
Interação escalar em ambiente de manguezal: uma análise dos atributos do clima na escala regional e microclimática

Scalar interaction in a mangrove environment: an analysis of climate attributes at the regional and microclimatic scale

Interacción escalar en un ambiente de manglares: un análisis de los atributos climáticos a escala regional y microclimática

Rafael Augusto Epifanio Lima ¹ <https://orcid.org/0009-0003-7501-6285>

Emerson Galvani ² <http://orcid.org/0000-0002-8082-5963>

Nádia Gilma Beserra de Lima ³ <https://orcid.org/0000-0001-6004-9170>

¹ Universidade do Estado de São Paulo, São Paulo-SP, Brasil, email: rafael.augusto@usp.br

² Universidade do Estado de São Paulo, São Paulo-SP, Brasil, email: egalvani@usp.br

³ Universidade do Estado de São Paulo, São Paulo-SP, Brasil, email: nadia.lima@usp.br

Recebido em: 27/08/2024

Aceito para publicação em: 30/10/2024

Resumo

Os manguezais são ecossistemas de transição, onde o ambiente fluvial encontra o mar. Se desenvolve na faixa intertropical do globo, de modo que este ambiente demanda condições de elevadas temperaturas médias e totais pluviométricos para seu desenvolvimento. A vegetação do manguezal atua como um controle do atributo climático, criando uma condição microclimática específica abaixo e acima do dossel. É a partir da diferença entre os dois ambientes que se baseia o estudo multiescalar do clima, onde o ambiente microclimático dentro do bosque sofre influência da vegetação, e esta da dinâmica atmosférica regional que atua acima do dossel. É a partir desta relação entre as escalas do clima que se estrutura a análise multiescalar climática em ambiente de manguezal.

Palavras-chave: manguezal, microclima, mesoclima, dinâmica atmosférica, dossel.

Abstract

Mangroves are transitional ecosystems, where the river environment meets the sea. It develops in the intertropical belt of the globe, so that this environment demands conditions of high average temperatures and total rainfall for its development. Mangrove vegetation acts as a climate attribute control, creating a specific microclimatic condition below and above the canopy. It is from the difference between the two environments that the multiscale study of the climate is based, where the vegetation and the latter influence the microclimatic environment within the forest by the regional atmospheric dynamics that act above the canopy. It is from this relationship between the climate scales that the multiscale climate analysis in a mangrove environment is structured.

Keywords: mangrove, microclimate, mesoclimate, atmospheric dynamics, canopy.

Resumen

Los manglares son ecosistemas de transición, donde el entorno fluvial se encuentra con el mar. Se desarrolla en el cinturón intertropical del globo, por lo que este ambiente demanda condiciones de altas temperaturas medias y precipitaciones totales para su desarrollo. La vegetación de manglares actúa como un control de atributos climáticos, creando una condición microclimática específica por debajo y por encima del dosel. Es a partir de la diferencia entre los dos ambientes que se basa el estudio multiescala del clima, donde el ambiente microclimático dentro del bosque está influenciado por la vegetación, y este último por la dinámica atmosférica regional que actúa sobre el dosel. Es a partir de esta relación entre las escalas climáticas que se estructura el análisis climático multiescala en un ambiente de manglar.

Palabras clave: manglar, microclima, mesoclima, dinámica atmosférica, dosel

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 permite o entendimento das influências da dinâmica atmosférica e do meio sobre os atributos climáticos, bem como compreensão de como a alteração deste ecossistema influencia tais fatores do ponto de vista microclimático.

Desta forma, o vigente trabalho tem como objetivo primeiro a análise microclimática a partir dos dados obtidos em uma estação meteorológica instalada na área de estudo, em consonância com a análise da dinâmica atmosférica regional por meio de cartas sinóticas, que permita compreender a relação entre as escalas mesoclimática e microclimática (Ribeiro, 1993).

Lima (2014) aborda o manguezal em sua totalidade como paisagem, onde características climáticas e seus controles interagem entre-si, compondo um mosaico de atributos 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, considerou ainda que esses atributos climáticos são de fundamental importância para análise das interações escalares (meso e micro) na floresta de mangue. Para essa autora, aspectos como estrutura da vegetação (espécies, geometria de copa e altura); as marés (por ser fator fundamental 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.

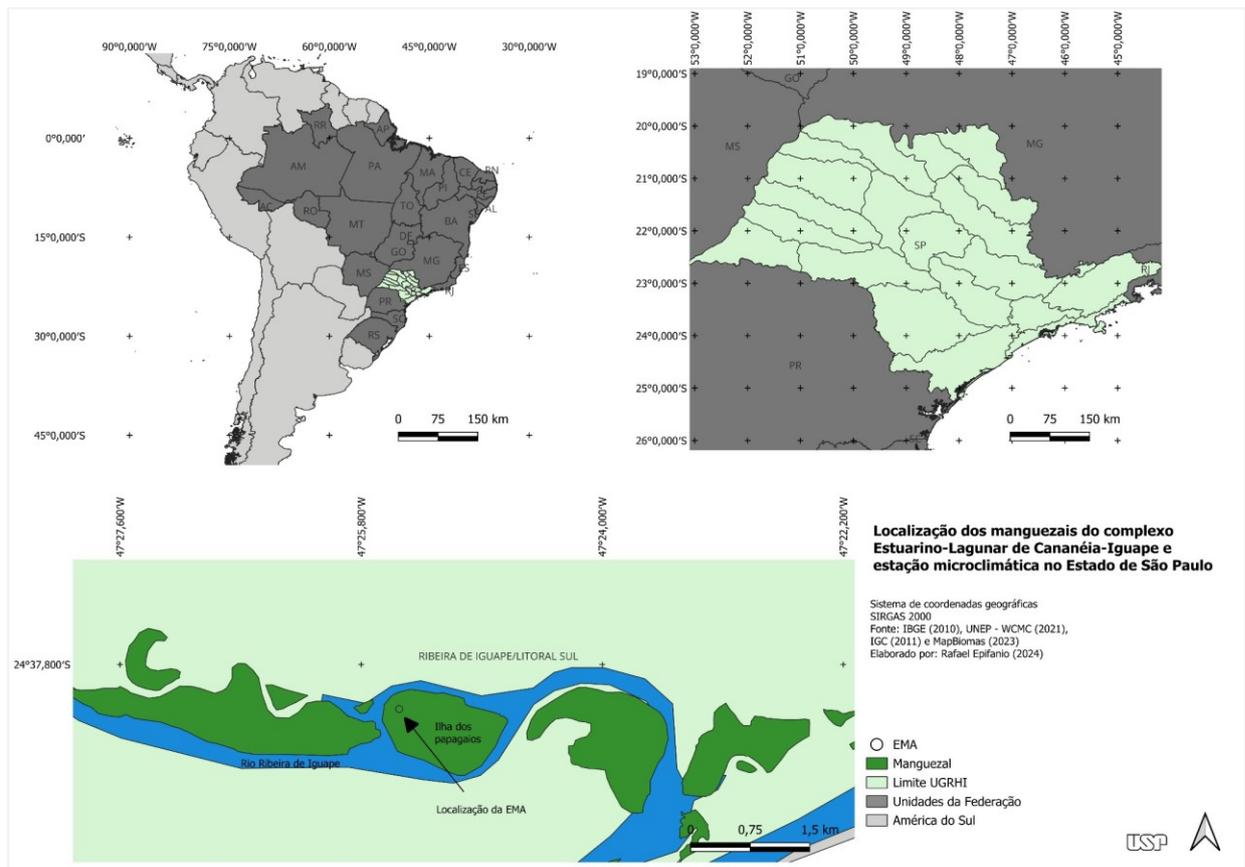
Para o trabalho em questão, considera-se as formulações da autora a partir dos atributos climáticos de temperatura do ar, que nos permite um bojo teórico, assim como de outros autores como Monteiro (1973), Galvani et al (2022), Tarifa (2004), de modo a realizar estudos e análises de forma detalhada sobre os atributos em questão. Não obstante, 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 artigo pressupõe a interação entre as escalas do clima, de modo que os registros de temperatura do ar no microclima do manguezal serão associados às massas de ar atuantes num dado tempo e espaço.

Materiais e métodos

Na coleta de dados, foram utilizadas duas vias principais: a primeira diz respeito à análise de dados coletados da estação meteorológica instalada na Barra do Ribeira-Iguape/SP (Lima et al, 2013; 2018); a segunda compreende a análise de cartas sinóticas para entendimento da dinâmica atmosférica atuante no período e na região estudada. Os dados das cartas sinóticas foram obtidos em <https://www.marinha.mil.br/chm>. Os horários de obtenção das imagens foram às 00 TMG E 12 TMG.

Mapa 1 - Localização do manguezal do sistema costeiro Cananéia-Iguape e da estação microclimática.

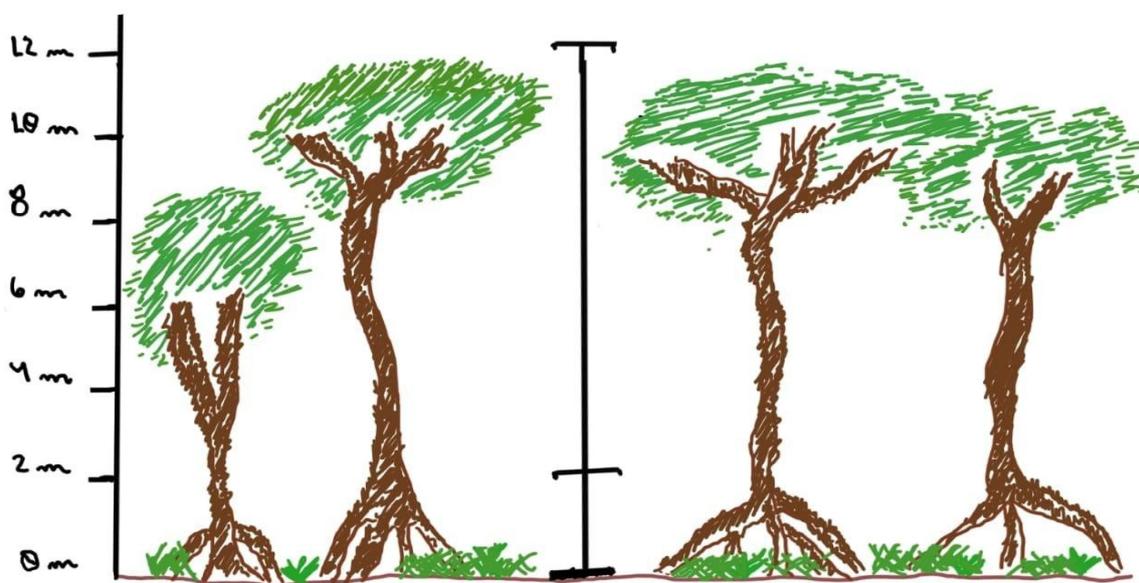


Fonte: Lima (2024)

A estação meteorológica foi instalada no manguezal em fevereiro de 2008, contendo dois conjuntos de equipamentos, com sensores de 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 (Lima et al. 2018). Sendo neste trabalho apenas os atributos de temperatura do ar analisados.

São considerados que as diferenças dos atributos climáticos dentro do dossel (temperatura do ar, umidade relativa do ar, precipitação, radiação solar global, direção e velocidade dos ventos) são influenciadas principalmente pela estrutura vegetal do mangue, considerando sua altura, dossel, espécies vegetais, área foliar, densidade, abertura do dossel, bem como outros aspectos ecofisiológicos da floresta do mangue que acabam por inferir nos atributos climáticos, sobretudo incidência e interação de radiação solar no ambiente ecossistêmico em questão (Lima, 2014).

Diagrama 1- Instalação da torre microclimática localizada na – Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP



Fonte: Lima (2024)

A instalação da torre acima representada segmenta-se em duas partes, uma instalada a 2 metros acima da superfície, e outra a 12 metros. Tal diferença permite

analisar a influência do dossel da floresta sobre os atributos climáticos, de modo que a estação a 2 metros se encontra abaixo das copas das árvores, enquanto a estação de 12 metros localiza-se acima delas, com registro a cada 10 minutos.

Na análise climática são considerados os registros de temperaturas (mínima, média e máxima) da estação meteorológica para o ano de 2018, juntamente com as cartas sinóticas elaboradas pela Marinha do Brasil. Para a escala regional, considerou-se os postulados de Monteiro (1973), Novais (2019, 2023) e Galvani et al (2022), nos quais formulam 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.

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.

Para análise da interação escalar entre o microclima e a escala regional selecionou-se o dia 08 de julho de 2018 por apresentar queda significativa nos registros de temperatura do ar, de modo a investigar o sistema atmosférico e massa de ar atuante na área de estudo.

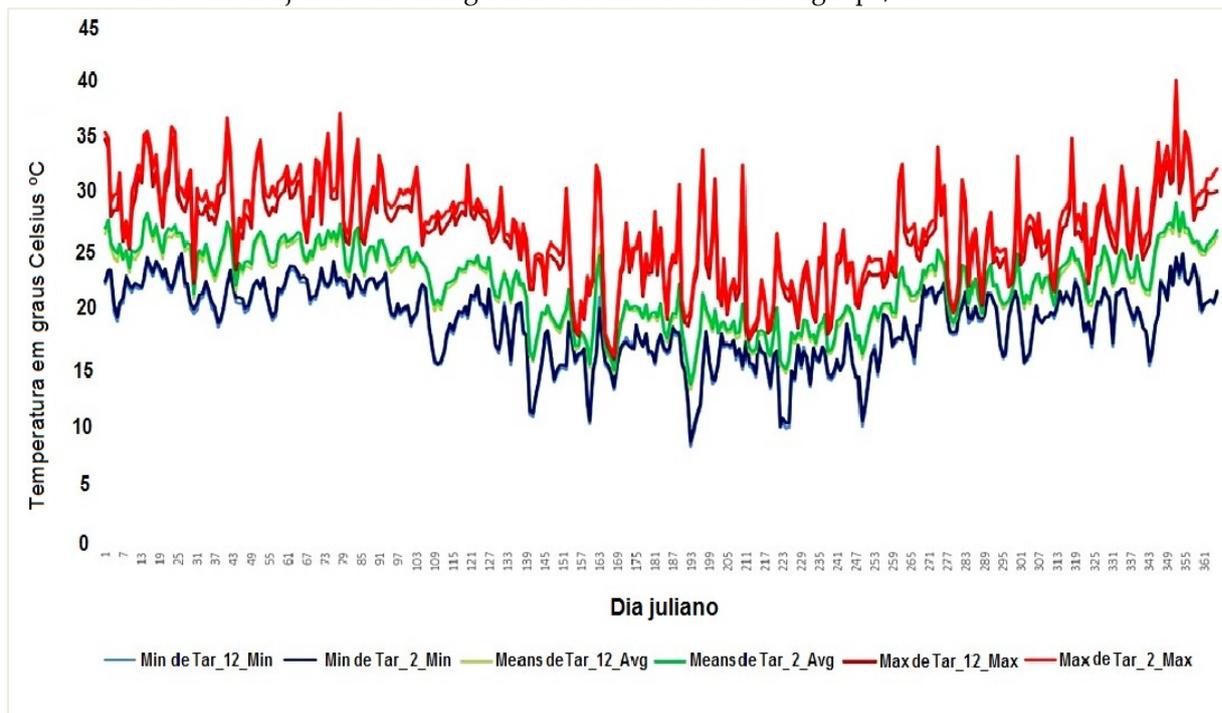
A análise gráfica das temperaturas (mínima, média e máxima) são consideradas juntamente com a análise sinótica de registros extremos da respectiva data, de modo a permitir o entendimento multiescalar dos fenômenos e da medição apresentada.

Resultados e Discussão

Para análise das temperaturas mínimas, médias e máximas no ambiente de manguezal, a partir dos dados da estação meteorológica de Iguape, foram

considerados a temperatura mínima absoluta, a temperatura máxima absoluta e a temperatura média. Para o estudo anual das temperaturas do ar, no manguezal foi selecionado o ano de 2018, por apresentar temperaturas acima da média esperada em relação aos registros dos demais anos do banco de dados (2008 a 2019).

Grafico 1 - Temperatura do ar máxima, média e mínima acima (12m) e abaixo (2m) do dossel no ano de 2018 em dia juliano no manguezal da Barra do Ribeira - Iguape/SP



Fonte: Lima (2024)

O Gráfico 1 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 em Iguape. Observa-se a sazonalidade característica desta latitude, com temperaturas mais elevadas no verão, mais amenas no outono e primavera e reduzidas no inverno.

O registro de temperaturas médias ficou 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

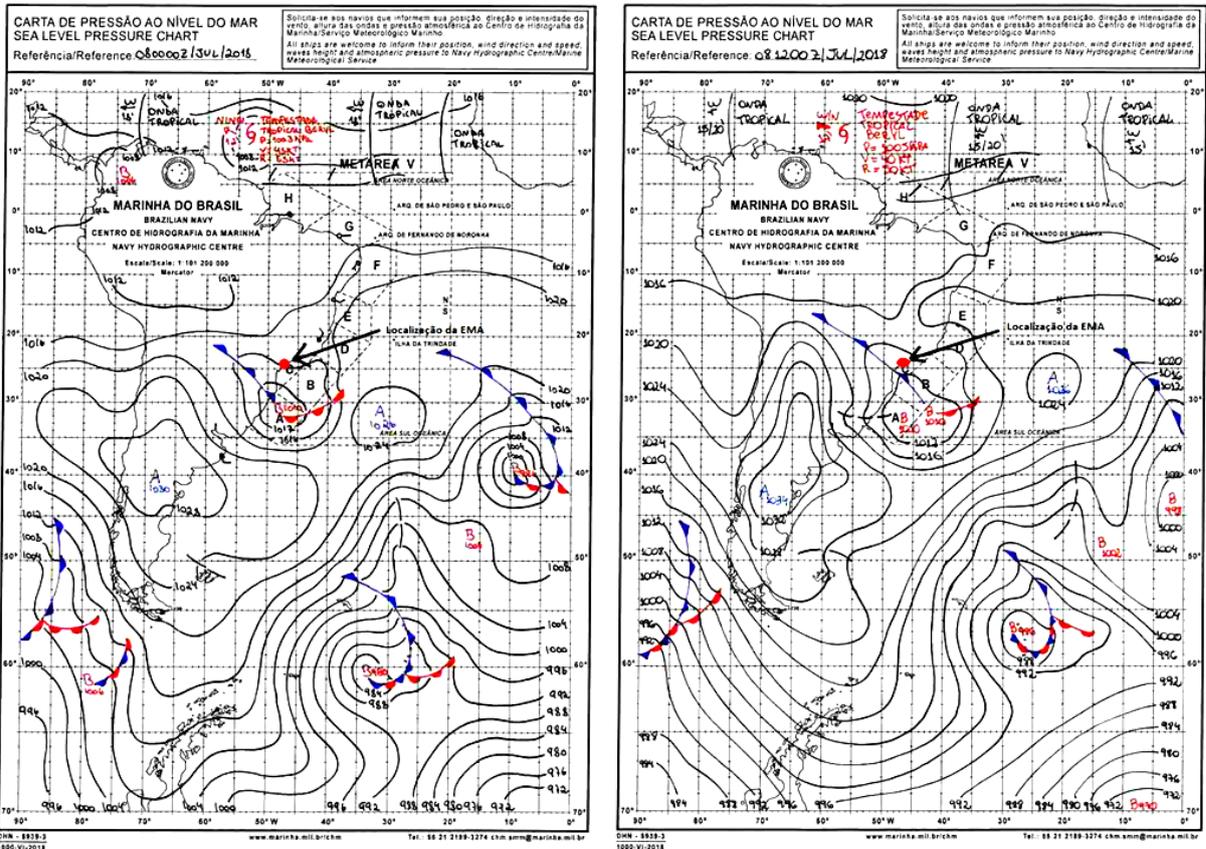
inverno, com temperaturas em torno de 17°C e 14°C, havendo dias com registro de temperatura menor que os 12 °C.

É possível observar temperaturas acima de 36°C registradas para as temperaturas máximas absolutas nos dias 10 de fevereiro, 19 de março e 18 de dezembro, com registro de 36,3°C, 36,7°C e 39,5°C, respectivamente. Para as temperaturas mínimas absolutas, ganham destaque os dias 21 de maio, 09 de junho, 12 de julho, 12 de agosto e 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, constatou-se queda de temperatura registrada entre os dias 29 a 30 de janeiro, 10 a 13 de fevereiro, 19 a 22 de março, 1 a 5 de junho, 11 a 17 de junho, 08 a 11 de julho (período selecionado para análise das cartas sinóticas), 29 a 30 de julho, 25 a 26 de agosto e 03 a 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 diminuir, 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.

Painel 1- Cartas sinóticas de superfície do dia 08 de julho de 2018 às 00 TMG (esquerda) e 12 TMG (direita).



Fonte: Marinha do Brasil (2018) Adaptado por Lima (2024)

As cartas sinóticas acima permitem visualizar a dinâmica atmosférica na América do Sul no dia 08 de julho às 00 TMG e 12 TMG. É possível identificar a passagem de um sistema frontal no sul-sudeste do país, de origem de médias e altas latitudes ao sul da América do Sul, associado à formação de um ciclone extratropical à sudeste, no Atlântico Sul (Borsato, 2016).

As temperaturas mínimas registradas em torno de 15,0°C e 9,0°C entre os dias 8 a 13 de julho associam-se à passagem deste sistema. O dia 08 de julho apresenta registros de temperatura mínima entre 18,0 e 17,0 °C, diminuindo ao longo dos dias 09, 10, 11, 12 e 13. Sendo o dia 12 de julho com os menores valores registrados com 8,2°C a 12 metros e 8,6°C a 2 metros.

Considerações Finais

O microclima monitorado pela estação meteorológica instalada e localizada na – Ilha dos Papagaios – Barra do Ribeira – Iguape/SP permitiu o registro de dados climatológicos entre os anos de 2008 a 2019.

O ano considerado para análise neste trabalho (2018) apresenta registros de temperatura esperados para região, com médias entre 15,0°C e 26,0°C. Destaca-se a sazonalidade, onde na estação quente de verão, há temperaturas máximas superiores aos 30,0°C ao longo dos meses de dezembro e janeiro. Já na estação fria de inverno, há temperaturas mínimas inferiores aos 15,0°C ao longo dos meses de julho e agosto.

As medições acima e abaixo do dossel apresentam diferenças nos registros. Nota-se que as temperaturas a 2 metros, abaixo das copas das árvores, apresentam ligeiras amplitudes térmicas maiores que o ambiente a 12 metros, acima das copas. Tal diferença ocorre devido a alteração da área foliar (AF) e índice de área foliar (IAF), devido, sobretudo, a alterações na vegetação do mangue onde estava situada a EMA. A alteração do dossel promove maior incidência de radiação abaixo da vegetação, promovendo geração de calor e temperaturas mais elevadas abaixo do dossel (2 metros) comparativamente com acima do dossel (12 metros).

Por fim, a análise climática integrando as escalas meso e micro permite o entendimento da interação entre a dinâmica atmosférica e os registros observados na área de estudo. As cartas sinóticas permitem observar a circulação atmosférica regional que acaba por gerar condições de microclima específicas. Assim observa-se uma relação intrínseca entre as condições atmosféricas e os registros microclimáticos observados.

Referências

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

[Geopauta](#), Vitória da Conquista , **V. 8, 2024, e15591**

Este é um artigo de acesso aberto sob a licença Creative Commons da [CC BY](#)

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.

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., Galvani Emerson. Interação dos atributos climáticos nos manguezais do litoral sul de São Paulo e sua relação com os controles climáticos. **Confins** [Online], 36 | 2018, posto online no dia 28 julho 2018, consultado o 30 julho 2024. URL: <http://journals.openedition.org/confins/14724>; DOI: <https://doi.org/10.4000/confins.14724>

LIMA, Beserra & de Lima, Nadia Gilma & Galvani, Emerson. (2013). Mangrove Microclimate: A Case Study from Southeastern Brazil. **Earth Interactions**. 17. 1-16. 10.1175/2012EI000464.1.

LIMA, N. G. B. DE .; CUNHA-LIGNON, M.; GALVANI, E.. Microclimatic analysis of mangroves in two distinct categories of Protected Areas and conserved status. **Sociedade & Natureza**, v. 33, p. e57483, 2021.

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.

MONTEIRO, C. A. F **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.

NOVAIS, G. T. (Org). **Climas do Brasil: classificação climática e aplicações**. Porto Alegre : Totalbooks, 2023.

NOVAIS, G. T. **Classificação climática aplicada ao Bioma Cerrado**. 2019. Tese. (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia. 2019.

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

SCHAEFFER-NOVELLI, Y, et al. Manguezal: ecossistema entre a terra e o mar. São Paulo: **Caribbean Ecological Research**, 1995.

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.

Agradecimentos

Agradeço ao Programa Unificado de Bolsas (PUB) da Universidade de São Paulo pela bolsa na qual possibilitou a realização deste trabalho.

Contribuição dos autores:

Autor 1: Elaboração, produção textual e discussão dos resultados
Autor 2 ; Supervisão, discussão dos resultados, pesquisa bibliográfica, revisão do texto
Autor 3: Elaboração, produção textual e discussão dos resultados