



VERTICAL ANALYSIS OF ATMOSPHERIC TEMPERATURE ANOMALIES AT DAVIS STATION, ANTARCTICA (68.6°S; 78°E)

Beatriz de Souza Freitas⁽¹⁾

(1) Pós-Graduação em Meteorologia/Universidade Federal de Santa Maria,
beaszfreitas@gmail.com.

ABSTRACT

Antarctica plays a crucial role in the global climate system, being particularly sensitive to atmospheric changes. The East Antarctic region exhibits complex interactions between stratospheric and tropospheric dynamics, influenced by stratospheric ozone variations and large-scale atmospheric circulation. The objective of this study was to analyze temperature anomalies and climate trends in the vertical atmospheric profile (30-1013 hPa) at Davis Station, Antarctica (68.6°S; 78.0°E), during the period 1977-2024, using 2024 as the reference year. Monthly temperature data were processed to calculate annual means at 10 pressure levels, obtained from the READER digital archive of the British Antarctic Survey. Anomalies were calculated relative to 2024. Visualization included: (i) spatio-temporal heatmap of anomalies; (ii) mean vertical profile with standard deviation; (iii) trend analysis using the non-parametric Mann-Kendall test. Statistical significance was established at $\alpha=0.05$. The dataset ($n=470$) revealed a global mean anomaly of $+0.330^{\circ}\text{C} \pm 1.546^{\circ}\text{C}$. Maximum warming ($+6.383^{\circ}\text{C}$) occurred in 2002 at the 100 hPa level, while maximum cooling (-2.683°C) was recorded in 1982 at the surface (1013 hPa). The vertical profile showed a bimodal structure: intense stratospheric warming (30-200 hPa) with maximum at 100 hPa ($+1.575^{\circ}\text{C} \pm 1.811^{\circ}\text{C}$), contrasting with mid-tropospheric cooling, minimum at 500 hPa ($-0.778^{\circ}\text{C} \pm 0.626^{\circ}\text{C}$). The Mann-Kendall test identified significant trends in 70% of levels (7/10). The stratosphere (30-200 hPa) showed significant cooling trends, with 100 hPa being the most pronounced ($Z=-3.356$, $p<0.001$). Conversely, the mid-troposphere (500-700 hPa) exhibited significant warming, with 500 hPa showing the strongest trend ($Z=+3.687$, $p<0.001$). The observed vertical dichotomy suggests multiple climate mechanisms. Initial stratospheric warming followed by cooling trends may reflect the transition between Antarctic ozone recovery and changes in polar stratospheric circulation. Mid-tropospheric cooling is consistent with intensification of Antarctic westerly winds and polar vortex strengthening, characteristic of regional climate changes. High stratospheric variability (standard deviation $>1.4^{\circ}\text{C}$) indicates sensitivity to large-scale forcings, while lower tropospheric variability ($<0.7^{\circ}\text{C}$) suggests greater regional thermal stability. This study presents robust evidence of stratified climate change in East Antarctica, revealing the coexistence of stratospheric warming ($+1.575^{\circ}\text{C}$ at 100 hPa) and tropospheric cooling (-0.778°C at 500 hPa) with statistical robustness. The identification of opposite trends in 70% of atmospheric levels ($p<0.001$) constitutes a fundamental contribution to understanding Antarctic vertical atmospheric dynamics. This work significantly advances knowledge of polar atmospheric teleconnections, providing solid empirical basis for understanding how climate change manifests vertically in the Antarctic atmosphere. The findings have direct implications for global climate policies and polar monitoring strategies, establishing Davis Station as a key indicator of hemispheric climate change.

Keywords: Thermal anomalies; Mann-Kendall; Climate change.



ANÁLISE VERTICAL DE ANOMALIAS DE TEMPERATURA ATMOSFÉRICA NA ESTAÇÃO DAVIS, ANTÁRTICA (68,6°S; 78°E)

RESUMO

A Antártica desempenha papel crucial no sistema climático global, sendo particularmente sensível às mudanças atmosféricas. A região antártica oriental apresenta complexas interações entre dinâmica estratosférica e troposférica, influenciadas por variações no ozônio estratosférico e circulação atmosférica de grande escala. O objetivo do estudo foi analisar as anomalias de temperatura e tendências climáticas no perfil atmosférico vertical (30-1013 hPa) na estação Davis, Antártica (68.6°S; 78.0°E), durante o período 1977-2024, utilizando 2024 como ano de referência. Dados mensais de temperatura foram processados para calcular médias anuais em 10 níveis de pressão, obtidos do acervo digital READER do British Antarctic Survey. Anomalias foram calculadas relativamente a 2024. A visualização incluiu: (i) heatmap espaço-temporal das anomalias; (ii) perfil vertical médio com desvio padrão; (iii) análise de tendências pelo teste não-paramétrico de Mann-Kendall. Significância estatística foi estabelecida em $\alpha=0.05$. O conjunto de dados ($n=470$) revelou anomalia média global de $+0,330^{\circ}\text{C} \pm 1,546^{\circ}\text{C}$. O aquecimento máximo ($+6,383^{\circ}\text{C}$) ocorreu em 2002 no nível de 100 hPa, enquanto o resfriamento máximo ($-2,683^{\circ}\text{C}$) foi registrado em 1982 na superfície (1013 hPa). O perfil vertical evidenciou estrutura bimodal: aquecimento estratosférico intenso (30-200 hPa) com máximo em 100 hPa ($+1,575^{\circ}\text{C} \pm 1,811^{\circ}\text{C}$), contrastando com resfriamento troposférico médio, mínimo em 500 hPa ($-0,778^{\circ}\text{C} \pm 0,626^{\circ}\text{C}$). O teste de Mann-Kendall identificou tendências significativas em 70% dos níveis (7/10). A estratosfera (30-200 hPa) apresentou tendências de resfriamento significativo, sendo 100 hPa o mais pronunciado ($Z=-3,356$, $p<0,001$). Contrariamente, a troposfera média (500-700 hPa) mostrou aquecimento significativo, com 500 hPa exibindo a maior tendência ($Z=+3,687$, $p<0,001$). A dicotomia vertical observada sugere múltiplos mecanismos climáticos. O aquecimento estratosférico inicial seguido de tendência de resfriamento pode refletir a transição entre recuperação do ozônio antártico e mudanças na circulação estratosférica polar. O resfriamento troposférico médio é consistente com intensificação dos ventos de oeste antárticos e fortalecimento do vórtice polar, característicos das mudanças climáticas regionais. A alta variabilidade estratosférica (desvio padrão $>1,4^{\circ}\text{C}$) indica sensibilidade a forçantes de grande escala, enquanto a menor variabilidade troposférica ($<0,7^{\circ}\text{C}$) sugere maior estabilidade térmica regional. Este estudo apresenta evidências robustas de mudanças climáticas estratificadas na Antártica oriental, revelando a coexistência de aquecimento estratosférico ($+1,575^{\circ}\text{C}$ em 100 hPa) e resfriamento troposférico ($-0,778^{\circ}\text{C}$ em 500 hPa) com robustez estatística. A identificação de tendências opostas em 70% dos níveis atmosféricos ($p<0.001$) constitui contribuição fundamental para o entendimento da dinâmica vertical atmosférica antártica. Este trabalho avança significativamente o conhecimento sobre teleconexões atmosféricas polares, oferecendo base empírica sólida para compreender como as mudanças climáticas manifestam-se verticalmente na atmosfera antártica. Os achados têm implicações diretas para políticas climáticas globais e estratégias de monitoramento polar, estabelecendo a estação Davis como indicador-chave de mudanças climáticas hemisféricas.

Palavras-chave: Anomalias térmicas; Mann-Kendall; Mudanças climáticas