

A ESPACIALIZAÇÃO TEMPORAL DA MASSA TROPICAL CONTINENTAL NO CENTRO-SUL DO BRASIL

*Victor da Assunção BORSATO¹
Francisco de Assis MENDONÇA²*

Resumo

O presente artigo apresenta os resultados da pesquisa em climatologia dinâmica, cujo enfoque foi para a participação dos sistemas atmosféricos no Centro-Sul do Brasil, com destaque para a massa Tropical continental. O principal objetivo foi quantificar a espacialização da participação da massa Tropical continental no estado do tempo, para a série 2003/2010. Os sistemas foram identificados por meio da análise das cartas sinóticas e das imagens de satélite para Campo Mourão PR, Cáceres MT, Brasília DF e Caparaó MG. Observou-se que a massa Tropical continental proporciona ao estado do tempo elevadas temperaturas e baixa umidade e, conseqüentemente, pluviosidade. Durante a estação mais quente, com a expansão da massa Equatorial continental, ela atua mais ao sul. No inverno, com o envelhecimento da massa Polar atlântica, a mTc atua mais intensamente a partir do estado do Mato Grosso. Na medida em que a massa Polar se afasta ou envelhece, a mTc se expande a partir do interior do continente, seu centro de origem, e domina o estado do tempo a partir do oeste. Nas estações de transição, como o outono e a primavera, a participação é variável: há anos em que é próxima da verificada no inverno, e em outros, próxima à do verão.

Palavras-chave: Climatologia Geográfica. Estado do tempo. Massas de ar.

Abstract

Time spatialization of the continental tropical mass in brazil's south center

This paper shows the results of a research in dynamics climatology, that focused on the participation of atmospheric systems in Brazil's South Center, especially the continental Tropical mass. The main objective was to quantify the spatialization of the continental Tropical mass participation in the state of weather, for the series 2003/2010. The systems were identified through analysis of synoptic maps and satellite images for Campo Mourão PR, Cáceres MT, Brasília DF and Caparaó MG. The results showed that the continental Tropical mass gives the weather high temperatures and low humidity and, consequently, rainfalls. During the warmer season, with the expansion of the continental Equatorial mass, it acts more in south. In the winter, with the aging of the Atlantic Polar mass, cTm acts more intensely from the state of Mato Grosso. As the Polar mass moves away or ages, the cTm expands from the inland, its center of origin, and dominates the weather from the west. In the transition seasons, like autumn and spring, participation is variable: in some years, it is close to the ones verified in winter, and in others, close to the ones verified in summer.

Key words: Geographical Climatology. State of weather. Air masses.

¹ Professor Adjunto do Departamento de Geografia da FECILCAM. Disciplina de Climatologia Prática e Climatologia Básica – Associado da ABClima – E-mail: victorb@fecilcam.br

² Doutor em Geografia, Professor Titular do Departamento de Geografia e Coordenador do Curso de Doutorado Interdisciplinar em Meio Ambiente e Desenvolvimento da UFPR – associado da ABClima – E-mail: chico@ufpr.br

INTRODUÇÃO

O Centro-Sul do Brasil é a região geoeconômica mais dinâmica do País e, para estudar o clima em seu conjunto, com fundamento na Climatologia Dinâmica, se faz necessário abordá-lo na escala sinótica, escala de movimento que compreende fenômenos cuja dimensão horizontal é de 1000 km ou mais e cuja escala temporal varia entre dias e semanas, a exemplo os anticiclones móveis e depressões frontais.

Para o estudo que compreende a escala citada, o objetivo foi caracterizar o padrão climático da região Centro-Sul do Brasil ao norte do trópico de Capricórnio por meio da dinâmica dos sistemas atmosféricos, estabelecer a área e período de atuação da massa Tropical continental e verificar os estados do tempo para a região estudada.

Como parâmetro teórico-metodológico utilizou-se de estudos que já abordaram a dinâmica atmosférica do Centro-Sul do Brasil, e que começou a ser estudada a partir de Schröder (1956), Serra (1971a, 1971b e 1972), Monteiro (1971), Titarelli (1972), Tarifa (1972), Conti (1975), Zavattini (1982, 1983, 1990 e 2009), Sant'Anna Neto (1995) Sette (2000), Borsato (2006), além de outros. A grande maioria desses autores abordou, em seus estudos, um Estado da Federação, uma sub-região e, na maioria, até pelas dificuldades de se abordar uma série ampla, estudaram episódios ou intervalos de tempo relativamente curtos, não sendo possível, por isso, de se fazer uma caracterização pormenorizada da dinâmica das massas de ar nessa grande região.

Nesse sentido, a dinâmica atmosférica no Centro-Sul do Brasil foi estudada a partir dos sistemas atmosféricos mais atuantes nessa região durante a série histórica dos anos entre 2002 a 2010 a partir de quatro localidades: Campo Mourão no Paraná, Cáceres no Mato Grosso, Brasília no Distrito Federal e Caparaó em Minas Gerais (Figura 1). Para cada uma dessas localidades foram quantificadas as massas de ar mediante análise das cartas sinóticas da Marinha do Brasil e das imagens de satélite no canal infravermelho (PÉDELABORDE, 1970; BORSATO, 2006).

Na íntegra dessa proposta, estudou-se a dinâmica dos sistemas atmosféricos que atuaram no Centro-Sul do Brasil na série histórica 2002 a 2010, quantificando a participação de cada um dos sistemas a partir das quatro localidades. Neste artigo, o recorte apresenta os resultados da participação da massa Tropical continental para a série.

A massa Tropical continental é um sistema de baixa pressão, e tem o seu centro de origem na região do Chaco, no Paraguai, em uma zona de alta temperatura e pouca umidade (MONTEIRO, 1968). Por essas razões, é uma massa de ar quente e de pouca umidade. No Brasil, atua especialmente no Centro-Oeste, no oeste das regiões Sul e Sudeste. Com o envelhecimento da mPa e o seu deslocamento para o interior do Atlântico, a massa Tropical continental se expande a partir do seu centro de origem e proporciona dias ensolarados, temperatura elevada e pouca chuva. Os episódios de chuva provenientes dessa massa de ar decorrem em função do forte aquecimento da superfície e que gera sistemas convectivos esparsos e localizados (BORSATO, 2006). "Essa baixa pressão é denominada de baixa do Chaco, baixa continental ou baixa do interior" (MONTEIRO, 2007, p. 47).

Assim para o autor citado, a mTc possui atuação mais frequente na Região Sul, sobretudo, nos Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, nos meses de janeiro e fevereiro. Já as pequenas estiagens no Sul Brasil, frequentes nos referidos meses são consequências do seu domínio no estado do tempo (HERRMANN, 2001).

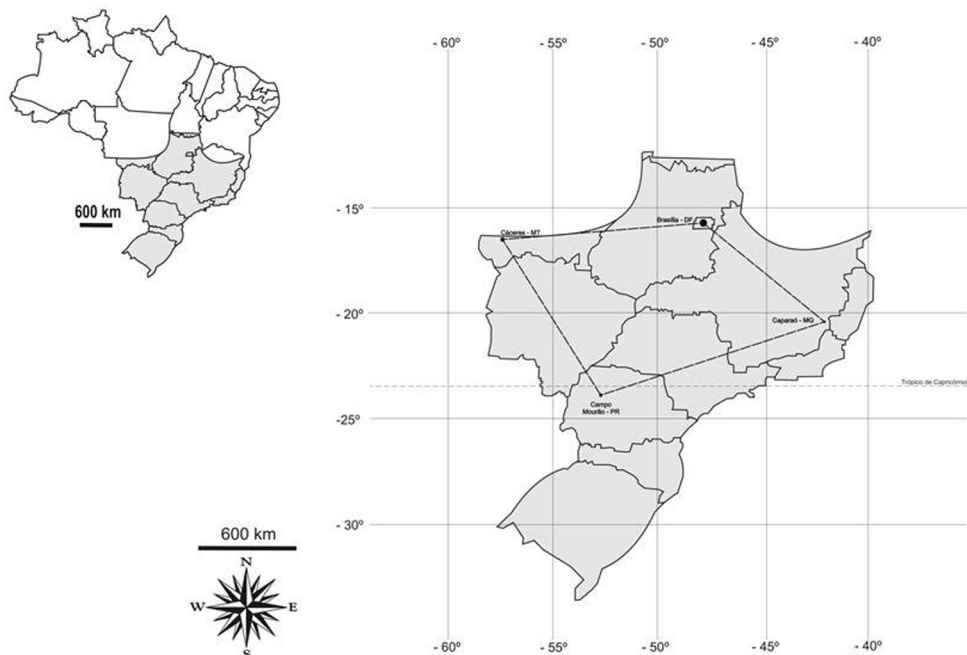


Figura 1 – Localização da área de estudo, esboço do Centro Sul do Brasil com a localização de Campo Mourão PR, Cáceres MT, Brasília DF e Caparaó MG

Organização – autores.

METODOLOGIA

Na Climatologia Geográfica adota-se a concepção dinâmica de clima proposta por Sorre (1951), ajustada à “Análise Rítmica”, desenvolvida por Monteiro (1971), na qual o autor sugere o estudo das variações diárias dos elementos climáticos, associadas à circulação sinótica, de modo a revelar a gênese dos fenômenos climáticos.

A circulação sinótica é uma grandeza espacial que vai de centenas a milhares de quilômetros quadrados, e com duração de dias. Isso caracteriza a dinâmica dos campos ou sistemas barométricos. Nas cartas, são representadas pelas isóbaras, linhas que unem os pontos de igual pressão. As isóbaras são geralmente plotadas a partir dos dados da pressão atmosférica, corrigidos para a temperatura de 0°C e à altitude zero.

Nessa pesquisa, os sistemas atmosféricos foram quantificados a partir da leitura e interpretação das cartas sinóticas, metodologia proposta por Pédelaborde (1970), e nas técnicas desenvolvidas por Borsato (2006). As imagens de satélite no canal infravermelho foram utilizadas como suporte para a identificação do sistema atuante.

Os sistemas atmosféricos considerados foram aqueles que atuaram no Centro-Sul do Brasil, ou seja: Sistema Frontal (SF), Massa Tropical Continental (mTc), Massa Tropical Atlântica (mTa), Massa Polar Atlântica (mPa), Massa Equatorial Continental (mEc) (VIANELLO 2000; VAREJÃO-SILVA 2000; FERREIRA 1989; BISCARO 2007).

Para o registro dos sistemas atmosféricos foram elaboradas tabelas em planilha anuais subdivididas em unidades mensais, com uma linha para cada dia, e colunas para os sistemas atmosféricos atuantes nas estações climatológicas de Campo Mourão, Cáceres, Brasília e Caparaó. Atribuíram-se valores numéricos (24) para o dia em que um único sistema atuou na região, e às vezes (12) para cada um, quando a região esteve sob a confluência de dois sistemas. Esses valores foram somados e convertidos em porcentagens, e estas, por sua vez, representadas em histogramas e cartogramas.

Nesse estudo, fez-se análise específica da participação da mTc, onde foi necessário verificar a dinâmica dos sistemas atmosféricos, ou seja, contabilizar a participação de todos os sistemas que atuaram na região de estudo.

Posteriormente calcularam-se as porcentagens das participações dos sistemas atmosféricos. E estas foram especializadas em cartogramas por meio do Sistema de Informação Geográfica Sufer® 7. Programa computacional para a criação de mapas, com um aplicativo para representar o relevo. Esse aplicativo permite que o relevo seja representado através de isolinhas, para este caso, elas representaram as porcentagens das participações dos sistemas atmosféricos (isosistemas).

Como o estudo da dinâmica das massas de ar gerou um grande volume de histogramas, não foi possível apresentá-los na íntegra, sendo utilizados somente os que melhor representaram as participações da massa Tropical continental. A evolução dos sistemas ciclônicos e anticiclônicos, representados pelas massas de ar, forneceu os tipos de tempo daquela localidade que, em sua sucessão habitual, qualificam o clima.

ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

A região Centro-Sul do Brasil não se configura como uma área uniforme onde uma massa de ar adquire as suas propriedades e características de temperatura e umidade. As áreas mais comuns de origens são as grandes massas líquidas, regiões geladas (polares), e as grandes extensões continentais. Por essas razões, o Centro-Sul do Brasil é invadido por sistemas atmosféricos cujos centros de ação se encontram fora dessa região, e, ao avançarem eles impõe as suas características, enquanto a área invadida é mais ou menos influenciada a depender das condições circunstanciadas pela estação do ano, como também é característica das massas de ar migratórias adquirir as características correspondentes às áreas por onde se deslocam.

Os oceanos, os desertos, as grandes áreas de gelo e as extensas florestas são, a priori, áreas potencialmente propícias à formação de massa de ar, face à uniformidade que apresentam. Quando uma dessas áreas se encontra sob a ação de um vasto anticiclone, tem-se satisfeitos todos os requisitos necessários à gênese de uma massa de ar (VAREJÃO-SILVA, 2000, p. 369).

As massas de ar são grandes porções de ar atmosférico com características próprias e possuem razoável homogeneidade em suas propriedades termodinâmicas, principalmente de temperatura e umidade. Essas propriedades são adquiridas nas regiões onde se originam (OLIVEIRA et al, 2001).

Em se tratando de uma grande região as diversidades de tempo serão diferenciadas em função da massa de ar atuante, da estacionalidade e da localidade. Assim, é possível, por exemplo, num mesmo dia Campo Mourão esteja sob a atuação da mTc, Cáceres da mEc, e Brasília e Caparaó sob a atuação da mTa. Nesse sentido, o estado do tempo varia localmente e diariamente nas diferentes áreas pesquisadas, uma vez que, a dinâmica atmosférica

de uma região é consequência da circulação geral da atmosférica, das condições geofísicas do local, e de fenômenos extra regionais como o El Niño - Oscilação Sul e outras.

A cidade de Campo Mourão está localizada na região Centro Ocidental Paranaense e nas proximidades da linha do trópico de Capricórnio ($-24,05^\circ$ de latitude), sendo a mais meridional das quatro estudadas.

Cáceres localiza-se na borda da Amazônia, no limite noroeste do Centro-Sul do Brasil. As coordenadas geográficas da Estação Climatológica de Cáceres são -16 de latitude e -57 de longitude. Essa localização favorece a atuação dos sistemas continentais e de baixa pressão, especialmente a mEc, embora a mTc também atue constantemente.

Brasília, na região central do Brasil, recebe as influências dos sistemas que se originam no oceano, tanto quanto daqueles que se originam no interior do continente.

Caparaó, embora esteja localizado no Estado de Minas Gerais, se encontra mais próxima do oceano Atlântico. Por isso, das quatro estudadas é a região em que a mTc atua por menos tempo se comparada com as demais.

Para Nimer (1979), a massa Tropical continental é de baixa umidade e mais persistente nos meses mais quentes que se estendem dos fins da primavera ao início do outono. Ele considera também:

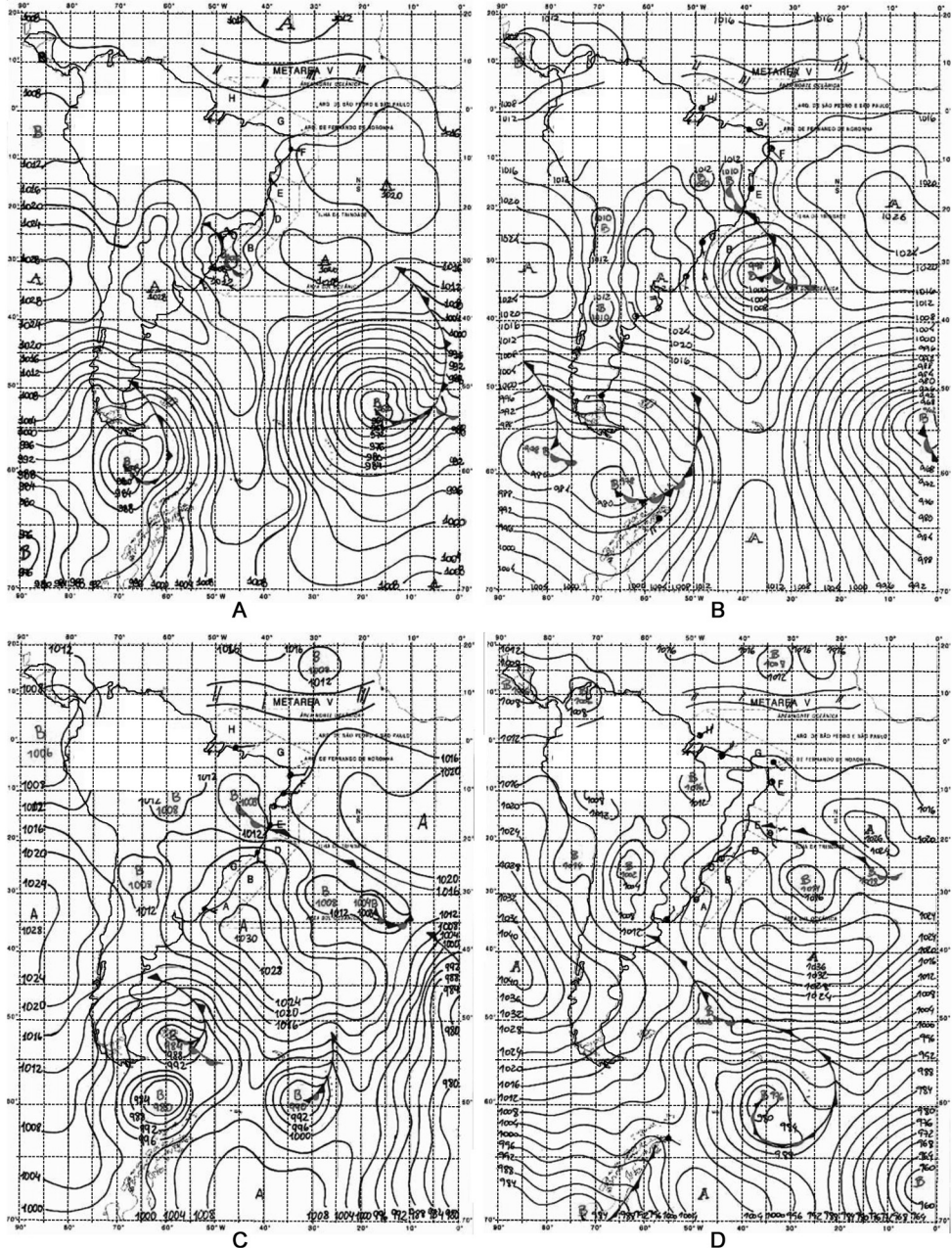
Sua região de origem é a estreita zona baixa, quente e árida, a leste dos Andes e ao sul do Trópico. É oriunda da frontólise na Frente Polar Pacífica, cujos ciclones se movem para sudeste ocluindo depois de transpor os Andes, onde sofre efeito da dissecação adiabática. Esse fato ligado à grande insolação do solstício do verão, deve contribuir para a elevação da temperatura e secura da massa. A depressão do Chaco se constitui assim em fonte da mTc (NIMER, 1979, p. 11).

A massa Tropical continental é um sistema ciclonal e semi-temporário, ou seja, ela ressurge, na maioria das vezes, com o envelhecimento da mPa. À medida que a mPa escoou para o leste, os ventos anticlonais desse sistema, ao contornarem o centro de alta pressão a partir do litoral percorrem longos trechos continentais, assimilando as características e aquecendo-se em função da baixa latitude. Para exemplificar, a figura 2 mostra a sequência de quatro cartas sinóticas para os dias 23, 24, 25 e 26 de setembro de 2009. Essas cartas descrevem a situação descrita.

No dia 23 um sistema frontal avançou pelo Estado do Paraná e, na retaguarda, a massa Polar Atlântica avançou pela calha da bacia Platina com 1028hPa. No dia 24, o SF se encontrava no Sudeste do Brasil, enquanto a Região Sul era tomada pela massa Polar.

No dia 25, a massa Polar, com 1030hPa, já se encontrava no Atlântico Sul e crista sobre a Região Sul do Brasil. Desse modo observaram-se ventos de nordeste em grande parte da Região Sudeste, e sobretudo, para o Sul do Brasil. Essa situação indica que, ao contornar o centro de ação da mPa, os ventos percorreram longos trechos adquirindo características continentais, ou seja, originando um núcleo de baixa pressão na região do Chaco. Já no dia 26, o núcleo da baixa se expandiu e a pressão decresceu para 1002hPa, caracterizando o ressurgimento da mTc, que se expandiu à medida que a mPa escoou para o interior do Oceano Atlântico e foi assimilada pela mTa.

Quando não existe nenhuma frente ou sistema transiente atuando na região central do país, há o predomínio da massa de ar tropical marítima, devido à penetração da Alta Subtropical do Oceano Atlântico Sul (ASAS) sobre o continente sulamericano (Nimer, 1979; Bastos e Ferreira, 2000). Esta massa de ar, ao permanecer sobre o continente durante alguns dias, torna-se seca e transforma-se em uma massa de ar tropical continental (PADILHA, 2008, p. 28).



A mesma autora considera que a estagnação da massa de ar quente e seco (EMAQS) é consequência da atuação da mTc sobre a região central do Brasil:

A formação da EMAQS também pode ser caracterizada por incursão de uma massa de ar tropical sobre a América do Sul. O deslocamento para sul da massa de ar quente é geralmente relacionada à presença da Baixa do Chaco, localizada aproximadamente em 25°S e 65°W, gerada a partir do aquecimento da atmosfera sobre o continente (Seluchi e Marengo, 2000). Este padrão é típico de verão e foi largamente estudado para esta estação do ano [...] (PADILHA, 2008, p. 32).

Cáceres, localizado na mesorregião Centro-Sul do Mato Grosso, e na microrregião do Alto Pantanal, recebe intensamente a participação da mTc. O sul do município encontra-se dentro do Pantanal mato-grossense, mostrado figura 1. Essa localização favorece a atuação dos sistemas continentais e de baixa pressão, especialmente da mTc.

A participação efetiva da mTc no estado do tempo em Cáceres foi de 26,1%, e a estação com mais participação foi o inverno, 41,5%. Observou-se que, durante a estação do inverno, a mPa avança pelo interior do continente e frequentemente ultrapassa a latitude de Cáceres e, um ou dois dias depois, inicia-se o seu deslocamento para leste. A partir desse momento, o núcleo de baixa pressão ressurgiu na região do Chaco e frequentemente expande-se até Cáceres.

Essa observação contradiz parcialmente as considerações professor Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro (1968), pois o mesmo considerou que:

A Massa Tropical Continental (Tc), de ocorrência bem menos conspícua, tem uma participação complementar. Sua individualização é mais restrita ao verão quando a Depressão do Chaco, dinamizada pela Frente Polar Atlântica, se superpõe uma bolsa de ar frio (na circulação superior). Assim o ar quente e seco da planície central do continente, dotado de subsidência superior pela importação do ar frio, torna-se dotado de movimento divergente, uma das condições básicas para a individualização da massa de ar. Apesar disso, muito frequentemente, durante as outras estações do ano, notam-se, nas cartas sinópticas brasileiras, referências à Tc. Muitas vezes, essa sinalização se refere a uma massa polar já velha, bastante modificada, que, no interior do continente, se tornou bem mais quente e mais seca. É mais prudente, nestes casos, fazer referência a uma "Polar Velha" modificada em pseudo Tc. Localizada no meio do corredor de planícies centrais do continente, por onde circulam massas equatoriais e polares, a atuação dessa massa de ar sobre o Brasil Meridional é uma função daquelas (MONTEIRO, 1968, p. 122).

O referido autor fundamentou seus argumentos na lógica das observações e interpretações da circulação secundária, onde raramente a mTc atua na região de Cáceres. Contudo, na época em que fez o estudo, não contava com o recurso das imagens de satélite. Por meio delas é possível interpretar a cobertura do céu, ou seja, a nebulosidade, um atributo fundamental na interpretação da circulação secundária. Por essa razão, todas as vezes que as cartas mostravam circulação ciclônica e baixa ou ausência de nebulosidade, confirmadas pelas imagens no canal infravermelho, e pressão abaixo da padrão (1013,3hPa), foi considerado que a região estava sob a atuação da mTc. Os elementos do tempo, tais como a temperatura e a umidade do ar, também reforçam essa interpretação.

Sua origem está intimamente ligada às ondulações da *frente polar* que se verifica nas latitudes médias e a subsequente dissipação do setor setentrional dessa *frente*, sempre que esta, vinda de SW,

transpõe a Cordilheira dos Andes. Entretanto, parece que esse mecanismo não é o único fator dinâmico ligado à gênese desta *baixa*: a fusão de várias linhas de depressão das baixas latitudes do interior do Brasil, se não entram na sua origem, certamente concorrem para o seu fortalecimento. Outro fator que certamente concorre para a existência deste centro negativo é o forte aquecimento do interior do continente, daí advém sua maior importância durante o verão austral.

Sendo, portanto, de origem termodinâmica, esta *baixa* é extremamente móvel. Porém, é possível reconhecer que sua posição média reside sobre a região do Chaco nos limites Brasil-Bolívia. Entretanto, durante o inverno ela se encontra mais frequentemente sobre o Peru-Acre-Rondônia e durante o verão sobre a região do Chaco Argentino (NIMER, 1971, p. 11).

A participação da mTc também foi ampla para o outono, com 28,7%. Na primavera, a participação foi de 24,6%, e no verão 9,4%. A estação com a mais atuação foi na primavera de 2008, com 55,7%, e a menor no verão do mesmo ano, 4,9% (Tabela 1).

Tabela 1 – Porcentagem das participações da mTc no estado do tempo para Cáceres, para as quatro estações do ano na série 2002/2010, e a porcentagem média anual

Cáceres/anos	verão	outono	inverno	primavera	Anual
2002	14,4%	51,1%	39,0%	24,2%	32,5%
2003	4,4%	49,8%	42,5%	28,7%	31,3%
2004	15,4%	20,3%	46,3%	31,7%	28,4%
2005	11,5%	45,3%	35,7%	16,7%	27,3%
2006	11,0%	19,6%	46,2%	11,7%	22,1%
2007	5,5%	8,2%	33,7%	17,4%	16,2%
2008	4,9%	36,2%	56,7%	35,6%	31,7%
2009	9,6%	14,7%	36,9%	24,7%	21,5%
2010	8,2%	13,0%	36,7%	30,9%	22,2%
média	9,4%	28,7%	41,5%	24,6%	25,9%

A proximidade de Cáceres e de Campo Mourão da área de origem da mTc justifica a maior participação desse sistema no estado do tempo. A figura 3, confeccionada com a média para a série estudada e para as estações do ano, cujo objetivo foi ilustrar a participação temporal e espacial desse sistema na região, mostra a participação para as quatro localidades nas quatro estações do ano. No caso de Campo Mourão, a participação se amplia na estação do verão, e para Cáceres, na estação de inverno. Para Brasília, embora a participação diminua, segue o padrão de Cáceres e Caparaó, cuja participação é reduzida. A maior participação acontece na estação do verão.

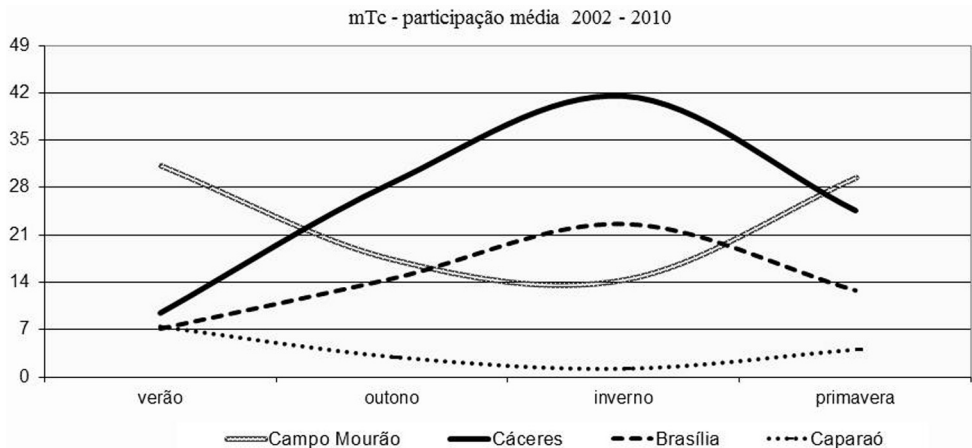


Figura 3 – participação média da massa Tropical continental na série 2002 a 2010 em Campo Mourão PR, Cáceres MT, Brasília DF e Caparaó MG para as quatro estações do ano

Campo Mourão é a segunda localidade com mais participação efetiva da mTc, 23,1% do tempo cronológico (Figura 4).

A figura 4 mostra a síntese da espacialização da participação da mTc na dinâmica atmosférica do Centro-Sul do Brasil, ela mostra que Cáceres foi a localidade com a maior porcentagem, seguida por Campo Mourão, Brasília, e finalmente por Caparaó. Verifica-se também que as isolinhas mostram a gradativa diminuição para leste, embora essa dinâmica se altere para cada estação.

Esse sistema não apresentou característica exclusivamente estacional, embora sobressaíssem às participações nos meses mais quentes. A participação na estação do verão foi de 31,2%, seguido pela primavera, com 29,5%, pelo outono, com 17,4%, e, finalmente, pelo inverno, com 14,4% (Tabela 2). A estação com a maior participação efetiva foi o verão de 2006, com 51,6%, e a menor foi o inverno de 2003, com apenas 5,9%.

Considerando apenas os centros de ações dos sistemas atmosféricos, Brasília está mais próxima da mEc e da mTc, embora o mais importante sistema no estado do tempo seja a mTc. O clima tipicamente estacional é influenciado pelos sistemas de baixa pressão nos meses mais quentes e pelos sistemas anticiclônicos nos meses mais frios. Mesmo considerando que a temperatura é elevada o ano todo, nos meses de inverno, a amplitude térmica diária se amplia com a intensa radiação noturna.

A participação diminui à medida que se avança para leste. Por isso, Brasília teve participação média de 14,3% (mostrado nas figuras 3 e 4). O inverno foi a estação com mais participação, 22,6%, seguido pelo outono, com 14,5%, pela primavera, com 12,8%, e verão, com apenas 7,1%. A estação e o ano com mais participação foi o inverno de 2008, com 38%, e a menor foi zero, no verão de 2007 (Tabela 3).

As características geográficas da região de Caparaó têm grande peso no estado do tempo. Na escala sinótica, a proximidade com o Atlântico é determinante. Essa região é intensamente dominada pela massa de ar Tropical atlântica. Todos os demais sistemas que atuam na região já se encontram em estágios evolutivos desgastados em função dos grandes trechos percorridos e assimilando as características higrótérmicas.

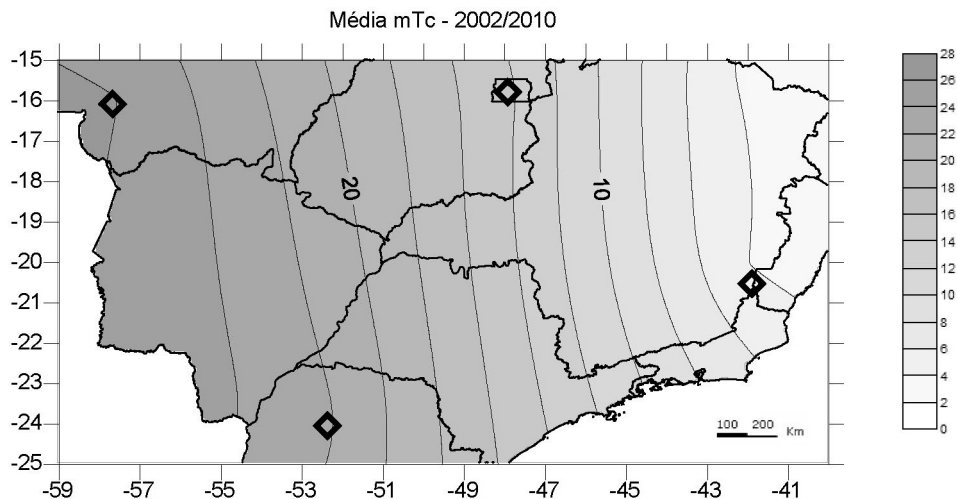


Figura 4 – Esboço do mapa da Região Centro Sul do Brasil. As isolinhas indicam a porcentagem da participação da mTc na média para a série 2002/2010

Tabela 2 – Porcentagem das participações da mTc no estado do tempo para as quatro estações do ano para a série 2002/2010 e a porcentagem anual para a região de Campo Mourão

Campo Mourão	verão	outono	inverno	primavera	Anual
2002	35,6%	27,4%	15,5%	35,6%	28,5%
2003	21,4%	8,7%	5,9%	36,0%	18,0%
2004	35,7%	14,7%	12,9%	20,9%	21,0%
2005	46,0%	31,5%	13,2%	26,5%	29,3%
2006	51,6%	10,9%	20,4%	28,7%	27,9%
2007	26,4%	15,8%	20,6%	33,9%	24,1%
2008	22,0%	12,7%	11,2%	22,0%	17,0%
2009	24,0%	19,2%	13,5%	24,0%	20,2%
2010	18,5%	15,6%	16,3%	38,0%	22,1%
média	31,2%	17,4%	14,4%	29,5%	23,1%

Tabela 3 – Porcentagem das participações da mTc no estado do tempo para as quatro estações do ano para a série 2002/2010 e a porcentagem anual para a região de Brasília

Brasília	verão	outono	inverno	primavera	Anual
2002	15,0%	23,9%	21,1%	12,2%	18,0%
2003	3,3%	11,4%	18,3%	11,2%	11,1%
2004	13,8%	16,5%	30,3%	14,1%	18,7%
2005	9,3%	12,5%	16,3%	10,0%	12,0%
2006	6,0%	7,6%	12,4%	3,9%	7,4%
2007	0,0%	11,1%	23,6%	12,9%	11,9%
2008	2,2%	12,5%	38,5%	28,9%	20,5%
2009	11,8%	16,8%	25,0%	10,7%	16,1%
2010	2,7%	18,5%	18,1%	11,2%	12,6%
média	7,1%	14,5%	22,6%	12,8%	15,1%

Caparaó foi a região com menos participação da mTc, 3,9% na média da série. O inverno foi a estação com menos participação, 1,2%. Na sequência, o outono com 3,0%, a primavera com 4,1% e o verão com 7,4% (Tabela 4). O ano de 2008 foi o de menor participação, 0,7%, e 2006 o ano com mais participação, 6,6%. Assim verificou-se que a oscilação interanual é ampla.

Tabela 4 – Porcentagem das participações da mTc no estado do tempo para as quatro estações do ano para a série 2002/2010 e a porcentagem anual para a região de Caparaó

Caparaó	verão	outono	inverno	primavera	Anual
2002	11,1%	3,6%	0,9%	5,4%	5,3%
2003	6,0%	2,7%	1,1%	5,3%	3,8%
2004	12,5%	3,3%	2,0%	2,2%	5,0%
2005	8,8%	0,5%	2,2%	3,9%	3,8%
2006	15,4%	6,5%	0,5%	3,9%	6,6%
2007	1,5%	4,9%	2,1%	6,7%	3,8%
2008	0,0%	0,5%	0,0%	2,2%	0,7%
2009	6,2%	3,1%	2,1%	6,2%	4,4%
2010	5,5%	1,6%	0,0%	0,6%	1,9%
média	7,4%	3,0%	1,2%	4,1%	3,9%

Na sequência fez-se análise da espacialização anual da mTc para a região em estudo por meio da participação nas estações do ano, e interanual.

O verão foi a estação em que os sistemas continentais se ampliaram e dominaram o estado do tempo. Além da mTc, a mEc também se expandiu. Como o seu centro de ação

encontra-se na Amazônia ocidental sua participação se amplia e Cáceres é dominada por esse sistema. Essa é a justificativa para a baixa participação da mTc na estação do verão (Figura 5). Por outro lado, no inverno, a mEc se recua e a mTc se expande.

Para Campo Mourão, a dinâmica é oposta: no inverno a mPa se amplia e domina o estado do tempo na região. No verão, a mPa frequentemente avança pelo Atlântico e cristas bordejam a Região Sul. Com o rápido aquecimento ou envelhecimento e deslocamento da mPa para o interior do Atlântico, a mTc se expande e domina o estado do tempo no Sul do Brasil. Por isso, a participação se amplia em Campo Mourão na estação do verão (Figura 6).

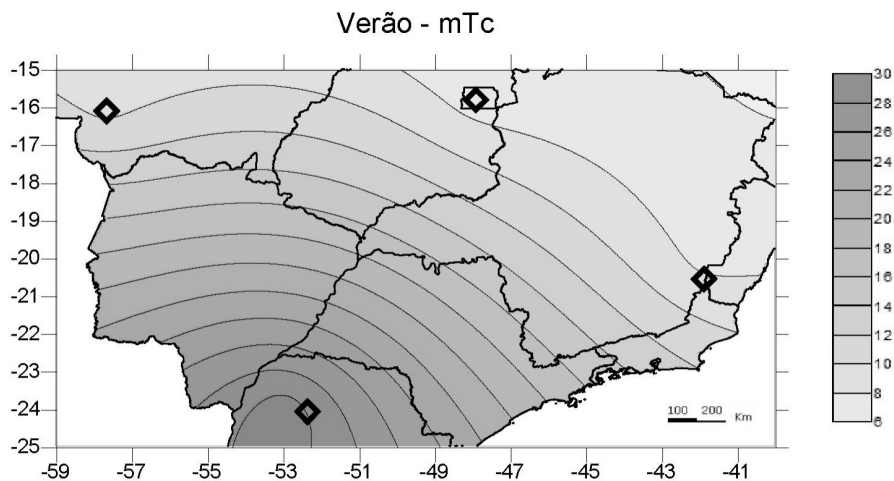


Figura 5 – Esboço do mapa da Região Centro Sul do Brasil. As isolinhas indicam a porcentagem da participação da mTc na média para os verões da série 2002/2010
Organização – autores.

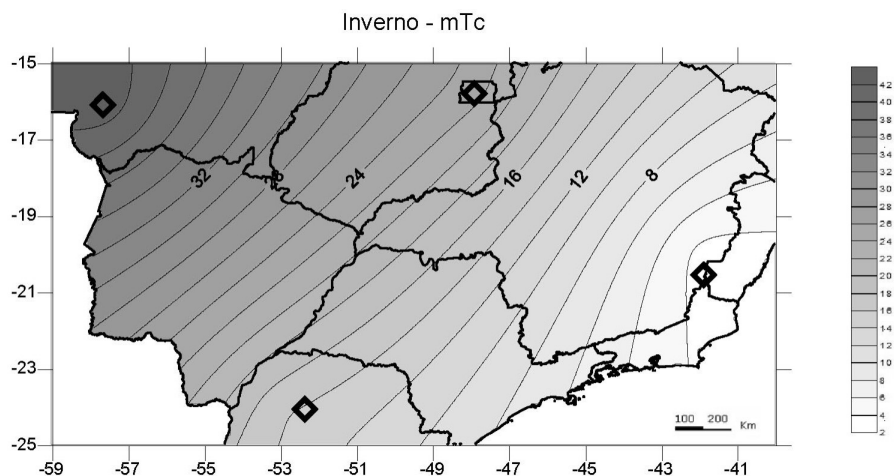


Figura 6 – Esboço do mapa da Região Centro Sul do Brasil. As isolinhas indicam a porcentagem da participação da mTc na média para os invernos da série 2002/2010
Organização – autores.

O outono e a primavera são estações intermediárias, por isso o início da estação apresentam as características da estação anterior, e o final, da estação seguinte. Na medida em que o Sol, em seu movimento aparente caminha do Equador para o trópico de Câncer (outono), no período de 21 de março a 21 de junho, o fotoperíodo diminui, e o ângulo de incidência dos raios solares aumenta. Por isso, os sistemas continentais, e de baixa pressão se retraem e os de alta pressão se ampliam, principalmente a massa Polar atlântica.

Na estação do outono, a participação da mTc ainda é maior em Cáceres. O estado do tempo foi dominado por esse sistema em aproximadamente 28,5% do tempo cronológico. Para Campo Mourão, o tempo se reduz para 17,4% (Figura 7). Como os sistemas se expandem a partir da origem, diminuem gradativamente para leste. Por isso, a participação em Brasília foi de 14,5%, e em Caparaó, de apenas 3,0%. Desse modo é importante considerar que na medida em que o sistema avança impõe suas características, e assimila as características da área. No caso específico da mTc, sistema de baixa umidade e quente, ganha mais calor ao se expandir. A mudança mais perceptível é na direção dos ventos que passam a soprar de noroeste e norte-noroeste, preferencialmente.

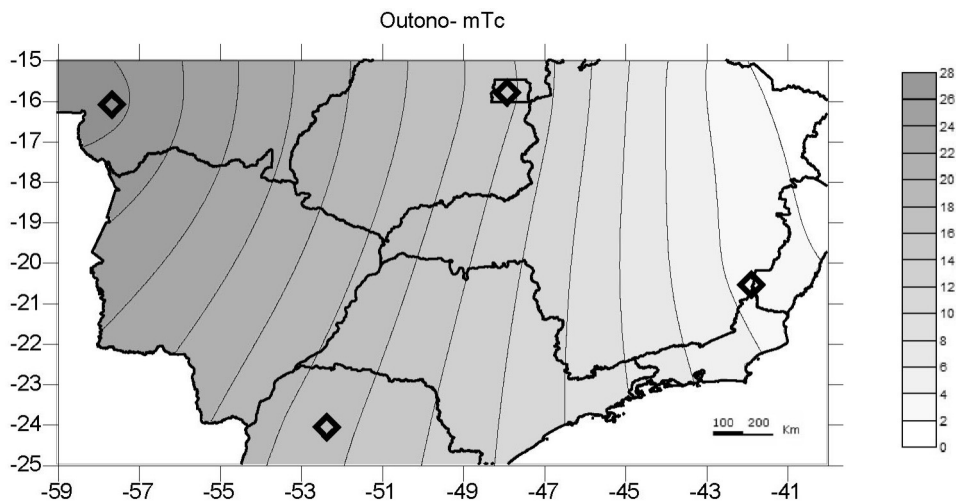


Figura 7 – Esboço do mapa da Região Centro Sul do Brasil. As isolinhas mostram a espacialização da participação da mTc na média para o outono da série 2002/2010
Organização – autores.

A primavera é a estação que antecede o verão, período em que o Sol, no seu movimento aparente desloca-se do Equador em direção ao trópico de Capricórnio. Com isso, o fotoperíodo se amplia, a inclinação dos raios solares se verticaliza para a região e o aquecimento da superfície continental se intensifica, propiciando as condições para a expansão dos sistemas continentais de baixa pressão e retração da massa Polar e da Tropical atlântica.

A média geralmente camufla a dinâmica que no início da estação é semelhante às verificadas no inverno, e no final da estação semelhante às do verão.

Em Campo Mourão, a mTc atuou em 29,5% do tempo cronológico; em Cáceres, 24,6%; em Brasília, 12,8%, e em Caparaó, apenas 4,1% (Figura 8).

A massa Tropical continental, como foi observado é um sistema semi-permanente e ressurgue com o envelhecimento da mPa, e às vezes da mTa. Embora a mTa, ao avançar pelo território brasileiro, perca muito de suas características originais, grande parte da sua umidade é condensada e precipitada na entrada do continente e, à mediada que avança pelo interior, ganha calor e a umidade relativa diminui. Os ventos que acompanham ou circulam no entorno do centro do anticiclone do Atlântico, ao se aproximarem da planície do interior (Chaco), em função da temperatura elevada e da baixa pressão, já inferior à pressão normal 1013,2hPa iniciam então a vorticidade ciclônica. A partir daí, passa a constituir a massa Tropical continental.

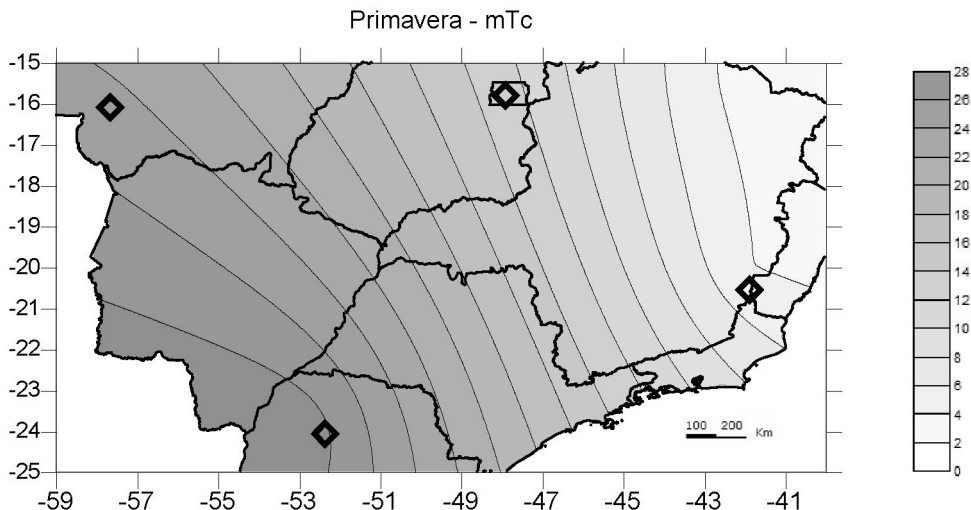


Figura 8 – Esboço do mapa da Região Centro Sul do Brasil. As isolinhas indicam a porcentagem da participação da mTc na média na estação da primavera na série 2002/2010

Organização – autores.

Para qualquer período do ano, os tipos de tempo são semelhantes. A intensidade do calor varia um pouco para cada estação do ano. Observou-se, nas imagens de satélite no canal infravermelho, e nos dados das estações que a temperatura se eleva por ocasião do domínio da mTc, que a nebulosidade é geralmente baixa. Os cúmulus podem aparecer ao longo do dia, e são mais comuns nos meses mais quentes. A presença de cirrus é menos frequente e, nas vezes em que aparecem durante o domínio da mTc, estão relacionados às correntes horizontais de altitudes.

Os episódios de chuvas são mais frequentes também nos meses mais quentes, e principalmente quando ela recebe o ar que transpõe os Andes. O deslocamento do ar aquecido pode dar origem aos cavados em superfície e desestabilizar a atmosfera. Núcleos convectivos isolados se manifestam no período mais quente do dia, também para os meses mais quentes do ano.

A principal característica manifestada no estado do tempo foi verificada na temperatura. As máximas são verificadas durante a atuação desse sistema. Veja as considerações de Zavattini (2009) para o Mato Grosso do Sul:

Em consequência da predominância de fluxos polares do tipo “nulo” (Tarifa, 1975), as frentes agiam mais no sul do País, deixando Mato

Grosso do Sul à mercê dos sistemas intertropicais. Ilustrando bem esse fato, os dois jornais foram capazes de captar a principal onda de calor que se abateu sobre todo o estado, em meados de novembro, ligada à ação da massa tropical continental: "Calor: 41 graus à sombra" (*Correio do Estado*, 19.11.1985, manchete) e "Que calor!" (*Diário da Serra*, 19.11.1985, manchete). Essa onda foi capaz de provocar a desidratação em crianças ("Calor gera problemas em Dourados" – *Correio do Estado*, 19.11.1985, p. 5) e até o descarrilamento de um trem ("Calor causou acidente com trem da NOB" – 20.11.1985, p. 5) (ZAVATTINI, 2009, p. 102 e 103).

As temperaturas mais elevadas, seja no verão ou no inverno, estão associadas à atuação da mTa e, às vezes aos sistemas frontais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O clima é, por natureza, complexo. Ele é o resultado da interação entre os elementos que compõem a hidrosfera, a litosfera e a atmosfera. Por isso, à medida que se amplia a área de investigação, a complexidade aumenta. No estudo, foi possível constatar que:

- A dinâmica da mTc apresenta uma ampla variabilidade no tempo de atuação. Essa variabilidade se dá interanualmente, estacionalmente e também mensalmente.
- A participação se amplia no inverno para Cáceres, enquanto se retrai para Campo Mourão. Verificou-se que nos meses de inverno, a mPa avança até a região de Cáceres e, depois de um ou dois dias, desloca-se para leste, e a mTc se expande. Observou-se que as cristas da mTa, depois de avançar até o oeste da região, se descaracterizam. Isso favorece a expansão da mTc. No verão, o intenso aquecimento favorece o domínio da mEc.
- Para Campo Mourão, a mPa é mais persistente no inverno. Por outro lado, no verão, ela raramente avança pelo interior do continente. Por isso, a mTc se expande com mais frequência.
- Brasília apresenta a mesma dinâmica de Cáceres, ou seja, a mTc participa mais ativamente na estação do inverno. Portanto, o tempo de participação é reduzido.
- Caparaó foi a localidade com menos participação, e mesmo nos meses mais quentes, período em que a participação se amplia.
- A variabilidade interanual é ampla para as quatro localidades estudadas.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), por meio da concessão de Bolsa de Aperfeiçoamento da CAPES e Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná. Chamada de Projetos 08/2012 - Programa de Bolsas de Pós-Doutorado.

REFERÊNCIAS

- BISCARO, G. A. **Meteorologia agrícola básica**. 1. ed. Cassilândia: Unigraf, 2007.
- BORSATO, V. A. **A participação dos sistemas atmosféricos atuantes na bacia do auto Rio Paraná no período de 1980 a 2003**. 2006. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) – Nupélia, UEM, Maringá.
- CONTI, J. B. **Circulação secundária e efeito orográfico na gênese das chuvas na região leste-nordeste paulista**. São Paulo: USP-IG, 1975.
- FERREIRA, C. C. **Ciclogêneses e ciclones extratropicais na região sul-sudeste do Brasil e suas Influências no tempo**. 1988. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.
- HERRMANN, M. L. P. **Levantamento dos desastres naturais causados pelas adversidades climáticas no estado de Santa Catarina: período 1980 a 2000**. Florianópolis: Editora do Autor, 2001.
- MONTEIRO, C. A. F. Clima. In: **Geografia do Brasil: grande Região Sul**. Rio de Janeiro: IBGE, v. 4, t. 1, p. 114-166, 1968.
- MONTEIRO, C. A. de F. **Análise rítmica em climatologia**. São Paulo : USP-IG, 1971.
- MONTEIRO, A. M. **Dinâmica atmosférica e a caracterização dos tipos de tempo na bacia hidrográfica do rio Araranguá**. 2007. Tese (Doutorado em Geografia) – UFSC, Florianópolis.
- NIMER, E. Climatologia da Região Sul do Brasil: introdução à climatologia dinâmica, subsidio à geografia regional do Brasil. **Caderno especial da Revista Brasileira de Geografia**, a. 33/34, p. 3-64, 1971.
- NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE – Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1979.
- OLIVEIRA, L. L. de; VIANELLO, R. L.; FERREIRA, N. J. **Meteorologia fundamental**. Erechim: FAPES Livraria e Editora, 2001.
- PADILHA, C.K., **Estagnação de massa de ar quente e seco sobre a região Central do Brasil**, Dissertação (Mestrado) Pós-Graduação em Meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2008. São José dos Campos S. P. p. 139
- PÉDELABORDE, P. **Introduction a l'étude scientifique du climat**. Paris: Sedes, 1970.
- TARIFA, J. R. **Balanco de energia em sequência de tipos de tempo: uma avaliação no oeste paulista (Presidente Prudente) – 1968/69**. São Paulo: USP-IG, 1972.
- SANTA'ANNA NETO, J. L. **As chuvas no Estado de São Paulo: contribuição da variabilidade e tendência da pluviosidade na perspectiva da análise geográfica**. 1995. Tese (Doutorado em Geografia) – USP, São Paulo.
- SCHRÖDER, R. Distribuição e curso anual das precipitações no estado de São Paulo. **Bragantia**, Instituto Agrônomo de Campinas, v.15, n.18, 1956.
- SERRA, A. Circulação no Hemisfério Sul (as chuvas de inverno e de primavera). **Boletim Geográfico**, Rio de Janeiro, Fundação IBGE, a. 30, n. 224, 1971a.
- SERRA, A. Circulação no Hemisfério Sul (chuvas de verão). **Boletim Geográfico**, Rio de Janeiro, Fundação IBGE, a. 30, n. 225, 1971b.
- SERRA, A. Circulação hemisférica (chuvas de outono). **Boletim Geográfico**, Rio de Janeiro, Fundação IBGE, a. 31, n. 226, 1972.

SETTE, D.M. **O Holorrítmo e as interações trópico-extratropical na gênese do clima e as paisagens do Mato-Grosso**. 2000. Tese (Doutorado em Geografia Física) – USP, São Paulo.

SORRE, M. Le Climat. In: SORRE, M. **Les fondements de la géographie humaine**. Paris: Armand Colin, 1951, Chap. 5, p.13-43.

TITARELLI, A. H. V. **A onda de frio de abril de 1971 e sua repercussão no espaço geográfico brasileiro**. São Paulo: USP-IG, 1972.

VAREJÃO-SILVA M. A., **Meteorologia e climatologia**. Brasília: Instituto Nacional de Meteorologia, 2000.

VIANELLO, R. L., **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: Editora da UFV, 2000.

ZAVATTINI, J. A.; ZAVATTINI, L. I. As fortes massas polares de julho de 1981 e seus efeitos no Brasil Centro-Sul (MS, MG, SP, PR, SC e RS). ENCONTRO NACIONAL DE GEOGRAFIA, 5. Porto Alegre, 1982. **Anais...** Porto Alegre, v. I, 1982.

ZAVATTINI, J. A. **A dinâmica atmosférica e a distribuição das chuvas no Mato Grosso do Sul. São Paulo**. 1990. Tese (Doutorado em Geografia) – USP, São Paulo.

ZAVATTINI, J. A. **As Chuvas e as massas de ar no estado de Mato Grosso do Sul: estudo geográfico com vista à regionalização climática**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009.

ZAVATTINI, J. A. et al. Ritmo pluvial do inverno de 1983 no extremo oeste paulista. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, n. 6, 1983.

Recebido em março de 2013

Revisado em julho de 2013

Aceito em outubro de 2013

