

# Trajecória e participação dos complexos convectivos de mesoescala nas chuvas de outubro: estudo de caso

**Victor da Assunção Borsato**

Universidade Estadual do Paraná

**Nair Gloria Massoquim**

Universidade Estadual do Paraná

p. 682-696

## Como citar este artigo:

BORSATO, V. A.; MASSOQUIM, N. G. Trajetória e participação dos complexos convectivos de mesoescala nas chuvas de outubro: estudo de caso. **Geosp-Espaço e Tempo** (Online), v. 23, n. 3, p. 682-696, dez. 2019, ISSN 2179-0892.

Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/geosp/article/view/147975>.  
doi: <https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geosp.2019.147975>.



Este artigo está licenciado sob a Creative Commons Attribution 4.0 Licence

revista

**Geo**   
**USP**  
espaço e tempo

Volume 23 • nº 3 (2019)

ISSN 2179-0892

# Trajetória e participação dos complexos convectivos de mesoescala nas chuvas de outubro: estudo de caso<sup>1</sup>

---

## Resumo

A cidade de Campo Mourão-PR, nas proximidades do Trópico de Capricórnio, é influenciada pela alternância de massas de ar de baixa e de alta pressão atmosférica. Os contrastes na pressão e nos sistemas atmosféricos são mais evidentes na primavera, estação que compreende os meses de transição do inverno para o verão, como é o caso de outubro. Esse mês marca a volta de episódios de chuvas convectivas, características do verão, embora ainda prevaleça a atuação dos sistemas frontais. O mês de outubro também é marcado por episódios tempestuosos devido à alternância da participação das massas de ar de baixa e de alta pressão, das frontogêneses, das manifestações dos complexos convectivos de mesoescala (CCM) e das correntes de jatos de baixo nível (JBN). Nessa região, a pluviosidade interanual é irregular, mas, em outubro de 2017 registraram-se 396,6 mm em Campo Mourão. Para investigar a gênese desse elevado volume, estudou-se a participação das massas de ar, dos sistemas frontais, dos CCM e também das correntes de jatos de baixo nível. Verificou-se que as chuvas, consequência da atuação dos CCM, foram próximas a 30,0%, e as interações entre a umidade trazida pelo JBN, a evolução das ciclogêneses, a expansão e atuação da massa tropical continental dinamizam os temporais.

**Palavras-chave:** Chuvas frontais. Sistemas atmosféricos. Transição climática.

---

## Trajectory and the participation of the Mesoscale Convective Complexes in the rains of October 2017: case study

---

### Abstract

The city of Campo Mourão-PR is located close to the Tropic of Capricorn and is influenced by alternating low and high atmospheric pressure air masses.

---

<sup>1</sup> Publicação e apresentação deste trabalho: Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná. Edital n. 10/2013 – PRPPG/Unespar Verticalização da Pesquisa e da Pós-graduação.

The contrast in pressure and atmospheric systems are more evident in the spring, particularly in the transition months from winter to summer, such as in October. This month marks the return of convective rain episodes, characteristic of summer, although the actuation of frontal systems still prevails. The month is also marked by storm episodes, consequence of the low and high pressure air masses, the Frontogenesis, the manifestations of the Mesoscale Convective Complexes (MCC) and the Low-Level Jets (LLJ). For this region the interannual rainfall is irregular, however, in October 2017, it was registered 396.6 mm total precipitation in Campo Mourão. In order to investigate the genesis of such a high volume, we studied the participation of air masses, frontal systems, MCCs and also the participation of the Low-Level Jets. We found out that the rainfall as a consequence of the MCCs was close to 30,0% and the interactions between the humidity brought by the LLJ, the evolution of the cyclogenesis and the expansion and action of the continental tropical mass enriched the storms.

**Keywords:** Frontal rainfall. Atmospheric systems. Weather transition.

---

## Trayectoria y participación de los complejos convectivos de mesoescala en las lluvias de octubre: estudio de caso

---

### Resumen

La ciudad de Campo Mourão-PR, ubicada en las proximidades del Trópico de Capricornio, es influenciada por la alternancia de masas de aire de baja y de alta presión atmosférica. Los contrastes en la presión y en los sistemas atmosféricos son más evidentes en la primavera, que es la estación en que tiene lugar la transición del invierno al verano, como sucede en el mes de octubre. Este mes marca el regreso de episodios de lluvias convectivas, característicos del verano, aunque prevalezca todavía la actuación de los sistemas frontales. Octubre también está marcado por episodios tormentosos debido a la alternancia de la participación de las masas de aire de baja y alta presión, de las frontogénesis, de las manifestaciones de los complejos convectivos de mesoescala (CCM) y de las corrientes de chorro de bajo nivel (JBN). En esta región, la pluviosidad interanual es irregular, pero en octubre de 2017 se registraron 396,6 mm en Campo Mourão. Para investigar la génesis de este alto volumen, se estudió la participación de las masas de aires, de los sistemas frontales, de los CCM y también la participación de las corrientes

de Chorro de bajo nivel. Se constató que las lluvias, consecuencias de la actuación de las CCM, resultaron próximas al 30.0%, y las interacciones entre la humedad traída por el JBN, la evolución de las ciclogénesis, la expansión y la actuación de la masa tropical continental dinamizan las tormentas.

**Palabras clave:** Lluvia frontal. Sistemas atmosféricos. Transición climática.

---

## Introdução

A cidade de Campo Mourão está localizada na mesorregião centro-ocidental paranaense. Essa faixa latitudinal é marcada pelas transições climáticas, pedológicas, litológicas e florestais.

A climática encontra-se numa ampla zona de transição entre o clima tropical continental que caracteriza o Centro-Oeste brasileiro e o temperado, principalmente ao sul do Trópico de Capricórnio. Segundo o Iapar (1978), o tipo climático dessa região é o Cfa. Clima subtropical com temperatura média no mês mais frio inferior a 18,0 °C (mesotérmico) e com temperatura média no mês mais quente acima de 22,0 °C; com verões quentes, cuja tendência é a concentração das chuvas nessa estação. No entanto, sem estação seca definida e geadas pouco frequentes (Iapar, 1978). Considerando a climatologia dinâmica, a região é influenciada pela ação dos sistemas frontais e das massas de ares polares, tropicais e equatoriais (Borsato, 2006).

A pedologia e a litologia da região são constituídas por dois grupos de solo e dois tipos de rocha, sendo um solo argiloso, proveniente da intemperização das rochas vulcânicas básicas, da Formação Serra Geral, camada geológica denominada derrame do Trapp (Popp, 1996), e outro resultante do intemperismo do arenito da Formação Caiuá, mais arenoso.

O relevo, os solos e o clima contribuem com atividades agrícolas mecanizadas em amplas áreas planas e suavemente onduladas e com limitações em áreas mais dissecadas ao sudeste da região.

A região também se encontra na faixa de transição, ou em contato entre duas formações florestais, Floresta Estacional Semidecidual Montana e Floresta Ombrófila Mista Montana, com manchas de campos e cerrado (Roderjan et al., 2002; Liberali, 2003).

A região é destaque no cenário nacional devido a suas características naturais, que se refletem na produtividade agrícola. Nos elementos climáticos, encontram-se subsídios para a diversificação de culturas; aumento da área de produção agrícola do tipo exportação, como a da cultura da soja e ganhos de produtividade (Massoquim, 2010). Por isso, qualquer desvio no ritmo climático ou eventos extremos, os reflexos se manifestarão nos resultados das safras.

Embora não seja objetivo deste estudo abordar as atividades econômicas do setor agrícola, é importante destacar que a climatologia dos complexos convectivos de mesoescala (CCM) é o principal atributo da atividade econômica dessa região. Assim, os resultados da pesquisa são importantes para compreender a organização do espaço geográfico e econômico.

De acordo com a climatologia, a área de estudo é palco de diversos fenômenos meteorológicos, e a principal é a passagem de frentes frias, responsáveis pelas chuvas frontais. A frente fria é a zona de contato entre o ar tropical mais aquecido e ares polares mais frios. Também ocorrem no sul do Brasil os ciclogêneses,<sup>2</sup> condição atmosférica verificada quando o equilíbrio térmico é rompido entre o ar tropical da baixa térmica do Chaco, mais aquecido e o polar, mais frio.

As chuvas são bem distribuídas ao longo dos meses do ano, com uma sensível redução nos meses de inverno e poucos reflexos no balanço de água no solo, considerando que, nesses meses, a evapotranspiração é reduzida e também porque é o período de colheita da safra de inverno e da preparação dos solos para o plantio da safra de verão, período de pouca demanda de água.

Sabe-se que nessa região as chuvas são de tipo convectiva e frontal; as convectivas são típicas da estação do verão, embora mesmo então seja comum haver passagem de sistemas frontais e causar chuvas. No entanto, na estação mais fria, as chuvas são exclusivamente frontais. Também deve-se considerar que, na segunda metade da primavera e na primeira metade do outono, como as estações não são bem definidas, dadas a dinâmica e a alternância das massas de ares que atuam, os estados do tempo oscilam em poucos dias para os típicos do inverno e também para os de verão, dependendo do sistema atmosférico atuante.

Como as pesquisas que discutem os CCM na Climatologia Geográfica são incipientes, foi estabelecido como objetivo contabilizar a participação dos CCM na gênese das chuvas em outubro de 2017, por ter sido considerado atípico. No período de 1991 a 2017, outubro de 2017 foi o mês que recebeu mais chuvas, 396,6 mm, depois de um longo período seco.

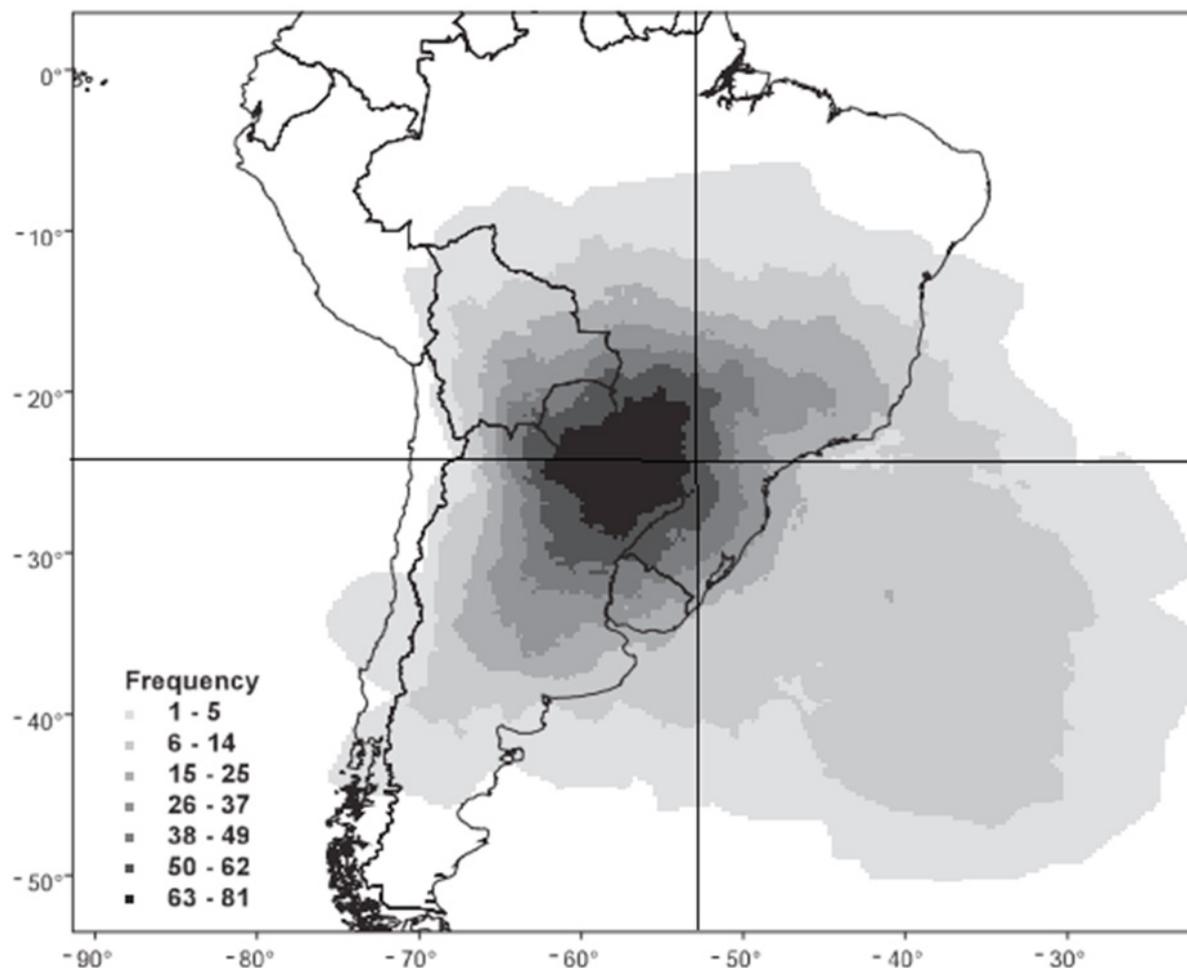
As bases teóricas em meteorologia indicam que os CCM podem ocasionar chuvas, acompanhadas de vendavais, queda de granizo e descargas atmosféricas (Figueiredo; Scola, 1996; Abdoulaev et al., 1998; Maddox, 1980; Starostin; Abdoulaev; Nunes, 2000; Salio; Nicolini; Saulo, 2002). No entanto, esta pesquisa se apoia também na meteorologia, principalmente na contribuição dos jatos de baixo nível, o qual transporta umidade da Amazônia para a região genética dos CCM.

Na América do Sul, os CCM se manifestam na área entre as latitudes de 20°S e 40°S, compreendendo boa parte do continente (Paraguai, Uruguai, região central da Argentina e sul do Brasil). Segundo Durkee, Mote e Shepherd (2009), na região de Campo Mourão, os CCM atuam na frequência de 60 a 62 episódios no período de outubro a maio (Figura 1). Os resultados apontam o alto número de participação dos CCM nas chuvas, especialmente nos episódios extremos.

---

2 Ciclogênese – Mecanismo de criação de uma zona depressionária em que o ar roda no sentido ciclônico. A ciclogênese diz-se explosiva quando a queda de pressão no centro é muito rápida (pelo menos 1 hPa por hora durante 24h a uma latitude de 60°N) (IPMA, [s.d.]).

**Figura 1 – Frequência de CCM no centro-sul do continente sul-americano de outubro a maio – o município de Campo Mourão encontra-se no cruzamento das linhas vertical e horizontal**



fonte: Durkee, Mote e Shepherd (2009). Adaptado pelos autores.

## Material e métodos

Para compor a pesquisa, utilizaram-se os dados dos elementos do tempo em outubro de 2017 fornecidos pela estação automática do Sistema Meteorológico do Paraná (Simepar), instalada no município de Campo Mourão.

O sistema atmosférico e os CCM foram identificados nas imagens de satélite Goes-10, no Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) e nas cartas sinóticas da Diretoria de Hidrografia e Navegação do Centro de Hidrografia da Marinha, Serviço Meteorológico Marinho, cartas sinóticas das 12h (Marinha do Brasil, 2017).

Os sistemas atmosféricos foram quantificados a partir da leitura e interpretação das cartas sinóticas da Marinha do Brasil, proposta de Pédelaborde (1970) e nas técnicas desenvolvidas por Borsato (2006). As imagens de satélite no canal Goes-10 Realce dão suporte à identificação do(s) sistema(s) atuante(s), assim como dos CCM. Essa tipologia de aglomerados de nuvens

apresenta grande desenvolvimento vertical, as imagens no canal *realce-10* destacam os topos das nuvens mais frias, como no caso dos CCM.

As correntes de jato de baixo nível (Marengo; Soares, 2002) foram identificadas por meio do Source ([s.d.]).

Em planilhas do Excel, foram atribuídos o número 24 aos dias em que um único sistema atmosférico atuou na região e o número 12 quando se observou que a região estava na confluência entre dois sistemas atmosféricos. Esses valores numéricos expressam as horas do dia. Também se fizeram leituras da pressão atmosférica nas cartas sinóticas para acompanhar a trajetória e a evolução dos sistemas atmosféricos.

As planilhas foram utilizadas para contabilizar as participações dos sistemas atmosféricos e classificar a gênese das chuvas. Frontais nos dias em que os sistemas frontais atuaram na região e convectivas nos dias em que atuaram a mTc ou a mEc. Essas também foram utilizadas para quantificar a participação dos CCM nos estados do tempo, nas chuvas e na participação das correntes de jato de baixo nível.

Como os CCM são alimentados principalmente pela umidade devida ao jato de baixo nível, fez-se a leitura dos mapas do National Weather Service ([s.d.]) em 850 nPa no canal umidade.

Para identificar CCM, selecionaram-se imagens Goes-10 das 4h TMG, considerando que, na região de origem (Paraguai, Uruguai, região central da Argentina e sul do Brasil), os CCM se desenvolvem no final da madrugada. Ao longo do dia, eles se ampliam e avançam para o leste ou o nordeste e, por fim, se dissipam.

Para a análise das cartas sinóticas diárias também se consideraram os demais sistemas que atuam nos climas do Brasil, ou seja: sistema frontal (SF), massa tropical continental (mTc), massa tropical atlântica (mTa), massa polar atlântica (mPa), massa equatorial continental (mEc) e massa equatorial atlântica (Ferreira, 1989; Vianello, 2000; Varejão-Silva, 2000; Biscaro, 2007).

## Resultados e discussão

As cartas sinóticas de superfície e as imagens de satélite retratam e mostram as condições e os estados do tempo para uma região em um dado momento. Os elementos do tempo, convencionados nas cartas ou interpretados nas imagens, dão subsídios para se identificar o sistema atmosférico que está atuando na região. As sucessões das cartas e das imagens de satélite mostram a evolução dos sistemas para uma dada região. Por meio da leitura das cartas e das imagens de satélite, foi possível interpretar os estados do tempo a partir das características dos sistemas atmosféricos e dos estágios em que eles habitualmente se apresentam em cada trecho analisado. Considerando-se que o Brasil não figura como centro de ação de nenhuma massa de ar. Todas aquelas que atuam no Brasil têm sua gênese além do território brasileiro e, ao avançar, impõem suas características e assimilam outras das áreas percorridas. Por isso, são massas de ares modificadas.

O principal elemento do tempo representado nas cartas são as isóbaras. Além dos campos barométricos, alta ou baixa pressão, os demais elementos são representados em determinados pontos das cartas. Por meio das isóbaras, tem-se a direção e velocidade aproximada dos ventos, principalmente dos ventos geostróficos. Assim, foi possível identificar também as massas de ares e outros atributos dos estados do tempo, como o avanço dos sistemas frontais e a evolução dos CCM.

Os CCM são aglomerados de nuvens convectivas que apresentam área com contínua precipitação. Podem evoluir em linhas de instabilidade ou apresentam formato circular ou irregulares. Esse conjunto de nuvens denominado cumulonimbus apresenta grande desenvolvimento vertical e evolui num intervalo de tempo geralmente entre 6 e 12 horas (Durkee; Mote; Shepherd, 2009), além das precipitações intensas, que podem causar fortes rajadas de vento (Silva Dias, 1996).

Para Silva Dias (1996), os CCM iniciam seu desenvolvimento no leste dos Andes na latitude do entorno de 25° sul e sobre os vales dos rios Paraná e Paraguai e 70% deles deslocam para leste e sudeste, atingindo o Rio Grande do Sul, Santa Catarina e o Paraná. Quanto ao rumo de deslocamentos, 30% rumam para o nordeste e o norte, atingindo o Sudeste do Brasil.

Segundo Velasco e Fritsch (1987) e Vila (2004), associada aos CCM há a presença dos jatos de baixo nível em 850 hPa, que transporta umidade da Amazônia para a região de origem dos CCM.

Este fluxo a leste dos Andes tem sido chamado de jato de baixos níveis (JBN). Os JBN podem ser definidos como sistemas de ventos com altas velocidades (acima de 10 m/s) localizadas entre um ou dois quilômetros acima da superfície, possuindo uma extensão horizontal de aproximadamente 500 km, dimensão esta, comum de escalas subsinóticas e de mesoescala. É considerado um intenso escoamento de norte/noroeste, que ocorre a leste da Cordilheira dos Andes, o qual se estende desde a região amazônica até e a bacia do rio Prata. Esta região abriga parte do território da Argentina, Brasil, Bolívia, Paraguai e Uruguai, sendo responsável por 70% do Produto Interno Bruto (PIB) destes países em conjunto (Marengo; Soares, 2002 apud Santos; Campos; Lima, 2008).

Observou-se que os CCM evoluem tanto na linha frontal como sob a atuação da mTc, cujo centro de origem dessa massa de ar é a região do Grande Chaco.<sup>3</sup>

Considerando a participação dos sistemas atmosféricos, a massa de ar com mais tempo de participação foi a mTc, 33,9% do tempo cronológico. Essa massa de ar caracteriza-se na região de Campo Mourão como quente, habitualmente a temperatura máxima diária extrapola o Desvio Padrão Médio. Os ventos são moderados e raramente superam 10 m/s; geralmente, sopram do quadrante noroeste. Na estação quente, a nebulosidade é variável, e são mais comuns as nuvens do tipo cúmulos. A umidade relativa é baixa, sobretudo no nível de superfície, embora a umidade esteja condicionada à corrente de jato de baixo nível. Essa corrente atua em aproximadamente 2.000 m de altitude (Marengo; Soares, 2002), arrasta o ar umedecido da Amazônia para o sul do Brasil, o nordeste da Argentina e o Paraguai.

Considerando o tempo cronológico de atuação na região, o segundo sistema foi a mPa, com 32,8% no mês. Observou-se também que o eixo mais intenso desse sistema avançou pelo

3 A região do Grande Chaco se estende de 16°55' de latitude sul a 33°52' sul. Portanto, partes encontram-se na região tropical e partes na temperada. Longitudinalmente, estende-se de 57°52' a 67°50' oeste. Ocupa aproximadamente 1.141,000 km<sup>2</sup>, sendo a segunda região de planície arborizada mais extensa da América do Sul depois da Amazônia. Essa região está assim distribuída entre os quatro países integrantes: 59% na Argentina, 23% no Paraguai, 13% na Bolívia e 5% no Brasil (Maldonado, 2006).

litoral e crista estende-se para o interior, principalmente no sul do Brasil. Essa condição propicia estado do tempo com baixa nebulosidade e elástica amplitude térmica diária. Com o escoamento do centro de alta pressão para o interior do Atlântico, a mTc se amplia a partir do centro de origem (região do Grande Chaco), depois de dois a quatro dias, a mTc passa a atuar na região de Campo Mourão, exceto no período em que a alta subtropical do Atlântico está mais próxima da costa do Atlântico, gerando sistema de bloqueio atmosférico, condição mais frequente em agosto.

Em outubro de 2017, a mTa atuou em apenas 8,1% do tempo cronológico. Na região de Campo Mourão, os estados do tempo que essa massa de ar proporciona são, de modo geral, baixa nebulosidade e temperaturas elevadas, considerando que o centro de origem está sobre o Atlântico e que as correntes de ar adentram o território brasileiro pelo norte da região Sudeste e o sul do Nordeste, avançam no sentido de nordeste a sudoeste até a altura do Trópico de Capricórnio, para, a partir dessa latitude, dirigir-se ao sudeste e voltar ao Atlântico desde os estados do Sul. Por isso, os ventos sopram de nordeste na região de Campo Mourão. A baixa nebulosidade proporciona dias ensolarados e grande amplitude térmica diária.

Para finalizar a participação das massas de ares no mês, contabilizou-se a atuação da mEc, a qual é a mais úmida e de baixa pressão atmosférica, por isso as principais consequências da atuação nessa região são os episódios de chuvas convectivas. Em outubro, a participação dessa massa de ar foi baixíssima, atuando habitualmente mais nos meses de janeiro e fevereiro. Ainda em outubro, ela apenas bordejou a região, por isso a atuação foi de apenas 1,6%.

Além das quatro massas de ares, a região também se contabilizou as passagens dos sistemas frontais, responsáveis pelos principais episódios de chuva na região, os quais atuaram em 24,2% do tempo cronológico e em oito episódios, sendo que, em quatro deles, o eixo principal avançou pelo Atlântico, e nos demais, o SF estacionou e os sistemas de baixa pressão que se estabeleceram na região do Chaco evoluíram para ciclogêneses.

Na análise das cartas sinóticas e nas imagens de satélite (Goes-13), identificaram-se os CCM, os quais foram acompanhados nas sequências de imagens até se dissipar. Eles atuam preferencialmente numa região, ou seja, nascem e se desenvolvem entre as latitudes de 20° S a 40° S, compreendendo boa parte do continente sul-americano (Paraguai, Uruguai, região central da Argentina e sul do Brasil) (Durkee; Mote; Shepherd, 2009). Essa região é dominada por três massas de ares e também pelo sistema frontal. Por isso, investigou-se o sistema atmosférico gêneses dos CCM: a totalidade dos dias em que eles apareceram nas imagens de satélites e a contribuição na altura pluviométrica registrada em Campo Mourão.

O mês de outubro destacou-se pela alta pluviosidade registrada na estação climatológica do Simepar de Campo Mourão. A Universidade Estadual do Paraná (Unespar), monitora o tempo desde 1991, por meio de convênios com o Instituto Nacional Meteorologia (Inmet). Nessa série, esse outubro foi o mais chuvoso, 396,6 mm. Considerando a altura registrada na estação do Simepar no período do inverno, que foi de apenas 104,0 mm.

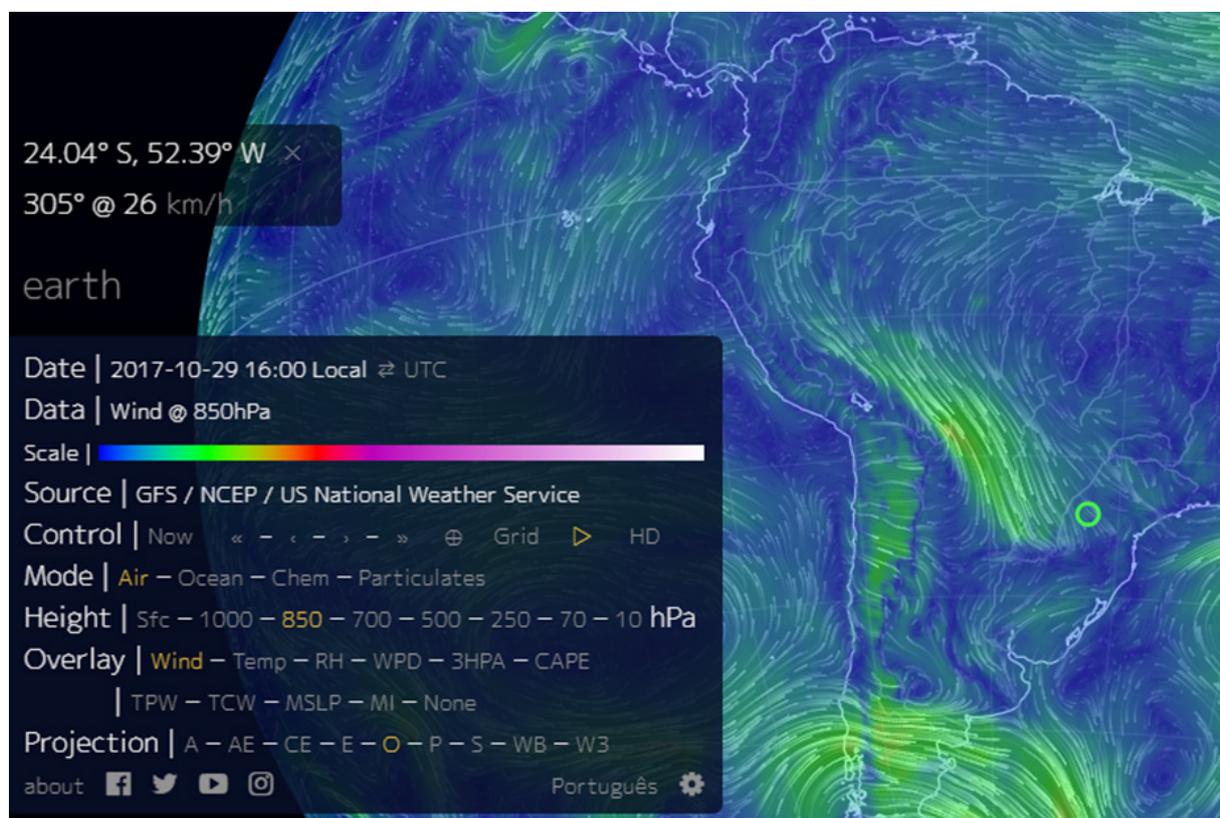
Os sistemas frontais contribuíram com 64,4% das chuvas registradas no mês, e 35,6% foram classificadas como convectivas. Por outro lado, 86,7% do total registrado ocorreram nos dias em que os CCM atuaram na região. Sendo 51,1% nos dias em que os CCM evoluíram sobre os SF, e 35,6% durante as atuações da mTc.

Os CCM manifestaram-se em duas condições sinóticas e se desenvolvem no *front* do sistema frontal. Como a região de origem também é uma área frontogenética, raramente ocorre a configuração “frente quente”, ou o período em que um trecho da linha frontal recua em consequência de os ventos dos sistemas tropicais se sobreporem ao polar. Por isso, afirma-se que os CCM evoluem sobre as frentes frias.

Verificou-se também que os CCM se manifestam durante a atuação da mTc nessa região, mas também se observou que, nos quatro dias em que os CCM evoluíram sobre a mTc, as correntes de jato de baixo nível atuavam na região habitual. A Figura 2, recorte da imagem GFS/NCEP/US National Weather Service, mostra que, no dia 29, a corrente de jato foi intensificada. Nessa data, registraram-se 80,6 mm de chuva em Campo Mourão. A imagem de satélite desse dia (29/10/2017, 16h [TMG]) mostra os CCM sobre o sul do Brasil (Figura 3), e por fim, a carta sinótica mostra que havia uma frente fria sobre o Atlântico na latitude do Paraná e outra avançando sobre o Estuário Platino (Figura 4). No interior do Sul do Brasil, prevalecia a baixa pressão, características da mTc.

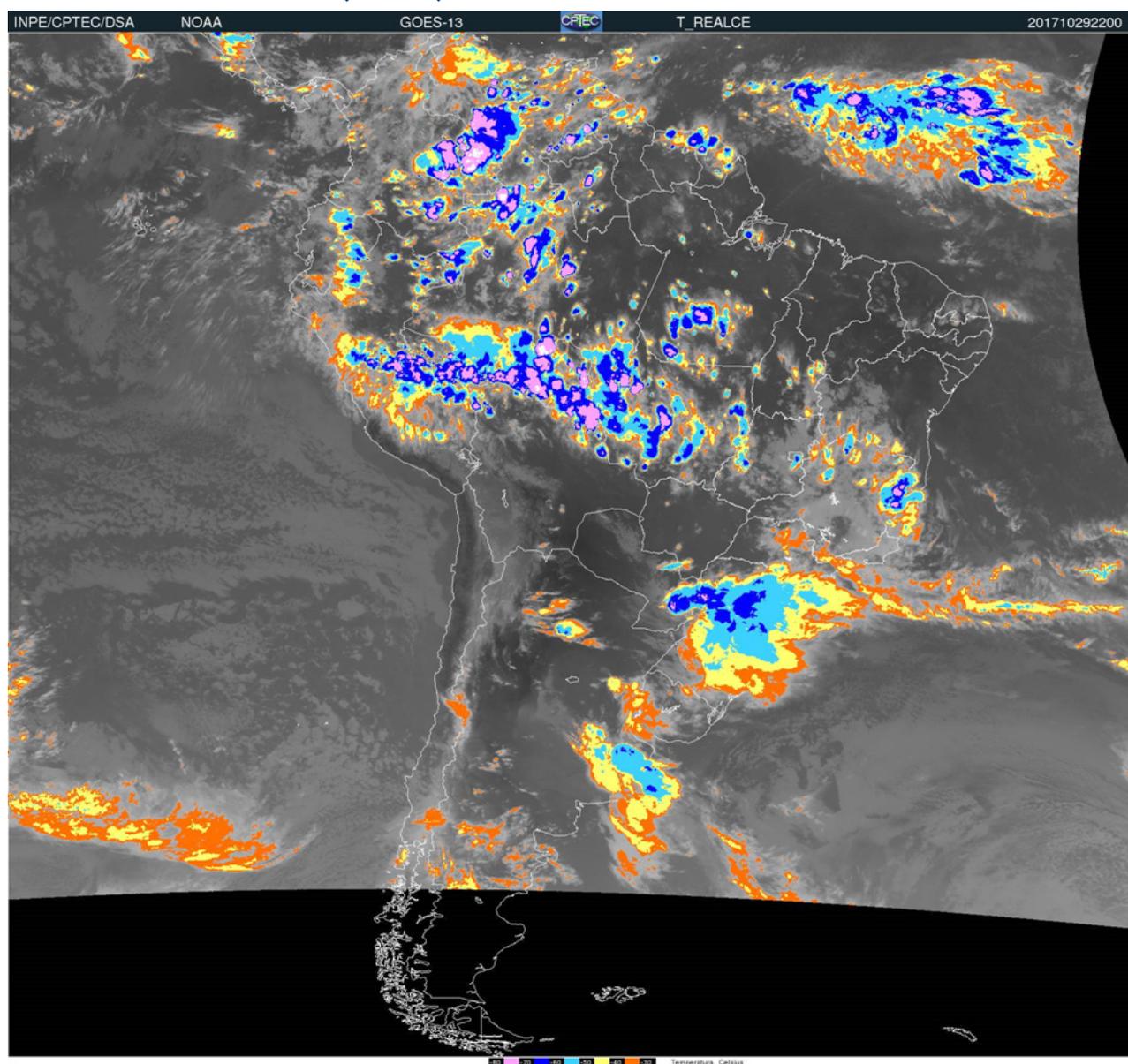
As correntes de baixo nível que a meteorologia denomina jato de baixo nível caracterizam-se como circulação de mesoescala, que atuam mais frequentemente nos meses de verão, surgindo como uma esteira de umidade que se estende da bacia Amazônica até o sul do Brasil e Planícies Argentinas (Marengo; Soares, 2002; Marengo et al., 2004).

**Figura 2 – Recorte da imagem NOAA com as correntes de ar em 850 hPa em 29/10/2017, às 16h (hora local). A região de Campo Mourão foi assinalada com círculo. A imagem mostra que o jato de baixo nível está intensificado**



fonte: US National Weather Service ([s.d.]). Adaptada pelos autores.

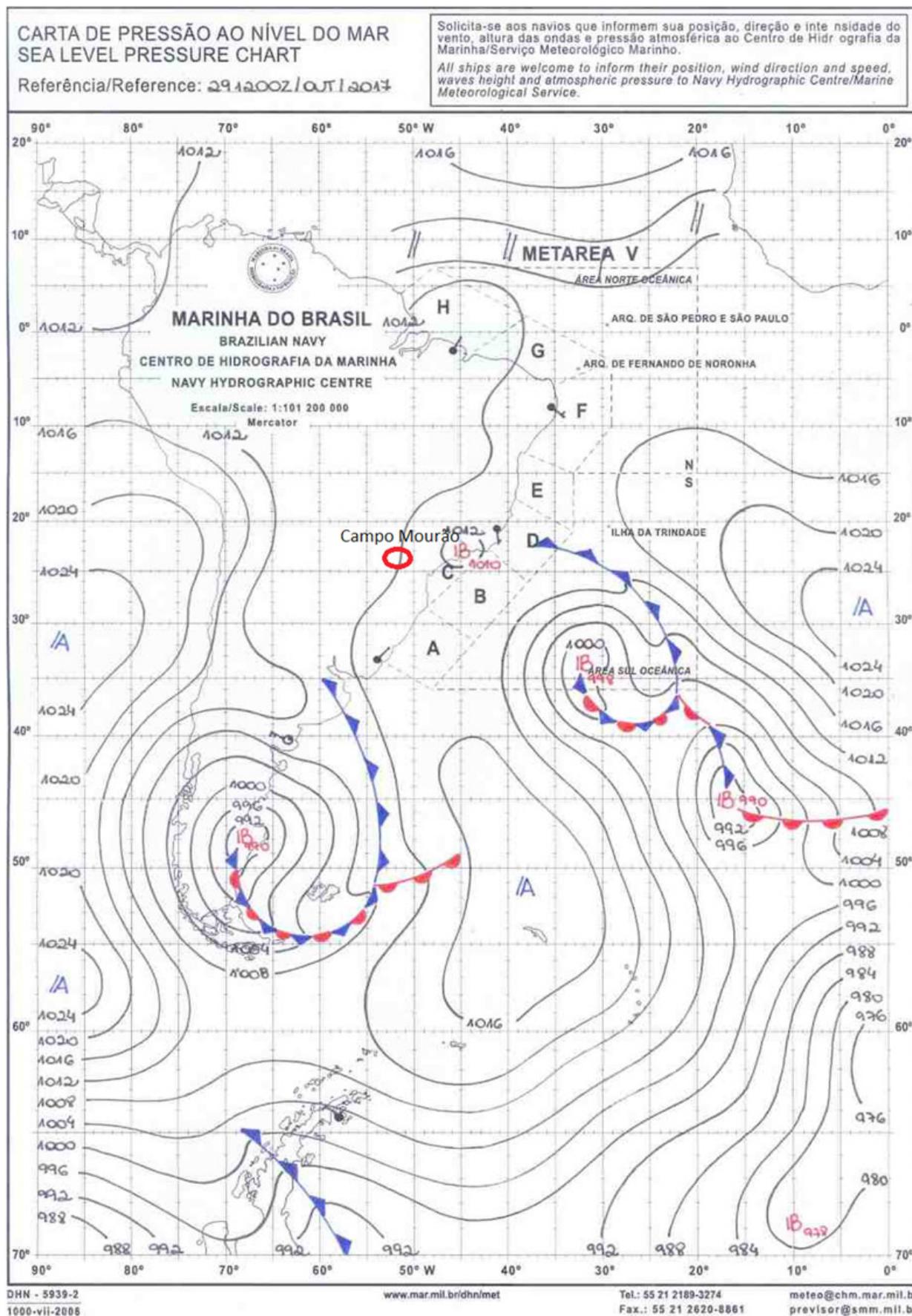
**Figura 3 – Imagem do canal infravermelho do satélite Goes-13. A imagem mostra o topo das nuvens com temperatura muito baixa e associadas a um complexo convectivo de mesoescala sobre Paraná e Santa Catarina no dia 29/10/2017 as 22h (TMG)**



fonte: CPTE ([s.d.]). Adaptada pelos autores.

Para complementar, fez-se um breve levantamento das “tempestades no estado do Paraná” postadas na *Gazeta do Povo* (Derevecki; Martins, 2017), jornal de destaque no estado. No mês de outubro, registraram-se cinco dias com tempestades generalizadas. Em todos os eventos, foram noticiados danos a edificações, principalmente residências e instalações industriais ou agropecuárias. As tempestades ocorreram nos dias 1, 10, 19, 26 e 29, mas apenas no dia 1 as imagens de satélites não mostram os CCM sobre a região. Nos demais, detectou-se que elas estavam associadas à grande célula que caracteriza os CCM. Essa constatação reforça o alerta dos meteorologistas de que os CCM desencadeiam episódios de chuva com vento, raios e granizo.

**Figura 4 – Carta sinótica da Marinha do Brasil do dia 29/10/2017, 12h (TMG). No interior do Sul do Brasil, domina baixa pressão atmosférica**



fonte: Marinha do Brasil ([s.d.]). Adaptada pelos autores.

## Considerações finais

Outubro é o primeiro mês da estação da primavera, marcada pela transição estacional entre o inverno e o verão. Por isso, é comum o avanço dos sistemas frontais e também da massa polar, mais intensa no início da estação. É também nesse período que a corrente de baixo nível volta a se intensificar.

Constatou-se que os CCM tiveram participação bastante ativa e, como sugeriu a bibliografia, eles se ampliam e avançam para leste e atuam também na região noroeste do estado do Paraná, considerando que 86,7% das chuvas registradas na estação climatológica de Campo Mourão ocorreram sob a atuação dos CCM. Desse volume, 51,1% foram em dias em que os CCM evoluíram junto aos sistemas frontais e 35,6% em dias em que a mTc atuava na região. Esses dados mostram que os CCM concorreram para o alto volume de chuva. Por outro lado, a atuação da corrente de baixo nível foi fundamental. O ar mais úmido transportado por essa corrente foi o principal fator na evolução dos CCM e também nos principais episódios tempestuosos.

Verificou-se ainda que, apesar de a mTc ser uma massa de ar quente e de pouca umidade, quando abastecida pela corrente de jato de baixo nível, ela potencializa o desencadeamento dos CCM, especialmente na latitude em que há um amplo gradiente latitudinal de temperatura – faixa de 20 a 40° de latitude sul.

## Referências

- ABDOULAEV, S.; STAROSTIN, A.; LENSKAIA, O.; GOMES, R. G. Sistemas de mesoescala de precipitações no Rio Grande do Sul – Parte I: Classificação dos sistemas de mesoescala de precipitações. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 13, n. 2, p. 57-74, 1998.
- ARAUJO, M. M.; CHAMI, L.; LONGHI, S. J.; AVILA, A. L.; BRENA, D. A. Análise de agrupamento em remanescente de floresta ombrófila mista. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 1, p. 1-18, 2010. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1980-50982010000100001&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1980-50982010000100001&script=sci_abstract&tlng=pt). Acesso em: 21 nov. 2017.
- BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. **El Niño e La Niña: impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul – aplicações e previsões climáticas na agricultura**. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 2003.
- BISCARO, G. A. **Meteorologia agrícola básica**. Cassilândia, MS: Unigraf, 2007.
- BORSATO, V. A. **A participação dos sistemas atmosféricos atuantes na bacia do Alto Rio Paraná no período de 1980 a 2003**. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) – Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.
- BORSATO, V. A.; HEIRA, M. D. Onda de calor em outubro de 2014 e os sistemas atmosféricos. **Revista Equador**, Teresina: UFPI, v. 4, n. 3, p. 1036-1042, 2015. Edição Especial n. 2 SBGFA. Disponível em: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>. Acesso em: 23 fev. 2016.

- BORSATO, V. A.; MENDONÇA, F. A. Participação da massa polar atlântica na dinâmica dos sistemas atmosféricos no Centro Sul do Brasil. **Mercator**, Fortaleza, v. 14, n. 1, p. 113-130, jan./abr. 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/mercator/v14n1/1984-2201-mercator-14-01-0113.pdf>. Acesso em: 2 mar. 2016.
- BORSATO, V. A.; MENDONÇA, F. A. Time participation of the continental tropical mass in the west part of Brazil's south center. **Acta Scientiarum Technology**, Maringá, v. 36, n. 3, p. 479-486, 2014. Disponível em: <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/index/search/search>. Acesso em: 2 mar. 2016. doi: <https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v36i3.19672>.
- CASTELLA, P.R.; BRITTEZ, R. M. **A floresta com araucária no Paraná**. Brasília: MMA/Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 2004.
- CPTE. INPE DAS. Disponível em: [http://satelite.cptec.inpe.br/repositoriogoes/goes13/goes13\\_web/ams\\_realcada\\_alta/2017/10/S11232958\\_201710292200.jpg](http://satelite.cptec.inpe.br/repositoriogoes/goes13/goes13_web/ams_realcada_alta/2017/10/S11232958_201710292200.jpg). Acesso em: 2 mar. 2016.
- DEREVECKI, R.; MARTINS, F. Tempestades atingem o Paraná e provocam danos e queda de luz Curitiba. **Gazeta do Povo**, Curitiba, 1 out. 2017. Disponível em: <https://www.gazetadopovo.com.br/curitiba/tempestades-atingem-o-parana-e-provocam-danos-e-queda-de-luz-5ik22oroxdsjwqp4wa5xrv79l/>. Acesso em: 5 jan. 2018.
- DURKEE, J.; MOTE, T.; SHEPHERD, J.; The contribution of mesoscale convective complexes to rainfall across subtropical South America. **Journal of Climate**, v. 22, n. 17, p. 4590-4605, 2009.
- FERREIRA, C. C. **Ciclogêneses e ciclones extratropicais na Região Sul-Sudeste do Brasil e suas influências no tempo**. São José dos Campos: INPE, 1989.
- FIGUEIREDO, J. C.; SCOLAR, J. **Estudo da trajetória dos sistemas convectivos de mesoescala na América do Sul**. In: CONGRESSO ARGENTINO DE METEOROLOGIA, 7.; CONGRESSO LATINO-AMERICANO E IBÉRICO DE METEOROLOGIA, 3., 1996, Buenos Aires. **Preprints...** Buenos Aires, 1996. p. 165-166.
- GLANTZ, M. H. **Currents of Change: Impacts of El Niño and La Niña on climate and society**. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.
- GRIMM A. M.; GUETTER, A. K.; CARAMORI, P.H. El Niño no Paraná: o que pode esperar em cada região – uma análise científica. **Informativo**, Curitiba, n. 1, 1997.
- HUECK, K. **As florestas da América do Sul**. São Paulo: Polígono, 1972.
- IAPAR. INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Cartas climáticas básicas do estado do Paraná**. Londrina: Iapar, 1978.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 1992.
- IPMA. INSTITUTO PORTUGUÊS DO MAR E DA ATMOSFERA. **Glossário meteorológico**. Disponível em: [https://www.ipma.pt/pt/educativa/glossario/meteorologico/index.jsp?page=glossario\\_cd.xml&print=true](https://www.ipma.pt/pt/educativa/glossario/meteorologico/index.jsp?page=glossario_cd.xml&print=true). Acesso em: 2 mar. 2016.

- LIBERALI, L. **Estudo fitossociológico da vegetação do cerrado de Campo Mourão**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2003. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/277825369\\_Distribuicao\\_e\\_re\\_cuperacao\\_da\\_vegetacao\\_do\\_cerrado\\_e\\_remanescentes\\_na\\_cidade\\_de\\_Campo\\_Mourao\\_Parana\\_Brasil\\_-\\_doi\\_104025bolgeogr29i110384](https://www.researchgate.net/publication/277825369_Distribuicao_e_re_cuperacao_da_vegetacao_do_cerrado_e_remanescentes_na_cidade_de_Campo_Mourao_Parana_Brasil_-_doi_104025bolgeogr29i110384). Acesso em: 21 nov. 2017.
- MADDOX, R. A. An objective technique for separating macroscale and mesoscale features in Meteorological data. **Monthly Weather Review**, n. 108, p. 1108-1121, 1980.
- MALDONADO, P. **Atlas del Gran Chaco americano**. Ilustr. Martin Naumann. 2a ed. Buenos Aires: Agencia Alemana de Cooperación Técnica, 2006.
- MARENGO, J. A. Interdecadal variability and trends of rainfall across the Amazon basin. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 78, n. 1-3, p. 79-96, 2004. doi: 10.1007/s00704-004-0045-8.
- MARENGO, J. A.; SOARES, W. R. Episódios de jatos de baixos níveis ao leste dos Andes durante 13-19 de abril de 1999. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 17, n. 1, p. 35-52, 2002.
- MARENGO, J. A.; SOARES, W.; SAULO, C.; NICOLINI, M. Climatology of the LLJ east of the Andes as derived from the NCEP reanalyses. **Journal of Climate**, v. 17, p. 2261-2280, 2004.
- MARINHA DO BRASIL. Centro de Hidrografia. **Cartas sinóticas** da Marinha. Disponível em: [https://www.marinha.mil.br/chm/dados-do-smm-cartas-sinoticas/cartas-sinoticas?field\\_data\\_value%5Bvalue%5D%5Bday%5D=29&field\\_data\\_value%5Bvalue%5D%5Bmonth%5D=10&field\\_data\\_value%5Bvalue%5D%5Byear%5D=2017&field\\_horario\\_value=12HMG](https://www.marinha.mil.br/chm/dados-do-smm-cartas-sinoticas/cartas-sinoticas?field_data_value%5Bvalue%5D%5Bday%5D=29&field_data_value%5Bvalue%5D%5Bmonth%5D=10&field_data_value%5Bvalue%5D%5Byear%5D=2017&field_horario_value=12HMG). Acesso em: 2 mar. 2016.
- MASSOQUIM, N. G. **Clima e paisagem na mesorregião centro-ocidental paranaense**. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.
- MATTOS, L. F. **Frontogênese na América do Sul e precursores de friagem no estado de São Paulo**. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2003.
- NATIONAL WEATHER SERVICE. GFS. NCEP. US National Weather Service. Disponível em: <https://www.google.com.br/webhp?sourceid=chrome-instant&ion=1&espv=2&ie=UTF-8#q=US+National+Weather+Service>. Acesso em: 2 mar. 2016.
- PÉDELABORDE, P. **Introduction à l'étude scientifique du climat**. Paris: Sedes, 1970.
- PHILANDER, S. G. **El Niño, La Nina, and the Southern Oscillation**. New York: Academic Press, 1990.
- POPP, J. H. **Geologia Geral**. 5a ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

- RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; HATSCHBACH, G. As unidades fitogeográficas do estado do Paraná. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 24, n. 1, p. 75-95, jan./jun. 2002.
- SALIO, P. V.; NICOLINI, M.; SAULO, A. C. Chaco low-level jet events characterization during the austral summer season. **Journal of Geophysical Research – Atmospheres**, v. 107, n. 24, 4816, 2002. doi:10.1029/2001JD001315.
- SANTOS, J. G. M.; CAMPOS, C. R. J.; LIMA, K. C. Análise de jatos de baixos níveis associados a um sistema convectivo de mesoescala na América do Sul: um estudo de caso. **Revista Brasileira de Geofísica**, Rio de Janeiro: SBG, v. 26, n. 4, p. 451-468, 2008.
- SILVA DIAS, M. A. F. Complexos convectivos de mesoescala sobre a região Sul do Brasil. **Climanálise**, São José dos Campos: Inpe, v. 1, p. 173-179, 1996. Edição Especial.
- SOURCE. GFS. NCEP.US National Weather Service. Disponível em: <https://earth.nullschool.net>. Acesso em: 2 mar. 2016.
- STAROSTIN, A.; ABDOULAEV, S.; NUNES, A. B. Evolução das tempestades em sistemas convectivos de mesoescala não lineares. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 11., 16-20 out. 2000, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2000, p. 1990-1995. Disponível em: <http://www.cbmet.org.br/cbm-files/12-1a0411d4710b36ed599340f19b5ec9e4.pdf>. Acesso em: 2 mar. 2016.
- US NATIONAL WEATHER SERVICE. GFS. NCEP. Disponível em: <https://earth.nullschool.net/#current/wind/isobaric/850hPa/orthographic>. Acesso em: 2 mar. 2016.
- VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e climatologia**. Brasília, DF: INM, 2000.
- VELASCO, I.; FRITSCH, J. M. Mesoscale convective complexes in the Americas. **Journal of Geophysical Research**, v. 92, n. D8, p. 9591- 9613, 1997.
- VIANELLO, R. L. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2000.
- VILA, D. A. **Sistemas convectivos precipitantes de mesoescala sobre Sudamérica: ciclos de vida e circulación en gran escala asociada**. Tesis (Doctorado) – Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, 2004.