembro	143,2	163,4
Total	-	2431,1	2107,0

Fonte: Rafael Epifanio (2024).

A tabela 14 permite analisar os totais pluviométricos mensais e anuais segundo o nível altimétrico de medição. Observa-se que os registros de precipitação a 12 metros de medição apresentam-se maiores nos meses de janeiro, fevereiro, março, abril, junho, julho e setembro, com diferença superior a 20 mm em comparativo aos 2 metros. Já nos meses de maio, agosto,

outubro, novembro e dezembro nota-se uma inversão, sendo os registros a 2 metros maiores, no entanto tal diferença não passa de 20 mm.

A precipitação total anual é superior aos 2000 mm, sendo o padrão climático para região tropical litorânea, como é o caso de Iguape. Nota-se que os totais pluviométricos a 12 metros (acima das copas) apresenta diferença de 324 mm em comparativo com os registros a 2 metros (abaixo das copas). Tal diferença se dá devido a influência da vegetação na interceptação da precipitação, inferindo na diferença de medição entre os dois ambientes (LIMA, 2014).

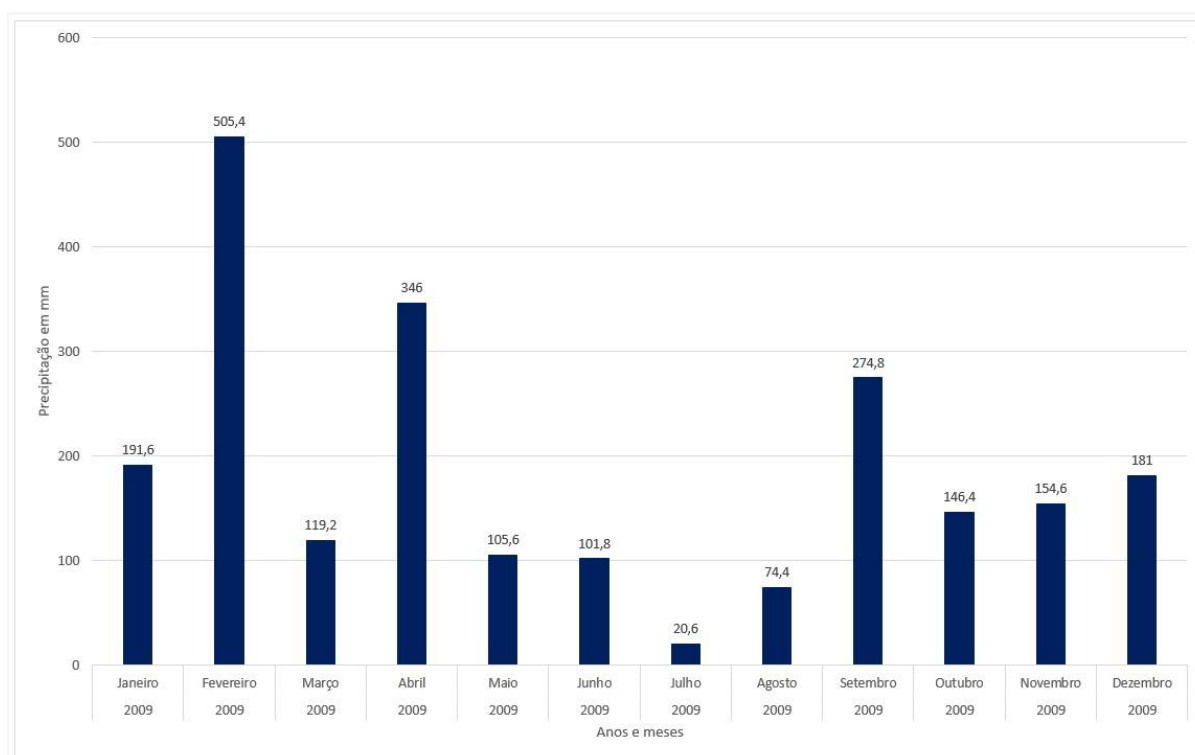


Figura 51: Precipitação total em mm por meses no ano de 2009 da estação meteorológica oficial de Iguape. Fonte: INMET (2009).

A figura 51 permite visualizar a precipitação total em mm em meses no ano de 2009 segundo a EMA oficial de Iguape. Comparativamente com os dados obtidos a partir da estação meteorológica instalada na Ilha dos Papagaios, área de estudo deste vigente trabalho, os totais pluviométricos assemelham-se, sendo os maiores valores registrados em fevereiro, onde em ambos os bancos de dados os totais pluviométricos superam os 500 mensais.

É possível notar diferença discrepante entre as estações no mês de julho, onde a estação meteorológica instalada na área de estudo deste vigente trabalho apresenta registros de 385,7 mm a 12 metros e 314,9 mm a 2 metros, comparativamente a 20,6 mm da estação

meteorológica oficial de Iguape. Tal discrepância se dá devido a falha instrumental, onde os registros mensais de julho se apresentam incompletos.

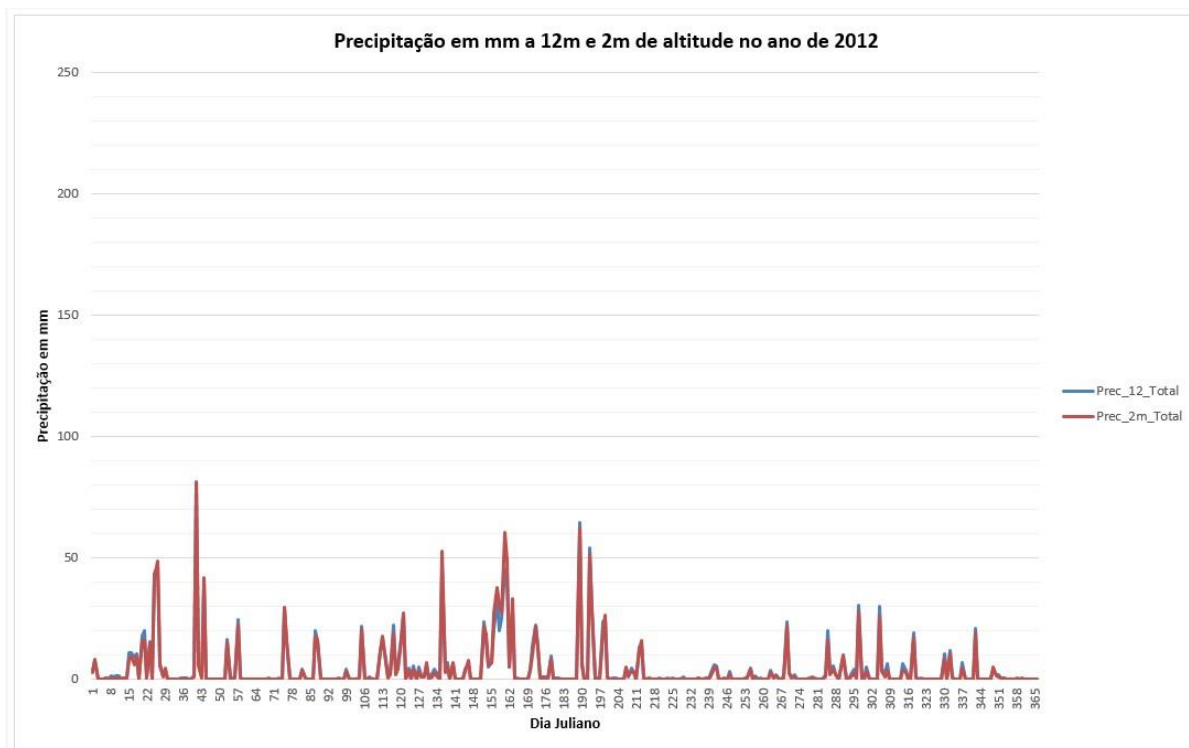


Figura 52: Gráfico de precipitação em mm à 12 metros e 2 metros de altitude na Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira de Iguape/SP no ano de 2012. Fonte: Rafael Epifanio (2024).

A figura 52 apresenta a precipitação em mm ao longo do ano de 2012 em Iguape, com registros de 12 m e 2 metros acima da superfície. É possível observar a distribuição dos totais pluviométricos ao longo do ano, com média de precipitação em torno de 130 mm. Observa-se ocorrência de precipitação acima dos 10 mm ao longo de todo o ano, com recorrência de precipitação acima dos 20 mm durante todo o ano.

Os eventos de precipitação acima de 40 mm ocorrem tanto na estação quente de verão como fria de inverno, de modo que a localização da área de estudo na região tropical litorânea infere precipitação ao longo de todo o ano.

Há ocorrência de totais pluviométricos diários superiores aos 60 mm, sendo os dias 41 (10 de fevereiro), 159 (09 de junho) e 188 (08 de julho). Destaca-se o dia 10 de fevereiro, com registros de 81,2 mm a 12 metros e 80,7 mm a 2 metros de altitude, com diferença entre ambas as medições inferiores aos 1 mm.

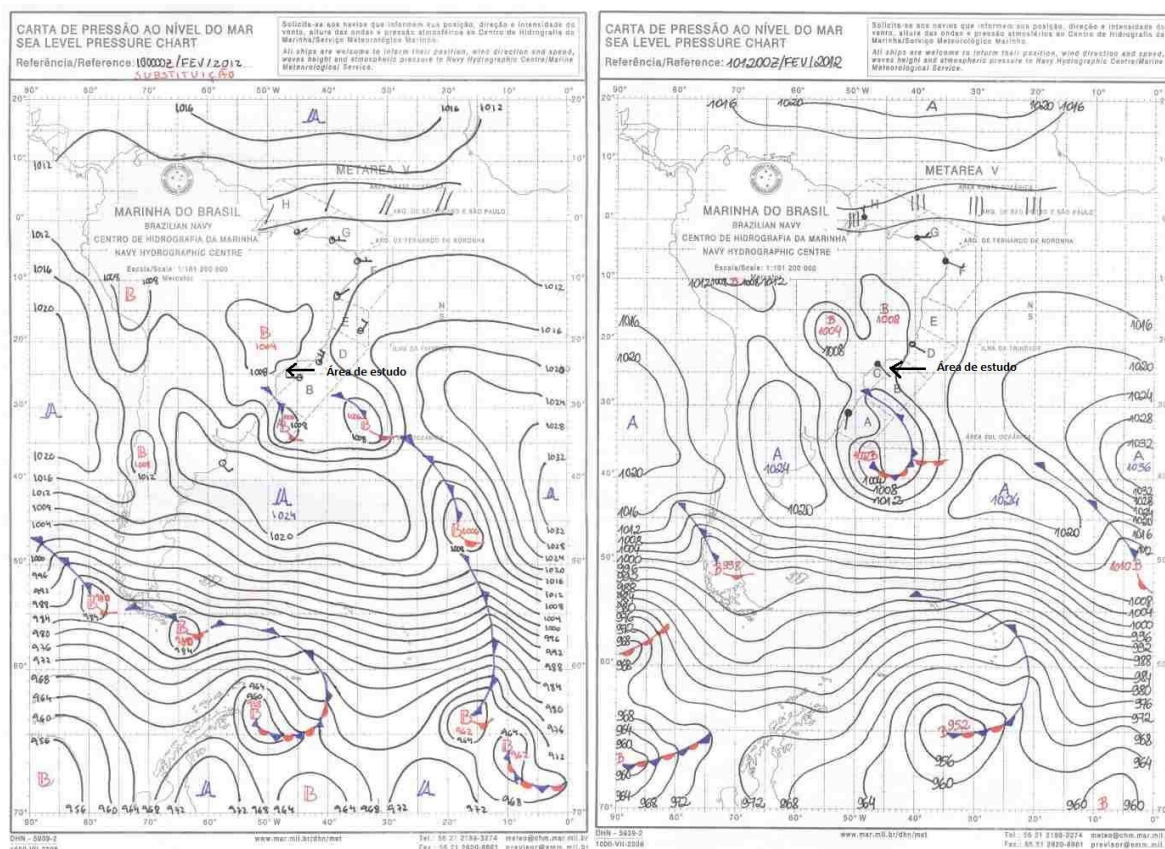


Figura 53: Cartas sinóticas do dia 10 de fevereiro de 2012 às 00 HMG (a esquerda) e 12 HMG (a direita). Fonte: Marinha do Brasil (2012). Adaptado.

A figura 53 apresenta as cartas sinóticas do dia 10 de fevereiro de 2012 às 00 TMG e 12 TMG. Se observa a dinâmica atmosférica regional, sendo possível analisar a presença de um sistema frontal a sul-sudeste do país, no Atlântico Sul. Também há a presença de uma massa de ar quente, de baixa pressão, no interior do Brasil. A zona de baixa pressão, caracterizada por uma massa de ar quente, juntamente com a formação de um sistema frontal associado a um ciclone extratropical acaba por inferir em instabilidade atmosférica, promovendo a formação de nebulosidade e chuvas (AYOADE, 1988; BORSATO, 2016).

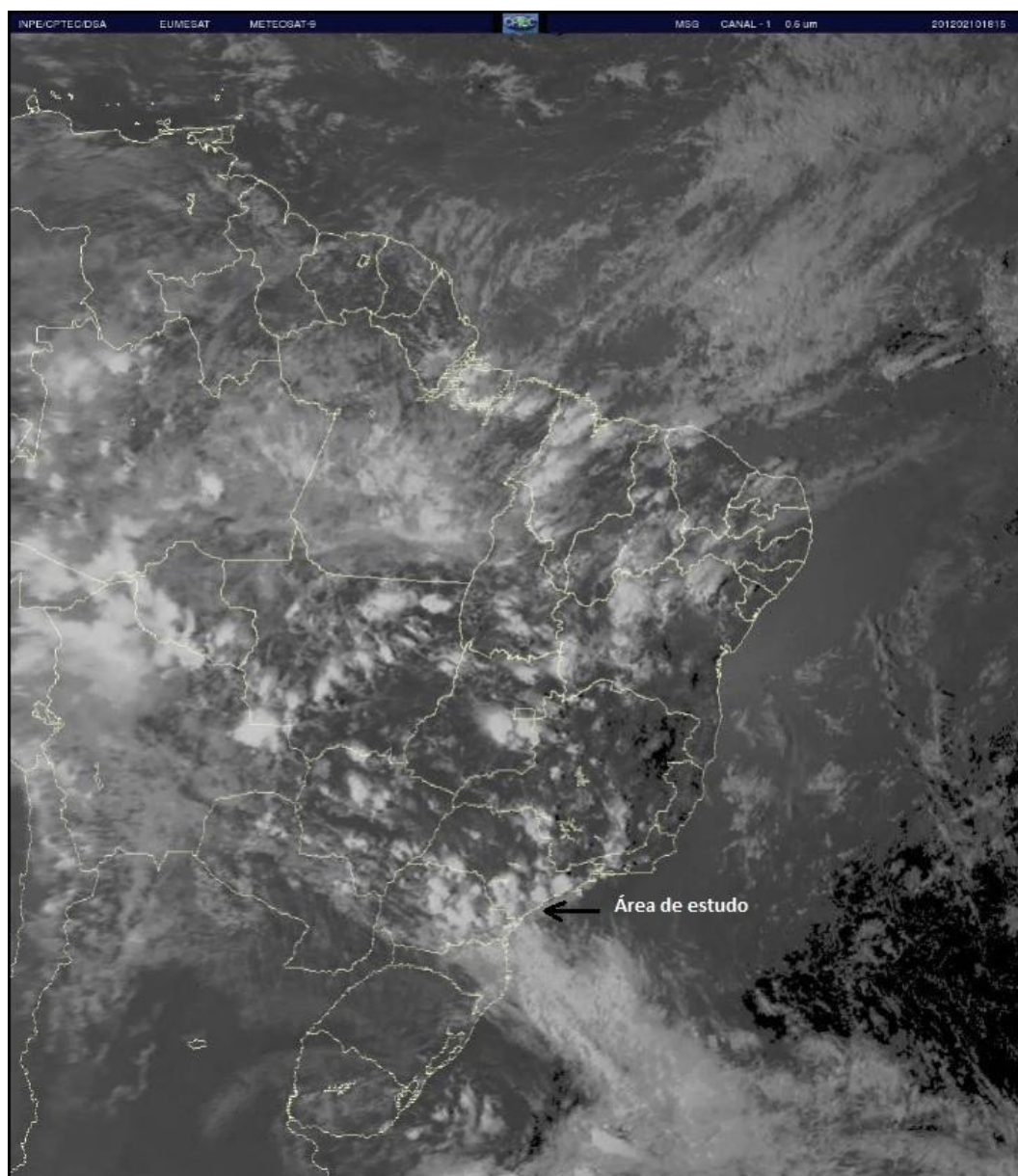


Figura 54: Imagem de satélite, canal METEOSAT-9 do dia 10 de fevereiro de 2012 às 18 horas e 15 minutos. Fonte: CPTEC/INPE (2012). Adaptado.

A figura 54 permite visualizar a imagem de satélite na banda visível para o Brasil, parte da América do Sul e Atlântico para o dia 10 de fevereiro de 2012 às 18 horas e 15 minutos. Se observa uma banda de nebulosidade presente no sul-sudeste do estado de São Paulo, associada à passagem de um sistema frontal e formação de um ciclone extratropical a sul do litoral do estado, a noroeste do Atlântico Sul.

Tal sistema, associado a massas de ar quente de baixa pressão no interior do país, acaba por inferir instabilidade atmosférica, promovendo formação de nuvens. Na data em questão os totais pluviométricos segundo os níveis altimétricos foram de 81,2 mm a 12 metros e 80,7 mm

a 2 metros. Os registros mais elevados ocorreram às 19 horas, com totais de 13,7 mm precipitados. Ocorreu precipitação durante todo o dia em questão, bem distribuídas no tempo, possuindo uma média de 3,38 mm.

Tabela 15: Dados horários de Totais pluviométricos em mm com medição a 12 metros e 2 metros do dia 10 de fevereiro de 2012.

ANO	MÊS	DIA	HORA	Precip. em mm 12 mt	Precip. em mm 2 mt
2012	Fevereiro	10	9	0,0	0,0
2012	Fevereiro	10	10	0,0	0,0
2012	Fevereiro	10	11	0,0	0,0
2012	Fevereiro	10	12	0,0	0,0
2012	Fevereiro	10	13	0,0	0,0
2012	Fevereiro	10	14	0,0	0,0
2012	Fevereiro	10	15	0,0	0,0
2012	Fevereiro	10	16	0,0	0,0
2012	Fevereiro	10	17	0,4	0,2
2012	Fevereiro	10	18	13,7	11,2
2012	Fevereiro	10	19	42,5	42,8
2012	Fevereiro	10	20	15,1	17,2
2012	Fevereiro	10	21	5,0	5,1
2012	Fevereiro	10	22	0,4	0,2
2012	Fevereiro	10	23	3,7	3,7
TOTAL	-	-	-	81,2	80,7

Fonte: Rafael Epifanio (2024).

A tabela 15 permite analisar os dados de precipitação horários do dia 10 de fevereiro de 2012. É possível observar totais de precipitação nulos durante boa parte do dia, com chuva a partir das 17 horas com apenas 0,4 mm a 12 metros e 0,2 a 2 metros. Há aumento dos totais, com 13,7 mm a 12 metros e 11,2 mm a 2 metros às 18 horas. O maior valor registrado para o

dia refere-se aos registros de 42,5 mm a 12 metros e 42,8 mm a 2 metros às 19 horas. Há redução dos totais, com valores entre 15 mm e 17 mm às 20 horas, diminuindo para menos de 6 mm às 21, 22 e 23 horas.

Os totais pluviométricos registrados para o dia 10 de fevereiro de 2012 estão diretamente relacionados com a dinâmica atmosférica apresentada nas cartas sinóticas da figura 53. A massa de ar quente e seca denominada massa tropical continental (mTc), acaba por inferir em elevadas temperaturas para região, associada com a passagem de um sistema frontal a sul-sudeste acaba por gerar instabilidade atmosférica (BORSATO, 2016). É importante ressaltar o horário e intensidade de início da precipitação, sendo a partir das 17 horas, com pico de intensidade às 19 horas.

Tabela 16: Totais pluviométricos em mm ao longo do ano com medição a 12 m e 2 metros de altitude na Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP no ano de 2012.

Ano	Meses	Precipitação 12 metros em mm	Precipitação 2 metros em mm
2012	Janeiro	212,5	192,7
2012	Fevereiro	173,7	168,3
2012	Março	85,9	82,5
2012	Abril	142,2	129,7
2012	Maiο	129,5	122,8
2012	Junho	308,5	356,8
2012	Julho	243,0	232,1
2012	Agosto	16,9	11,7
2012	Setembro	45,7	36,8
2012	Outubro	119,5	99,0
2012	Novembro	65,3	50,2
2012	Dezembro	36,4	32,0
Total	-	1579,1	1514,6

Fonte: Rafael Epifanio (2024)

A tabela 16 permite analisar os totais pluviométricos mensais e anuais segundo o nível altimétrico de medição. A diferença dos totais pluviométricos entre os níveis altimétricos se mostra evidente, com registros totais a 12 metros de altitude maiores que os registros de 2 metros em 11 meses do ano. Se destaca o mês de junho, onde há a inversão dos dados, sendo os registros a 2 metros maiores que 12 metros, com diferença de 48,3 mm.

Os meses de agosto e dezembro apresentam totais pluviométricos inferiores aos 40 mm, em comparativo com os meses de junho e janeiro, referentes à mesma estação, com totais pluviométricos superiores aos 300 mm e 200 mm, respectivamente. Isso ocorre devido ao possível entupimento do pluviômetro por folhas e outros materiais do ambiente, que impedem o registro dos valores precipitado.

Os totais pluviométricos apresentam diferenças altimétricas de registros, sendo cerca de 1579,1 mm a 12 metros e 1514,6 mm a 2 metros. Diferença de cerca de 64,5 mm, que, no entanto, mostra-se inferior aos registros observados no ano de 2009.

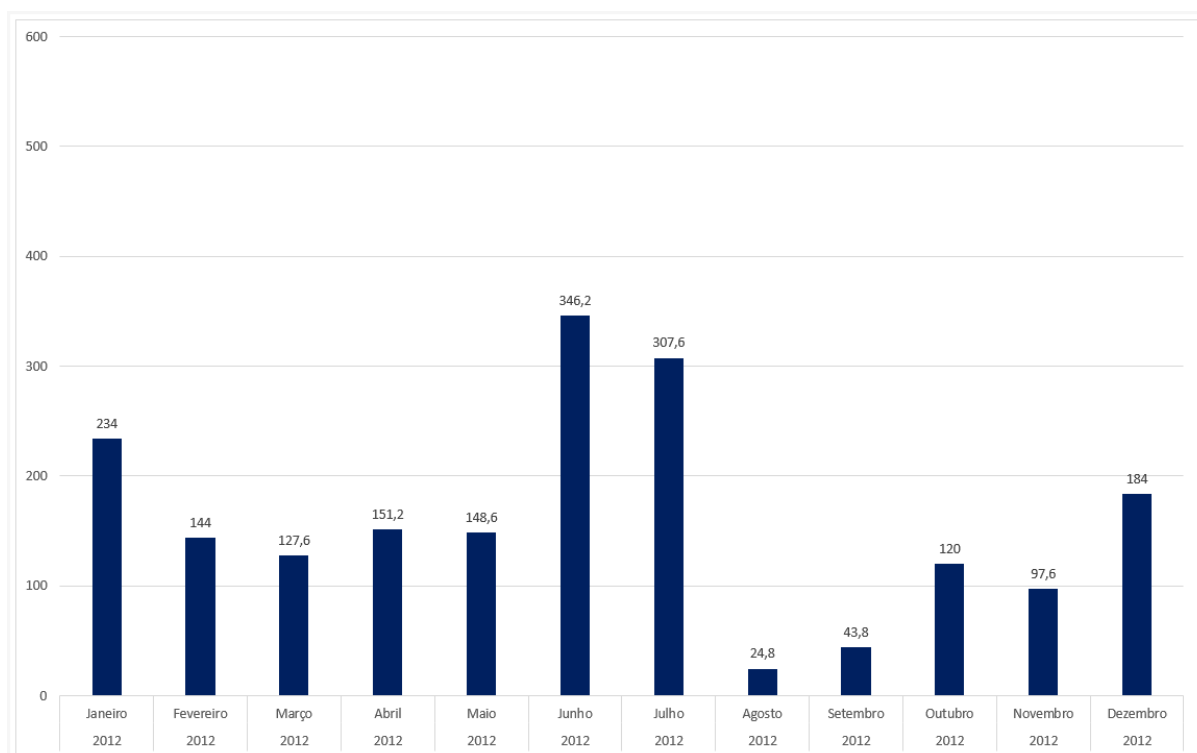


Figura 55: Precipitação total em mm por meses no ano de 2012 da estação meteorológica oficial de Iguape. Fonte: INMET (2012).

A figura 55 permite observar a os totais pluviométricos mensais no ano de 2012 a partir da estação meteorológica oficial de Iguape. O gráfico permite a visualização e comparação

entre o banco de dados de ambas as estações, apresentando semelhança nos registros pluviométricos. É possível observar, no entanto, diferença superior aos 50 mm nos meses de julho e dezembro, onde os totais pluviométricos da estação meteorológica oficial de Iguape se apresentam superiores aos registrados na estação instalada na Ilha dos Papagaios.

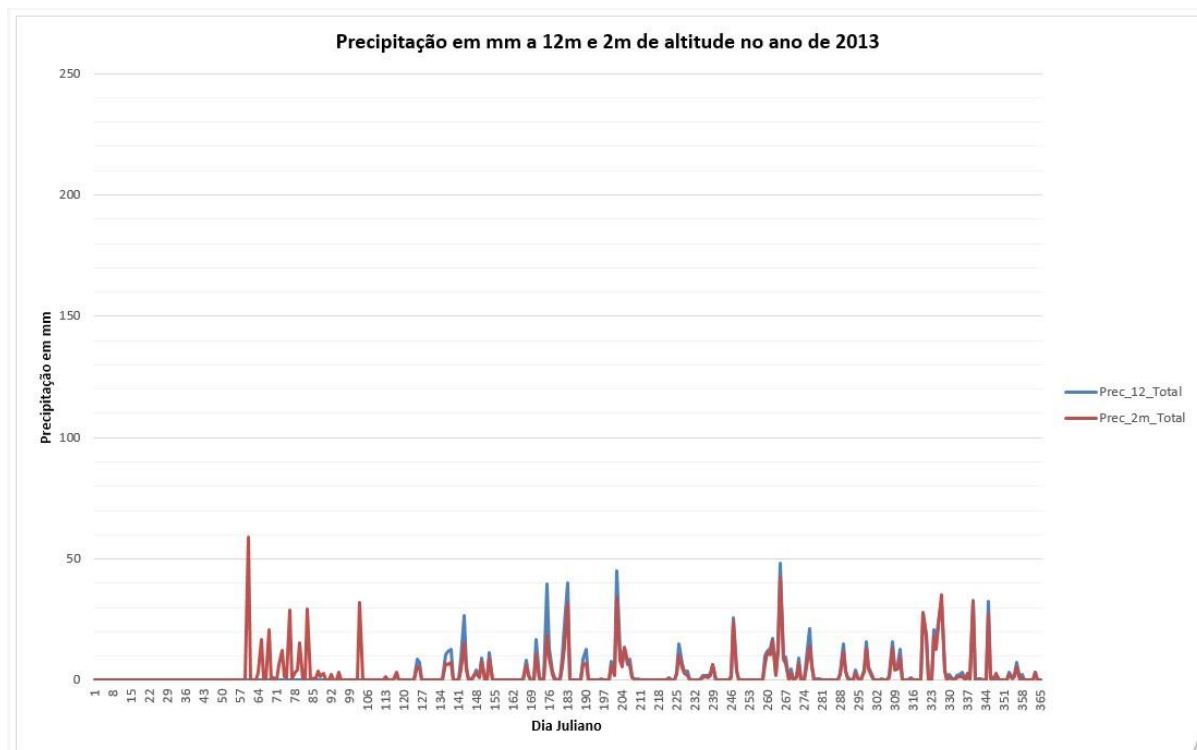


Figura 56: Gráfico de precipitação em mm à 12 metros e 2 metros de altitude na Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira de Iguape/SP no ano de 2013. Fonte: Rafael Epifanio (2024).

A figura 56 apresenta a precipitação em mm ao longo do ano de 2013 com registros de 12 m e 2 metros acima da superfície. Se observa a ausência significativa de precipitação registrada ao longo de janeiro e fevereiro, isso devido ao entupimento do pluviômetro por folhas e galhos, no qual impede o registro da precipitação. Observa totais pluviométricos distribuídos de março a dezembro, com média anual de 86,8 mm. A ocorrência de chuvas acima de 30 mm ocorre durante todo o ano, com destaque para o dia 60 (1 de março), com precipitação de 59,1 mm, com registro apenas a 2 metros de altitude.

A figura 57 apresenta as cartas sinóticas do dia 01 de março de 2013 às 00 TMG e 12 TMG. É possível observar a dinâmica atmosférica para América do Sul e Atlântico sul. A dinâmica atmosférica regional da área de estudo apresenta a passagem de um sistema frontal associado à formação de um ciclone extratropical a sul-sudeste do atlântico sul. Também é possível observar a massa tropical continental (mTc), de origem nos grandes Chacos, caracterizada pela elevada temperatura e baixa umidade, de influência no centro oeste, sul e sudeste do Brasil (BORSATO, 2016).

Há destaque para zona de alta pressão que migra juntamente com a passagem do sistema frontal, onde localiza-se ao sul a 00 TMG e migra a sudeste em 12 TMG, de modo que a passagem do sistema frontal infere mudanças barométricas, de temperatura e umidade (BORSATO, 2016).

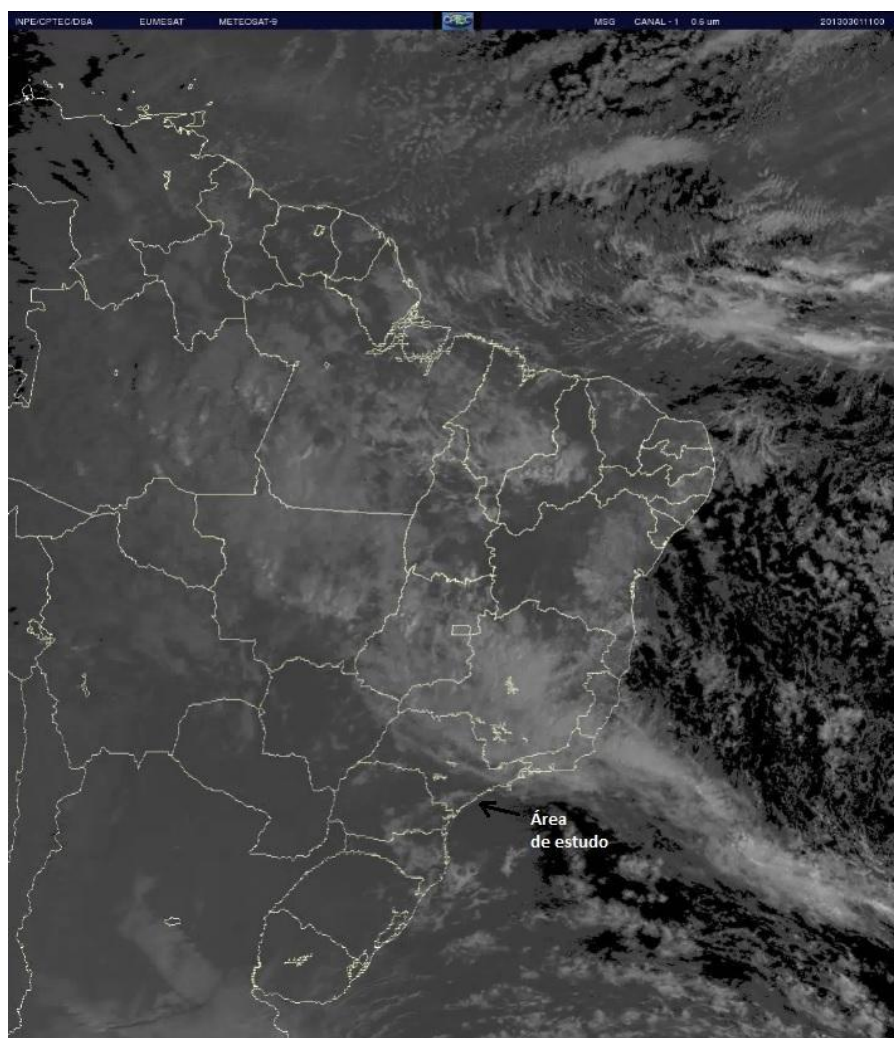


Figura 58: Imagem de satélite, canal METEOSAT-9 do dia 01 de março de 2013 às 11 horas.
Fonte: CPTEC/INPE (2013). Adaptado.

A figura 58 permite visualizar a imagem de satélite na banda visível para o Brasil e Atlântico sul no dia 01 de março de 2013 às 11 horas. Observa-se a faixa de nebulosidade a nordeste do estado de São Paulo, que se estende do sudeste do Atlântico Sul a Noroeste de Goiás. Tal banda associa-se à passagem do sistema frontal previamente analisado na figura 56.

Destaca-se a pequena nebulosidade presente acima da área de estudo, no qual associa-se aos registros de precipitação de 59,1 mm para o dia em questão. Tal precipitação pode ser definida como frontal, pelo horário de ocorrência, com medição de 53,6 mm às 9 horas e 5,5 mm às 10 horas, ambos os registros a 2 metros de altitude.

Tabela 17: Dados horários de Totais pluviométricos em mm com medição a 12 metros e 2 metros do dia 01 de março de 2013.

ANO	MÊS	DIA	HORA	Precip. em mm 12 mt	Precip. em mm 2 mt
2013	Março	01	9	-	53,6
2013	Março	01	10	-	5,5
2013	Março	01	11	-	-
2013	Março	01	12	-	-
2013	Março	01	13	-	-
2013	Março	01	14	-	-
2013	Março	01	15	-	-
2013	Março	01	16	-	-
2013	Março	01	17	-	-
2013	Março	01	18	-	-
2013	Março	01	19	-	-
2013	Março	01	20	-	-
2013	Março	01	21	-	-
2013	Março	01	22	-	-
2013	Março	01	23	-	-
TOTAL	-	-	-	-	59,1

Fonte: Rafael Epifanio (2024).

A tabela 17 permite analisar os dados de precipitação horários para o dia 01 de março de 2013. É possível observar que os totais pluviométricos a 12 metros são nulos, enquanto há medição apenas nos registros a 2 metros. Tal fator se dá por entupimento do pluviômetro, no qual impede a drenagem da água sobre o sensor, impedindo os registros.

No entanto, é importante destacar os registros as 9 horas, com medição de 53,6 mm a 2 metros, caracterizando por um evento de precipitação intenso em um curto intervalo de tempo. O registro às 10 apresenta redução significativa da precipitação, com registros apenas de 5,5 mm. Devido ao horário de ocorrência da precipitação, pode-se inferir que se atrela diretamente

com a passagem de um sistema frontal, caracterizando como uma chuva frontal, que ocorre pela parte da manhã.

Tabela 18: Totais pluviométricos em mm ao longo do ano com medição a 12 m e 2 metros de altitude na Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP no ano de 2013.

Ano	Meses	Precipitação 12 metros em mm	Precipitação 2 metros em mm
2013	Janeiro	0,3	0,7
2013	Fevereiro	0	0,1
2013	Março	0,2	214,9
2013	Abril	2	43,8
2013	Maiο	111,5	69,2
2013	Junho	110,1	65,0
2013	Julho	194,0	144,2
2013	Agosto	49,6	36,3
2013	Setembro	184,9	156,4
2013	Outubro	92,4	69,2
2013	Novembro	200,3	180,4
2013	Dezembro	96,5	83,8
Total	-	1041,8	1064,0

Fonte: Rafael Epifanio (2024).

A tabela 18 permite analisar os totais pluviométricos mensais e anuais segundo o nível altimétrico de medição no ano de 2013. Os meses de janeiro e fevereiro apresentam totais pluviométricos inferiores aos 1 mm em ambos os níveis altimétricos. Já março apresenta diferença de registro de 214,7 mm entre as medições de 2 metros comparativamente com 12 metros. Em abril tal diferença se mantém, sendo as medições a 2 metros 41,8 mm mais elevadas se comparada aos registros de 12 metros. Nos meses seguintes a diferença se inverte, sendo os registros a 12 metros mais elevados que os de 2 metros. Os totais pluviométricos em ambos os níveis altimétricos não apresenta diferença significativa, sendo os totais aos 12 metros de 1041,8 mm e 2 metros de 1064,0 mm, apresentando diferença de apenas 22,2 mm.

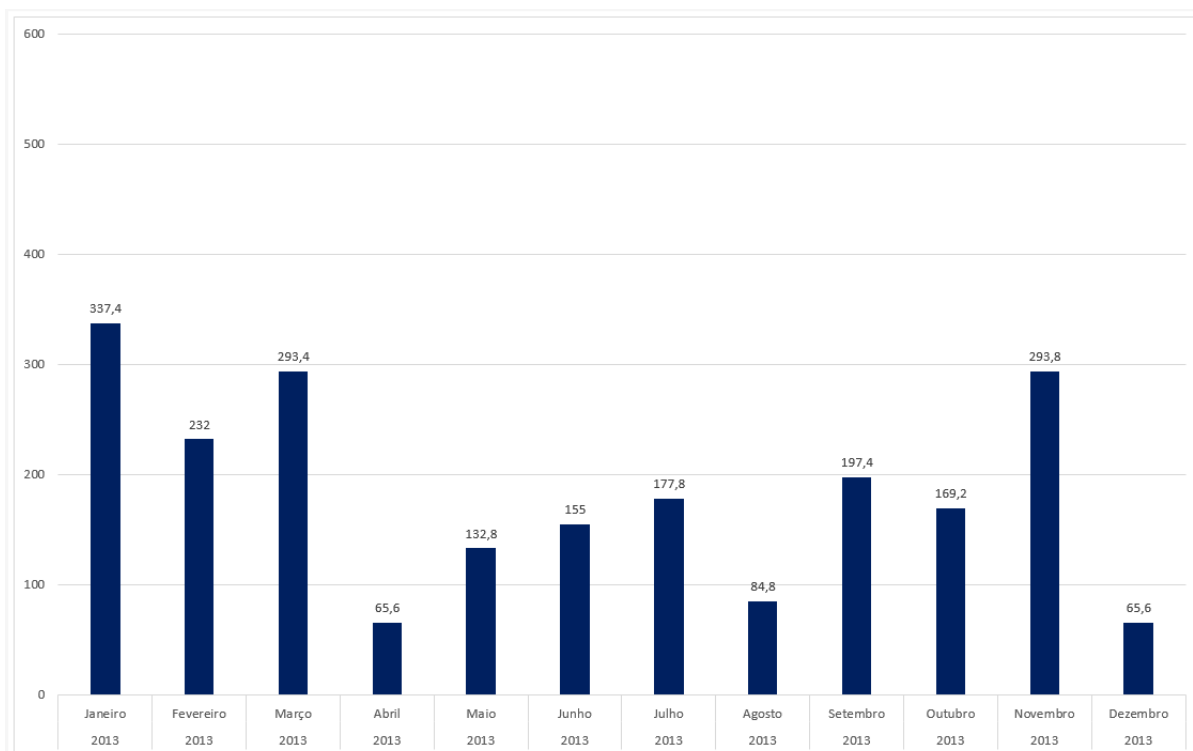


Figura 59: Precipitação total em mm por meses no ano de 2013 da estação meteorológica oficial de Iguape. Fonte: INMET (2013).

A figura 59 permite observar os totais pluviométricos mensais no ano de 2013 a partir da estação meteorológica oficial de Iguape. Comparativamente com os dados obtidos a partir da estação meteorológica instalada na Ilha dos Papagaios, os dados de Iguape apresentam totais pluviométricos superiores durante todo o ano, sendo os meses de janeiro, fevereiro e outubro mais expressivos. As diferenças de registros de janeiro e fevereiro estão associadas a falha instrumental da estação meteorológica da Ilha dos Papagaios ou entupimento dos pluviômetros, no qual impede os registros de precipitação.

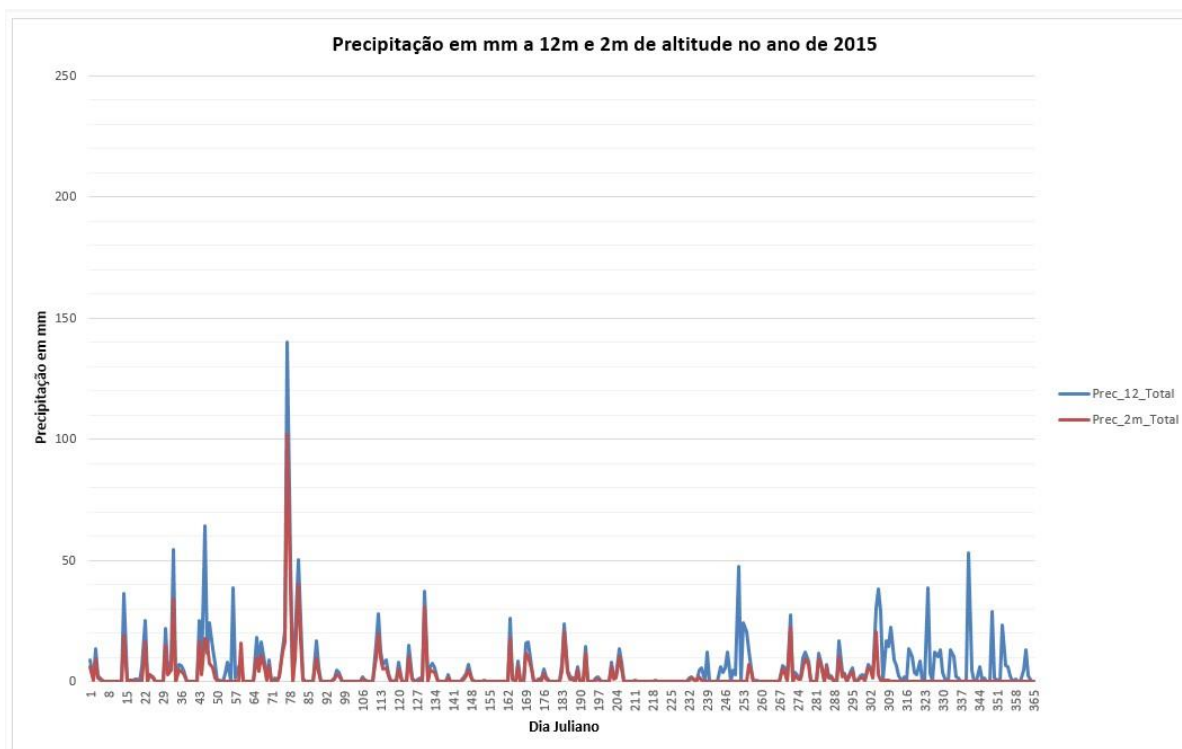


Figura 60: Gráfico de precipitação em mm à 12 metros e 2 metros de altitude na Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira de Iguape/SP no ano de 2015. Fonte: Rafael Epifanio (2024).

A figura 60 apresenta a precipitação em mm ao longo do ano de 2015 com registros de 12 m e 2 metros acima da superfície. Os totais pluviométricos se apresentam distribuídos durante todo o ano, com registros mais elevados na estação quente de verão, durante os meses de janeiro, fevereiro e março. Se observa uma queda significativa na precipitação durante o outono e inverno, nos meses de abril, maio, junho, julho e agosto, com eventos pontuais de 15 a 20 mm. Os meses de setembro, outubro, novembro e dezembro representam um aumento nos totais de precipitação, com o retorno das estações quentes de primavera e verão.

A média anual de precipitação é de 168,0 mm, com destaque para os eventos isolados do dia 77 (18 de março), com registros de 139,9 mm a 12 metros e 102,0 mm a 2 metros de altitude. Tal evento pode ser caracterizado como extremo, onde os totais pluviométricos do referido dia superam a média anual de registros.

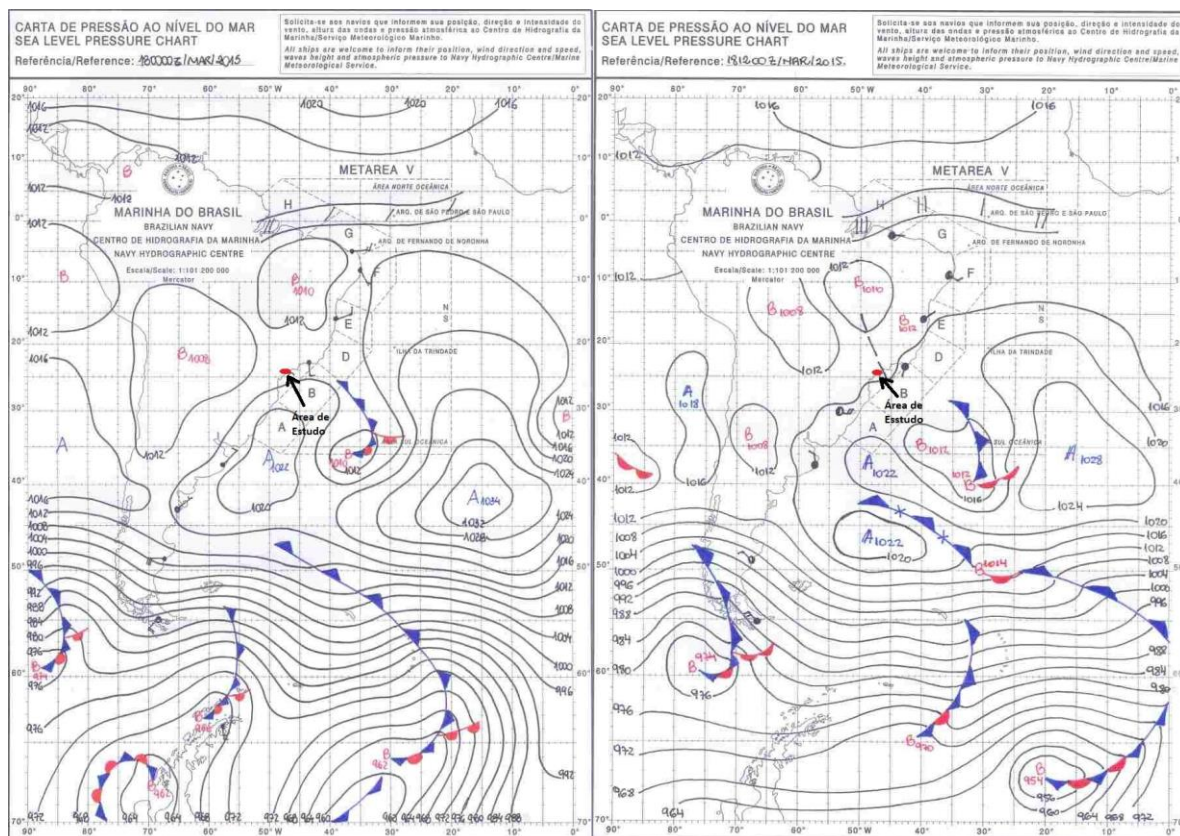


Figura 61: Cartas sinóticas do dia 18 de março de 2015 às 00 TMG (a esquerda) e 12 TMG (a direita). Fonte: Marinha do Brasil (2015). Adaptado.

A figura 61 permite visualizar a dinâmica atmosférica do dia 18 de março de 2015 às 00 TMG (9 horas) e 12 TMG (21 horas). É possível observar três sistemas de destaque: o primeiro se refere ao sistema frontal à sudeste da área de estudo no Atlântico Sul; O segundo refere-se à massa de ar quente e seca, denominada de massa tropical continental (mTc), à oeste da área de estudo, na porção central do Brasil e América do Sul; por último, a massa de ar quente e úmida, denominada massa equatorial atlântica (mEa), à norte-nordeste do Brasil (BORSATO, 2016).

As três massas de ar citadas acabam por compor majoritariamente a dinâmica atmosférica observável para o dia citado. No que tange à influência nos registros de precipitação do evento observado para o dia 18 de março, há de se considerar a passagem do sistema frontal a sudeste, no qual promove instabilidade devido às altas temperaturas inferidas pela massa tropical continental (mTc) (BORSATO, 2016).

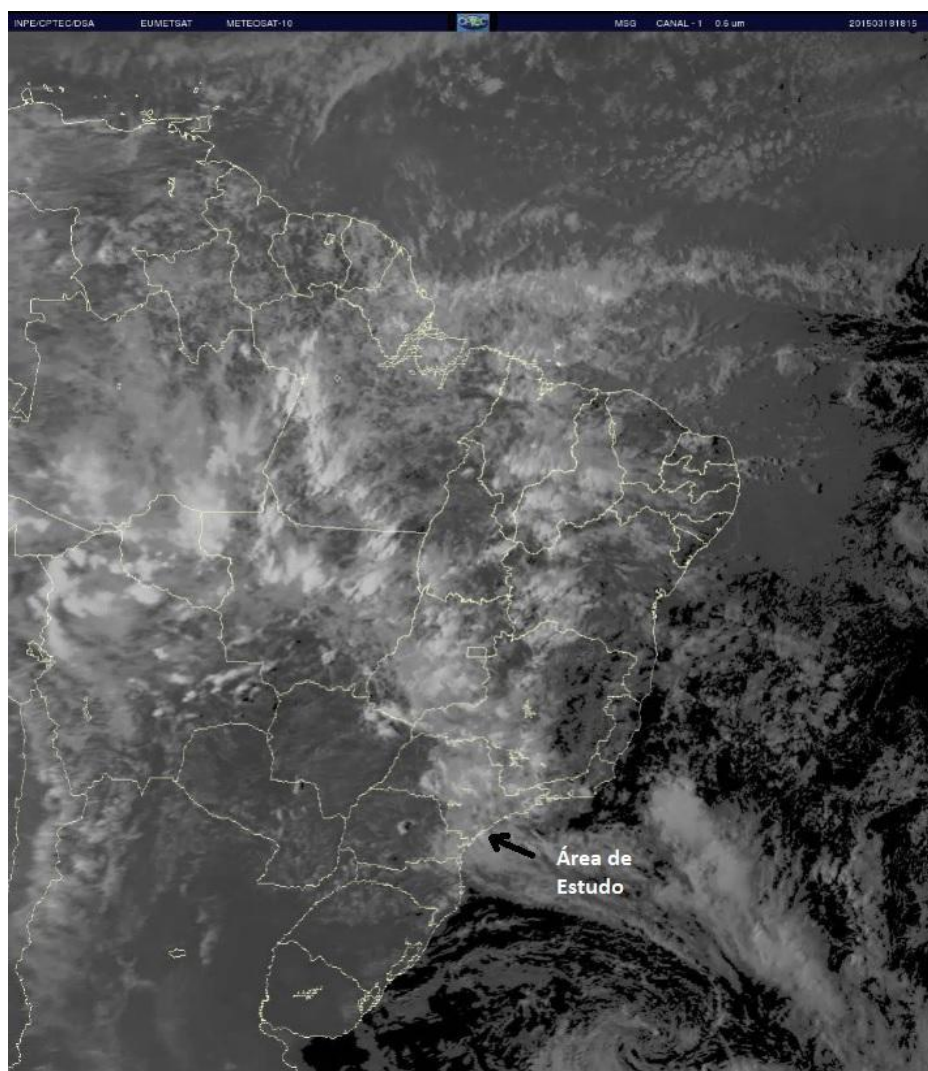


Figura 62: Imagem de satélite, canal METEOSAT-9 do dia 18 de março de 2015 às 18 horas e 15 minutos. Fonte: CPTEC/INPE (2015). Adaptado.

A figura 60 permite observar na banda visível a nebulosidade presente no Brasil, parte da América do Sul e oceano Atlântico no dia 18 de março de 2015 às 18 horas e 15 minutos. É possível analisar a banda de nebulosidade presente no estado de São Paulo, sobretudo sobre a área de estudo. Tal nebulosidade associa-se diretamente à passagem de um sistema frontal a sudeste, no qual gera instabilidade atmosférica devido ao encontro de massas de ar divergentes. Um sistema frontal associa-se à formação de um ciclone extratropical, de centro de baixa pressão, com rotação horária, observada a sul-sudeste da área de estudo, no canto inferior direito da imagem.

O evento de registro de 139,9 mm a 12 metros e 102,0 mm a 2 metros no dia 18 de março tem início pela madrugada, com maior intensidade no período da noite, a partir das 21

horas. Dessa forma, é possível inferir precipitação de caráter frontal, com relação direta à passagem do sistema frontal observado nas cartas sinóticas da figura 61.

Tabela 19: Dados horários de Totais pluviométricos em mm com medição a 12 metros e 2 metros do dia 18 de março de 2015.

ANO	MÊS	DIA	HORA	Precip. em mm 12 mt	Precip. em mm 2 mt
2015	Março	18	9	0,1	0
2015	Março	18	10	0	0
2015	Março	18	11	1,0	0,6
2015	Março	18	12	0,0	0,0
2015	Março	18	13	0,0	0,0
2015	Março	18	14	0,1	0,0
2015	Março	18	15	1,8	1,0
2015	Março	18	16	2,9	2,5
2015	Março	18	17	16,0	11,0
2015	Março	18	18	1,7	1,4
2015	Março	18	19	3,4	2,5
2015	Março	18	20	16,8	11,6
2015	Março	18	21	21,8	18,0
2015	Março	18	22	44,9	33,0
2015	Março	18	23	16,2	11,3
TOTAL	-	-	-	139,9	102,0

Fonte: Rafael Epifanio (2024).

A tabela 19 permite analisar os dados horários de precipitação do dia 18 de março de 2015. Nota-se que os totais pluviométricos são mais elevados do que os dados apresentados, pois os eventos de 1, 2 e 5 horas não se apresentam na tabela. É possível observar valores inferiores de precipitação entre 9 e 16 horas, sendo os valores superiores aos 15 mm a partir das 17 horas, com registros de 16,0 mm a 12 metros e 11,0 mm a 2 metros. Há redução às 18 e 19 horas, com valores inferiores aos 5 mm.

O evento de precipitação ganha intensidade a partir das 20 horas, com valores superiores aos 15 mm, sendo os registros mais elevados às 22 horas, com medição de 44,9 mm a 12 metros e 33,0 mm a 2 metros. Devido à natureza do evento observado, é possível inferir, a partir das cartas sinóticas apresentada na figura 61 e imagem de satélite na figura 62 que tal evento caracteriza-se por uma chuva frontal, devido ao início às 1 hora da manhã, com registro de 1,5 mm a 12 metros e 0,8 mm a 2 metros, e duração, perdurando por todo o dia. Chuvas frontais formam-se a partir do contato de massas de ar divergentes, a partir da passagem de um sistema frontal. Possuem intensidade moderada à intensa, e duram de 6 a 12 horas (AYOADE, 1988).

Tabela 20: Totais pluviométricos em mm ao longo do ano com medição a 12 m e 2 metros de altitude na Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP no ano de 2015.

Ano	Meses	Precipitação 12 metros em mm	Precipitação 2 metros em mm
2015	Janeiro	127,8	77,0
2015	Fevereiro	297,6	136,6
2015	Março	404,3	289,9
2015	Abril	96,9	64,5
2015	Maiο	91,7	65,0
2015	Junho	86,0	57,3
2015	Julho	100,5	73,3
2015	Agosto	28,5	5,7
2015	Setembro	189,3	46,0
2015	Outubro	148,3	108,0
2015	Novembro	284,9	5,6
2015	Dezembro	161,1	-
Total	-	2016,9	928,9

Fonte: Rafael Epifanio (2024).

A tabela 20 permite analisar os totais pluviométricos mensais e anuais segundo o nível altimétrico de medição no ano de 2015. Os totais pluviométricos são distribuídos durante todo o ano, com diferença de registros entre os níveis altimétricos durante os 12 meses. Tal diferença

supera os 20 mm, chegando a 279,3 mm no mês de dezembro, com medidas mais elevadas a 12 metros, se comparada a 2 metros.

O total pluviométrico anual apresenta uma grande diferença entre os níveis altimétricos, sendo o registro total a 12 metros de altitude 2016,9 mm e a 2 metros 928,9 mm, apresentando uma diferença de 1088,0 mm. Tal diferença se dá devido ao entupimento do pluviômetro a 2 metros, no qual impede os registros de precipitação. A estação quente representa totais pluviométricos elevados se comparado com a estação fria de inverno. Os meses de janeiro, fevereiro e março apresentam registros superiores aos 100 mm em ambos os níveis altimétricos. Já nos meses de abril, maio, junho, julho e agosto apresentam totais inferiores aos 100 mm, com destaque para agosto, com total pluviométrico inferior aos 30 mm.

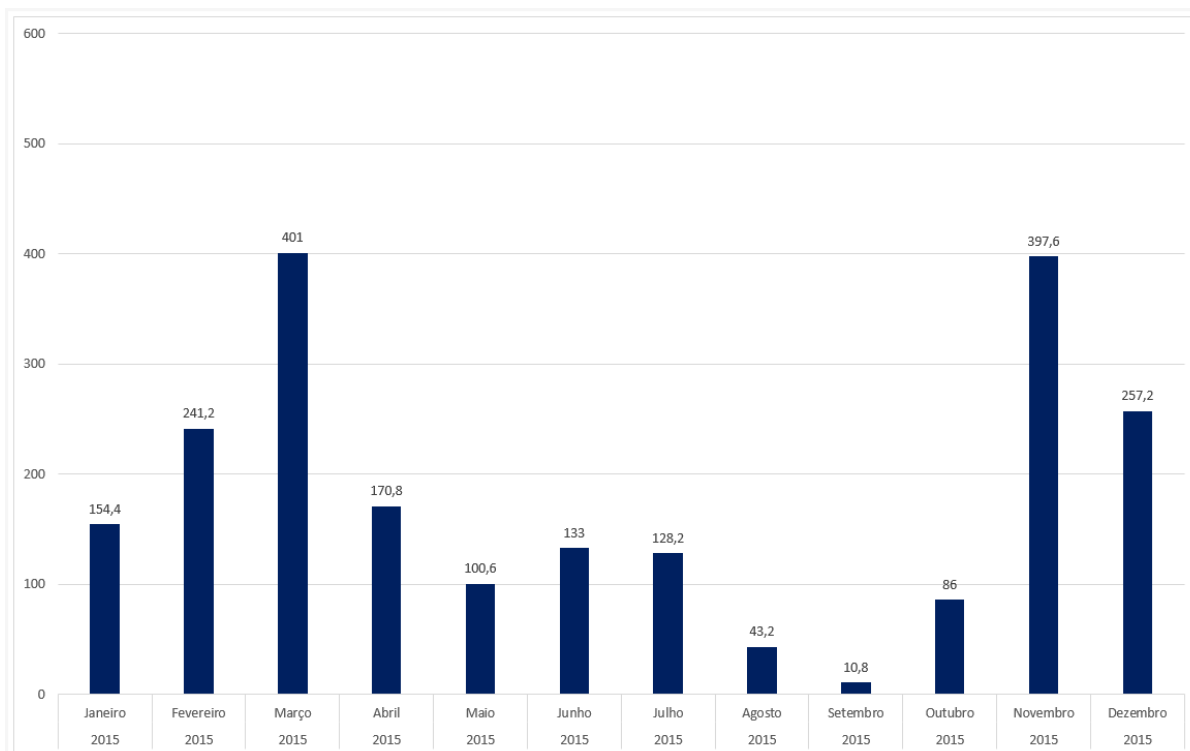


Figura 63: Precipitação total em mm por meses no ano de 2015 da estação meteorológica oficial de Iguape. Fonte: INMET (2015).

A figura 63 permite observar os totais pluviométricos mensais registrados na estação meteorológica oficial de Iguape no ano de 2015. Os valores medidos assemelham-se com os registros da estação meteorológica da Ilha dos Papagaios, salvo nos meses de setembro, outubro, novembro e dezembro. Nos meses de setembro e outubro, a estação meteorológica da Ilha dos Papagaios apresenta totais pluviométricos superior aos 50 mm se comparado com a estação de Iguape, o que sugere falha instrumental nos registros da estação oficial. Já no mês

de novembro e dezembro os totais pluviométricos da estação meteorológica oficial de Iguape apresentam diferença de 90 mm ou mais, devido a possível falha nos registros da estação instalada na Ilha dos Papagaios. Em ambas as estações o mês de valores mais elevados para precipitação refere-se à março, com totais pluviométricos superiores aos 400 mm.

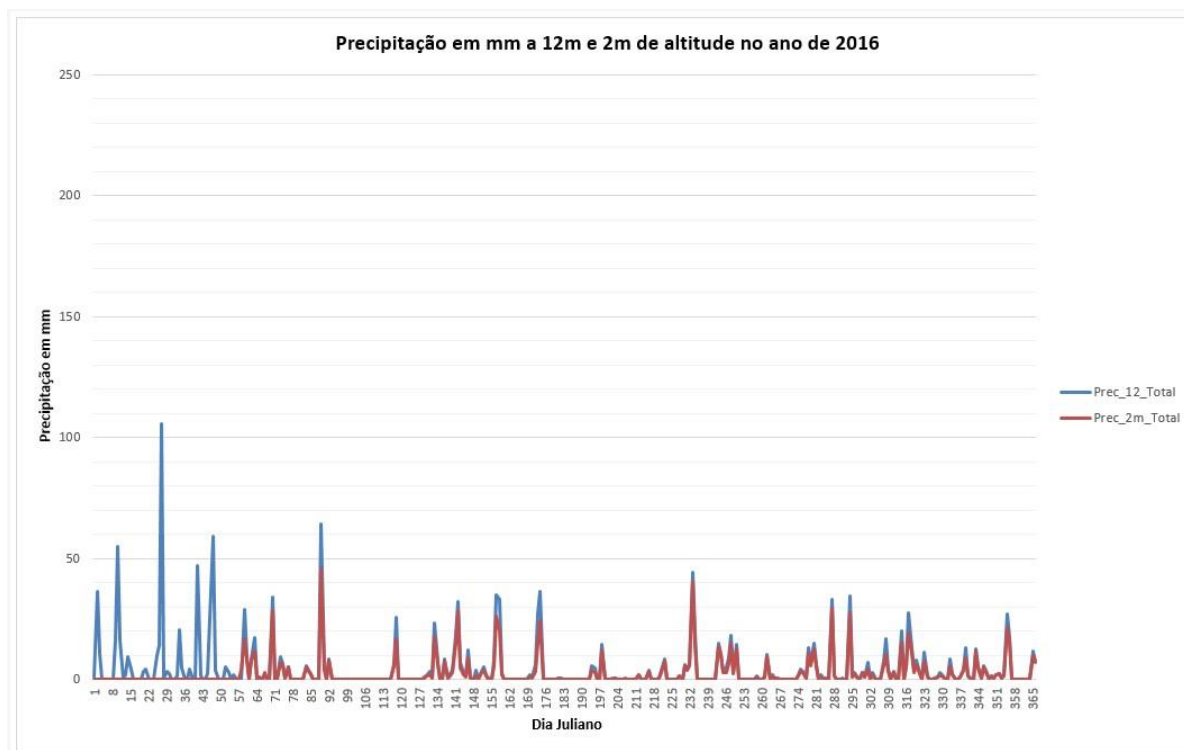


Figura 64: Gráfico de precipitação em mm à 12 metros e 2 metros de altitude na Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira de Iguape/SP no ano de 2016. Fonte: Rafael Epifanio (2024).

A figura 64 apresenta a precipitação em mm ao longo do ano de 2016 em Iguape, com registros de 12 m e 2 metros acima da superfície. Os totais pluviométricos se apresentam distribuídos durante todo o ano, com valores elevados na estação quente de verão, entre os meses de janeiro a março. Nas estações de outono e inverno há diminuição dos totais precipitados, mas com eventos superiores aos 25 mm de precipitação. A média anual refere-se a 137,6 mm, com totais anuais de 1651,9 mm a 12 metros e 900,9 mm a 2 metros. Há destaque para o evento do dia 27 de janeiro, com registro de precipitação de 105,9 mm aos 12 metros de altitude.

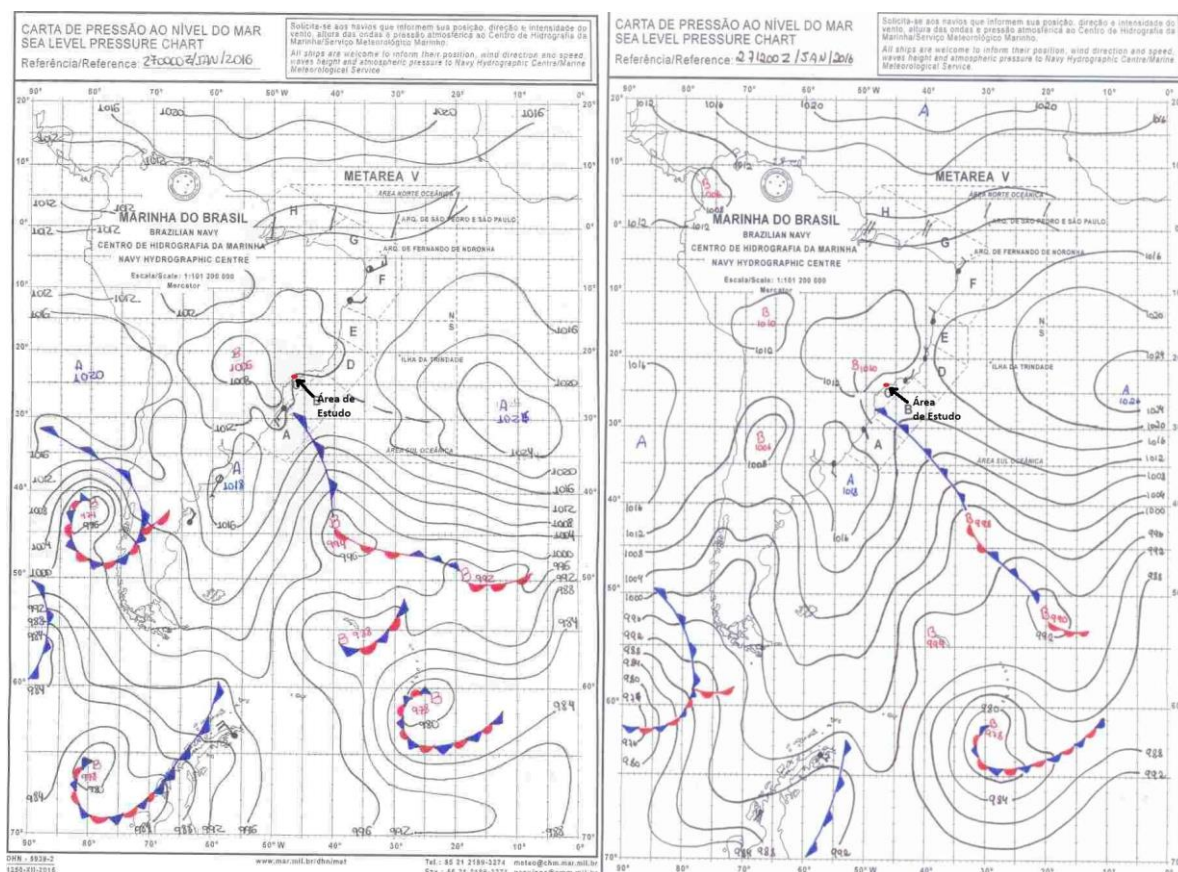


Figura 65: Cartas sinóticas do dia 27 de janeiro de 2016 às 00 TMG (a esquerda) e 12 TMG (a direita). Fonte: Marinha do Brasil (2016). Adaptado.

A figura 65 permite visualizar a dinâmica atmosférica da América do Sul, Brasil e oceano Atlântico Sul do dia 27 de janeiro de 2016 às 00 TMG (9 horas) e 12 TMG (21 horas). É possível observar 2 sistemas atuantes, o primeiro diz respeito a sistemas frontais associados à ciclones extratropicais à sul-sudeste da área de estudo, no Atlântico Sul; O segundo refere-se à massa tropical continental (mTc), caracterizada por elevadas temperaturas e baixa umidade (BORSATO, 2016).

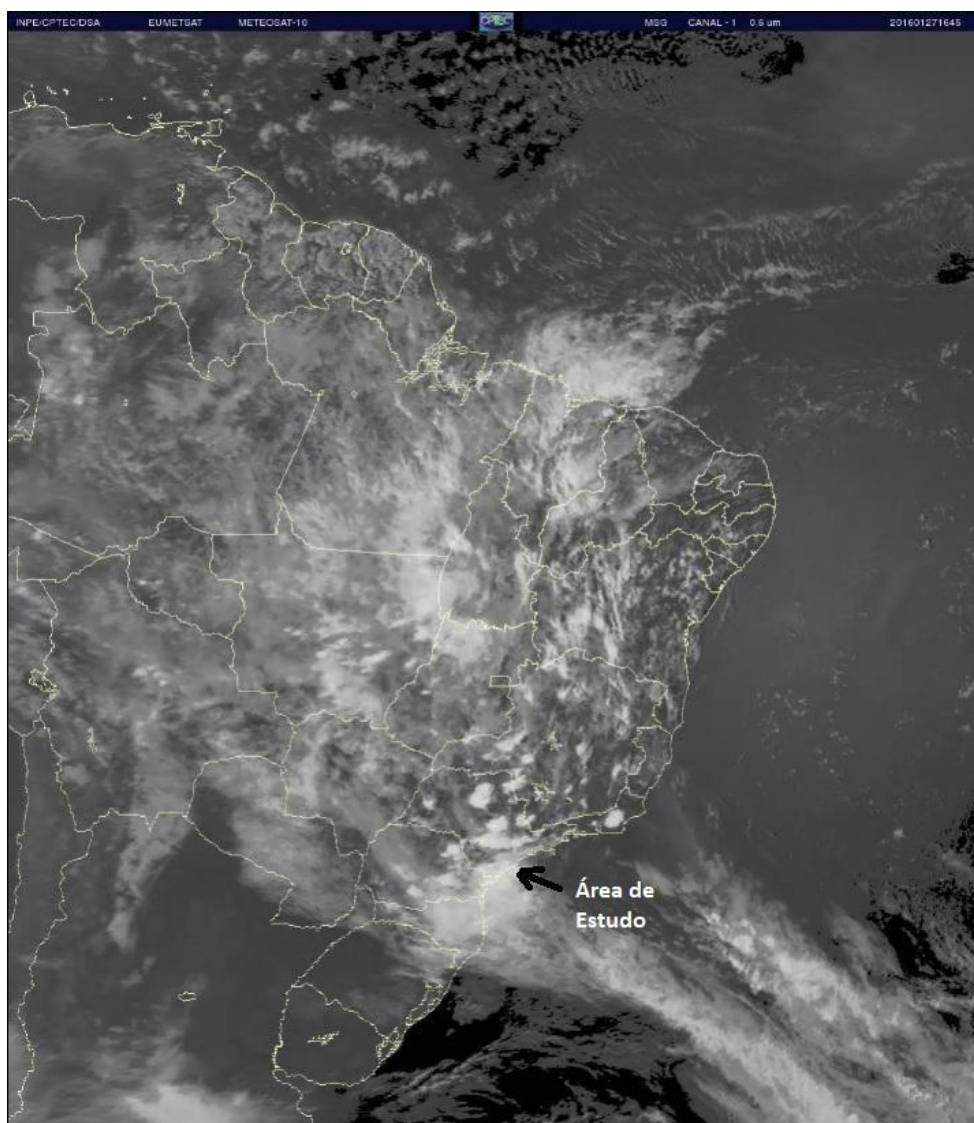


Figura 66: Imagem de satélite, canal METEOSAT-9 do dia 27 de janeiro de 2016 às 16 horas e 45 minutos. Fonte: CPTEC/INPE (2016). Adaptado.

A figura 66 permite visualizar na banda visível a nebulosidade no Brasil, parte da América do Sul e oceano atlântico no dia 27 de janeiro de 2016 às 16 horas e 45 minutos. É possível visualizar uma banda de nebulosidade sobre o litoral de Santa Catarina, Paraná e São Paulo, sobretudo na área de estudo.

É possível analisar a nebulosidade a partir das cartas sinóticas apresentadas na figura 65 no qual a passagem de um sistema frontal a sul-sudeste da área de estudo, presente no Atlântico Sul, acaba por gerar instabilidade atmosférica, gerando as nuvens visíveis na figura 66. Tal nebulosidade está diretamente associada com o evento de precipitação registrado para o dia, com medições superiores aos 100 mm a 12 metros.

Tabela 21: Dados horários de Totais pluviométricos em mm com medição a 12 metros e 2 metros do dia 27 de janeiro de 2016.

ANO	MÊS	DIA	HORA	Precip. em mm 12 mt	Precip. em mm 2 mt
2016	Janeiro	27	9	0	0
2016	Janeiro	27	10	0	0
2016	Janeiro	27	11	0,9	0
2016	Janeiro	27	12	5,6	0
2016	Janeiro	27	13	9,4	0
2016	Janeiro	27	14	51,7	0
2016	Janeiro	27	15	32,8	0
2016	Janeiro	27	16	0,7	0
2016	Janeiro	27	17	0	0
2016	Janeiro	27	18	0	0
2016	Janeiro	27	19	0,6	0
2016	Janeiro	27	20	0,2	0
2016	Janeiro	27	21	3,7	0
2016	Janeiro	27	22	0,1	0
2016	Janeiro	27	23	0	0
TOTAL	-	-	-	105,8	0

Fonte: Rafael Epifanio (2024).

A tabela 21 permite analisar os dados horários de precipitação do dia 27 de janeiro de 2016. É importante destacar a ausência de registros a 2 metros, associado provavelmente a obstrução no pluviômetro, no qual impede a drenagem da água e contagem dos registros.

Se observa precipitação distribuída ao longo do dia, de início às 11 horas, com registros inferiores aos 1 mm. Há aumento de intensidade das chuvas, com registros superiores aos 5 mm às 12 e 13 horas. Os maiores registros referem-se às 14 horas, com 51,7 mm a 12 metros e às 15 horas, com 32,8 mm também a 12 metros. Há redução da intensidade, com registros inferiores aos 4 mm de precipitação no resto do dia.

Os totais pluviométricos para o dia estão associados diretamente com a passagem de um sistema frontal observado nas cartas sinóticas da figura 65, no qual promove instabilidade atmosférica, formação de nuvens e precipitação (AYOADE, 1988).

Tabela 22: Totais pluviométricos em mm ao longo do ano com medição a 12 m e 2 metros de altitude na Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP no ano de 2016.

Ano	Meses	Precipitação 12 metros em mm	Precipitação 2 metros em mm
2016	Janeiro	294,8	0,3
2016	Fevereiro	229,4	28,7
2016	Março	166,0	128,9
2016	Abril	40,2	30,3
2016	Maiο	139,6	108,1
2016	Junho	154,9	99,4
2016	Julho	28,9	21,5
2016	Agosto	125,0	107,9
2016	Setembro	71,3	57,1
2016	Outubro	140,2	114,5
2016	Novembro	142,4	103,4
2016	Dezembro	119,2	100,8
Total	-	1651,9	900,9

Fonte: Rafael Epifanio (2024).

A tabela 22 permite analisar os totais pluviométricos mensais e anuais segundo o nível altimétrico de medição no ano de 2016. Os totais pluviométricos são distribuídos durante todo o ano, com diferença de registro entre os níveis altimétricos. Nota-se que a medição a 12 metros de altitude se apresenta superior às de 2 metros. Tal diferença se expressa nos totais de precipitação, com registros de 1651,9 mm a 12 metros e 900,9 mm a 2 metros, uma diferença de cerca de 751 mm. Os maiores valores referem-se aos meses de janeiro e fevereiro, onde os registros a 12 metros apresentam totais mensais superiores aos 200 mm. Isso devido à estação

quente do verão, que promove maior incidência de radiação e consequente maior vapor na atmosfera, promovendo maior instabilidade atmosférica e precipitação (AYOADE, 1988).

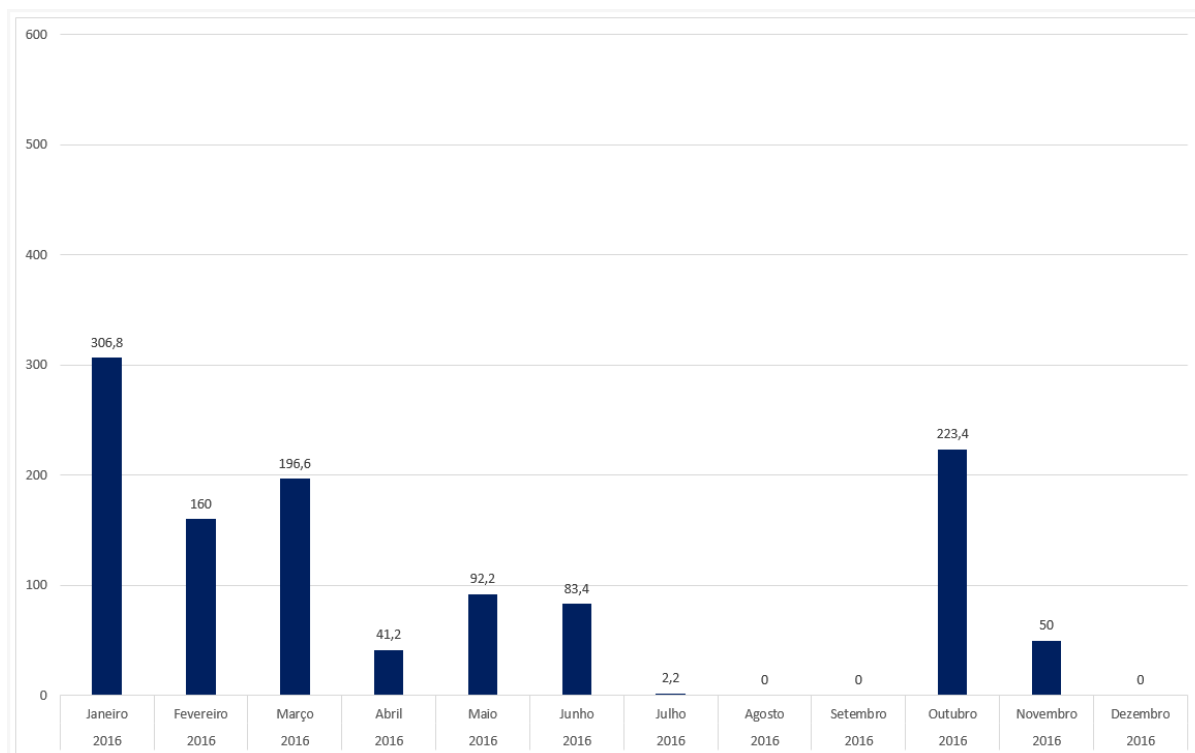


Figura 67: Precipitação total em mm por meses no ano de 2016 da estação meteorológica oficial de Iguape. Fonte: INMET (2016).

A figura 67 permite analisar os totais pluviométricos mensais registrados a partir da estação meteorológica oficial de Iguape no ano de 2016. Comparativamente com as medições realizadas na torre instalada na Ilha dos Papagaios, a estação de Iguape apresenta medidas de totais pluviométricos superiores nos meses de janeiro, março e outubro. Já nos meses de fevereiro, maio e junho a estação da Ilha dos Papagaios apresenta totais pluviométricos superiores, comparativamente com a estação de Iguape. Os demais meses de julho, agosto, setembro, novembro e dezembro a estação oficial apresenta falha de registros, o que impede a comparação.

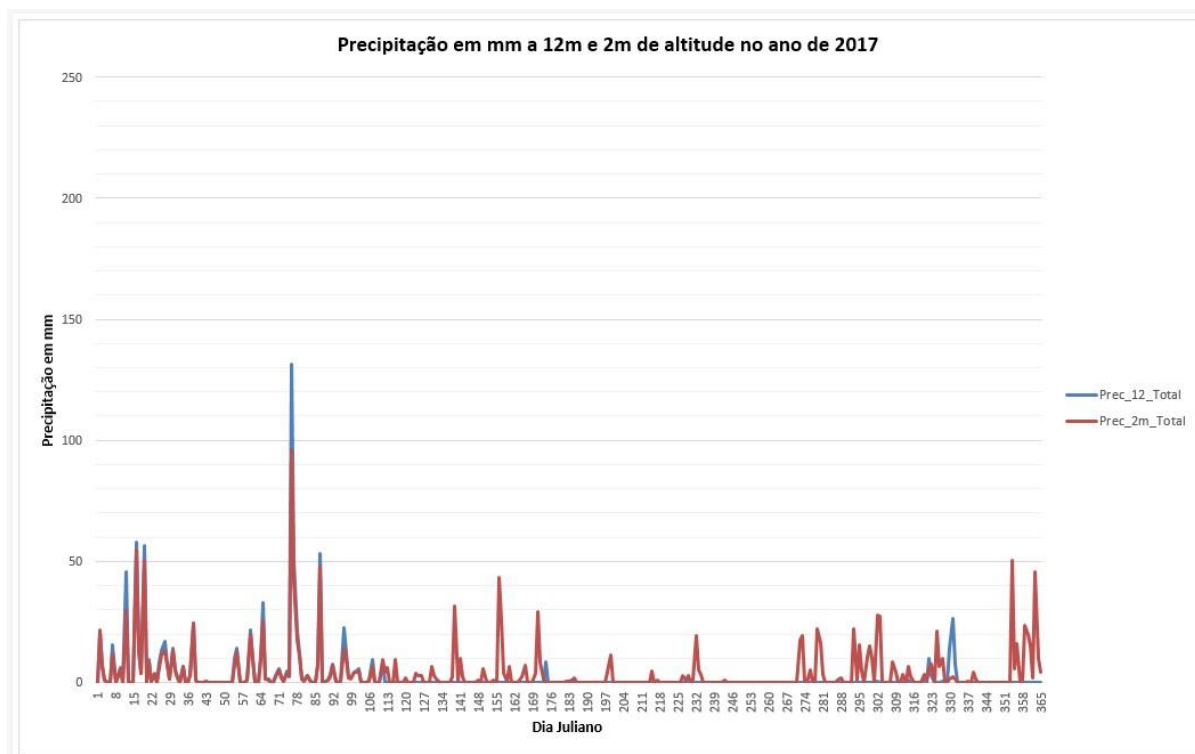


Figura 68: Gráfico de precipitação em mm à 12 metros e 2 metros de altitude na Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira de Iguape/SP no ano de 2017. Fonte: Rafael Epifanio (2024).

A figura 68 apresenta precipitação em mm ao longo do ano de 2017 com registros de 12 m e 2 metros acima da superfície. Diferentemente dos anos previamente analisados, a figura 68 apresenta uma sazonalidade marcada do ponto de vista da precipitação. Se observa totais pluviométricos elevados nos meses de janeiro a março, referente ao verão; e consequente queda nos totais pluviométricos de abril a outubro. A ausência ou reduzido número de registros entre junho e outubro associa-se à falhas de medição, referente ao entupimento dos pluviômetros. Se observa aumento dos registros com o início da primavera e retorno do verão, entre os meses de outubro e dezembro. A média anual possui valor de 125 mm ano, com totais anuais de 912,1 mm a 12 metros e 1500,4 mm a 2 metros.

Destaca-se a ocorrência de evento de precipitação superior aos 131 mm a 12 metros e 96,2 mm a 2 metros no dia 76 (17 de março). Tal evento pode ser caracterizado como extremo devido aos totais pluviométricos serem superiores à média anual de precipitação em um único dia.

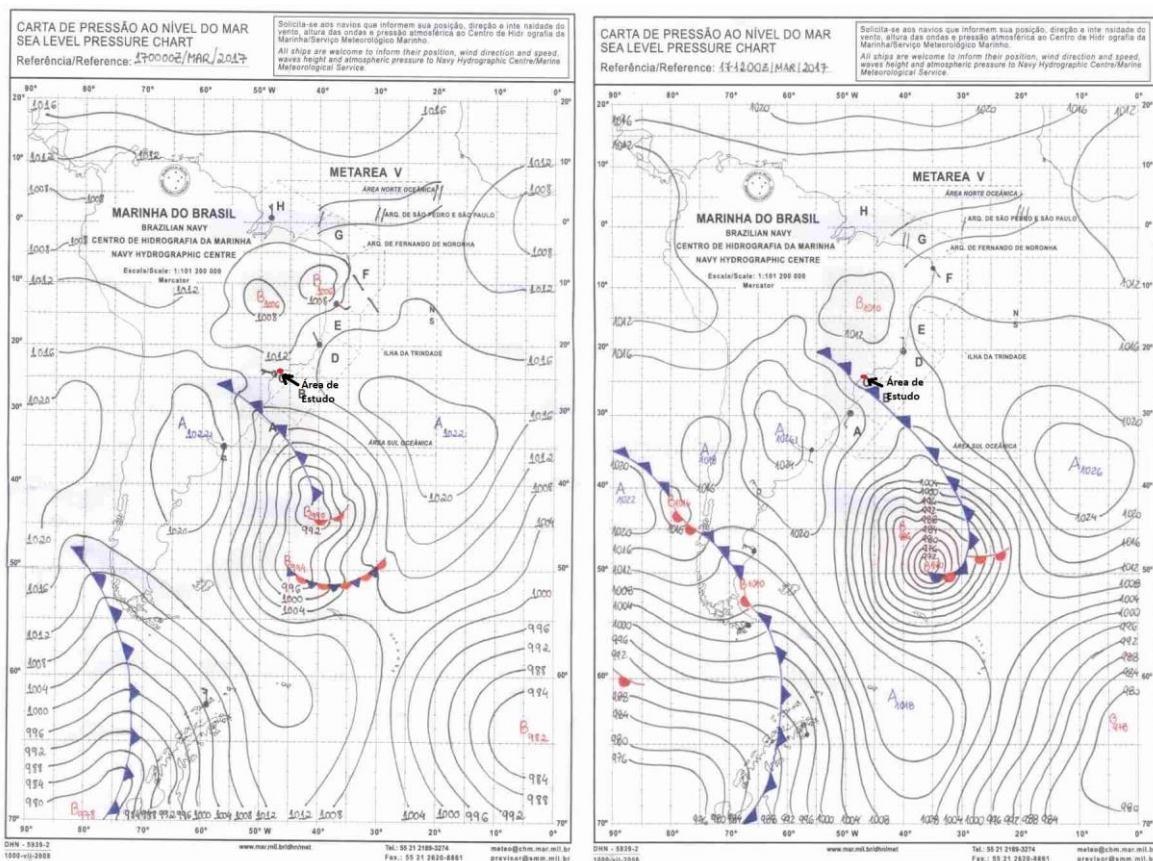


Figura 69: Cartas sinóticas do dia 17 de março de 2017 às 00 TMG (a esquerda) e 12 TMG (a direita). Fonte: Marinha do Brasil (2017). Adaptado.

A figura 69 permite visualizar a dinâmica atmosférica da América do Sul, Brasil e oceano Atlântico no dia 17 de março de 2017 às 00 TMG (9 horas) e 12 TMG (21 horas). Destacam-se dois sistemas: o primeiro diz respeito à passagem de um sistema frontal associado a um ciclone extratropical a sul-sudeste da área de estudo, no Atlântico Sul; o segundo refere-se à massa de ar denominada massa equatorial atlântica (mEa), a norte-nordeste do Brasil.

Os registros observados na figura 68 do dia 17 de março de 2017, com registros de 131,5 mm a 12 metros e 96,2 mm a 2 metros caracteriza-se pelo evento de totais pluviométricos mais elevados para o ano, estando diretamente associado à passagem do sistema frontal sobre a área de estudo, no qual garante instabilidade atmosférica devido ao encontro de massas de ar divergentes, gerando precipitação (BORSATO, 2016; AYOADE, 1988).

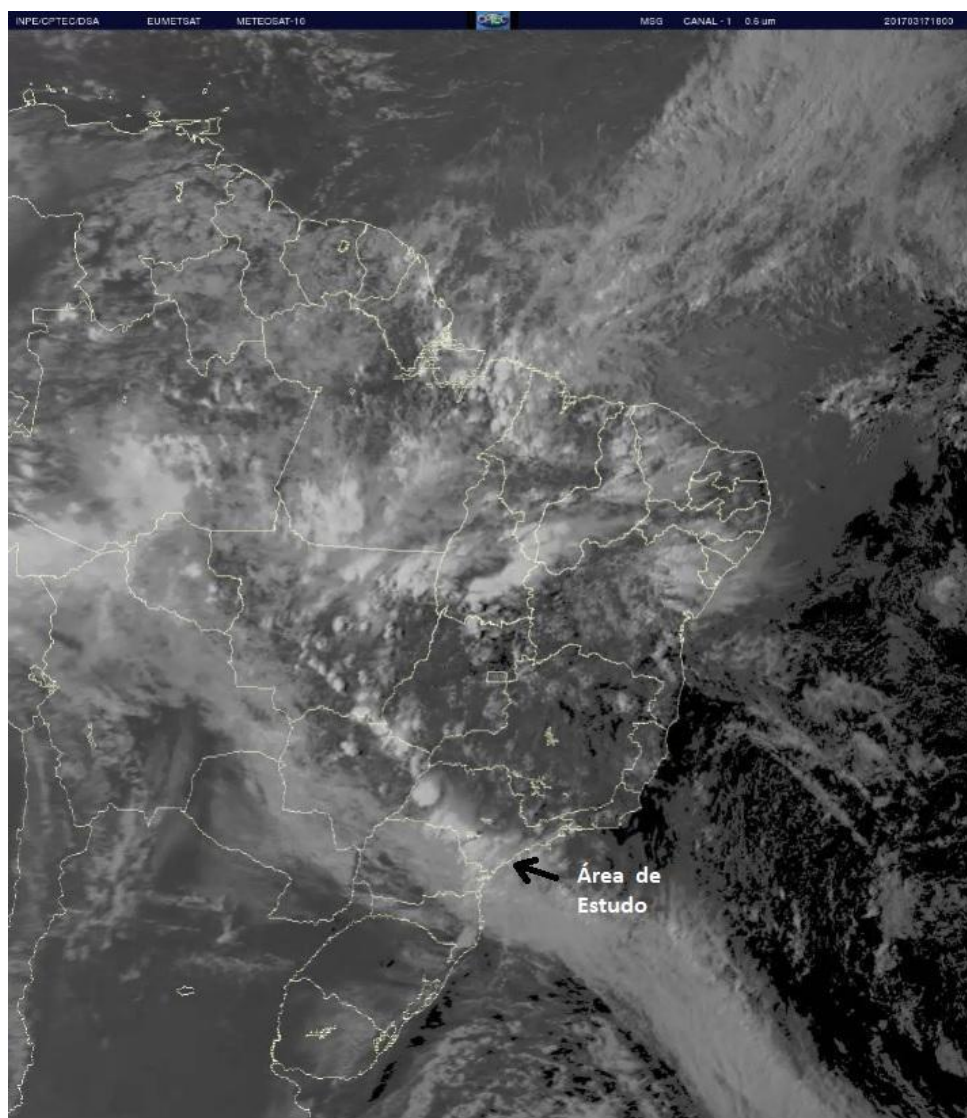


Figura 70: Imagem de satélite, canal METEOSAT-9 do dia 17 de março de 2017 às 18 horas.
Fonte: CPTEC/INPE (2017). Adaptado.

A figura 70 permite observar na banda visível a nebulosidade presente no Brasil, parte da América do Sul e oceano Atlântico no dia 17 de março de 2017 às 18 horas. É possível observar uma faixa de nebulosidade contínua de sudeste a noroeste a sudeste e oeste do Brasil, presente nos estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Goiás, Rondônia e Acre.

Tal nebulosidade, sobretudo no sudeste, associa-se diretamente à passagem do sistema frontal apresentado nas cartas sinóticas da figura 69. Um sistema frontal caracteriza-se pela sua reduzida temperatura e baixa umidade, de origem de altas e médias latitudes. Ao avançar para regiões de menores latitudes, na faixa intertropical do globo, este entra em contato com massas

de ar quentes e úmidas dos trópicos. Tal encontro de massas divergentes promove a ascensão da massa de ar quente, gerando instabilidade atmosférica e precipitação (AYOADE, 1988).

O evento ocorrido no dia 17 de março de 2017 está diretamente relacionado à passagem do sistema frontal observado, com registros de precipitações tendo início pela manhã, perdurando durante todo o dia, o que caracteriza uma chuva frontal de intensidade moderada à intensa, com duração de até 12 horas, característica da passagem de sistemas frontais ou “frentes frias” (AYOADE, 1988).

Tabela 23: Dados horários de Totais pluviométricos em mm com medição a 12 metros e 2 metros do dia 17 de março de 2017.

ANO	MÊS	DIA	HORA	Precip. em mm 12 mt	Precip. em mm 2 mt
2017	Março	17	9	0	0
2017	Março	17	10	0,6	0,2
2017	Março	17	11	14,7	8,2
2017	Março	17	12	1,8	0,9
2017	Março	17	13	2,9	1,7
2017	Março	17	14	2,4	1,5
2017	Março	17	15	11,6	8,3
2017	Março	17	16	21,4	14,0
2017	Março	17	17	16,1	8,7
2017	Março	17	18	4,9	2,7
2017	Março	17	19	4,7	2,9
2017	Março	17	20	24,0	21,2
2017	Março	17	21	14,0	13,7
2017	Março	17	22	7,6	7,6
2017	Março	17	23	4,2	4,1
TOTAL	-	-	-	131,5	96,2

Fonte: Rafael Epifanio (2024).

A tabela 23 permite analisar os dados horários de precipitação do dia 17 de março de 2017. É importante destacar a precipitação distribuída ao longo do dia, tendo início às 0 horas, com 0,5 mm. Os valores mais elevados referem-se às 11, 15, 16, 17, 20 e 21 horas, com registro superior aos 10 mm, sendo o horário das 20 horas com maiores registros para o dia, com medição de 24,0 mm a 12 metros e 21,2 mm a 2 metros.

Os totais pluviométricos superam os 100 mm a 12 metros e os 90 mm a 2 metros, tal diferença entre os níveis altimétricos associam-se diretamente com a vegetação, que intercepta a precipitação incidente sobre os pluviômetros abaixo do dossel (2 metros). O evento de precipitação associa-se diretamente com a dinâmica atmosférica apresentada nas cartas sinóticas da figura 69, no qual a passagem de um sistema frontal sobre a área de estudo infere em instabilidade atmosférica, com formação de nuvens e precipitação. Este fenômeno caracteriza-se pela chuva frontal, de intensidade moderada a intensa, de duração de 6 a 12 horas (AYOADE, 1988).

Tabela 24: Totais pluviométricos em mm ao longo do ano com medição a 12 m e 2 metros de altitude na Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP no ano de 2017.

Ano	Meses	Precipitação 12 metros em mm	Precipitação 2 metros em mm
2017	Janeiro	313,3	269,8
2017	Fevereiro	62,4	57,6
2017	Março	380,7	310,2
2017	Abril	82,9	89,0
2017	Maio	-	74,6
2017	Junho	8,8	133,6
2017	Julho	-	19,2
2017	Agosto	-	41,4
2017	Setembro	-	36,9
2017	Outubro	0,3	184,0
2017	Novembro	63,7	85,3
2017	Dezembro	-	198,8
Total	-	912,1	1500,4

Fonte: Rafael Epifanio (2024)

A tabela 24 permite analisar os totais pluviométricos mensais e anuais segundo o nível altimétrico de medição no ano de 2017. Os totais pluviométricos são bem marcados de acordo com as estações do ano, os maiores valores são registrados entre os meses de janeiro a abril, com as estações de verão e outono, havendo diminuição entre os meses de maio a setembro, referente ao fim do outono e inverno. Há aumento com a primavera e retorno do verão, referente aos meses de outubro a dezembro (AYOADE, 1988).

Há destaque para ausência de registros a 12 metros de altitude entre os meses de julho, agosto, setembro e dezembro. Tais valores nulos podem ser atribuídos a falhas instrumentais ou obstrução do pluviômetro, impedindo o registro de valores precipitados. Devido à ausência de medição nos meses supracitados, há uma nítida diferença entre os níveis altimétricos, cerca de 588,3 mm, com registro de 912,1 mm a 12 metros e 1500,4 mm a 2 metros.

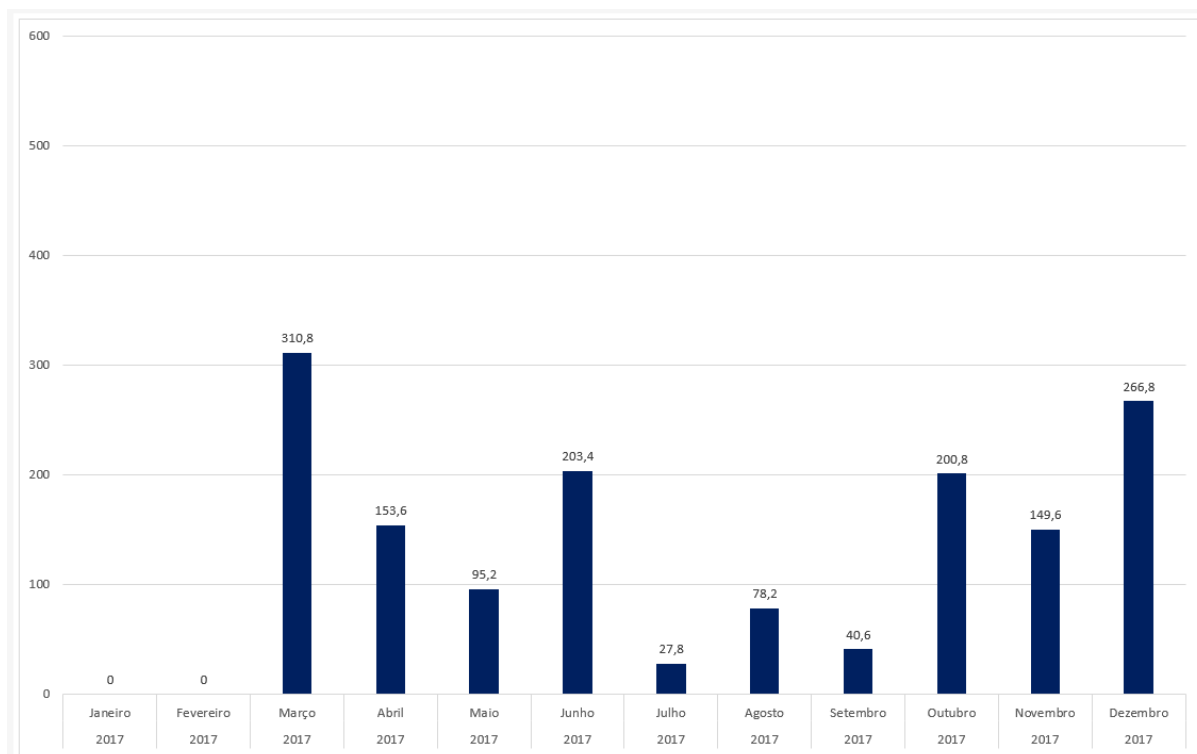


Figura 71: Precipitação total em mm por meses no ano de 2017 da estação meteorológica oficial de Iguape. Fonte: INMET (2017).

A figura 71 apresenta os totais pluviométricos mensais a partir dos registros da estação meteorológica oficial de Iguape no ano de 2017. É possível observar falha nos registros nos meses de janeiro e fevereiro, com medição 0. Comparativamente com a estação instalada na Ilha dos Papagaios, o mês de janeiro apresenta totais superiores aos 300 mm e fevereiro superior aos 50 mm. O mês de junho, novembro e dezembro apresenta diferença entre as estações, sendo os totais pluviométricos da estação de Iguape superiores aos da Ilha dos Papagaios.

Considerações finais

O manguezal apresenta-se como um complexo ecossistema, cujo a interação de matéria e energia mostra-se delicada, em equilíbrio entre o ambiente marinho e fluvial. É, portanto, de fundamental importância para as áreas costeiras, tanto do ponto de vista ecossistêmico, por ser habitat de inúmeras espécies marinhas e terrestres, bem como para a subsistência de populações originárias e tradicionais, que encontram nos manguezais seu meio de subsistir.

Não obstante, tal ecossistema atua de forma imprescindível na proteção de linha de costa contra eventos extremos de marés, ondas e até tsunamis em regiões de ocorrência. A vegetação adaptada ao ambiente salino apresenta adaptações fisiológicas como pneumatóforos e raízes aéreas que atuam como barreira natural à ação da água.

No que tange aos aspectos climáticos, este caracteriza-se pelo clima tropical, pois o ecossistema de manguezal situa-se na faixa intertropical do globo. O microclima monitorado pela estação meteorológica instalada e localizada na Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP, permitiu o monitoramento e registro de dados climatológicos entre os anos de 2008 a 2019.

Os anos considerados para análise neste trabalho (2009, 2012, 2013, 2015, 2017 e 2018) no que tange à temperatura, apresentam registros de temperatura média esperados para região segundo as normais climatológicas de 1931-1960, 1961-1990, com médias entre 15°C e 26°C. Destaca-se a sazonalidade no que tange às temperaturas, onde na estação quente de verão, há a proeminência de massas de ar tropical continental e marítima, que acabam por inferir em temperaturas máximas superiores aos 35°C ao longo dos meses de dezembro e janeiro entre os anos de 2009, 2013, 2015, 2017 e 2018.

Já na estação fria de inverno, predomina a atuação de massas de ar de sistema frontal, originárias de médias e altas latitudes, que acabam por influenciar no microclima monitorado, inferindo temperaturas mínimas inferiores aos 15°C ao longo dos meses de junho, julho e agosto, também entre os anos de 2009, 2013, 2015, 2017 e 2018. Para os dados de precipitação, a partir da normal climatológica de 1981-2010 em comparação com os dados obtidos a partir da EMA, permite a visualização de uma diferença de até 250 mm entre os dois bancos de dados.

A ocorrência de eventos climáticos extremos refere-se a eventos isolados entre os anos de 2009, 2012, 2013, 2015, 2017 e 2018, associados diretamente e indiretamente à dinâmica atmosférica regional tanto no que diz respeito a extremos de temperatura, como extremos de precipitação.

Por fim, a diferença entre as medições de 2 metros e 12 metros acima da superfície apresenta diferença de registros. Nota-se que, em anos específicos, as temperaturas a 12 metros, acima das copas das árvores, apresentam ligeiras amplitudes térmicas maiores que o ambiente a 2 metros, abaixo das copas, onde o inverso também se apresenta verdadeiro nos anos de 2017 e 2018. Isso devido a alteração da área foliar (AF) e índice de área foliar (IAF), no qual infere maior incidência de radiação solar abaixo das copas, gerando calor. Por mais que se mostram diferenças pequenas, é importante para o entendimento da influência da vegetação sobre os atributos climáticos, sendo o monitoramento do microclima de manguezal fundamental para o entendimento da influência do ecossistema no tempo e no clima.

Não obstante, entender as massas de ar que atuam na região e estabelecer sua relação com os registros microclimáticos e ocorrência de eventos extremos permite o entendimento da relação entre as escalas climáticas, onde os registros de temperatura do ar no microclima do manguezal sofre influência direta da dinâmica atmosférica regional, de modo que a escala do mesoclima (escala regional) e microclima (escala local) se mostra intrínseca.

Referências bibliográficas

ALBALA-BERTRAND, J. M. **Political economy of large natural disasters: with a special reference to developing countries**. New York: Oxford University Press, 1993, 259 p.

ALMEIDA, M. J. R. M. **Fundamentação teórica para criação de um sistema de alerta e resposta online durante episódios térmicos de calor extremo para uma unidade de saúde da GAMP**. 2012, 133 p. Dissertação (Mestrado em Riscos, cidade e ordenamento do território). Faculdade de Letras. Universidade do Porto. Porto/Portugal.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos** / J. O. Ayoade; tradução de Maria Juraci Zani dos Santos; revisão de Suely Bastos; coordenação editorial de Antonio Christofolletti. - 7ª ed. - Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. 332p.

BERTRAND, G. (1971). **Paisagem e Geografia Física global: esboço metodológico**. São Paulo, Instituto de Geografia – USP. 27 p. (Cadernos de Ciências da Terra, 13)

BORSATO, Victor da Assunção. **A dinâmica climática do Brasil e massas de ar** / Victor da Assunção Borsato. - 1. ed. - Curitiba, PR: CRV, 2016. 184 p.

CENTRO DE HIDROGRAFIA DA MARINHA; MARINHA DO BRASIL. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/chm/>. Acesso em: 2023 a 2024.

CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS. Apresenta dados de previsão do tempo e estudos climáticos do Brasil. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br>>.

CORREIA, M. D., SOVIERZOSKI, H.H. **Ecossistemas marinhos : recifes, praias e manguezais**. Maceió : EDUFAL, 200.

DOS SANTOS, Ana Lucia Gomes; DE LIMA, Nádia Gilma Beserra. **BIOGEOGRAFIA DOS MANGUEZAIS: OCORRÊNCIA, ÁREA DE DISTRIBUIÇÃO E DIVERSIDADE DE ESPÉCIES**, 2021.

FANTE, Karime Pechutti. **Eventos extremos de temperatura e seus impactos no conforto térmico humano: estudo de caso em Presidente Prudente, Brasil, na perspectiva da geografia do clima**. 2019.

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. **The world's mangroves 1980-2005**. Rome: FAO, 2007. 77 p.

HAMILTON, L.S., SNEDAKER, S.C. **Handbook for mangrove area management**. United Nations Environment Programme and East-West Center, Environment and Policy Institute. 123p. 1984.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. Apresenta dados de previsão do tempo e estudos climáticos do Brasil. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br>. Acesso em 2024.

INSTITUTO CHICO MENDES - ICMBIO. Apresenta dados de unidade de conservação federal. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/>. Acesso em 2023 a 2024.

Krauss, Ken W., Catherine E. Lovelock, Karen L. McKee, Laura López-Hoffman, Sharon ML Ewe, and WAYNE P. Sousa. **Environmental drivers in mangrove establishment and early development: a review**. *Aquatic botany* 89, no. 2 (2008): 105-127.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMA, 2006. 531p.

LIMA, N.; CUNHA-LIGNON, M.; MARTINS, A.; ARMANI, G.; GALVANI, E. **Impacts of Extreme Weather Event in Southeast Brazilian Mangrove Forest**. *Atmosphere* **2023**, *14*, 1195. <https://doi.org/10.3390/atmos14081195>

LIMA, Tatiane; TOGNELLA, Mônica. **Estrutura e Função dos Manguezais: revisão conceitual**. Enciclopedia Biosfera, v. 8, n. 15, 2012.

LIMA, Nádia Gilma Beserra de. **Interação dos atributos climáticos nos manguezais do litoral sul de São Paulo e sua relação com os controles climáticos**. 2014. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, University of São Paulo, São Paulo, 2014. doi:10.11606/T.8.2014.tde-08052015-125807. Acesso em: 2023-08-22.

LIMA, Nádia Gilma Beserra de. **Análise microclimática dos manguezais da Barra do Ribeira-Iguape/SP**. 2009. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, University of São Paulo, São Paulo, 2009. doi:10.11606/D.8.2009.tde-07122009-100104. Acesso em: 2024-08-14.

LOVELOCK, C. E.; FELLER, I. C. **Photosynthetic performance and resource utilization of two mangrove species coexisting in a hypersaline scrub forest**. *Oecologia*, New York, v. 134, p. 455-462, 2003.

LUGO AE, Snedaker SC. **The ecology of mangroves.** Annual review of ecology and systematics. 1974 Nov;5(1):39-64.

MAHIQUES, M.M., BURONE, L., FIGUEIRA, R.C.L., LAVENÉRE-WANDERLEY, A.A.O., CAPELLARI, B., ROGACHSKI, C.E., BARROSO, C.P., SANTOS, L.A.S., CODERO, L.M., CUSSIOLI, M.C., 2009. **Anthropogenic influences in a lagoonal environment: a multiproxy approach at the Valo Grande Mouth, Cananéia-Iguape System (SE Brazil).** Brazilian Journal of Oceanography, 57(4), 325-337.

MEHLIG, U. **Phenology oh the red mangrove, *Rhizophora Mangle L.*, in the Caete Estuary, Para, Equatorial Brazil.** Aquatic Botany, Amsterdam, v. 84, p. 158-164, 2006.

MOGHAIEB, R. E. A.; SANEOKA, H; FUJITA K. **Effect of salinity on osmotic adjustment, glycinebetaine accumulation and the betaine aldehyde dehydrogenase gene expression in two halophytic plants, *Salicornia europaea* and *Suaeda maritime*.** Plant Science, Philadelphia, v. 166, p. 1345-1349, 2004

MONTEIRO, C. A. F. **A frente polar atlântica e as chuvas de inverno na fachada sul-oriental do Brasil: Contribuição metodológica à análise rítmica dos tipos de tempo no Brasil.** São Paulo: Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, 1969. 68 p.

_____. **A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo: estudo geográfico sob forma de Atlas.** São Paulo: Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, 1973. 130 p.

_____. **Teoria e clima urbano.** 1976. Tese (Livre Docência) - Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1976.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE, MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Desastres Naturais e saúde no Brasil.** Série desenvolvimento sustentável e saúde, 2. Brasília, DF: OPAS, Ministério da saúde, 2015. 52 p.

PASCOALINI SS, de Santana Lopes DM, Falqueto AR, Tognella MM. **Abordagem ecofisiológica dos manguezais: uma revisão.** Biotemas. 2014 May 28;27(3):1-1.

PRETTI, Vivian Quibao. **Os recursos naturais e culturais dos municípios de Iguape e Cananéia: um estudo das relações do turismo como forma de desenvolvimento socioeconômico das comunidades locais.** 2008.

RIBEIRO, Antonio Giacomini. **As escalas do clima.** Boletim de Geografia Teorética, v. 23, n. 45-46, p. 288-294, 1993.

ROSSI, Marcio; MATTOS, Isabel Fernandes Aguiar. Solos de mangue do estado de São Paulo: caracterização química e física. **Revista do departamento de Geografia**, v. 15, p. 101-113, 2002.

ROSS, JLS; MOROZ, IC. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. Escala**

1: 500.000. Volume I e II. 1997

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. **A morfogênese da bacia do Ribeira do Iguape e os sistemas ambientais.** GEOUSP–Espaço e Tempo, São Paulo, n. 12, p. 21-46, 2002.

SANTOS, Ana Lucia Gomes dos. **Manguezais da Baixada Santista - SP:** alterações e permanências (1962-2009). 2009. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) - Ciência Ambiental, University of São Paulo, São Paulo, 2009. doi:10.11606/D.90.2009.tde-04122010-162559. Acesso em: 2023-09-25.

Salisbury, F. B., Ross, C. W., González Velázquez, V., Palacios Martínez, R., & Philip, G. (1994). Plant physiology.

SÃO PAULO (Estado) Instituto de Pesquisas Tecnológicas (1988). Unidades de conservação ambiental e áreas correlatas no estado de São Paulo. São Paulo, Divisão de Minas e Geologia Aplicada. 1v.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. et al. **Mangroves as indicators of sea level change in the muddy coasts of the world.** In: HEALY, T.; WANG, Y.; HEALY, J. A. Muddy coasts of the world. Amsterdam: Elsevier Science, 2002.

SILVERIA, J. D. da. **Baixada Litorâneas Quentes e úmidas**, FFLCH -USP, Boletim 152, Geografia n° 8, São Paulo, 1952. SMA-S - SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE

DO ESTADO DE SÃO PAULO. Inventário Florestal do Estado de São Paulo. São Paulo: Instituto Florestal, São Paulo, 1993.

SPALDING, M. D.; BLASCO, F.; FIELD, C. D. (Eds). **World mangrove atlas**. Okinawa: The International Society for Mangrove Ecosystems, 1997. 178 p

TARIFA, J. R. **Unidades climáticas dos maciços litorâneos da Juréia-Itatins**. In: Estação Ecológica Juréia-Itatins: Ambiente Físico, Flora e Fauna. Org. Otavio A.V. Marques; Wânia Duleba. São Paulo: Holos. 2004. p. 42 a 50.

TOMLINSON, P. B. **The botany of mangroves**. Cambridge: Cambridge University Press, 1986. 419 p.

SUGUIO K & TESSLER , M. G. Depósitos Quaternários da Planície Costeira de Cananéia/Iguape/SP, in Roteiros das Excursões do 37º Congresso Brasileiro de Geologia. São Paulo: SNPM, 1992.

VICENTE, A. K. **Eventos extremos de precipitação na região metropolitana de Campinas**. 2014. 133 p. Dissertação (mestrado). Instituto de Geociências. Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

WALSH, G.E. **Mangrove forests: a review**. In: REINOLD, R.J., QUEEN, W.H. Ecology of Halophytes. New York: Academic Press. 1974.

WOODROFFE, C. D.; GRINDROD, J. **Mangrove biogeography the role of Quaternary environmental and sea-level change**. Journal of Biogeography, n. 18, p. 479-492, 1991.