

COMPORTAMENTO DA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR E DA CLOROFILA-A NA REGIÃO DA CORRENTE DAS MALVINAS

THALITA COLLARES ALVES¹; RAQUEL MACHADO MACHADO²; DOUGLAS DA SILVA LINDEMANN³

¹Universidade Federal de Pelotas – thalita.collares.alves@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – machadomraquel@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – douglas.lindemann@ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

A Corrente das Malvinas (CM) tem sua origem através da bifurcação da Corrente Circumpolar Antártica (CCA), transportando águas frias, menos salinas e ricas em nutrientes para o norte ao longo da costa argentina e uruguaia (ARTANA *et al.*, 2019). Entre as latitudes de 38°S-39°S, a CM encontra com a Corrente do Brasil (CB), que transporta águas quentes e salinas do equador em direção aos pólos. O resultado do encontro das duas correntes opostas é a Confluência Brasil-Malvinas (CBM), região dinâmica, de grande energia e modificações verticais e horizontais na temperatura, salinidade e nutrientes, devido às diferentes características das massas d'água.

A confluência entre essas correntes oscila sazonalmente entre 36° S e 39° S, deslocando-se para o norte no inverno austral e para o sul no verão austral. Estudos recentes indicam um deslocamento para o sul mais persistente da CBM, potencialmente resultante de um enfraquecimento da CM ou de alterações em sua rota de transporte e de maior intensidade da CB (ARTANA *et al.*, 2019; MACHADO *et al.*, 2024). Entretanto, a relação entre o possível enfraquecimento da CM e suas causas ainda não estão claras.

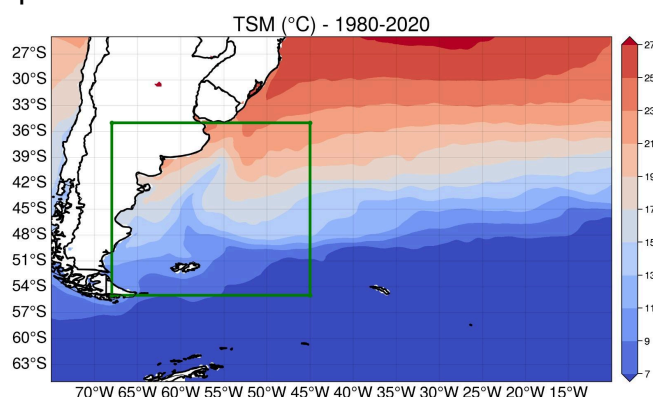
Apesar da CM apresentar alto teor de nutrientes, o crescimento fitoplanctônico é limitado devido às características de forte mistura vertical, alta turbulência, influência da topografia e baixa incidência luminosa (CARRANZA *et al.*, 2017). Na Plataforma Patagônica, o acoplamento das águas ricas em nutrientes provenientes da CM são de extrema importância para o aumento da produção de Clorofila-A (Chl-a) na região (MARTINETTO *et al.*, 2020). Como resultado, têm-se a criação de uma zona de alta biodiversidade na região. BRANDINI *et al.* (2000) afirmam que normalmente as águas mais produtivas em clorofila são na região da CBM e o aumento de crescimento fitoplanctônico se dá pelo encontro entre as águas subantárticas e subtropicais, onde a CM permite o crescimento de organismos através da riqueza de nutrientes.

O possível enfraquecimento da CM e deslocamento para o sul da CB, podem acarretar mudanças na disponibilidade de nutrientes e menor crescimento fitoplanctônico na região. Desse modo, este trabalho visa compreender e identificar possíveis tendências na temperatura da superfície do mar e Chl-a, entre 1980 a 2020.

2. METODOLOGIA

A área de estudo abrange o Oceano Atlântico Sudoeste, com enfoque na região da Corrente das Malvinas, entre as coordenadas 55°S - 35°S; e 68°W - 45°W, conforme mostrado na Figura 1 (área oceânica demarcada pelo quadrado verde).

Figura 1 - Climatologia da TSM (°C) no período de 1980-2020 e área de estudo marcada pelo quadrado verde



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Os dados utilizados para a variável temperatura da superfície do mar (TSM) foram de frequência mensal do período de 1980-2020, oriundo da reanálise ERA5, a quinta e mais recente reanálise climática fornecida pelo *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF), apresentando dados da atmosfera, superfície marinha e superfície terrestre em periodicidade horária, resolução de $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ e cobertura temporal desde 1940 (HERSBACH *et al.*, 2020). Já para a variável clorofila-a (Chl-a), os dados foram de frequência mensal do período de 1993-2020, oriundo do *Global Ocean Biogeochemistry Hindcast* fornecido pela *Mercator Ocean*.

Os dados foram agrupados sazonalmente e foram realizados cálculos estatísticos de tendências significativas via teste de Mann-Kendall. Para tal, foram utilizadas a linguagem de programação Python e o software *Climate Data Operators*.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme a Tabela 1, as variáveis TSM (°C) e Chl-a (mg.m^{-3}) apresentam tendências positivas significativas. As tendências significativas para a TSM são durante o outono (MAM), inverno (JJA) e primavera (SON) austrais, enquanto para a Chl-a, as tendências foram nos meses do verão austral (DJF), MAM e SON).

Tabela 1 - Tendências sazonais por década das variáveis analisadas. Em **negrito** e * os valores que apresentaram significância estatística ao nível de 95%

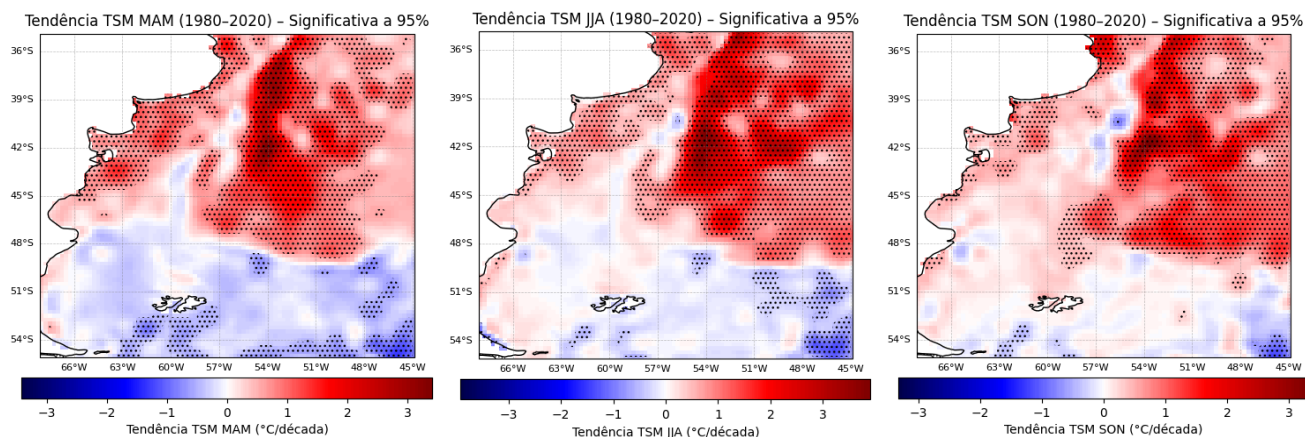
	DJF	MAM	JJA	SON
TSM (°C)	0.05	0.10*	0.14*	0.13*
Chl-a (mg.m^{-3})	1.95*	0.88*	1.91	3.33*

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

De acordo com a Figura 2, as tendências da TSM durante os meses significativos demonstram um aquecimento de 1°C a 3°C por década no setor

subtropical do oceano Atlântico Sudoeste. Este aquecimento é contrastado com a região ao sul de 49°S, que demonstra um esfriamento ou estabilidade térmica.

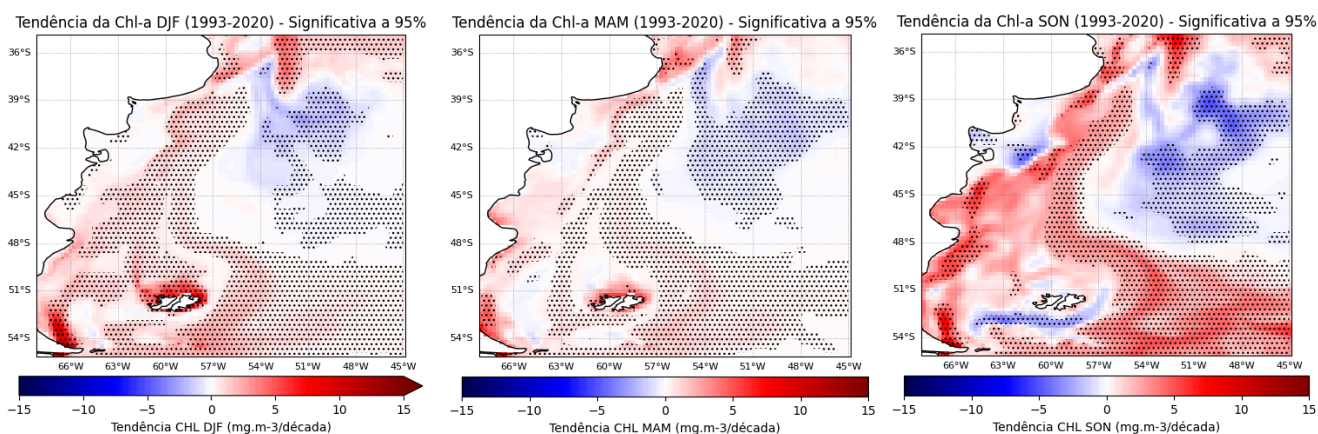
Figura 2 - Tendências temporais (1980–2020) da TSM em: (i) MAM, (ii) JJA, (iii) SON



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Segundo a Figura 3, as tendências indicam um aumento significativo da concentração de Chl-a nos meses de DJF e MAM, com destaque para região ao sul de 51°S e ao longo da plataforma argentina. Durante os meses de SON, observa-se uma intensificação positiva, acima de 5mg.m⁻³, abrangendo boa parte da área de estudo. Em contrapartida, todas as estações apresentam anomalias negativas entre 35°S–48°S e 55°W–45°W, sendo a primavera austral o período em que se verifica a tendência negativa mais pronunciada.

Figura 3 - Tendências temporais (1993–2020) da Chl-a em: (i) DJF, (ii) MAM, (iii) SON



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

O aquecimento identificado no setor subtropical indica o avanço para sudoeste da CB, associado ao enfraquecimento da CM (ARTANA *et al.*, 2019; FRANCO *et al.*, 2022; MACHADO *et al.*, 2024). Além disso, o deslocamento da corrente altera a estrutura da coluna d'água, intensificando a estratificação e limitando a estrutura vertical, reduzindo o aporte de nutrientes, refletindo as

tendências negativas encontradas entre 35°S–48°S e 55°W–45°W (BEHRENFELD *et al.*, 2006; DONEY, 2006).

Em contrapartida, a região sob maior influência da CM manteve ou aumentou a produção de Chl-a, principalmente a sul de 48°S. Resultados semelhantes foram encontrados por MARRANI *et al.* (2017), demonstrando a relação inversa entre TSM e Chl-a.

4. CONCLUSÕES

Os padrões de TSM encontrados corroboram a hipótese do deslocamento meridional da CBM e da intensificação da Corrente do Brasil, e a influência na produção de Chl-a. As tendências indicam potenciais mudanças no funcionamento do ecossistema da plataforma do Atlântico Sudoeste, com implicações para a produtividade e biodiversidade regionais.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARTANA, C. *et al.*. The Malvinas Current at the Confluence With the Brazil Current: Inferences From 25 Years of Mercator Ocean Reanalysis. **Journal of Geophysical Research: Oceans**, Washington, v.124, n.9, p.7161-7178, 2019.
- BEHRENFELD, M. J. *et al.* Climate-driven trends in contemporary ocean productivity. **Nature**, London, v.444, n.7119, p.752-755, 2006.
- CARRANZA, M. M. *et al.* Wind modulation of upwelling at the shelf-break front off Patagonia: Observational evidence. **Journal of Geophysical Research: Oceans**, Washington, v.122, n.4, p.2876-2893, 2017.
- DONEY, S. C. Oceanography – Plankton in a warmer world. **Nature**, London, v.444, n.7119, p.695-696, 2006.
- FRANCO, B. C. *et al.* Climate Change Impacts on the Patagonian Shelf Break Front. **Geophysical Research Letters**, Washington, v.49, n.3, p.e2021GL096513, 2022.
- HERSBACH, H. *et al.* The ERA5 global reanalysis. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, Oxford, v.146, n.730, p.1999-2049, 2020.
- MACHADO, R. *et al.* Analysis of the Ocean–Atmosphere Interface in the Brazil Current Region. **International Journal of Climatology**, [S.L.], v.45, n.3, p.1-21, 2025.
- MARRARI, M.; PIOLA, A. R.; VALLA, D. Variability and 20-Year Trends in Satellite-Derived Surface Chlorophyll Concentrations in Large Marine Ecosystems around South and Western Central America. **Frontiers in Marine Science**, Lausanne, v.4, n.372, p.1-18, 2017.
- MARTINETTO, P. *et al.* Linking the scientific knowledge on marine frontal systems with ecosystem services. **Ambio**, Stockholm, v.49, n.3, p.541-556, 2020.
- PALMA, E. D.; MATANO, R. P.; PIOLA, A. R. A numerical study of the Southwestern Atlantic Shelf circulation: Stratified ocean response to local and offshore forcing. **Journal of Geophysical Research: Oceans**, Washington, v.113, n.C11, p.1-19, 2008.