

DESENVOLVIMENTO DE UM ALGORITMO PARA IDENTIFICAÇÃO DA LOCALIZAÇÃO DA ZCIT

Natan Chrysostomo de Oliveira Nogueira¹ (IC), Pedro Henrique Gomes Machado¹(IC), Michelle Simões Reboita¹ (PQ), André Luiz dos Reis¹ (PQ)

¹Universidade Federal de Itajubá.

Palavras-chave: Intensidade. Largura. Posição. Precipitação.

Introdução

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) se caracteriza por uma faixa de intensa precipitação e uma grande cobertura de nuvens convectivas ao redor do globo terrestre próximo à linha do equador (WALISER e GAUTIER, 1993; WALISER, 2002; DIAZ e BRADLEY, 2004; AMIOLA E MOURA 2016). Sua posição média é encontrada ligeiramente ao norte do equador, porém, com uma considerável variação sazonal e longitudinal (PHILANDER et al., 1996, CARVALHO e OYAMA, 2013). Teodoro, Reboita e Escobar (2019) também citam a presença de uma segunda banda de nebulosidade que se posiciona ao sul da banda de nebulosidade principal da ZCIT. Conforme Ferreira (1996) e Carvalho e Oyama (2013), a ZCIT atua em uma região em que há várias interações entre fenômenos atmosféricos e oceânicos, entre eles: zona do cavado equatorial; zona de confluência dos alísios (ZCA); zona de máxima convergência de massa; zona de máxima temperatura da superfície do mar (TSM); e zona da banda de máxima cobertura de nuvens convectivas, todos interagindo na faixa equatorial, não necessariamente ao mesmo tempo ou latitude.

A ZCIT se desloca sazonalmente conforme o equador térmico, isoterma de maior temperatura no globo, devido ao movimento aparente do sol (ASNANI, 1993; XIE e PHILANDER, 1994). Também pode oscilar devido a ciclos semianual da declinação solar e anual da distância Terra-Sol (MITCHELL e WALLACE, 1992). Waliser e Gautier (1993) mostram que o pico de intensidade da ZCIT ocorre em torno de 6°N e a precipitação média é maior entre maio e agosto e menor entre fevereiro e março (CARVALHO e OYAMA, 2013; XIE e CARTON, 2004).

No oceano Atlântico, a ZCIT localiza-se a cerca de 10°N em setembro e, mais ao sul, em 5°S no mês de março (HASTENRATH, 1991; MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007; CARVALHO e OYAMA, 2013). A ZCIT também possui variação na largura. No Atlântico, a variação zonal na largura é máxima entre outubro e novembro e mínima entre janeiro e março (CARVALHO

e OYAMA, 2013). É notável a escassez de estudos voltados a essa variabilidade, dentre eles: Khrigian (1977) mostra que a ZCIT é mais larga (200 a 600 km) e regular no HN do que no HS (em torno de 300 km); Das (1986) aponta um valor médio global próximo do intervalo de 200 a 300 km e Carvalho e Oyama (2013), estudando o oceano Atlântico, concordam com os resultados de Khrigian (1977) para a variação da largura da ZCIT.

Como são escassos trabalhos que avaliam as características de posição e largura da ZCIT, principalmente, no oceano Atlântico, em que até o momento há o estudo de Carvalho e Oyama (2013) e que definiram as características da ZCIT em apenas uma longitude de 27,5°W, o objetivo deste estudo é desenvolver um algoritmo que contabilize a posição, largura e intensidade sazonal climatológica da ZCIT através de pântadas de precipitação diária entre os anos de 1997 a 2022 filtradas por um limiar de precipitação a fim de corroborar com estudos climatológicos anteriores e, principalmente, ser útil no estudo das características da ZCIT em projeções climáticas.

Metodologia

Dados de precipitação diária dos anos de 1997 a 2022 disponibilizados pelo grupo *Global Precipitation Climatology Project* (GPCP) do National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA; ADLER et al., 2017) foram utilizados no estudo com uma resolução espacial de 1° x 1° e disponíveis em: <https://www.ncei.noaa.gov/products/climate-data-records/precipitation-gpcp-daily>. Para o vento, é utilizada a reanálise ERA5 (HERSBACH et al., 2018), considerando o horário das 0000 Z e com resolução horizontal de 0,25° x 0,25° para as componente zonal (u) e meridional (v) do vento a 10 metros de altura (m s-1). O download dos dados é realizado pela plataforma do Climate Data Store (CDS) em: <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/reanalysis-era5-single-levels?tab=overview>.

A área de estudo compreende as latitudes de 4°S a 10°N e 49°W a 10°E, sendo os dados analisados no domínio do

espaço e tempo.

A metodologia para identificação da ZCIT foi desenvolvida nesse estudo e apresentada na seção resultados. O algoritmo foi desenvolvido para o setor do oceano Atlântico, utiliza só a variável precipitação e fornece três informações: localização, intensidade e largura da ZCIT.

Resultados e discussão

Detalhamento do algoritmo

Com os dados de precipitação são calculadas médias de 5 dias (pêntadas), com objetivo de eliminar distúrbios de alta frequência relacionados às flutuações diárias (CARVALHO e OYAMA, 2013). O método objetivo, desenvolvido em Python, para identificação das características da ZCIT segue os seguintes passos: (1) computa a média de precipitação pentadal do período total em todos os pontos de grade; (2) o valor obtido em (1) é utilizado como um limiar, isto é, pontos de grade com precipitação maior do que o limiar serão codificados com o número 1 (verdadeiro), do contrário, com 0 (falso). Essa informação é armazenada no modo tabela e permitirá a identificação das latitudes iniciais (L_i) e latitudes finais (L_f). (3) Transforma-se a tabela em uma matriz e é criada uma função para percorrer os pontos de grade em todas as latitudes de uma longitude de baixo para cima para cada longitude da esquerda para direita em todas as pêntadas, um exemplo deste algoritmo será mostrado na próxima seção. Duas listas vazias e três variáveis de controle são criadas para armazenar a L_i e L_f e ter um contador (cont), acumulador de valores (value) e o número de banda da ZCIT (n), respectivamente, visto que há ocorrências de banda dupla de ZCIT, assim esse código se destaca por identificar além da ZCIT primária, a secundária.

Para considerar uma banda da ZCIT é necessário ter no mínimo 2° de latitude (2 pontos de grade) acima do limiar de precipitação, ou seja, a cada dois números 1 consecutivos da coluna o código registra uma banda da ZCIT. Inicialmente, o cont, value e n são zerados; no começo do processo, é somado 1 em cont e somado o booleano (0 ou 1) da matriz em value. Depois disso, há 4 casos: 1) se o value for igual a 1, é registrada a L_i e continua a operação; 2) se o value for diferente que cont e igual a 1, é indicado que não há uma continuação da banda, pois não tem o pré-requisito de 2 pontos de grade, então é zerado o cont e o value para prosseguir com a análise; 3) se o value é diferente do cont e igual a 0, é verificado que há ausência de banda de ZCIT e zera o cont e value para a próxima análise, e 4) se o value é diferente do cont e maior que 1, é registrado na L_f a latitude anterior visto que a análise parou uma latitude a

frente e somado 1 em n para mostrar que encontrou a primeira banda da ZCIT, além de zerar novamente o cont e o value para caso poder encontrar a segunda banda da ZCIT na mesma longitude (coluna). A função então devolve os valores de L_i e L_f para serem armazenados em duas arrays do mesmo número de banda da ZCIT.

Assim, são agrupadas as pêntadas por estação (18 pêntadas, podendo variar entre 5 a 7 pêntadas por mês visto que é salvo a data do primeiro dia da pêntada) e calculadas as médias sazonais. Desse conjunto de dados, é calculada a posição média da L_i e L_f e da intensidade sazonal da ZCIT (valor médio da precipitação) e, com o módulo da subtração da L_i com a L_f , conforme o método de Carvalho e Oyama (2013), obtém-se a largura média sazonal.

Exemplo da aplicação do algoritmo

Aqui é mostrado um estudo de caso, para exemplificar a intensidade, posição e largura da ZCIT, na pêntada do dia 28 de outubro a 1 de Novembro de 2021 (escolhida aleatoriamente). Na Figura 1 é mostrada a precipitação acima do limiar e o vento a 10 metros da pêntada de estudo, indicando que a ZCIT estava numa posição mais boreal em torno de 6°N. Nessa latitude, a precipitação superava 16 mm nas longitudes centrais do Oceano Atlântico, o que concorda com Waliser e Gautier (1993), que analisaram o pico de intensidade global da ZCIT. A Figura 2 mostra que a largura média da pêntada é de aproximadamente 5°, ou seja, 555 km, concordando com a largura média encontrada por Khrgian (1977) e Carvalho e Oyama (2013) para o HN no oceano Atlântico, além de mostrar uma possível influência de precipitação da ZCIT sobre o Nordeste brasileiro. Por fim, os resultados obtidos são validados através de uma imagem de satélite. A Figura 3, que é uma imagem do satélite Meteosat 9 no espectro do visível, mostra a banda da ZCIT bem definida no local onde foi estimada a posição pelo algoritmo.

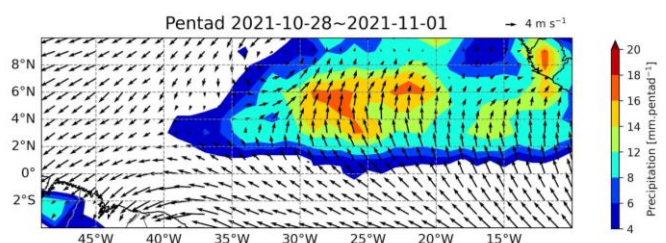


Figura 1 – Precipitação (mm) e vento a 10 metros da pêntada do estudo de caso. (Autores)

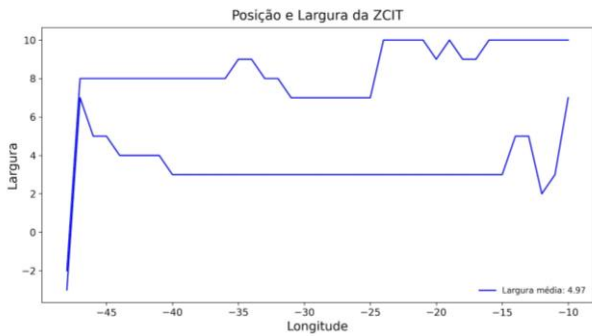


Figura 2 – Estimativa da posição e largura da ZCIT para a pênstada do estudo de caso. (Autores)

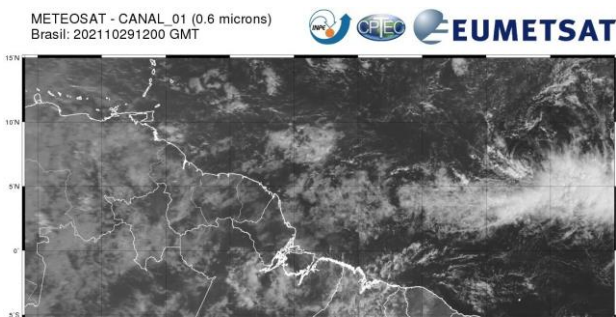


Figura 3 - Imagem do satélite do canal 01 do satélite Meteosat 9 disponibilizada pelo INPE do dia 29 de outubro de 2021 às 1200Z.

Climatologia

A climatologia da posição da ZCIT primária e secundária (banda dupla) (Figura 4) mostra o deslocamento da ZCIT, sendo mais para o sul (norte) nos meses de verão e outono austral (boreal) conforme Nobre e Molion (1998) e como a banda secundária fica mais distante da primária nos meses de inverno boreal e pouco configurada devido ao seus poucos casos por estação.

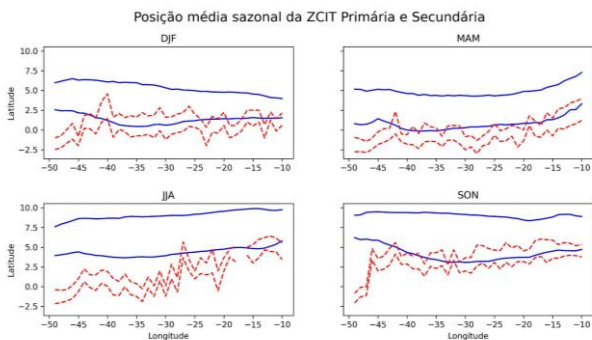


Figura 4 - Posição climatológica sazonal da ZCIT primária em linhas azuis preenchidas e secundária em linhas vermelhas tracejadas. Sendo as latitudes positivas mais ao norte (HN) e negativas mais ao sul (HS). (Autores)

A Figura 5 mostra a largura climatológica sazonal da

ZCIT primária em graus, visto que a segunda não possui uma largura bem definida, para cada longitude e a média desta na estação, demonstrando que há uma maior largura nas longitudes centrais de 25-35°W, especialmente na primavera (SON), a qual tem maior largura média (4,89°). É percebido que nos meses de outono (MAM) e inverno (JJA), a largura da ZCIT primária varia menos meridionalmente do que nas outras estações. Além disso, próximo às porções continentais (América do Sul e África), há uma diminuição da sua largura.

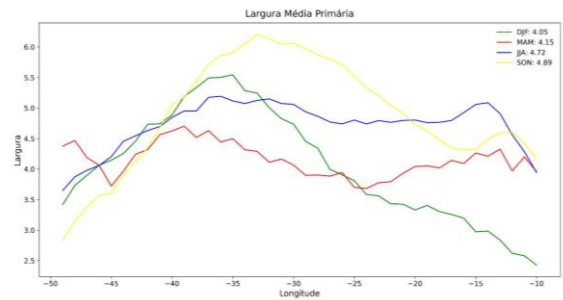


Figura 5 - Largura climatológica sazonal da ZCIT primária para cada longitude e largura média em graus; o verão (DJF) é indicado pela linha verde, o outono (MAM) pela vermelha, o inverno (JJA) pela azul e a primavera (SON) pela amarela. (Autores)

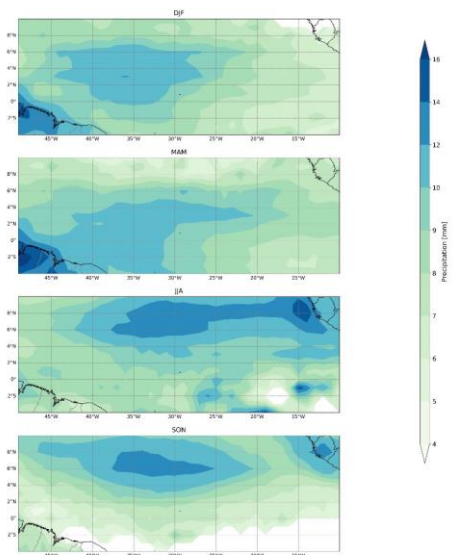


Figura 6 - Precipitação em mm sazonal climatológica acima do limiar para área de estudo. (Autores)

O limiar de precipitação encontrado pela climatologia foi de aproximadamente 4 mm. Na Figura 6, é possível observar que os picos de intensidade ocorrem próximos à América do Sul nos meses de DJF e MAM e próximos à África nos meses de JJA e SON, o que concorda com Melo et al. (2009). A ZCIT também se apresenta mais

intensa na região central do Atlântico do que próximo ao litoral da América do Sul durante os meses de JJA e SON, o que também é descrito por Kousky (1988).

Conclusões

Este estudo teve como objetivo criar um algoritmo para identificar a posição, largura e intensidade da climatologia ZCIT entre os anos de 1997 a 2022, no oceano Atlântico. Em um estudo de caso foi demonstrada a eficiência do algoritmo na ocorrência real da ZCIT na pântada do dia 28 de Outubro a 1 de Novembro de 2021. Em termos climatológicos a ZCIT está localizada mais a sul em meses de outono (MAM). Nessa mesma estação, sua largura média é de 4,15° e a intensidade média é 8,92 mm. O algoritmo aqui desenvolvido será útil para o estudo da ZCIT em décadas futuras a fim de identificar se a ZCIT mudará ou não de posição, aumentar ou diminuir sua largura e/ou intensidade.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos centros que disponibilizaram os dados usados no estudo e à FAPEMIG e UNIFEI pelo suporte financeiro.

Referências

ADLER, Robert et al. Global Precipitation Climatology Project (GPCP) Climate Data Record (CDR), Version 1.3 (Daily) [Indicate subset used.]. NOAA National Centers for Environmental Information, 2017. Disponível em: <https://www.ncei.noaa.gov/products/climate-data-records/precipitation-gpcp-daily>. Acesso em: 12 de ago. 2023. DOI: 10.7289/V5RX998Z.

ASNANI, G. C. Tropical Meteorology. Pune: Prof. C. G. Asnani, 1993.

CARVALHO, M. A. V.; OYAMA, M. D. Variabilidade da largura e intensidade da Zona de Convergência Intertropical Atlântica: aspectos observacionais. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 28, n. 3, p. 305-316, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbmet/a/fkR4vm6D7TKFDV4YDtHB PwS/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 31 de jan. 2023.

DAS, P. K. Monsoons. Fifth IMO lecture. Genebra, Suíça: World Meteorological Organization (WMO), n. 613, 1986.

FERREIRA, N. S. Zona de Convergência Intertropical. Boletim do Climanálise Especial, São Paulo, 1996. Disponível em: http://climanalise.cptec.inpe.br/~rcliman1/boletim/cliesp10a/z cit_1.html. Acesso em: 24 de jan. 2023.

FROM, L.D.; STAVER, A.E. Fundamentals of Weather: A Workbook Approach. Dubuque, Ia: Kendall/Hunt, 1979. ISBN 0-8403-2023.

HASTENRATH, S. Climate Dynamics of the Tropics. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1991.

488 p.

KHRGIAN, A. Physical Meteorology. In: DANILINA, I.P. Meteorology and Climatology. Boston, MA: G.K. Hall, 1977. (Geophysics Series), v. 2, p. 1-18. ISBN 0-8161-2013-7.

KOUSKY, V. E. Pentad Outgoing Longwave Radiation Climatology for the South American Sector. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 3, p. 217-231, 1988.

MELO, A. B. C.; CAVALCANTI, I. F. A.; SOUZA, P. P. Zona de Convergência Intertropical do Atlântico. Tempo e clima no Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2009, p. 25-41.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. Climatologia: Noções Básicas e Climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MITCHELL, T. P.; WALLACE, J. M. The Annual Cycle in Equatorial Convection and Sea Surface Temperature. Journal of Climate, v. 5, p. 1140-1156, 1992. Disponível em: https://journals.ametsoc.org/view/journals/clim/5/10/1520-0442_1992_005_1140_taciec_2_0_co_2.xml. Acesso em: 31 de jan. 2023.

NOBRE, C. A.; MOLION, L. C. B. The Climatology of Droughts and Drought Prediction. In: PARRY, M. L.; CARTER, T. R. (Eds.). The Impact of Climatic Variations on Agriculture. Part III - Section 2. Kluwer Academic Publishers, v. 2, p. 305-323, 1988.

REBOITA, M. S.; GAN, M. A.; da ROCHA, R. P.; AMBRIZZI, T. Regimes de Precipitação na América do Sul: Uma Revisão Bibliográfica. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 25, n. 2, p. 185-204, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbmet/a/yhrG5QPXhBCKZXCgKgyz Wvf/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 16 de fev. 2023.

TEODORO, T. A.; REBOITA, M. S.; ESCOBAR, G. C. J. Caracterização da banda dupla da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) no oceano Atlântico. Anuário do Instituto de Geociências, v. 42, n. 2, p. 282-298, 2019.

WALISER, D. E.; GAUTIER, C. A Satellite-Derived Climatology of the ITCZ. Journal of Climate, v. 6, p. 2162-2174, 1993.

WALISER, D. E.; SOMERVILLE, R. C. J. Preferred Latitudes of the Intertropical Convergence Zone. Journal of the Atmospheric Sciences, v. 51, n. 12, p. 1619-1639, 1994.

XIE, S.-P.; CARTON, J. A. Tropical Atlantic Variability: Patterns, Mechanisms, and Impacts. Geophysical Monograph Series, v. 147, p. 121-142, 2004. Disponível em: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/147GM07>. Acesso em: 31 de jan. 2023.

XIE, S.-P.; PHILANDER, G. R. A Coupled Ocean-Atmosphere Model of Relevance to the ITCZ in the Eastern Pacific. Tellus, v. 46A, p. 340-350, 1994. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.3402/tellusa.v46i4.15484>. Acesso em: 31 de jan. 2023.