

APLICAÇÃO DO ÍNDICE OBJETIVO DE ZCAS COMO SUPORTE À PREVISÃO DE TEMPO EM MODELOS ATMOSFÉRICOS

Louise da Fonseca Aguiar^{1,2}, Edilson Marton¹, Marcio Cataldi²

Autora correspondente: louisedaguiar@gmail.com

¹ Programa de Pós-Graduação em Meteorologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (PPGM – UFRJ); ² Laboratório de Monitoramento e Modelagem de Sistemas Climáticos da Universidade Federal Fluminense (LAMMOC - UFF)

Palavras chave: Zona de Convergência do Atlântico Sul, modelagem atmosférica, previsão do tempo

1) INTRODUÇÃO

A Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) é definida como uma cobertura de nuvens convectivas orientadas de noroeste para sudeste que persiste por pelo menos quatro dias consecutivos e se estende do sul da Amazônia ao sudoeste do Oceano Atlântico (KODAMA, 1992; QUADRO, 1994), sendo responsável por cerca de 25% do volume de chuvas em todo o Sudeste do Brasil entre os meses de outubro a abril (NIELSEN et al. 2019).

A relação entre a ZCAS e o rastro dos impactos que o fenômeno pode causar no Sudeste do Brasil foi objeto de estudo de Fonseca Aguiar e Cataldi (2021), revelando que 48% dos dias com ZCAS entre outubro e abril de 1995 a 2016 estão associados a dias com registros de desastres naturais, com 24% de probabilidade de ocorrer desastres na região quando a ZCAS estiver configurada na atmosfera. Além das consequências socioambientais relacionadas à ocorrência de eventos de precipitação intensa ou persistente, é válido ressaltar que cerca de 67% da produção de energia elétrica brasileira ainda depende do potencial hídrico (ANEEL, 2021), com o Sudeste concentrando a maior parte da capacidade de armazenamento em reservatórios de usinas hidrelétricas do Brasil, o que evidencia a vulnerabilidade da matriz brasileira a períodos de estiagem sobre o Sudeste.

As condições associadas à ocorrência de chuvas intensas, como as típicas da ZCAS, muitas vezes não são representadas de maneira satisfatória pelos modelos de previsão numérica do tempo, especialmente se relacionado à quantidade da precipitação de eventos extremos (PINHEIRO et al., 2011). A utilização de índices como ferramentas objetivas para prognósticos apresenta cada vez mais relevância em ambientes operacionais. Assim, a implementação do índice de ZCAS como uma técnica objetiva, em associação com outras ferramentas, pode aprimorar a previsão de precipitação em regiões onde o índice é aplicável. Este trabalho apresenta um índice de ZCAS (NIELSEN et al. 2019) como uma ferramenta de previsão que utiliza de maneira objetiva a dinâmica do fenômeno de ZCAS para previsão da mesma.

2) METODOLOGIA

Este estudo propõe aplicar o índice desenvolvido por Nielsen et al. (2019) e analisar a previsão de eventos classificados como ZCAS, mas que sejam baseados apenas nas características dinâmicas dos

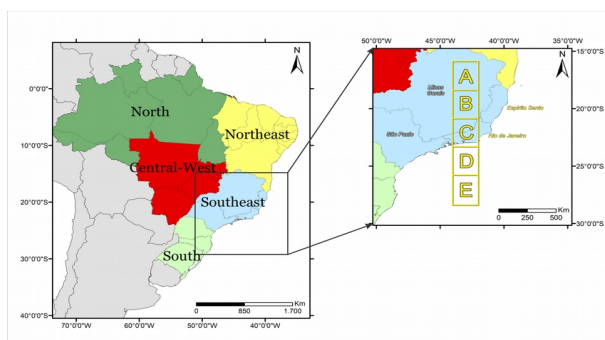


Figura 1: Dias de ZCAS nas posições AB (mais ao norte), C (posição média), e DE (mais ao sul) do Sudeste do Brasil

mesmos. A metodologia para reprodução do índice consistiu em utilizar as médias diárias das seguintes variáveis de assinatura: componente zonal e meridional do vento (u e v) em 200 e 850 hPa, velocidade vertical ômega (ω) e altura geopotencial em 500 hPa, divergência horizontal do vento (div) em 200 e 850 hPa, e vorticidade relativa ($vort$) em 200 hPa. As variáveis são produtos da Reanálise 2 (NCEP) com resolução horizontal $2.5^\circ \times 2.5^\circ$, com exceção das variáveis de divergência e vorticidade que foram calculadas através da biblioteca *Metpy*.

Foi feita a subdivisão das áreas em relação à posição média da ZCAS, sendo AB (ao norte), C (posição média), DE (ao sul), conforme ilustrado na **Figura 1**. A partir disso, seguiu-se a metodologia dos autores no artigo com o recorte dos dados para cada região de assinatura das variáveis. Em Nielsen et al. (2019) foi realizado o cálculo dos limiares

de classificação, importantes para o uso operacional do índice, de forma que seja possível facilitar as tomadas de decisão dos preditores ao permitir uma resposta binária (ocorre a ZCAS/não ocorre) quando os valores são maiores/menores que o limiar em questão. São definidos 3 limiares: h1, h2 e h3. Em suma, o h1 é o limiar mais sensível e menos específico, sendo considerado mais suscetível a falsos alarmes; o limiar h2 é considerado intermediário; e o limiar h3 é o mais específico.

A partir da série histórica diária de ocorrência de ZCAS, conforme classificação oficial pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do INPE, em seus relatórios e boletins técnicos, foram selecionados os eventos de 2017 a 2021 para avaliar a capacidade do índice em detectar o fenômeno. A **Tabela 1** contém as datas de início e do fim do evento de acordo com o relatório do CPTEC; a data correspondente ao intervalo de 15 dias do início do evento (I-15) para avaliar o horizonte de previsão do índice com os dados de entrada do GFS; o número de dias de duração do evento e a região predominante de atuação do evento em relação ao posicionamento médio da ZCAS (**Figura 1**).

Tabela 1: Histórico de eventos de ZCAS notificados pelo CPTEC no período de 2017 a 2021

I-15	Início	Fim	Duração	Região	I-15	Início	Fim	Duração	Região
08/10/2017	22/10/2017	24/10/2017	3	C, DE	02/02/2019	16/02/2019	19/02/2019	4	AB, C
18/10/2017	01/11/2017	02/11/2017	2	AB	13/02/2019	27/02/2019	03/03/2019	5	C, DE
28/10/2017	11/11/2017	15/11/2017	5	AB, C	09/03/2019	23/03/2019	26/03/2019	4	AB
05/11/2017	19/11/2017	24/11/2017	6	AB, C, DE	26/03/2019	09/04/2019	11/04/2019	3	AB, C
14/11/2017	28/11/2017	29/11/2017	2	AB, C	02/11/2019	16/11/2019	19/11/2019	4	AB, C
17/11/2017	01/12/2017	15/12/2017	15	AB, C	22/11/2019	06/12/2019	08/12/2019	3	AB, C
16/12/2017	30/12/2017	31/12/2017	2	C	20/12/2019	03/01/2020	06/01/2020	4	AB, C
21/12/2017	04/01/2018	11/01/2018	8	AB, C, DE	10/01/2020	24/01/2020	28/01/2020	5	AB, C
16/01/2018	30/01/2018	09/02/2018	11	AB, C, DE	29/01/2020	12/02/2020	14/02/2020	3	AB, C
08/02/2018	22/02/2018	27/02/2018	6	AB, C	13/02/2020	27/02/2020	09/03/2020	12	AB, C
22/02/2018	08/03/2018	14/03/2018	7	AB	18/10/2020	01/11/2020	02/11/2020	2	AB
21/03/2018	04/04/2018	07/04/2018	4	AB, C	06/11/2020	20/11/2020	22/11/2020	3	AB
14/10/2018	28/10/2018	30/10/2018	3	AB	24/11/2020	08/12/2020	12/12/2020	5	AB, C
25/10/2018	08/11/2018	11/11/2018	4	AB, C, DE	09/12/2020	23/12/2020	25/12/2020	3	AB, C
05/11/2018	19/11/2018	21/11/2018	3	AB, C, DE	23/01/2021	06/02/2021	09/02/2021	4	AB, C
18/11/2018	02/12/2018	09/12/2018	8	AB, C	04/02/2021	18/02/2021	22/02/2021	5	AB, C
13/12/2018	27/12/2018	29/12/2018	3	AB, C	21/02/2021	07/03/2021	12/03/2021	6	AB, C
24/01/2019	07/02/2019	08/02/2019	2	AB, C					

O período de investigação compreende os meses entre outubro e abril, quando a ZCAS costuma estar configurada na atmosfera. Nos últimos 5 períodos úmidos, entre 2017 e 2021, o CPTEC registrou em seus boletins 36 eventos de ZCAS, incluindo aqueles com apenas 2 dias de duração.

Para utilizar o índice como uma ferramenta objetiva para previsão de tempo, selecionamos 15 dias considerando o início do evento (I-15) segundo o CPTEC, na **Tabela 3**. Para estudo de caso, foi escolhido o evento do dia 07/03/2021 -12/03/2021. Primeiramente, foi realizado o download dos dados do modelo global GFS com resolução espacial de 0.25, a partir de 15 dias do início do evento de ZCAS, em 21/02/2021. Em ambos os casos, foram baixados dados de 00Z no Research Data Archive, com um *timestep* de 24h, até atingir 384h.

3) RESULTADOS

O índice de ZCAS conseguiu reproduzir todos os eventos que o CPTEC classificou como ZCAS (**Tabela 1**) nos últimos 5 anos, de 2017 a 2021 (**Figura 2**); Alguns picos marcados pelo índice não entraram no boletim técnico do CPTEC, embora configurem a dinâmica do evento. Isso sugere uma subjetividade em relação à classificação do fenômeno realizada pelo CPTEC, de forma que a aplicação

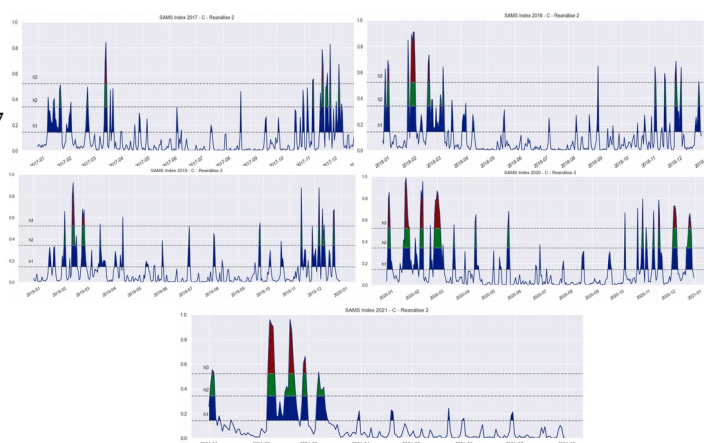


Figura 2: Índice de ZCAS para a região C nos anos de 2017, 2018, 2019, 2020 e 2021 (até agosto). Classificação da ocorrência dos eventos através do preenchimento em azul (limiar h1), verde (limiar h2) e vermelho (limiar h3). Gráficos com entrada da Reanálise 2

do índice como ferramenta objetiva de previsão pode ser aplicada pelos previsores para auxiliar na operação e tomada de decisões. A **Figura 3** ilustra o resultado do índice com a previsão do GFS desde o dia 21/02/2021, a 15 dias do início do evento, até o dia 12/03/2021, data final do evento em questão. O retângulo vermelho em destaque no eixo horizontal representa a janela de ocorrência da ZCAS conforme o registro no boletim técnico do CPTEC. Observa-se que, aos 15 dias do evento (21/02/2021), o índice não conseguiu prever o início do mesmo. A previsão do dia 22/02 começa a apontar um sinal para o período do evento escolhido. Apesar disso, a previsão do dia 23/02, a 13 dias do evento, não indicou nenhum sinal da ZCAS. Já nos dias seguintes, o sinal que representa o começo do evento pode ser visualizado normalmente. Logo, o índice com dados de previsão a 12 dias do evento, do dia 24/02 em diante, atingiu pelo menos o limiar h1 (menos específico) até o final do evento, em 12/03. Houveram oscilações em relação aos picos do índice, o que sugere uma incerteza em relação à intensidade do evento. Entretanto, a constância da base no limiar h1 representa um bom sinal para a utilização do índice de forma operacional.

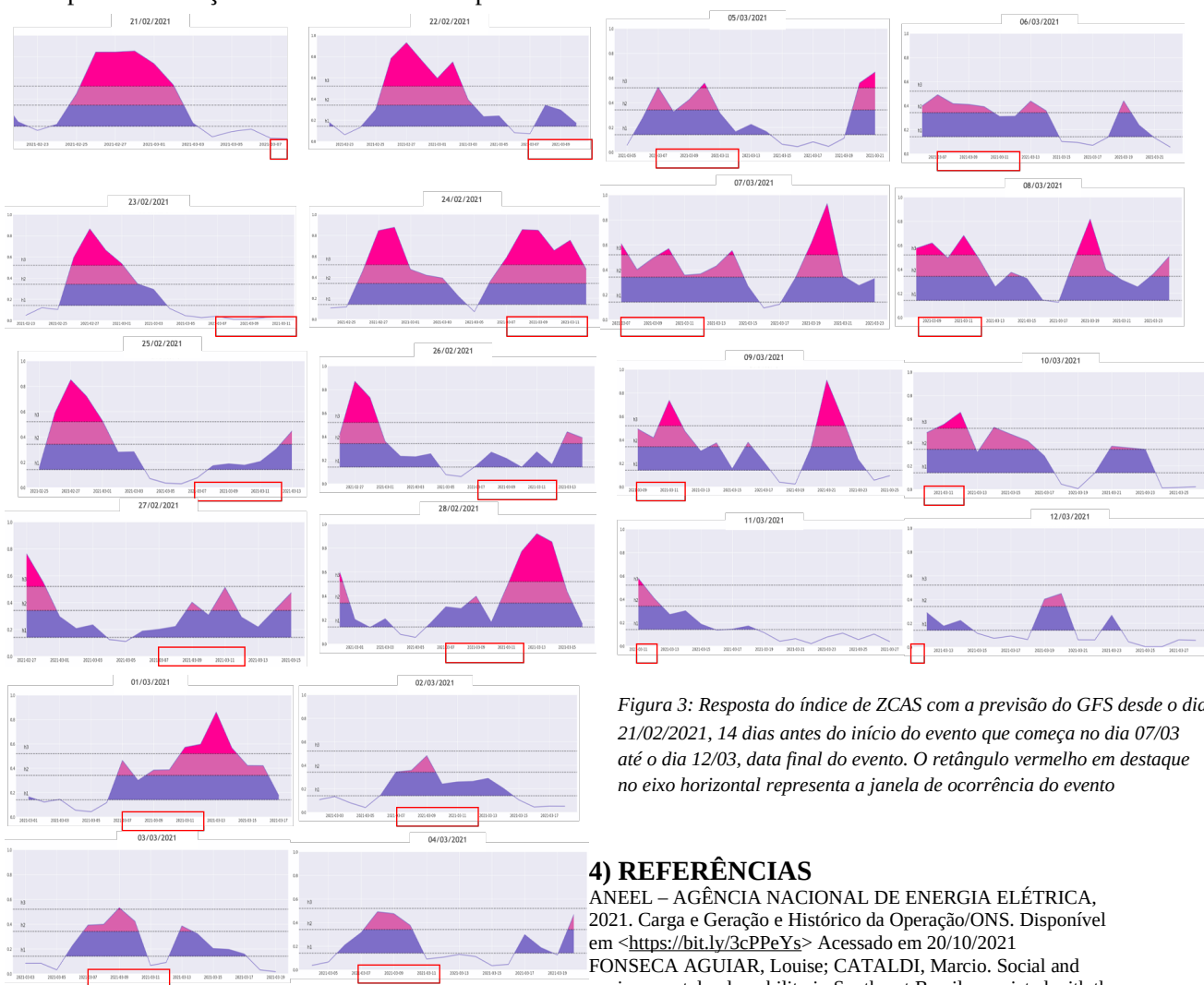


Figura 3: Resposta do índice de ZCAS com a previsão do GFS desde o dia 21/02/2021, 14 dias antes do início do evento que começa no dia 07/03 até o dia 12/03, data final do evento. O retângulo vermelho em destaque no eixo horizontal representa a janela de ocorrência do evento

4) REFERÊNCIAS

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2021. Carga e Geração e Histórico da Operação/ONS. Disponível em <<https://bit.ly/3cPPeYs>> Acessado em 20/10/2021

FONSECA AGUIAR, Louise; CATALDI, Marcio. Social and environmental vulnerability in Southeast Brazil associated with the South Atlantic Convergence Zone. **Natural Hazards**, p. 1-15, 2021.

KODAMA, Yasumasa. Large-scale common features of subtropical precipitation zones (the Baiu frontal zone, the SPCZ, and the SACZ) Part I: Characteristics of subtropical frontal zones. **Journal of the Meteorological Society of Japan. Ser. II**, v. 70, n. 4, p. 813-836, 1992.

NIELSEN, David Marcolino; CATALDI, Marcio; BELÉM, André Luiz. Dynamics-based regression models for the South Atlantic Convergence Zone. **Climate Dynamics**, v. 52, n. 9, p. 5527-5553, 2019.

PINHEIRO, Henri; ANDRADE, Kelen; MOURA, Carlos. A maior catástrofe climática do Brasil sob a visão operacional do CPTEC/INPE. Banco de Artigos Plutão, DPI/INPE, p. 1-8, 2011.

QUADRO, Mário Francisco Leal. **Estudo de episódios de Zonas de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre a América do Sul**. Dissertação de Mestrado em Meteorologia. INPE, 1994.