



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



Evolução Temporal das Variáveis Atmosféricas associadas a Casos de Frentes Frias Fortes em Cuiabá, MT, entre 1996 e 2015

Edson Luis Ismael do Carmo¹, Michelle Simões Reboita², Rodrigo Marques³

¹ Mestre em Geografia, Instituto de Geografia, História e Documentação, Universidade Federal de Mato Grosso, Av. Fernando Correa da Costa 2.367, bairro Boa Esperança, CEP 78.060 - 900, Cuiabá, Mato Grosso. (65) 99693-7733. edsomael@gmail.com ² Doutora em Meteorologia, Pesquisadora e Professora do Instituto de Recursos Naturais, Universidade Federal de Itajubá, reboita@unifei.edu.br ³ Doutor em Meteorologia e Professor do Departamento de Geografia, Instituto de Geografia, História e Documentação da Universidade Federal de Mato Grosso, Av. Fernando Correa da Costa 2.367, bairro Boa Esperança, CEP 78.060 - 900, Cuiabá, Mato Grosso. (65) 9 8113-3842. rodgmarques@gmail.com

Artigo recebido em 16/11/2022 e aceito em 18/12/2022

RESUMO

Este estudo apresenta a climatologia de frentes frias fortes que atuaram na cidade de Cuiabá (MT) no período de 1996 a 2015, bem como a evolução temporal de campos atmosféricos quando da ocorrência desses sistemas. As frentes frias, independentemente da intensidade, foram inicialmente identificadas nos boletins CLIMANÁLISE disponibilizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Com a utilização de uma metodologia específica foram selecionados os casos considerados fortes e, a partir dessa informação, elaboraram-se mapas com dados da reanálise ERA5 para compreensão do padrão espacial das variáveis atmosféricas. No período de 1996 a 2015 foram identificadas 8 frentes frias fortes; o inverno, que é a estação seca da região em estudo, também é o período com maior frequência dessas frentes. As frentes frias fortes atuantes em Cuiabá, em geral, se formam três dias antes na costa da Argentina e se deslocam na direção sudoeste-nordeste chegando à região de estudo. Essas frentes são responsáveis por queda na temperatura do ar, mas praticamente não geram precipitação.

Palavras-Chave: frentes frias; temperatura; precipitação; Mato Grosso.

Temporal Evolution of the Atmospheric Variables associated with Strong Cold Fronts in Cuiabá, MS, from 1996 to 2015

ABSTRACT

This study presents a climatology of strong cold fronts that acted in Cuiabá (MT) from 1996 to 2015 as well as a temporal evolution of atmospheric fields when these systems occurred. Cold fronts, regardless of intensity, were identified in the CLIMANÁLISE bulletins from the National Institute for Space Research. After that, a specific methodology was applied for the selection of cases considered strong and, based on this information, maps with data from the ERA5 reanalysis were built in order to provide a view of the spatial pattern of the atmospheric variables. From 1996 to 2015, 8 strong cold fronts occurred; winter, which is the driest season in the studied region, is also the season with the highest frequency of these fronts. Strong cold fronts acting in Cuiabá, in general, form three days earlier on the coast of Argentina and move in a southwest-northeast direction reaching Cuiabá. These fronts are responsible for dropping in air temperature, but have little influence on precipitation.

Keywords: cold fronts; temperature; precipitation; Mato Grosso.

Introdução

As frentes frias correspondem à interface entre duas massas de ar com características térmicas distintas (Ynoue et al., 2017; Escobar et al., 2019). Em geral, o ar frio, de origem polar, seco e denso, avança em direção ao ar quente. Nesse processo, se há umidade na massa de ar quente, ocorrerá o desenvolvimento de nuvens e precipitação.

No verão, na América do Sul, as frentes frias podem interagir com a convecção tropical e com a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) contribuindo para a estacionariedade da ZCAS (Quadro, 1996, 2012; Andrade, 2017; Silva et al., 2019). Já durante o inverno, a massa de ar frio, na retaguarda da frente fria, pode provocar geadas nas regiões do centro-sul da América do Sul (Marengo et al., 1997; Müller, 2010; Andrade, 2017) e friagem no sul da Amazônia (Camarinha-

Neto et al., 2021; Capucin et al., 2021; Carpenedo et al., 2022).

A região centro-oeste do Brasil possui precipitação pouco afetada pela ação das frentes frias (FFs) que conseguem atingir tal área; por outro lado, a temperatura e a umidade são mais influenciadas (Reboita et al., 2012; Ferreira e Reboita, 2022). Escobar et al. (2019) mostraram que algumas frentes frias contribuem para episódios de friagem na região centro-oeste do Brasil, e esses casos são propiciados por um anticiclone pós-frontal adentrando o continente e por um ciclone extratropical no oceano Atlântico Sul. Já Rosa (2017) verificou que no período de 1996 a 2015 ocorreram 8 frentes frias fortes (FFFs) sobre Cuiabá. As FFFs são sistemas que causam queda da temperatura mínima e máxima fazendo com que a temperatura média permaneça menor ou igual a 25°C em uma sequência de pelo menos 5 dias. Os estudos mencionados são os poucos existentes na literatura sobre o tema frentes na região centro-oeste do Brasil.

Diante do exposto, o presente estudo tem como objetivo contribuir para o melhor entendimento da atuação das FFFs em Cuiabá e complementar o estudo de Rosa (2017). Portanto, a partir dos casos classificados como FFFs por Rosa (2017), será analisada a evolução temporal das variáveis atmosféricas em Cuiabá associadas a esses sistemas bem como será estudada a evolução espaço-temporal das FFF que chegam a tal localidade. Esse estudo se justifica devido à falta de trabalhos sobre o tema na região centro-oeste do Brasil; a maioria se destina às regiões sul e sudeste do Brasil (Foss, 2016; Seluchi et al., 2017; Bonnet et al., 2018; Neves, 2019).

Material e métodos

Área de Estudo

A área de estudo corresponde à cidade de Cuiabá (56° 5' 49" O e 15° 35' 45" S), capital do Estado do Mato Grosso, conforme a Figura 1. Sua área territorial é de 3.292 km² e tem baixa altitude (~160 metros). De acordo com a classificação de Köppen, Cuiabá tem clima do tipo Aw que é caracterizado por estações bem definidas: uma seca (abril–outubro) e uma chuvosa (novembro–março) (Ribeiro et al., 2015).

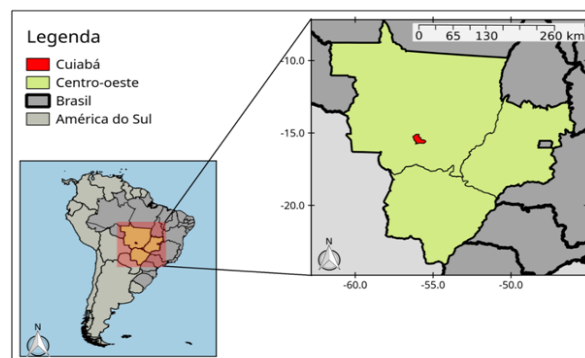


Figura 1 Localização geográfica da área de estudo, com destaque para o município de Cuiabá (quadro em vermelho), MT.

O acumulado anual de precipitação é de cerca de 1.350 mm, com predominância de temperaturas médias de 22 °C na estação seca e de 27 °C na estação chuvosa. Essas temperaturas podem declinar a até 10 °C quando da atuação de frentes frias (FFs) oriundas do sul do Brasil (Escobar et al., 2019).

Dados

Reanálise ERA5

Para a construção dos campos atmosféricos associados aos sistemas frontais são utilizados dados da reanálise ERA5 (Hersbach et al., 2020) que são disponibilizados pelo *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF). A ERA5 é considerada estado-da-arte em reanálise e combina dados de modelos com observações no globo, com resolução espacial de 0,25 graus de latitude por longitude e temporal de 1 hora, em 137 níveis verticais.

Merge/INPE-CPTEC

O Merge é um produto gerado e operado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (INPE – CPTEC), que tem por objetivo combinar a precipitação observada com estimativas de precipitação por satélites (Huffman et al., 2015 a,b,c). Os dados usados pelo CPTEC são provenientes do GPM-IMERG e são disponibilizados com resolução temporal de 30 minutos e resolução horizontal de 0,1°.

Dados de Estação Meteorológica

Do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) foram utilizadas as variáveis meteorológicas (precipitação acumulada, temperatura, direção e velocidade do vento) medidas na estação automática localizada na área de estudo cujas coordenadas geográficas são: 15,55°S, 56,06°W e altitude de 241,56 metros.

Frentes Frias*Identificação das FF's*

Os casos de FFs atuantes em Cuiabá foram obtidos dos registros na revista CLIMANÁLISE (que teve publicação mensal até o ano de 2015) e classificados em termos de intensidade conforme a

metodologia de Rosa (2017), que é descrita na Tabela 1. Nessa classificação, as FFFs são sistemas que causam queda da temperatura mínima e máxima fazendo com que a temperatura média diária permaneça menor ou igual a 25°C em uma sequência de pelo menos 5 dias.

Tabela 1 Critérios de Rosa (2017, p. 50) para a classificação da intensidade de FF's atuantes em Cuiabá (MT). As frentes frias fortes são denominadas de FFFs.

Intensidade	Temperatura mínima do período	Menor temperatura máxima do período	Número de dias consecutivos com temp média $\leq 25^{\circ}\text{C}$
Fraca	$> 15^{\circ}\text{C}$	$> 25^{\circ}\text{C}$	1 a 2 dias
Moderada	10°C a 15°C	15°C a 25°C	3 a 4 dias
Forte	$\leq 10^{\circ}\text{C}$	$\leq 15^{\circ}\text{C}$	≥ 5 dias

A Tabela 2 mostra as datas de ocorrência das FFs em Cuiabá no período de 1996 a 2014 e

destaca através de cores a intensidade das FFs. No período em análise há 8 FFFs, como indicado pela cor vermelha na Tabela 2.

Tabela 2 Data de ocorrência das FFs em Cuiabá (MT), no período de 1996 a 2015.

12/02/1996	25/09/2000	22/05/2005	12/09/2008	12/07/2012
05/03/1996	14/11/2000	25/05/2005	20/09/2008	16/07/2012
17/04/1996	05/12/2000	21/06/2005	05/10/2008	30/07/2012
10/05/1996	30/04/2001	05/07/2005	16/11/2008	25/08/2012
23/05/1996	04/05/2001	17/07/2005	03/01/2009	22/09/2012
01/06/1996	11/05/2001	23/07/2005	19/01/2009	26/09/2012
19/06/1996	16/05/2001	08/08/2005	14/05/2009	04/10/2012
27/06/1996	17/06/2001	01/09/2005	29/05/2009	11/10/2012
21/07/1996	25/06/2001	11/09/2005	11/06/2009	12/11/2012
27/08/1996	12/07/2001	16/09/2005	16/06/2009	17/03/2013
09/09/1996	26/07/2001	25/09/2005	24/06/2009	25/03/2013
25/09/1996	15/09/2001	05/10/2005	11/07/2009	13/04/2013
05/02/1997	21/05/2002	18/10/2005	23/07/2009	06/05/2013
25/03/1997	12/06/2002	31/10/2005	29/07/2009	17/05/2013
30/03/1997	19/06/2002	07/11/2005	02/08/2009	21/05/2013
05/04/1997	23/06/2002	25/11/2005	09/08/2009	20/06/2013
15/05/1997	05/07/2002	13/01/2006	20/08/2009	25/06/2013
22/05/1997	26/07/2002	25/02/2006	09/09/2009	01/07/2013
28/05/1997	01/08/2002	10/04/2006	23/09/2009	08/07/2013
06/06/1997	30/08/2002	16/04/2006	28/09/2009	22/07/2013
20/07/1997	23/09/2002	02/05/2006	13/12/2009	10/08/2013
04/08/1997	30/10/2002	20/05/2006	05/04/2010	13/08/2013
21/08/1997	21/02/2003	11/06/2006	23/04/2010	25/08/2013
02/10/1997	17/03/2003	27/06/2006	08/05/2010	03/09/2013
11/02/1998	21/03/2003	02/07/2006	18/05/2010	17/09/2013

18/04/1998	26/03/2003	29/07/2006	25/05/2010	23/09/2013
29/04/1998	05/04/2003	18/08/2006	31/05/2010	30/09/2013
04/05/1998	10/04/2003	21/08/2006	05/06/2010	17/10/2013
15/05/1998	03/05/2003	27/08/2006	28/06/2010	30/10/2013
12/06/1998	06/05/2003	03/09/2006	13/07/2010	03/11/2013
24/06/1998	24/05/2003	09/09/2006	02/08/2010	12/11/2013
09/07/1998	04/06/2003	09/11/2006	13/08/2010	23/03/2014
26/08/1998	08/06/2003	19/02/2007	03/09/2010	13/04/2014
06/09/1998	10/07/2003	18/03/2007	14/09/2010	22/04/2014
19/09/1998	17/07/2003	26/04/2007	02/10/2010	07/05/2014
28/09/1998	26/07/2003	08/05/2007	08/10/2010	16/05/2014
25/10/1998	07/08/2003	18/05/2007	18/10/2010	23/05/2014
30/10/1998	09/08/2003	23/05/2007	01/11/2010	01/06/2014
22/12/1998	16/08/2003	28/05/2007	10/11/2010	15/06/2014
16/04/1999	25/08/2003	02/06/2007	16/11/2010	19/06/2014
19/05/1999	09/09/2003	16/06/2007	13/12/2010	28/06/2014
30/05/1999	29/09/2003	24/06/2007	13/02/2011	07/07/2014
06/06/1999	06/10/2003	09/07/2007	25/02/2011	18/07/2014
10/06/1999	01/11/2003	15/07/2007	14/03/2011	24/07/2014
19/06/1999	19/11/2003	18/07/2007	19/03/2011	08/08/2014
04/07/1999	01/01/2004	25/07/2007	01/05/2011	13/08/2014
17/07/1999	20/02/2004	04/08/2007	16/05/2011	26/08/2014
08/08/1999	24/04/2004	07/08/2007	26/05/2011	21/09/2014
13/08/1999	04/05/2004	11/08/2007	10/06/2011	14/11/2014
10/09/1999	14/05/2004	18/08/2007	26/06/2011	22/12/2014
15/09/1999	18/05/2004	26/08/2007	01/07/2011	11/05/2015
03/10/1999	24/05/2004	24/09/2007	21/07/2011	16/05/2015
05/11/1999	01/06/2004	07/10/2007	02/08/2011	27/05/2015
09/11/1999	12/06/2004	12/10/2007	20/08/2011	31/05/2015
28/03/2000	17/07/2004	15/11/2007	09/09/2011	15/06/2015
18/04/2000	29/07/2004	03/04/2008	24/09/2011	18/06/2015
06/05/2000	07/08/2004	14/04/2008	16/10/2011	04/07/2015
17/05/2000	12/09/2004	30/04/2008	31/10/2011	15/07/2015
17/06/2000	29/04/2004	09/05/2008	22/11/2011	21/07/2015
03/07/2000	02/10/2004	12/05/2008	27/03/2012	12/09/2015
11/07/2000	06/11/2004	29/05/2008	21/04/2012	09/10/2015
16/07/2000	11/11/2004	10/06/2008	29/04/2012	
19/07/2000	01/02/2005	16/06/2008	12/05/2012	
23/07/2000	14/03/2005	21/06/2008	15/05/2012	
03/08/2000	23/03/2005	28/06/2008	24/05/2012	
11/08/2000	03/04/2005	03/08/2008	05/06/2012	
01/09/2000	25/04/2005	29/08/2008	22/06/2012	
15/09/2000	08/05/2005	05/09/2008	07/07/2012	

■ Fraca ■ Moderada ■ Forte

Variáveis atmosféricas

Com base nas datas das FFFs (Tabela 2), é apresentada a evolução temporal das variáveis atmosféricas: temperatura do ar a 2 metros, componente meridional do vento, intensidade do vento e pressão ao nível médio do mar medidas na estação meteorológica descrita na seção 2.2.3. A análise é realizada desde 72 horas antes da atuação da frente fria até 72 horas após a sua passagem.

Resultados e discussões

Climatologia das Frentes Frias

No período de 1996 a 2015 há um total de 333 FFFs, sendo: 237 casos fracos, 88 moderados e 08 fortes. Em termos de variabilidade mensal, as FFFs são mais frequentes entre maio e setembro, com maior frequência no mês de maio (Figura 2). Já as FFFs ocorrem preferencialmente no inverno,

que também é a estação seca na região de estudo (Figura 2).

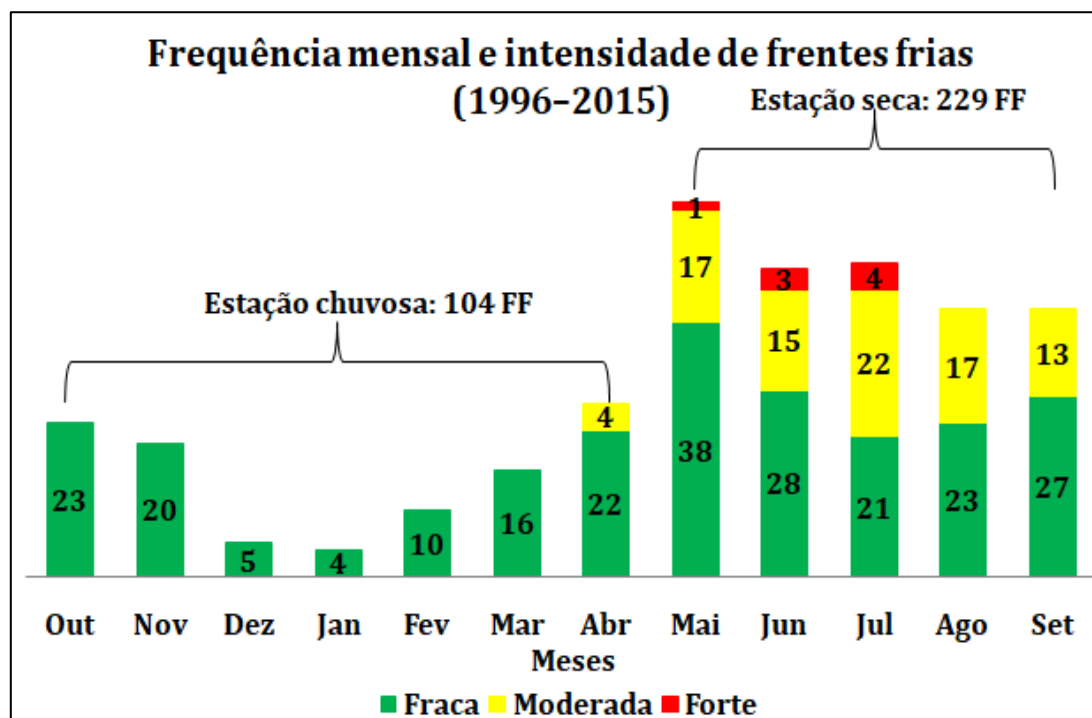


Figura 2 Ocorrência mensal das FFs em Cuiabá (1996–2015). Verde indica FFs com intensidade fraca, amarelo com intensidade moderada e vermelho indica FFFs.

Evolução temporal das variáveis atmosféricas

As Figuras 3 a 6 apresentam a evolução horária das variáveis atmosféricas, medidas na estação meteorológica, desde 72 horas antes até 72 horas após a atuação das FFFs. A temperatura

mostra um resfriamento acentuado em Cuiabá após a passagem das FFFs (Figura 3), que é decorrente da atuação da alta pós-frontal (massa de ar frio e seco). Somente no terceiro dia após a passagem das FFFs que a temperatura começa a aumentar (Figura 3).

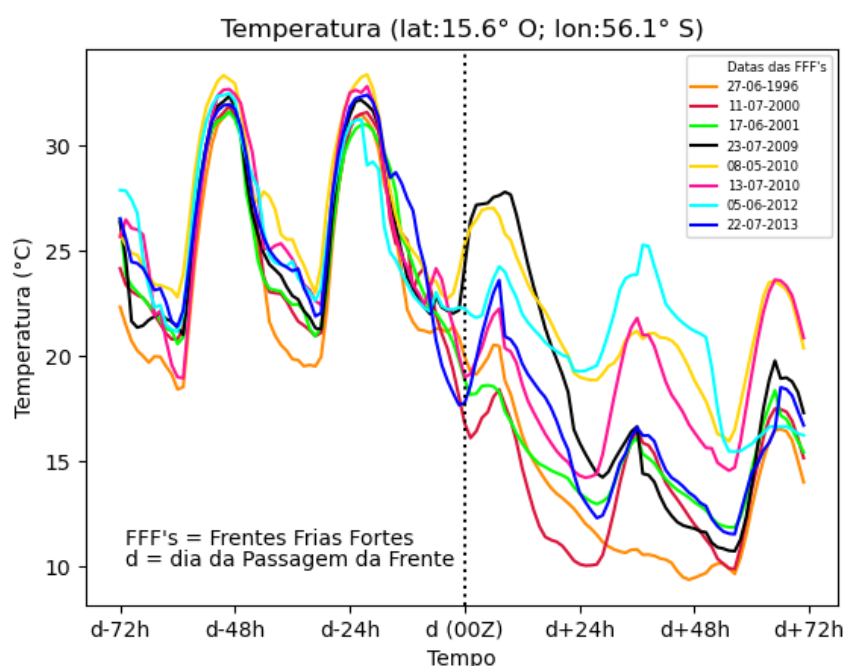


Figura 3 Evolução temporal da temperatura do ar a 2 metros (°C) durante os casos de FFFs.

Nos dias que antecedem a passagem das FFFs, os ventos são preferencialmente de quadrante norte, o que é indicado pelos valores negativos no eixo vertical da Figura 4. Ventos de quadrante norte podem transportar ar quente (advecção de ar quente) para a região, antes da passagem da frente. Quando isso ocorre, a temperatura, em geral, aumenta, caracterizando uma situação pré-frontal. Nesse estudo, não é

possível afirmar se está ocorrendo aquecimento nos dias pré-frontais, pois a Figura 3 está limitada a 72 h de antecedência da passagem frontal. Após a passagem das FFFs, o vento se torna de quadrante sul (valores positivos no eixo y da Figura 4), indicando o predomínio da massa de ar frio sobre a região. Com a invasão da massa de ar frio e, seu respectivo, deslocamento, os ventos adquirem maior intensidade em Cuiabá (Figura 5).

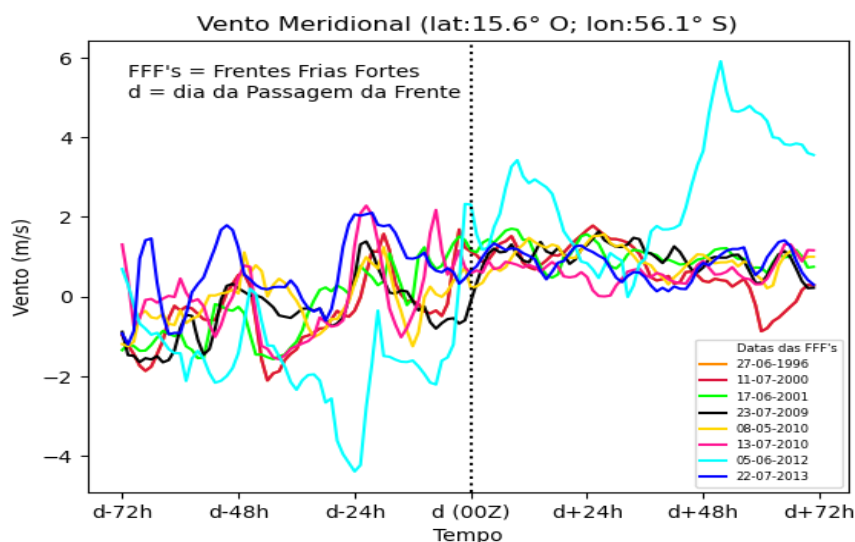


Figura 4 Evolução temporal da componente meridional do vento (m/s) durante os casos de FFFs. No eixo y valores positivos indicam ventos de sul e valores negativos, ventos de norte.

A evolução temporal da pressão atmosférica ao nível médio do mar (PNMM; Figura 6) mostra valores mais baixos nos dias que antecedem a passagem das FFFs, o que está relacionado com as temperaturas mais elevadas (Figura 3) e, possivelmente, com a advecção de ar quente pelos ventos de quadrante norte (Figura 4).

Em situação com predomínio de ar quente, a densidade do ar é menor, de forma que a pressão medida ao nível da estação também é menor. Uma vez que a massa de ar frio que acompanha a retaguarda da frente fria invade a região, como ela é mais densa do que a de ar quente, isso causa aumento da pressão atmosférica e caracteriza a atuação do anticiclone pós-frontal (Figura 6).

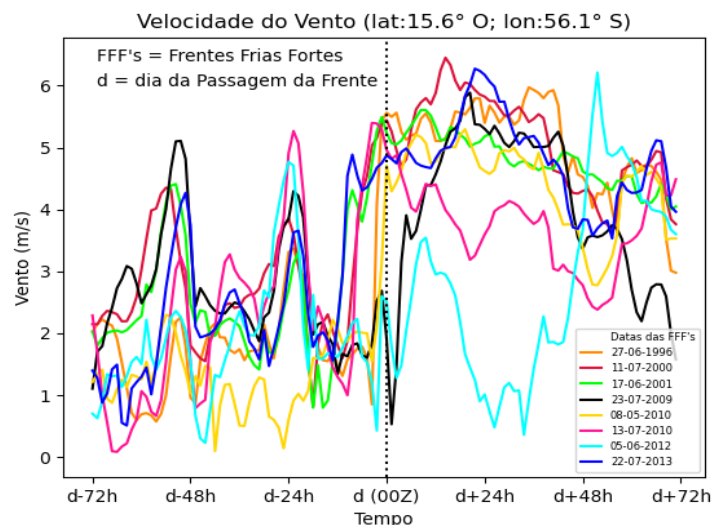


Figura 5 Evolução temporal da velocidade do vento (m/s) medido a 10 metros de altura durante os casos de FFFs.

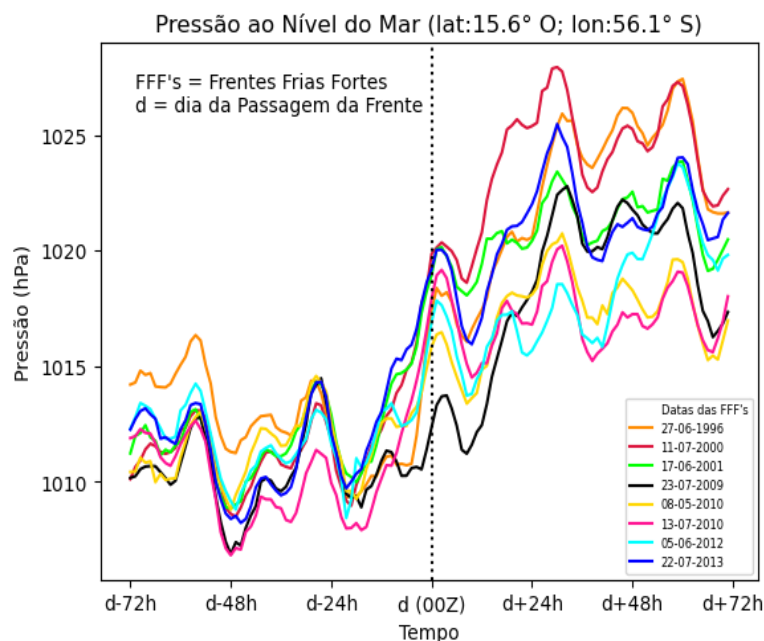


Figura 6 Evolução temporal da pressão ao nível médio do mar (hPa) durante os casos de FFFs.

Quanto à precipitação, o pluviômetro na estação meteorológica registrou a ocorrência de chuva somente nos casos das FFFs de 23/07/2009 e 05/06/2012, com acumulados de 16,4 e 17,4 mm,

respectivamente. Como se nota pela Figura 7, nem a passagem de frentes frias no inverno é suficiente para elevar a precipitação na região, já que o volume de precipitação é muito baixo.

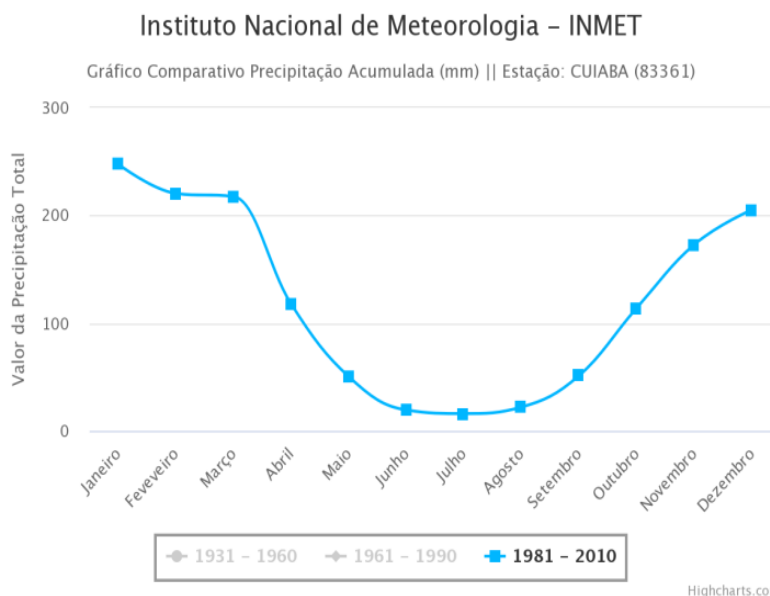


Figura 7 Climatologia de precipitação em Cuiabá (MT) no período de 1981 a 2010.

Padrão Espacial

Para conhecer a região fonte (de gênese) das FFFs atuantes em Cuiabá foram elaborados mapas como os exemplificados na Figura 8. Esses mapas foram elaborados com os dados da reanálise ERA5 e mostram as variáveis: pressão ao nível

médio do mar, espessura da camada 850/1000 hPa, que é um análogo à posição das isotermas, e ventos em 250 hPa com intensidade superior a 30 m/s, para caracterizar os jatos em altos níveis. As variáveis mencionadas são as básicas para a identificação dos sistemas de tempo, como frentes, ciclones e anticiclones (Capucin et al., 2019). Esses mapas permitem identificar o local de gênese das

FFs que vão chegar até Cuiabá sendo classificadas como FFFs.

A análise dos mapas dos oito eventos mostrou que a frontogênese (início do desenvolvimento da frente fria) ocorre, preferencialmente, na costa sudeste da Argentina, e, uma vez formada, a frente leva, aproximadamente, 3 dias para chegar em Cuiabá-MT.

A evolução do campo da pressão atmosférica é similar aos casos descritos, por exemplo, em Escobar et al. (2019). Há a presença

de um anticiclone (H) no oceano Pacífico na vizinhança da costa oeste da América do Sul, enquanto há uma região de gradiente de temperatura em superfície no sudeste da Argentina. Essa situação ajuda a desenvolver um ciclone e à medida que esse sistema se intensifica, a sua circulação ciclônica com a junção da circulação anticiclônica da alta no Pacífico canalizam ar frio para o continente, contribuindo para a intensificação e deslocamento da FF para menores latitudes.

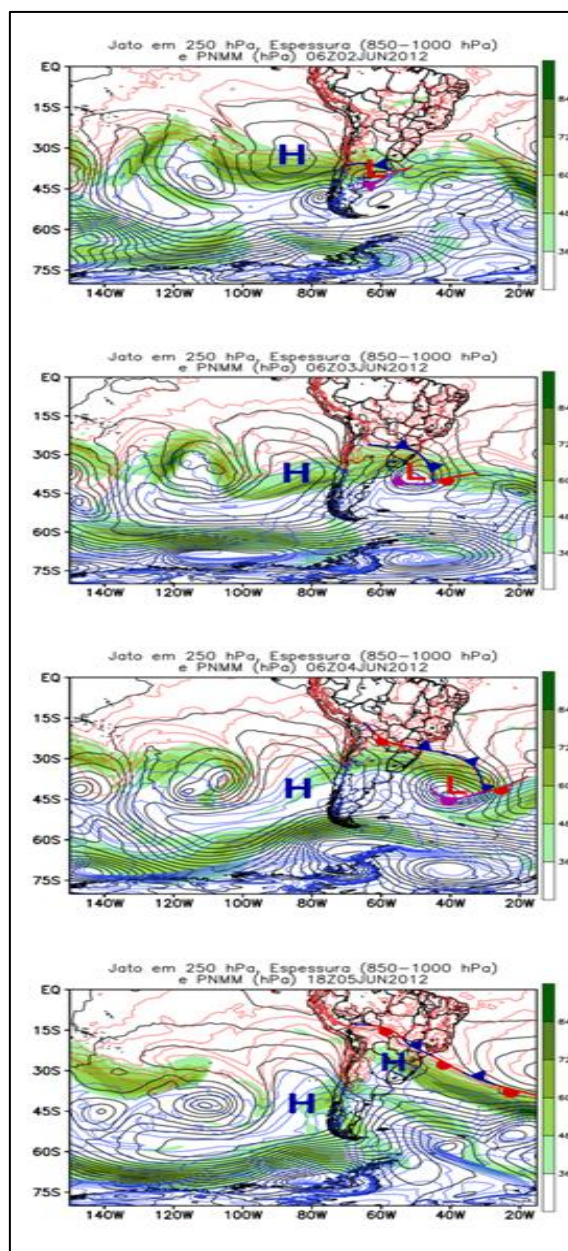


Figura 8 Evolução espacial da FFF entre 02 e 05 de junho de 2012. Os jatos em altos níveis em 250 hPa (m/s) estão representados pela cor verde, a espessura da camada (850-1000 hPa) é representada pelas linha vermelhas e azuis e a pressão ao nível médio do mar (hPa) pela linha contínua preta; H indica área de alta pressão e L indica área de baixa pressão; linha com triângulo azul indica a posição da FFF, linha com semi-círculos vermelhos a posição da frente quente, a linha com semi-círculos em roxo indica a localização da frente oclusa e a linha com semi-círculos e triângulos intercalados refere-se a posição de uma frente semi-estacionária.

Conclusões

Esse estudo analisou as características da atmosfera quando da ocorrência de FFFs em Cuiabá no período de 1996 a 2015. Os principais resultados obtidos foram:

- no período de estudo, apenas 8 FFFs atuaram em Cuiabá;
- após a passagem das FFFs pela região de estudo, o anticiclone pós-frontal adentra a região causando o declínio das temperaturas por cerca de três dias, aumentando a pressão atmosférica e mudando a direção dos ventos de quadrante norte para sul. São poucas as FFFs responsáveis por precipitação;
- as FFFs que chegam a Cuiabá se formam cerca de três dias antes, na costa sudeste da Argentina, e apresentam deslocamento de sudoeste-nordeste em direção à área de estudo.

Este trabalho apresenta informações que podem ajudar a previsão operacional de tempo em Cuiabá.

Agradecimentos

Os autores agradecem à CAPES, CNPq e FAPEMIG pelo apoio financeiro e ao *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF), ao INPE-CPTEC e ao INMET pelos dados usados no estudo.

Referências

- Andrade, K.M., 2017. O papel das teleconexões e de fatores regionais que influenciam a ocorrência de precipitação extrema associada a sistemas frontais sobre o Sudeste do Brasil. (sid.inpe.br/mtc-m21b/2017/10.30.11.59-TDI). Tese (Doutorado em Meteorologia). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP.
- Bonnet, S.M., Dereczynski, C.P., Nunes, A., 2018. Caracterização Sinótica e Climatológica de Eventos de Chuva Pós-Frontal no Rio de Janeiro. *Rev. bras. meteorol.*, São Paulo, 33(3), 547-557. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-7786333013>. Acesso em: 15 mar. 2021.
- Carpenedo, C.B., Campos, J.L.P.S., Ambrizzi, T., Braga, R. B., 2022. The high-frequency variability of Antarctic sea ice and polar cold air incursions over Amazonia. *International Journal of Climatology*, 42(6), 3397-3407. Disponível: <https://doi.org/10.1002/joc.7422>. Acesso em: 15 out. 2022.
- Capucin, B.C., Llopart, M., Reboita, M. S., Iwabe, C.M.N., 2019. Análise Sinótica de um Período Frio em Bauru-SP em julho de 2015. *Anuário*

- do Instituto de Geociências, 42(1), 53-65. Disponível: http://dx.doi.org/10.11137/2019_1_53_65. Acesso em: 15 mar. 2021.
- Capucin, B.C., Reboita, M.S., Lucyrio, V., Escobar, G.C.J., 2021. Onda de Frio Histórica no Brasil: um Estudo de Caso de Junho de 1985. *Anuário do Instituto de Geociências*, 45. https://doi.org/10.11137/1982-3908_45_40761. Acesso em: 15 mar. 2022.
- Camarinha-Neto, G.F., Cohen, J.C., Dias-Júnior, C.Q. et al., 2021. The friagem event in the central Amazon and its influence on micrometeorological variables and atmospheric chemistry. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 21(1), 339-356. Disponível: <https://doi.org/10.5194/acp-21-339-2021>. Acesso em: 15 set. 2021.
- Escobar, G.C.J., Vaz, J.C.M., Reboita, M.S., 2019. Circulação Atmosférica em Superfície Associada às Friagens no Centro-Oeste do Brasil. *Anuário do Instituto de Geociências*, 241-254. Disponível: http://dx.doi.org/10.11137/2019_1_241_254. Acesso em: 20 maio 2021.
- Escobar, G.C.J., Reboita, M.S., Souza, A., 2019. Climatology of surface baroclinic zones in the coast of Brazil. *Atmosfera*, 32(2), 129-141. Disponível: 10.20937/ATM.2019.32.02.04. Acesso em: 20 maio 2022.
- Ferreira, G.W., Reboita, M.S., 2022. A New Look into the South America Precipitation Regimes: Observation and Forecast. *Atmosphere*, 13(6), 873. Disponível: <https://doi.org/10.3390/atmos13060873>. Acesso em: 20 set 2022.
- Foss, M., 2016. Efeitos da orografia do sudeste da América do sul na estrutura dos sistemas frontais. IBI.8JMKD3MGP3W34P/3LURTK8. (sid.inpe.br/mtc-m21b/2016/06.29.18.28-TDI). Tese (Doutorado em Meteorologia). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, SP.
- Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., Hirahara, S., Horányi, A., Muñoz-Sabater, J., Nicolas, J., Peubey, C., Radu, R., Schepers, D., Simmons, A., Soci, C., Abdalla, S., Abellan, X., Balsamo, G., Bechtold, P., Biavati, G., Bidlot, J., Bonavita, M., De Chiara, G., Dahlgren, P., Dee, D., Diamantakis, M., Dragani, R., Flemming, J., Forbes, R., Fuentes, M., Geer, A., Haimberger, L., Healy, S., Hogan, R. J., Hólm, E., Janisková, M., Keeley, S., Laloyaux, P., Lopez, P., Lupu, C., Radnoti, G., De Rosnay, P., Rozum, I., Vamborg, F., Vilaume, S.E., Thépaut, J. N., 2020. The ERA5 global reanalysis. *Quarterly Journal of the Royal*

- Meteorological Society, 146(730), 1999-2049. Disponível: <https://doi.org/10.1002/qj.3803>. Acesso em: 10 mar. 2021.
- Huffman, G.J., Bolvin, D.T., Braithwaite, K., Hsu, R., Joyce, C., Kidd, E., Nelkin, J., Xie, P., 2015a. NASA Global Precipitation Measurement (GPM) Integrated Multi-satellite Retrievals for GPM (IMERG). Algorithm Theoretical Basis Doc., version 4.5. Disponível: http://pmm.nasa.gov/sites/default/files/document_files/IMERG_ATBD_V4.5.pdf. Acesso em: 10 jun. 2021.
- Huffman, G.J., Bolvin, D.T., Nelkin, E.J., 2015b. Integrated Multi-satellite Retrievals for GPM (IMERG) technical documentation. NASA Doc., 47 p. Disponível: http://pmm.nasa.gov/sites/default/files/document_files/IMERG_doc.pdf. Acesso em: 10 jun. 2021.
- Huffman, G.J., Bolvin, D.T., Nelkin, E.J., 2015c. Day 1 IMERG final run release notes. NASA Doc., 9 p. Disponível: http://pmm.nasa.gov/sites/default/files/document_files/IMERG_FinalRun_Day1_release_notes.pdf. Acesso em: 10 jun. 2021.
- Marango, J., Cornejo, A., Satyamurty, P., Nobre, C.A., Sea, W., 1997. Cold surges in tropical and extratropical South America: The strong event in June 1994. *Monthly Weather Review*, 125(11), 2759-2786. Disponível: [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(1997\)125<2759:CSITAE>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(1997)125<2759:CSITAE>2.0.CO;2). Acesso em: 10 maio 2021.
- Müller, G.V., 2010. Temperature Decrease in the Extratropics of South America in Response to a Tropical Forcing during the Austral Winter. *Annales Geophysicae*, 28 (1), 1-9. Disponível: <https://doi.org/10.5194/angeo-28-1-2010>. Acesso em: 10 jun. 2021.
- Neves, G.Z.F., 2019. A chuva no estado de Goiás e Distrito Federal: aspectos espaciais, temporais e dinâmicos. *Revista Brasileira de Climatologia*, edição especial, XIII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, 67-82. Disponível: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v0i0.66147>. Acesso em: 10 jun. 2021.
- Quadro, M.F.L., Machado, L.H.R., Calbete, S., Batista, N.N.M., Sampaio, G., 1996. *Climatologia de precipitação e temperatura. Climanálise Especial - Edição comemorativa de 10 anos*, MCT/INPE/CPTEC.
- Quadro, M.F.L., Silva Dias, M.A.F., Herdies, D.L., Gonçalves, L.G.G., 2012. Análise Climatológica da Precipitação e do Transporte de Umidade na Região da ZCAS Através da Nova Geração de Reanálises. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 27, 152-162. Disponível: <https://doi.org/10.1590/S0102-77862012000200004>. Acesso em: 10 maio 2021.
- Reboita, M.S., Krusche, N., Ambrizzi, T., da Rocha, R.P., 2012. Entendendo o Tempo e o Clima na América do Sul. *Revista Terra e Didática*, 8(1), 34-50. Disponível: <https://doi.org/10.20396/td.v8i1.8637425>. Acesso em: 15 abr. 2021.
- Ribeiro, K.F.A., Valin, J.R.M.O., Santos, F.M.M., Nogueira, M.C.J.A., Nogueira, J.S., Musis, C.R., 2015. Análise da temperatura interna e superficial em diferentes sombreamentos arbóreos. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, 10, 40-60. Disponível: <http://dx.doi.org/10.5380/revsbau.v10i2.63214>. Acesso em: 10 jun. 2021.
- Rosa, G.R. da., 2017. Análise temporal da atuação das Frentes Frias em Cuiabá-MT: 1996-2015. Dissertação (mestrado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT.
- Seluchi, M., Beu, C., Andrade, K.M., 2017. Características das Frentes Frias Causadoras de Chuvas Intensas no Leste de Santa Catarina. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 32 (1), 25-37, mar. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-778632120150095>. Acesso em: 12 maio 2021.
- Silva, J.P.R., Reboita, M.S., Escobar, G.C.J., 2019. Caracterização da Zona de Convergência do Atlântico Sul em campos atmosféricos recentes. *Revista Brasileira de Climatologia*, 25. Disponível em <https://doi.org/10.5380/abclima.v25i0.64101>. Acesso em: 28 agosto 2022.
- Ynoue, R., Reboita, M.S., Ambrizzi, T., Silva, G.A.M., 2017. *Meteorologia: noções básicas. Oficina de textos*: 2017. Disponível em: <https://www.ofitexto.com.br/livro/meteorologia-nocoes-basicas/>. Acesso em: 20 abr. 2021. ISBN: 978-85-7975-263-6.