

MODIFICAÇÃO DE PADRÃO DA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR NA REGIÃO DA CORRENTE DO BRASIL

RAQUEL MACHADO MACHADO¹; MÁRCIA EDUARDA ALDRIGHI BARCELOS²;
YNARA AGUIAR CASTRO³; DOUGLAS DA SILVA LINDEMANN⁴;
LUCIANA BARROS PINTO⁵

¹Universidade Federal de Pelotas - UFPel – machadomraquel@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas - UFPel – dudaaldrighi@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas - UFPel – ynarapoe@gmail.com

⁴Universidade Federal de Pelotas - UFPel – douglas.lindemann@ufpel.edu.br

⁵Universidade Federal de Pelotas - UFPel – luciana.pinto@ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

O Oceano Atlântico Sudoeste (OAS) é uma das regiões mais dinâmicas dos oceanos e apresenta um grande papel no sistema climático global. A Corrente do Brasil (CB) é uma corrente de contorno oeste localizada no OAS, caracterizada como uma corrente de superfície fraca, quente e salina gerada a partir da bifurcação da Corrente Sul-Equatorial, que ocorre em aproximadamente 10° S (PETERSON; STRAMMA, 1991). A CB flui para sul da região do equador em direção aos pólos ao longo da margem continental brasileira até aproximadamente 36° S, onde se encontra com a Corrente das Malvinas, formando uma das regiões oceânicas mais energéticas do mundo: A Confluência Brasil-Malvinas (CBM) (FREITAS et al., 2017).

Estudos realizados por HOBDAÏ; PECL (2014), mostraram que, no período de 1950-1999, a porção sudoeste do Oceano Atlântico Sul, que engloba a CB, apresentou tendências positivas de temperatura da superfície do mar (TSM), sendo considerada uma área oceânica que está aquecendo mais rapidamente comparado à outras regiões. LIAN et al., (2018) descobriram que, no período de 1881-2013, a TSM nas correntes de fronteira oeste, como a CB, apresentou tendências de aquecimento de aproximadamente 0,4 °C por década. Em um estudo mais recente, RISARO et al., (2022) encontraram intensa tendência positiva de aquecimento da TSM ao longo da CB e da CBM, com uma taxa de mais de 0,4 °C por década, semelhante à encontrada por LIAN et al., (2018).

Sendo assim, o objetivo deste trabalho é analisar a possibilidade de tendências significativas de TSM e buscar possíveis pontos de ruptura nas séries dos dados dessa variável durante os anos de 1980 a 2020 na região da Corrente do Brasil.

2. METODOLOGIA

A área de estudo abrange o lado quente da CBM, região que tem o predomínio da Corrente do Brasil, entre as coordenadas 25.5° S - 45° S; 56° W - 40° W, conforme mostrado na Figura 1 (área oceânica demarcada pelo retângulo verde). Os dados utilizados foram dados mensais do período de 1980-2020 da variável temperatura da superfície do mar (TSM), provenientes da reanálise ERA5 produzida pelo ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*) (HERSBACH et al., 2020).

As linguagens de programação Python e CDO (*Climate Data Operators*) foram utilizadas como ferramentas de manipulação e tratamento dos dados. As técnicas estatísticas descritivas aplicadas foram cálculos para determinação das médias sazonais da TSM, análise de tendências estatisticamente significativas a 95% via

teste de Mann-Kendall e o teste de ruptura de Pettitt, no qual identifica o ponto de mudança brusca nas médias das séries temporais (BACK, 2001).

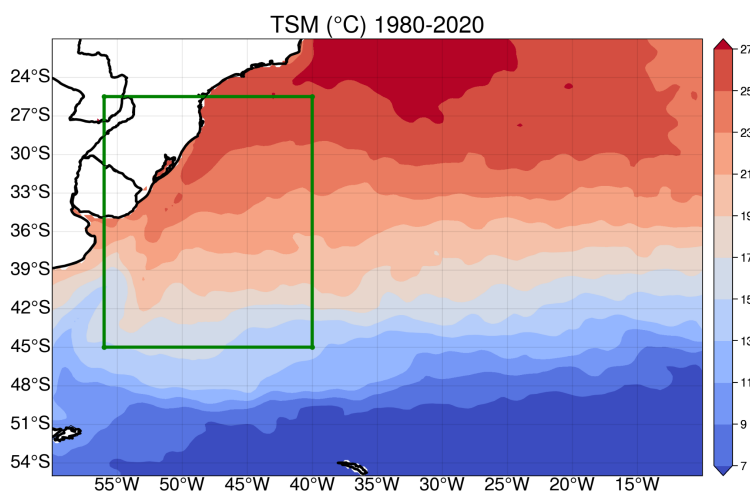


Figura 1. Climatologia da TSM (°C) no período de 1980-2020 e localização da região de estudo marcada pelo retângulo verde.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados mostram, conforme apresentado na Tabela 1, que a TSM apresentou tendências significativas positivas em todos os períodos, com valores de 0,01 °C/dec no período do verão (dezembro-janeiro-fevereiro, DJF) e 0,02 °C/dec nos períodos do outono (março-abril-maio, MAM), inverno (junho-julho-agosto, JJA) e primavera (setembro-outubro-novembro, SON). Na Figura 2 estão apresentadas as séries temporais das tendências significativas obtidas pela Tabela 1.

Tabela 1. Tendência da TSM (°C), por década, via teste de Mann-Kendall.

TSM (°C)	DJF	MAM	JJA	SON
	0,01*	0,02*	0,02*	0,02*

* Significância estatística ao nível de 95%.

Na Figura 2, pode-se observar que as tendências de TSM estão em concordância com os estudos mencionados anteriormente, nos quais revelam uma tendência de aumento de temperatura. Cabe destacar também uma mudança de comportamento em torno do ano de 2000, o que indica uma possível quebra de tendência nesse período, ou seja, uma possível mudança nos padrões da atmosfera e do oceano.

A fim de investigar essa mudança de comportamento, aplicou-se o teste de ruptura de Pettitt, buscando uma possível quebra de tendência que justifique tal mudança. Dessa forma, na Tabela 2, tem-se o teste de Pettitt para a variável em análise.

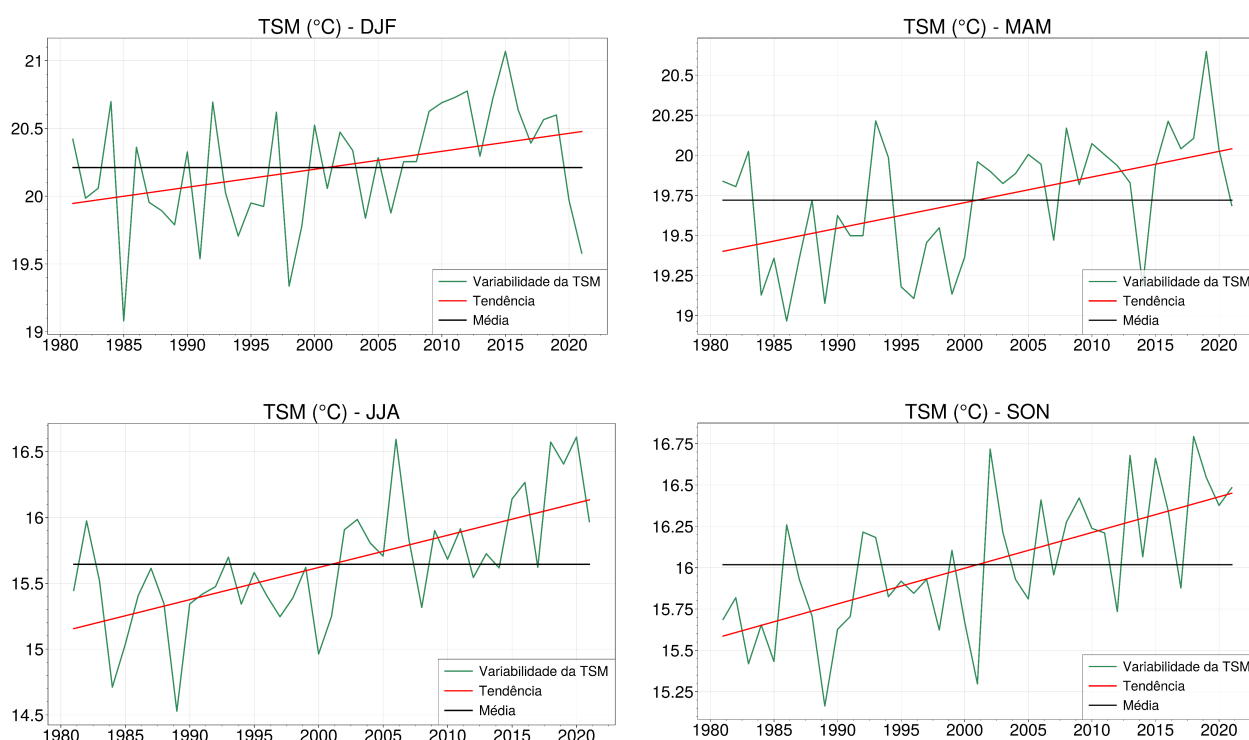


Figura 2. Tendências para os trimestres do verão (DJF), do outono (MAM), do inverno (JJA) e da primavera (SON) da TSM (°C) para o período analisado.

Tabela 2. Teste de Pettitt para a TSM (°C).

TSM (°C)	DJF	MAM	JJA	SON
	2007*	1999*	2000*	2000*

* Significância estatística ao nível de 95%.

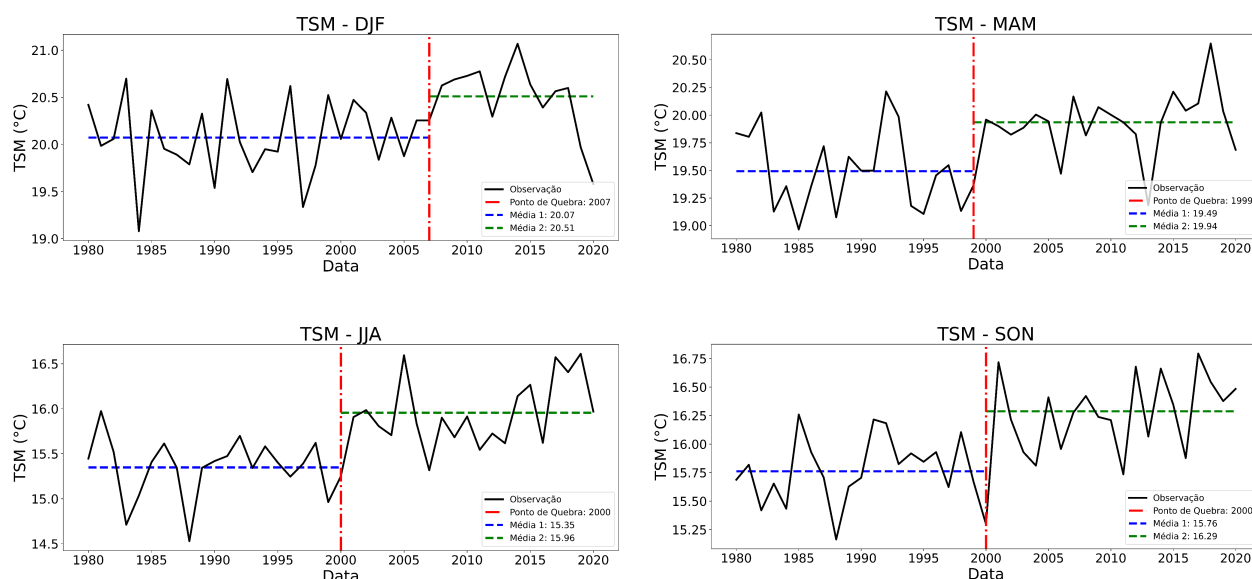


Figura 3. Teste de Pettit para a TSM (°C) nos trimestres analisados.

Na análise da Tabela 2, pode-se perceber que todos os trimestres apresentaram uma quebra de tendência, sendo que os trimestres de JJA e SON estão em concordância com o período em que foram observadas as mudanças de comportamento na Figura 2, ou seja, o ano de 2000. Como ilustração da aplicação do teste de Pettitt obtido na Tabela 2, têm-se a Figura 3, na qual são apresentadas as séries temporais dos trimestres que apresentaram pontos de ruptura.

Na Figura 3 pode-se observar que, apesar de todos os trimestres terem apresentado ponto de ruptura, os trimestres do inverno (JJA) e da primavera (SON) apresentam maiores diferenças entre os períodos pré e pós ponto de quebra, com diferenças de 0.61 °C para JJA e 0.53 °C para SON, indicando que esses períodos apresentam maior tendência de aquecimento, o que pode justificar as tendências estatisticamente significativas encontradas para JJA e SON.

4. CONCLUSÕES

Os resultados encontrados neste estudo demonstraram que o OAS, especificamente na região da CB, tem apresentado tendências significativas de aumento da TSM para todos os trimestres. Ao avaliar as séries temporais dos trimestres, se verifica que há mudanças de comportamento por volta do ano 2000, indicando valores mais elevados de TSM na segunda parte da série, principalmente nos trimestres JJA e SON.

Todavia, estudos futuros para avaliar se a atmosfera e/ou oceano estão influenciando neste comportamento se fazem necessários.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BACK, A. J. Aplicação de análise estatística para identificação de tendências climáticas. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 36, n. 5, p. 717-726, 2001.

FREITAS, R. A. P. DE; SOUZA, R. B. DE; REIS, R. A. N.; PINAYA, W. H. D. Análise do Conteúdo de Vapor D'água na Camada Limite Atmosférica Marinha Sobre a Região da Confluência Brasil-Malvinas Entre os Anos de 2004 e 2015. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, v. 40, n. 3, p. 94-101, 2017.

HERSBACH, H. et al. The ERA5 global reanalysis. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, p. 1999-2049, 2020.

HOBDAY, A. J.; PECL, G. T. Identification of global marine hotspots: sentinels for change and vanguards for adaptation action. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v. 24, p.415-425, 2014.

LIAN, T.; SHEN, Z.; YING, J.; TANG, Y.; LI, J.; LING, Z. Investigating the Uncertainty in Global SST Trends Due to Internal Variations Using an Improved Trend Estimator. **Journal of Geophysical Research**, v. 123, p. 1877-1895, 2018.

PETERSON, R. G.; STRAMMA, L. Upper-level circulation in the South Atlantic Ocean. **Progress in Oceanography**, v. 26, p. 1-73, 1991.

RISARO, D. B.; CHIDICHIMO, M. P.; PIOLA, A. R. Interannual Variability and Trends of Sea Surface Temperature Around Southern South America. **Frontiers in Marine Science**, v. 9, 2022.