

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Centro de Desenvolvimento Tecnológico
Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos



Tese

Comportamento dos fluxos horizontais de vapor d'água na Bacia Hidrográfica
Mirim-São Gonçalo

Iulli Pitone Cardoso

Pelotas, 2024

Iulli Pitone Cardoso

**Comportamento dos fluxos horizontais de vapor d'água na Bacia Hidrográfica
Mirim-São Gonçalo**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, do Centro de Desenvolvimento Tecnológico da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção de título de Doutor em Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Dr. André Becker Nunes
Coorientadora: Prof.^a Dr^a. Tirzah Moreira Siqueira

Pelotas, 2024.

Iulli Pitone Cardoso

Comportamento dos fluxos horizontais de vapor d'água na Bacia Hidrográfica Mirim-
São Gonçalo

Tese aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Recursos Hídricos, Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 23 de fevereiro de 2024.

Banca examinadora:

Prof. Dr. André Becker Nunes (Orientador), Doutor em Meteorologia pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

Prof.^a Dr.^a. Tirzah Moreira Siqueira (Co-orientadora), Doutora em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Prof. Dr. Hugo Alexandre Soares Guedes, Doutor em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa.

Prof.^a Dr.^a. Viviane Santos Silva Terra, Doutora em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas.

Prof.^a Dr.^a. Morgana Vaz da Silva, Doutora em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa.

Agradecimentos

Este doutorado foi realizado em meio à pandemia da COVID-19. Desta forma, não há como não iniciar sem agradecer a Deus pela saúde e pela vida, pois graças a ele e à ciência, estou aqui finalizando mais esta etapa.

Agradeço à minha família, em especial, minha mãe, por sempre ter me apoiado moralmente e financeiramente a seguir a vida acadêmica, e por ser uma inspiração como professora. Se não fosse por ela nada disso estaria acontecendo.

Agradeço aos meus amigos que nunca me abandonaram e que se fizeram presentes durante toda esta trajetória. Agradeço também meus colegas de doutorado que me apoiaram e auxiliaram nas disciplinas à distância durante a pandemia. Mesmo virtualmente, foi possível firmar vários laços.

Não posso deixar de agradecer imensamente meu orientador, André, pela paciência em me passar os conhecimentos meteorológicos necessários para o desenvolvimento deste trabalho, e pela compreensão ao longo desta caminhada. Com certeza à tese se tornou mais leve com sua orientação.

Agradeço também à CAPES, por ter me proporcionado a bolsa de doutorado durante dois anos e meio, e à Universidade Federal de Pelotas pela educação pública de qualidade que me proporcionou ao longo destes onze anos que iniciaram na graduação e se encerram no doutorado.

Você não vai ter saudades da sua água até que seu poço seque.

Bob Marley

Resumo

CARDOSO, Iulli Pitone. **Comportamento dos fluxos horizontais de vapor d'água na Bacia Hidrográfica Mirim-São Gonçalo**. Orientador: André Becker Nunes. Coorientadora: Tirzah Moreira Siqueira. 2024. 113f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos) - Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Centro de Desenvolvimento Tecnológico, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2024.

A Bacia Hidrográfica Mirim-São Gonçalo (BHMSG) é uma bacia transfronteiriça de suma importância para sua região, já que contempla diversos municípios do estado do Rio Grande do Sul que tem como base de sua economia a agricultura, atividade intimamente ligada as condições climáticas da região. Sendo assim, é imprescindível o estudo das variáveis climáticas e como essas podem impactar no desenvolvimento da sociedade, principalmente na parte econômica. Os fluxos de vapor d'água são constituintes atmosféricos importantes não só em termos de efeito estufa, mas também em sua relação com os regimes de precipitação. Com isso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar variabilidade e o sentido preponderante dos fluxos de vapor d'água na parte brasileira da Bacia Hidrográfica Mirim – São Gonçalo a partir de dados de reanálise do ERA5 para o período de 1981 a 2020. Os valores gerados no ERA5 mostraram alta correlação com os dados de precipitação observados, indicando assim a eficiência do modelo. Com a análise de fluxo de vapor d'água integrado na vertical (fviv) foi constatado que os fluxos preponderantes na BHMSG são de norte e oeste, e em baixos níveis (925hPa) observa-se a influência da umidade do Oceano Atlântico Sul nos meses de setembro a março. Verificou-se também que há uma relação direta entre fviv e os regimes de precipitação, onde quanto maior o fviv na BHMSG, maior o volume de precipitação, que varia de acordo com a sazonalidade. Os eventos extremos máximos de precipitação apresentaram valores de fviv mais elevados nas quatro faces, onde destaca-se a face norte, com valor duas vezes maior que a normal climatológica, e o oposto foi observado para os eventos extremos mínimos, onde neste caso, a face norte apresenta fviv três vezes menor que o valor normal da mesma. Os eventos extremos de precipitação ocorreram em sua grande maioria em períodos onde o fenômeno El Niño-Oscilação Sul foi classificado como neutro. Tais resultados podem auxiliar no planejamento, na tomada de decisão e gestão de recursos hídricos na bacia hidrográfica.

Palavras-Chave: Fluxo de vapor d'água integrado na vertical. ERA5. Eventos extremos. Balanço de umidade.

Abstract

CARDOSO, Iulli Pitone. **Behavior of horizontal water vapor flows in the Mirim-São Gonçalo Hydrographic Watershed**. Advisor: André Becker Nunes. Co-Advisor: Tirzah Moreira Siqueira. 2024. 113f. Thesis (Doctorate in Water Resources) - Technological Development Center, Federal University of Pelotas, Pelotas, 2024.

The Mirim-São Gonçalo Hydrographic Basin (MSGHB) is a transboundary basin of utmost importance for its region, as it includes several municipalities in the state of Rio Grande do Sul whose economy is based on agriculture, an activity closely linked to the climatic conditions of the region. Therefore, it is essential to study climate variables and how they can impact the development of society, especially in the economic part. Water vapor fluxes are important atmospheric constituents not only in terms of the greenhouse effect, but also in their relationship with precipitation regimes. Therefore, the present work aimed to evaluate variability and the preponderant direction of water vapor flows in the Brazilian part of the Mirim – São Gonçalo Hydrographic Basin based on ERA5 reanalysis data for the period from 1981 to 2020. The values generated in ERA5 showed high correlation with observed precipitation data, thus indicating the efficiency of the model. With the analysis of vertically integrated water vapor flow (iwvf) it was found that the preponderant flows in the BHMSG are from the north and west, and at low levels (925hPa) the influence of humidity from the South Atlantic Ocean is observed in the months from September to March. It was also found that there is a direct relationship between iwvf and precipitation regimes, where the higher the iwvf in BHMSG, the greater the volume of precipitation, which varies according to seasonality. The maximum extreme precipitation events presented higher iwvf values on the four faces, where the north face stands out, with a value twice as high as the climatological normal, and the opposite was observed for the minimum extreme events, where in this case, the north face presents iwvf three times lower than its normal value. The vast majority of extreme precipitation events occurred in periods where the El Niño-Southern Oscillation phenomenon was classified as neutral. Such results can assist in planning, decision-making and management of water resources in the river basin.

Keywords: Vertically integrated water vapor flow. ERA5. Extreme events. Moisture balance.