Revista Brasileira de Climatologia
ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

OS SISTEMAS ATMOSFÉRICOS ATUANTES E RESPONSÁVEIS PELA GÊNESE DAS CHUVAS NO ESTADO DE GOIÁS E NO DISTRITO FEDERAL

NASCIMENTO, Diego Tarley Ferreira - diego.tarley@gmail.com
Universidade Federal de Goiás / UFG

OLIVEIRA, Ivanilton José de - oliveira@ufg.br
Universidade Federal de Goiás / UFG

Submetido em: 23/04/2020
Aceito para publicação em: 21/10/2020
Publicado em: 05/11/2020
DOI: http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v27i0.73112

RESUMO: Levando em consideração a abordagem da Climatologia Geográfica, o presente trabalho tem por objetivo central quantificar a atuação dos sistemas atmosféricos no estado de Goiás e Distrito Federal e a participação dos mesmos na gênese das chuvas, valendo-se de anos-padrão habitual (2011), seco (2007) e chuvoso (2009). Esses sistemas foram identificados a partir de cartas sinóticas do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), de dados meteorológicos de superfície, de imagens do satélite meteorológico GOES e do Boletim Climanálise do CPTEC. A indicação dos dias com chuvas se deu a partir de estimativas diárias de precipitação do TRMM. Percebe-se que no ano-padrão de regime habitual há uma ação equilibrada entre os sistemas atmosféricos atuantes na região (massa Equatorial continental – mEc, massa Tropical atlântica – mTa, massa polar atlântica – mPa e a Zona de Convergência do Atlântico Sul - ZCAS), ao passo que o ano-padrão seco apresenta aumento da atuação da mTa, e o ano-padrão chuvoso reflete elevação da atuação da mEc. Já em relação à gênese das chuvas, no regime habitual a mEc correspondeu a 41% dos dias com chuvas, acompanhada de perto pela ZCAS (36%). No regime seco ocorre maior participação da mTa (19%) na formação de chuvas, enquanto no regime chuvoso há aumento considerável da participação da mEc, presente em 60% dos dias com chuvas no ano.

PALAVRAS-CHAVE: dinâmica atmosférica, ano-padrão, massas de ar, precipitação.

THE ATMOSPHERIC SYSTEMS PERFORMANCE AND RESPONSIBLE FOR THE RAINFALL GENESIS IN THE STATE OF GOIÁS AND THE FEDERAL DISTRICT

ABSTRACT: Based on the Geographic Climatology approach, the main objective of this paper is to quantify the performance of atmospheric systems in the state of Goiás and the Federal District, and their participation in the genesis of rainfall, using the standard years habitual (2011), dry (2007) and wet (2009). These systems were identified from synoptic charts, images from the GOES meteorological satellite and the Climanálise bulletin (CPTEC). The identification of rainy days was based on daily rainfall estimates of the TRMM. Is noted that in the usual regime there is a balanced action between the atmospheric systems operating in the region (mEc, mTa, mPa and SACs), on the other hand, the dry regime shows an increase in the performance of the mTa, while the wet regime reflects an increase in the performance of the mEc. Regarding the genesis of rainfall, in the usual regime mEc corresponded to 41% of rainy days, followed closely by SACZ (36%). In the dry regime there is a greater participation of mTa (19%) in rainfall formation, whereas in the rainy season there is a considerable increase in mEc participation, present in 60% of rainy days in the year.

KEYWORDS: atmospheric dinamic, standard year, air masses, precipitation.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento histórico da Climatologia, enquanto ciência, apresentou duas principais correntes teórico-metodológicas. A primeira a se estabelecer, conhecida como Climatologia Tradicional, mas também chamada de Analítica-Separatista, consiste na análise desconexa dos elementos do clima, possuindo um caráter essencialmente quantitativo e apoiado no uso de médias aritméticas, que uniformiza e generaliza a variabilidade dos elementos climáticos (BARROS; ZAVATTINI, 2009).

Em função das críticas e da restrição dessa abordagem e em resposta à melhor compreensão dos mecanismos e da modelagem da circulação geral da atmosfera, desenvolveu-se uma segunda corrente: a Climatologia Dinâmica, também denominada de Sintética ou Genética, que se baseia na análise integrada dos elementos climáticos num ritmo de sucessão habitual, amparada na análise da dinâmica atmosférica (ZAVATTINI, 1998; SANT'ANNA NETO, 2001).

Nessa mesma vertente e apoiado na associação clima-sociedade-impacto, atribui-se à Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro a proposta de uma nova corrente: a Climatologia Geográfica, que prioriza a realidade dos extremos ao invés das abstrações das médias. Essa abordagem considera como paradigma do clima o "encadeamento, sucessivo e contínuo, dos estados atmosféricos e suas articulações no sentido de retorno aos mesmos estados" (MONTEIRO, 1971, p. 10).

Nessa abordagem, defende-se a necessidade de "associar a variação dos elementos do clima aos tipos de tempo que se sucedem segundo os mecanismos de circulação" (MONTEIRO, 1971, p. 9). Para tanto, são utilizados dados de superfície e o recurso de cartas sinóticas e de imagens de satélites meteorológicos para a identificação dos sistemas atmosféricos atuantes – sendo os mesmos considerados como os responsáveis pelos tipos de tempo e, por conseguinte, do ritmo climático. Dessa forma, entende-se que apenas a abordagem da Climatologia Geográfica assegura a coerente percepção das características, da variabilidade e da gênese do clima.

Apoiado nessa abordagem, Monteiro (1973) investigou o ritmo e a gênese das chuvas no estado de São Paulo, e, com a contribuição de outros de seus estudos (1951; 1964; 1969; 1971), fomentou os pressupostos teórico-metodológicos que foram seguidos por diversos trabalhos, como exemplo de Tarifa (1972), para o sudoeste paulista; de Conti (1973), para o nordeste paulista; de Sant'Anna Neto (1990), na zona costeira paulista; de Zavattini (1990), para o Mato Grosso do Sul; de Gonçalves (1993), para o oeste do Pantanal sul-matogrossense; de Sartori (1993), para o Rio Grande do Sul; de Boin (2000), para o oeste paulista; de Borsato (2007) e Zandonadi (2013), ambos para a bacia do Paraná; de Barros (2003; 2006), para o Distrito Federal; de Pinto (2013), para o Tocantins e; de Armond (2014; 2018), para o Rio de Janeiro.

Voltados para o território compreendido pelo estado de Goiás e Distrito Federal, em área contígua, constam na literatura os trabalhos desenvolvidos por Nascimento (2016) e Neves (2018), sendo que o primeiro autor estudou as chuvas a partir de estimativas satelitárias e o segundo empregou dados de superfície para esse mesmo propósito. Contudo, ambos autores apresentam

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

apenas a distribuição espaço-temporal das chuvas na área em apreço, sem terem alcançado a análise rítmica, em escala diária, devido a metodologia considerada ou por dificuldades encontradas por tais autores. Todavia, mesmo diante dessas limitações, os autores forneceram contribuições significativas, no sentido de descreverem a variabilidade e o regime das chuvas no estado de Goiás e no Distrito Federal a partir de anos-padrão habitual e excepcionais (seco e chuvoso) e, principalmente, associarem a distribuição espaço-temporal das chuvas aos compartimentos topográficos, expondo a influência dos mesmos na entrada e no deslocamento dos sistemas atmosféricos produtores de chuva na região.

Nesse sentido, visando aprofundar e contribuir com o conhecimento das características climáticas do estado de Goiás e do Distrito Federal, sob a abordagem da Climatologia Geográfica, o presente trabalho tem por objetivo central quantificar a atuação dos sistemas atmosféricos e a participação dos mesmos na gênese das chuvas para da área em apreço, tendo como recortes amostrais os anos-padrão de regime habitual (2011) e excepcional seco (2007) e chuvoso (2009).

2. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO

A área de estudo compreende o estado de Goiás e o Distrito Federal, situados na Região Centro-Oeste e representando uma área territorial de 345.890 km² - equivalente a cerca de 4% do território nacional (Figura 1). Em termos demográficos, a área concentra uma população de 10.033.622 habitantes, dos quais 69,9% estão em Goiás (7.018.354) e 30,1% no Distrito Federal (3.015.268), conforme estimativa populacional do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística para 2019 (IBGE, 2019).

Conforme evidenciado pela Figura 1, a variação altimétrica dessa porção do território nacional é bem significativa, com as áreas mais baixas partindo dos 183m, na porção oeste e noroeste (depressão do Rio Araguaia), e as mais altas ultrapassando os 960m, numa faixa a leste e nordeste (chapadões do Planalto Central), cujo pico atinge 1.672 m, no nordeste de Goiás (Chapada dos Veadeiros). A média de altitude é de 634m acima do nível do mar.

Outra importante característica da área em estudo é o fato de representar a área *core* do Cerrado. Com exceção de uma pequena porção (2,9%) no extremo sul de Goiás, que constitui uma extensão do bioma Mata Atlântica, todo o restante do território de Goiás e Distrito Federal está inserido no bioma Cerrado, que se destaca por apresentar um mosaico de vegetação com fisionomias campestres, savânicas e florestais (RIBEIRO; WALTER, 2008). Contudo, essa vegetação original já foi significativamente devastada, com uma proporção de 41,3% de sua área original já convertida, principalmente em pastagens (27,6%) e lavouras (12,6%), conforme dados do Projeto MapBiomas (2019), tendo como referência o ano de 2018. Dentre as coberturas vegetais remanescentes (58,7%), as formações savânicas predominam (21,5%), seguidas pelas florestais (20,9) e campestres (15,5%).

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

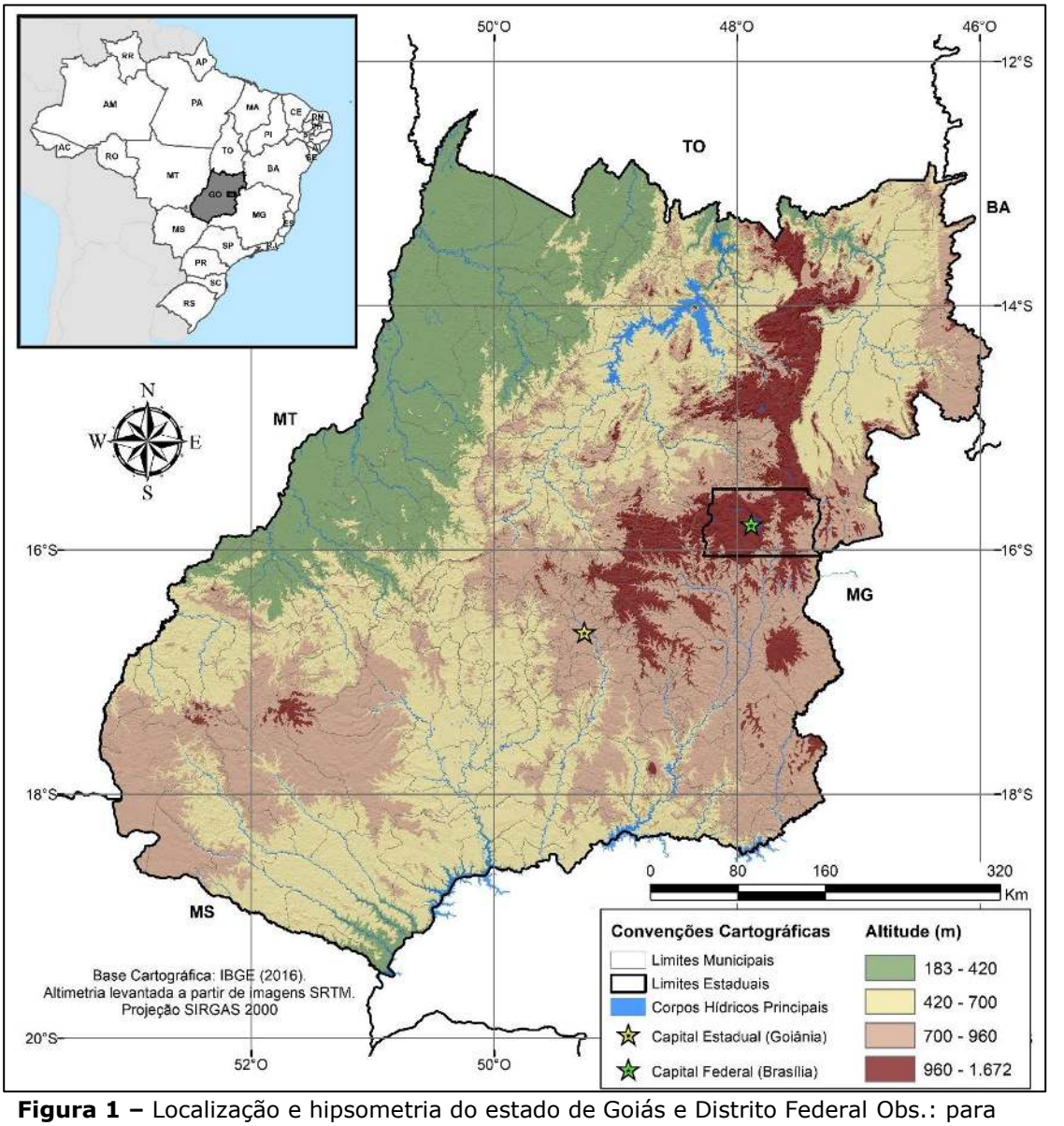

Figura 1 – Localização e hipsometria do estado de Goiás e Distrito Federal Obs.: para visualização e download do mapa em maior resolução, acesse o link: http://abre.ai/mapagodf. Fonte: próprios autores.

Conforme apontado por Nascimento, Oliveira e Luiz (2016), a área apresenta características de clima tropical, com chuva de verão e mês mais frio com temperatura média superior a 18ºC, referente a tipologia climática Aw no sistema de classificação de Koppen-Geiger. Segundo Nimer (1979), a temperatura média anual da área de estudo é de 22° C, com a precipitação anual variando entre 1.500 e 1.750 mm, com estiagem de até cinco meses, referente aos meses de maio a setembro, e o trimestre mais chuvoso compreende os meses de dezembro a fevereiro.

Tendo como referência as normais climatológicas calculadas para o período de 1981 a 2010 para a estação meteorológica convencional do INMET

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

situada em Goiânia, na área central do estado de Goiás, percebe-se que as mais elevadas médias de temperatura nos meses da primavera e verão (setembro a abril), e as menores no final do outono e inverno (maio a agosto), com outubro representando o mês mais quente (25,6ºC) e junho o mais frio (21,8ºC) – Figura 2. Como retratado por Nimer (1979), o período de estiagem é de cinco meses (maio a setembro) ao passo que o período chuvoso se estende por sete meses (outubro a abril), concentrando pouco mais de 90% do acumulado anual de precipitação.

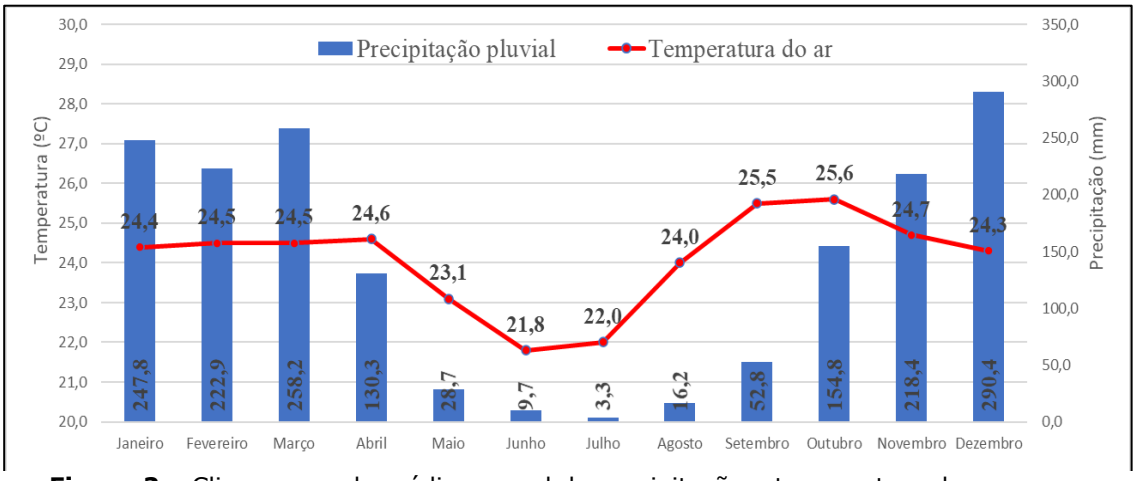

Figura 2 – Climograma da média mensal de precipitação e temperatura do ar em Goiânia-GO (1981/2010). Fonte: INMET (2018), organizado pelos autores.

Para além do tratamento médio dos dados de chuva, a partir de estimativas diárias de precipitação do *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM), Nascimento e Oliveira (2018) apresentam a variação dos volumes anuais de precipitação em Goiás e no Distrito Federal entre os anos-padrão habitual (2011) e excepcionalmente seco (2007) e chuvoso (2009). Os autores indicam que no ano-padrão habitual de 2011, o total anual de precipitação varia, espacialmente, entre 1.160 e 2.001mm (amplitude de 841mm), com média zonal de 1.602mm. No ano-padrão seco de 2007 verifica-se menores valores de precipitação anual, partindo de 570mm e alcançando os 1.740mm , com média zonal 25,8% menor que na condição habitual, haja vista o valor de 1.188mm. Por sua vez, o ano-padrão chuvoso demonstra um volume de chuvas que variam espacialmente entre 1.210 e 2.333mm, com média zonal de 1.715mm, que representa acréscimo de 7% com relação ao habitual.

Os mapas indicados pela Figura 3 demonstram que entre o ano habitual e os excepcionais há uma clara mudança dos intervalos de total anual de precipitação que predominam na área em estudo. No ano habitual (2011), predomina volume de precipitação variando entre 1.452 e 1.892mm - em cerca de 80% da área em estudo, enquanto que no ano seco (2007) passa a predominar volumes de 1.011 a 1.451mm – em 66% da área. Da mesma forma que na condição habitual, no ano chuvoso (2009) também predominam volumes anuais de precipitação de 1.452 e 1.892mm – em 69% da região, contudo, neste ano, percebe-se maior presença de classes com intervalos mais elevados de precipitação anual, entre 1.893 e 2.112mm em 18% da área, e registros que alcançam os 2.333mm, na porção oeste, sudoeste e noroeste de Goiás.

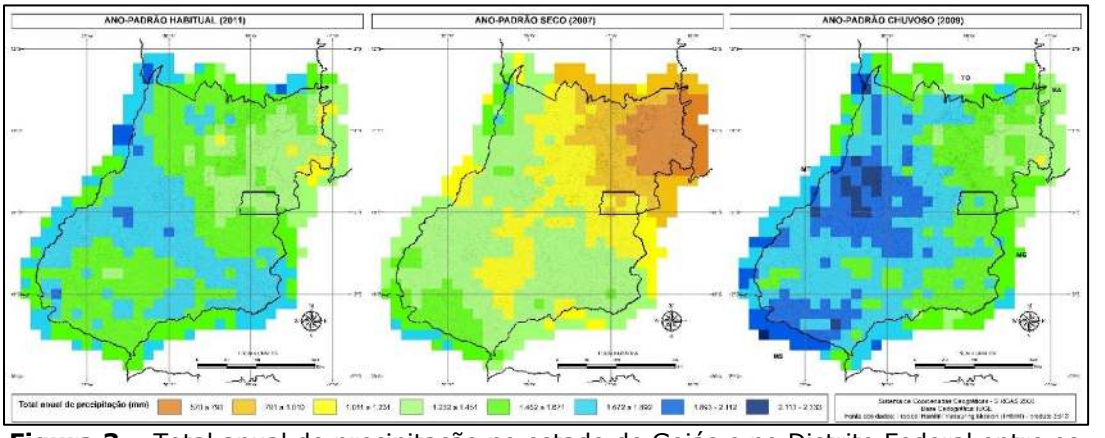

Figura 3 – Total anual de precipitação no estado de Goiás e no Distrito Federal entre os anos-padrão habitual (2011), seco (2007) e chuvoso (2009) Obs.: para visualização e download do mapa em maior resolução, acesse o link: http://abre.ai/figura5 Fonte: próprios autores.

Com base os relatos de Serra e Ratisbonna (1942), Monteiro (1951), Nimer (1979), Fonzar (1994), Borsato (2016) e Nascimento (2016), atuam, em Goiás e no Distrito Federal, sistemas atmosféricos de origem equatorial e tropical, representados pela massa Equatorial continental (mEc) e massa Tropical atlântica (mTa), respectivamente – havendo ainda a incursão da massa Polar atlântica (mPa) e atuação de sistemas atmosféricos perturbadores, como a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e as Frentes Frias (FF). Conforme o aquecimento desigual entre as estações do ano, esses sistemas adentram a área em apreço conforme o caminho preferencial e as barreiras impostas pela topografia, e repercutem a sazonalidade climática marcante na região, de haver um período chuvoso e quente (primavera e verão), que intercala com outro seco e de temperaturas mais amenas (outono e inverno) – Figura 4. A região de origem, as características e as repercussões de tais massas e sistemas atmosféricos são descritos na sequência.

A massa equatorial continental (mEc) tem origem numa região de doldrum (calmaria) formada pelo centro de baixa pressão localizado na Floresta Amazônica. Por se formar em uma zona de baixa pressão, essa massa de ar se configura como um sistema atmosférico ciclônico com movimento ascendente e convergente, concentrando e transmitindo para as camadas superiores da atmosfera tanto a umidade gerada pela evapotranspiração da densa vegetação e dos abundantes corpos hídricos da Floresta Amazônica, quanto a originada pela evaporação do Oceano Atlântico, que é transportada pelos alísios. Por conta dos ventos contra-alísios nas camadas superiores da atmosfera e pela expansão da depressão térmica localizada nessa região durante a primavera e verão, essa massa de ar se desloca para o restante do país, perfazendo uma trajetória NO-SE, chegando até o litoral do sul do Brasil (SERRA; RATISBONNA, 1942), transportando umidade e repercutindo a formação de chuvas. Conforme apontado por Nascimento (2016), essa massa adentra o território compreendido pelo estado de Goiás e Distrito Federal pela calha topográfica formada pela Depressão do Rio Araguaia, noroeste e oeste de Goiás.

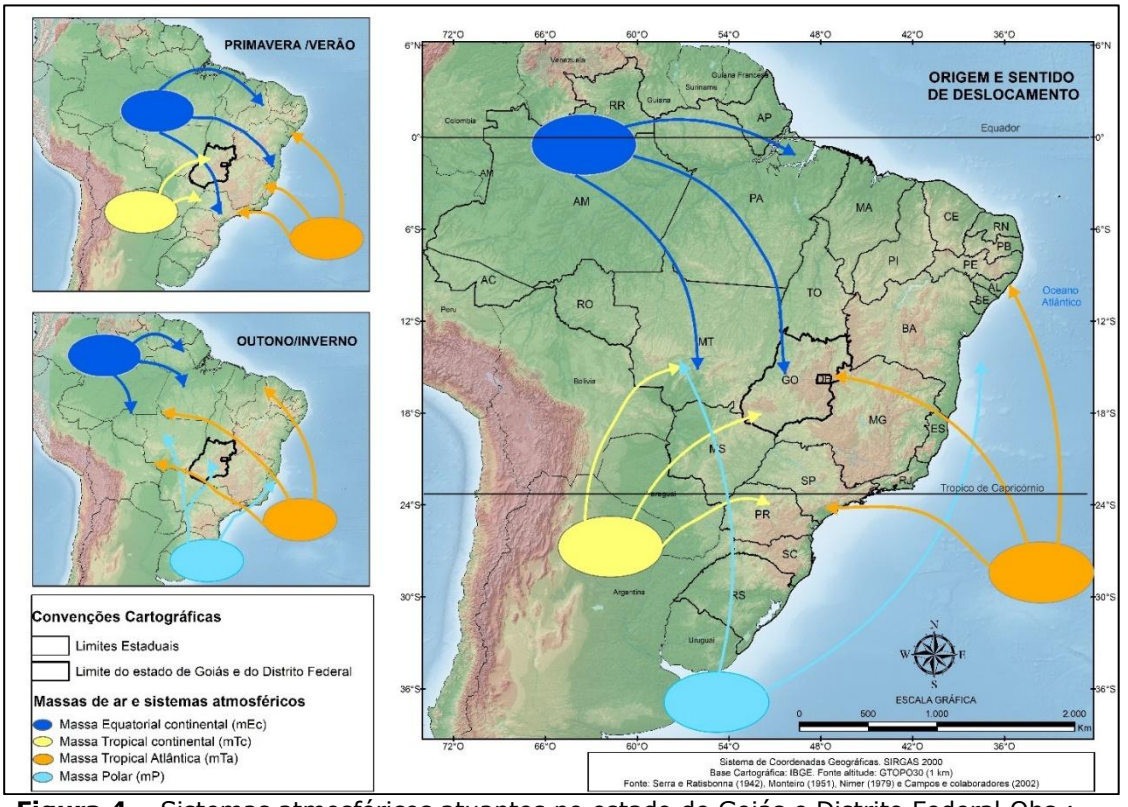

Figura 4 – Sistemas atmosféricos atuantes no estado de Goiás e Distrito Federal Obs.: para visualização e download do mapa em maior resolução, acesse o link: http://abre.ai/figura3 Fonte: próprios autores.

A massa tropical continental (mTc) tem origem na depressão do Chaco, uma zona baixa, quente e árida à leste dos Andes, e é oriunda da frontólise da Frente Polar Pacífica após transpor a Cordilheira dos Andes. Por se formar numa zona de baixa pressão, a mTc possui uma circulação ciclônica na superfície, com forte convergência. A baixa umidade da zona de origem impede a formação de nuvens de convecção, assim, a mTc acarreta um tempo estável, quente e seco, especialmente no verão (SERRA; RATISBONNA, 1942). Assad e colaboradores (1993) destacam que essa massa repercute a interrupção das chuvas durante a estação chuvosa na região, ao longo de 5 a até 10 dias consecutivos, fenômeno esse denominado por vários autores como "veranico".

Por sua vez, a massa tropical atlântica (mTa) tem como origem o anticiclone semifixo localizado no Oceano Atlântico Sul, recebendo, de forma homogênea, muito calor e umidade da superfície oceânica. Porém, por se formar em uma zona de alta pressão, configurando-se como um anticiclone com movimento de subsidência. Por isso, a umidade cedida pela superfície oceânica não se estende para as camadas superiores, limitando-se às camadas inferiores dessa massa. Ao ter que transpor a barreira topográfica condicionada pela Serra do Mar, da Mantiqueira, do Espinhaço e pela Chapada Diamantina, antes de adentrar o país, em sentido leste-oeste, toda a umidade dessa massa é precipitada na região litorânea brasileira. Assim, ao adentrar o continente, a mTa passa a apresentar característica de uma massa "continentalizada", com pouca ou nenhuma umidade e condicionando tempo estável, quente e seco.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

E, por fim, a massa polar (mP) se origina na zona subantártica oceânica, uma zona de alta pressão da qual migram anticiclones em sentido sul-norte que, ocasionalmente, atingem o continente sul-americano por duas trajetórias condicionadas pela orografia da Cordilheira dos Andes, uma a oeste e outra a leste. De sua trajetória a leste dos Andes, atribui-se o nome massa Polar atlântica (mPa), em oposição à massa polar pacífica (mPp), à oeste dos Andes. A mPa ramifica-se em duas trajetórias, uma pela depressão topográfica do Chaco, que se estende pelo estado do Mato Grosso ao Amazonas, e outra trajetória pelo oceano Atlântico. A atuação da mPa é potencializada durante o outono e inverno, quando o menor aquecimento do continente acarreta a redução da depressão térmica da Região Amazônica e, consequentemente, a menor atuação da atuação da mEc. A atuação da mPa geralmente perdura por alguns dias, ocasião em que percebe-se tempo limpo, estável e declínio das temperaturas, especialmente durante a noite.

Borsato e Mendonça (2013) afirmam que a região que compreende o estado de Goiás e o Distrito Federal configura núcleo terminal dos sistemas atmosféricos que atuam no Centro-Sul do Brasil. Contudo, as massas de ar repercutem a circulação habitual da atmosfera que, periodicamente, é interrompida e modificada por sistemas atmosféricos perturbadores, a saber: Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e Frente Polar (FP).

A Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) se baseia em uma alongada e persistente banda de nebulosidade de orientação noroeste/sudeste que se estende desde o sul da região amazônica até o oceano Atlântico Sul (KOUSKY, 1988). Luiz (2012, p. 11) afirma que a origem da ZCAS "é devida à junção da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), da Alta da Bolívia (AB), dos Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis no Nordeste (VCAN) e de sistemas frontais oriundos das regiões subtropicais", o que resulta numa elevada atividade convectiva principalmente ao longo da primavera e verão. Esse sistema é responsável pelo fornecimento de calor e umidade da região amazônica às maiores latitudes pela baixa troposfera, repercutindo na intensificação e em períodos prolongados (entre 4 e 10 dias) de chuvas nas regiões Centro-Oeste e Sudeste do Brasil (NIMER, 1979) – a ponto de ser considerado por Quadro (1994) como um dos principais sistemas atmosféricos responsáveis pelo período chuvoso da região.

A FP se configura como a zona de encontro da mPa com massas de ar mais quentes (mEc, mTc e mTa), durante seu deslocamento em sentido sul-norte ao longo do continente sul-americano. A atuação da FP sobre o estado de Goiás e Distrito Federal é mais comum durante o inverno, acarretando em decréscimos de temperatura que podem durar por alguns dias e, devido à instabilidade atmosférica resultante do encontro de massas com características distintas, também pode proporcionar eventos pluviométricos (chuva frontal) – caso haja umidade disponível na atmosfera.

Entre as estações chuvosa (primavera/verão) e de estiagem (outono/inverno) há uma notória inversão da atuação de massas de ar continentais (mEc e mTc) e marítimas (mTa e mPa) em Goiás e no Distrito Federal (conforme visto pela Figura 4). Para um melhor entendimento dessa dinâmica atmosférica, em seguida, são apresentados os padrões que configuram a circulação atmosférica nestas estações contrastantes do ano e os tipos de tempo que se estabelecem:

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

- Primavera/Verão. Durante o solstício de verão no Hemisfério Sul, o maior ângulo de incidência da radiação solar ocasiona num maior aquecimento da superfície terrestre com relação à oceânica. Devido a esse aquecimento desigual, a zona de baixa pressão localizada na região amazônica se expande e domina por grande parte do território brasileiro, intensificando a atuação da mEc sobre o país, repercutindo seu domínio sobre a área em apreço – o que condiciona o período chuvoso. As chuvas que ocorrem durante o verão são intensificadas pela atuação da ZCAS que resulta numa elevada atividade convectiva. Associada a esse período mais quente, a zona de baixa pressão da depressão do Chaco também se expande, permitindo o fortalecimento, o deslocamento e a atuação da mTc sobre a região em estudo, ocasionando períodos de quatro dias a algumas semanas com elevadas temperaturas e estiagem, ocasião essa considerada "veranico". Na primavera/verão, a zona de alta pressão do Atlântico Sul, onde se forma a mTa, encontra-se enfraquecida e limita-se ao litoral brasileiro, ao passo que a mPa não consegue adentrar por grande extensão do país, pelo fluxo da mEc em sentido N/S barrar o seu deslocamento. Durante a primavera e verão, ocorrem incursões limitadas da mPa que correspondem a algumas precipitações frontais;
- Outono/Inverno. Durante o solstício de inverno, o hemisfério sul apresenta menor ângulo de incidência da radiação solar e, por isso, a superfície terrestre se resfria com maior velocidade e intensidade que a oceânica. Devido a isso, a zona de alta pressão localizada no Atlântico Sul, em que deriva a mTa, se fortalece e avança em sentido SE-NO, predominando em Goiás e no Distrito Federal e repercutindo tempo estável, céu claro, baixa umidade e moderadas temperaturas. Fortalecida pelo sentido de deslocamento da mTa, a mPa se desloca e alcança a região, ocasionando considerável diminuição das temperaturas, sobretudo durante a noite, podendo, ainda, repercutir em chuvas frontais. Durante o outono e inverno, a mEc fica limitada ao alto Amazonas enquanto a mTc, enfraquecida, não consegue se individualizar na forma de massa de ar.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Pelo fato das chuvas serem consideradas o elemento central no balanço de energia da superfície, influenciando os demais elementos climáticos e repercutindo as condições de tempo e características do clima regional (AYOADE, 2003), a abordagem da climatologia geográfica usualmente emprega os totais anuais de precipitação para definição dos anos-padrão habituais e excepcionais (Zavattini, 1990; Monteiro, 1971, 1973). Desta forma, a pesquisa foi amparada na análise quali-quantitativa dos recortes amostrais dos anos-padrão de 2011 (habitual), 2007 (seco) e 2009 (chuvoso) – definidos por Nascimento (2016), para o estudo do regime habitual e excepcional da pluviometria de Goiás e Distrito Federal.

Nesse sentido, inicialmente, se procedeu à identificação diária dos sistemas atmosféricos atuantes na área em estudo ao longo dos três anos-padrão, sendo quantificados e, posteriormente, transformados em valor percentual os dias em que cada sistema ou massa de ar operou sobre a circulação atmosférica regional.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Para esse fim, foram compiladas e analisadas as cartas sinóticas do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos vinculado ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE), referentes ao horário das 12UTC, ou seja, às 9 horas do Horário Oficial de Brasília. Conforme sugerido por Zavattini (1990; 2014), como suporte à identificação dos sistemas atmosféricos, foram utilizados dados diários dos principais elementos climáticos, registrados por estações de superfície e disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), e imagens em composição colorida e de temperatura realçada do satélite meteorológico GOES, fornecidas pela Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais, vinculado ao CPTEC/INPE.

Posteriormente, o estudo contemplou a indicação e mensuração percentual de quais sistemas atmosféricos atuaram nos dias com registros de eventos pluviométricos, para a caracterização da participação dos sistemas atmosféricos na gênese das chuvas. Conforme salientado por Monteiro (1964), levando em conta a preocupação puramente genética, a intenção foi justamente de fornecer a relação da ocorrência de chuva com a circulação atmosférica regional responsável por ela, independente do quantitativo de volume precipitado ou da sua distribuição espacial.

A identificação dos dias com registros de precipitação no estado de Goiás e Distrito Federal se deu a partir da análise das estimativas diárias de precipitação do *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) (produto 3B42 – versão 7). Os arquivos matriciais de estimativas de precipitação foram organizados em um sistema de informações geográficas (SIG) e correlacionados com as cartas sinóticas e imagens de satélite meteorológico, para verificação da existência (ou não) de eventos pluviométricos e identificação dos sistemas atmosféricos associados – conforme exemplificado pela Figura 5, que demonstra o episódio do dia 15 de janeiro de 2011, em que a atuação da ZCAS repercutiu em consideráveis registros de precipitação, principalmente na porção oeste, noroeste, norte e nordeste de Goiás.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

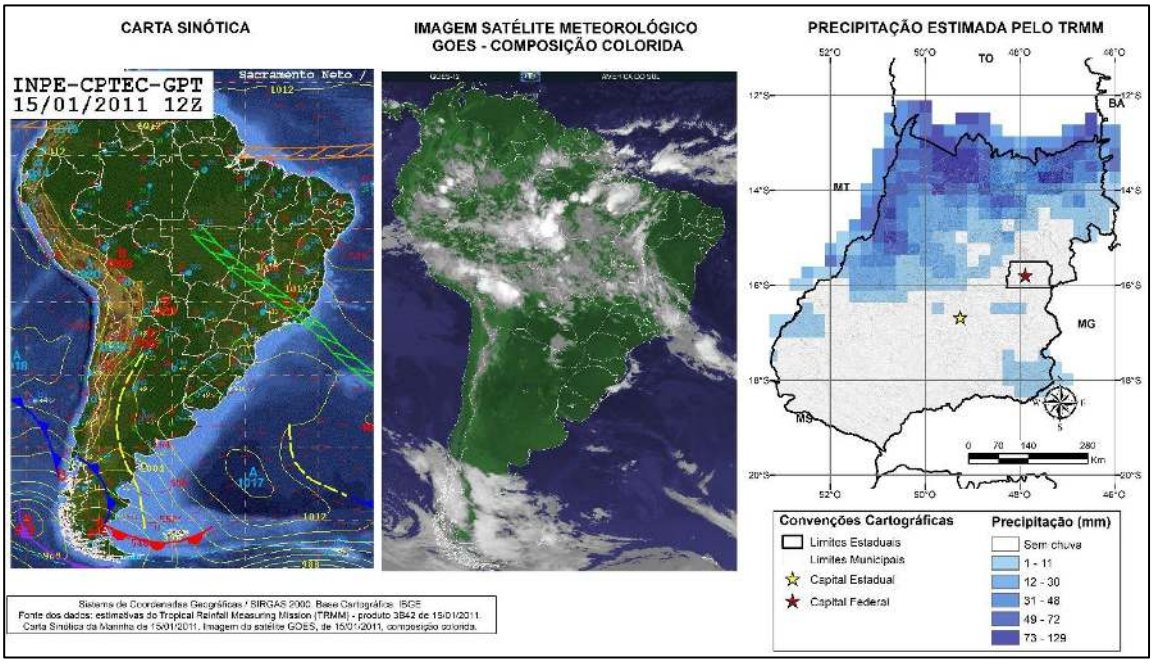

Figura 5 – Carta sinótica, imagem de satélite meteorológico e estimativa diária de precipitação do TRMM na data de 15/01/2011 Obs.: para visualização e download do mapa em maior resolução, acesse o link: http://abre.ai/figura4. Fonte: próprios autores.

O uso de estimativas satelitárias de precipitação, ao invés de dados registrados por estações de superfície, teve como fundamento a hipótese de uma melhor e maior representatividade da variabilidade espacial das chuvas, capaz de substituir aquela baseada na interpolação e inferência espacial de dados registrados por uma pequena e rarefeita rede de estações meteorológicas, conforme considerado por Nascimento (2016). Não constituindo objetivo aqui o de avaliar a eficiência das estimativas satelitárias do TRMM, para esse fim sugere-se consultar Pereira et al. (2013), Danelichen et al. (2013) e Quirino et al. (2017), dentre tantos outros estudos que se voltaram a essa finalidade.

Por fim, foram elaborados gráficos para a representação da atuação e da participação proporcional dos sistemas atmosféricos ao longo do ano, durante as estações chuvosas e secas e no decorrer dos meses de cada um dos três anos-padrão analisados. Os meses de abril a setembro foram considerados como período seco, retratando o outono e inverno, ao passo que os meses de janeiro a março e outubro a dezembro de cada ano foram considerados como período chuvoso, indicativos do verão e da primavera, respectivamente.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 ATUAÇÃO E PARTICIPAÇÃO DOS SISTEMAS ATMOSFÉRICOS NO ANO-PADRÃO HABITUAL (2011)

O ano-padrão habitual de 2011 apresenta atuação praticamente homogênea dos sistemas atmosféricos que influenciam o clima em Goiás e no Distrito Federal – Figura 6 (A), com ligeira maior atuação da mEc (27%) e da

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

mTa (25%), tidos como os sistemas atmosféricos que caracterizam a circulação geral regional e que condicionam a sazonalidade climática bem definida: primavera/verão chuvoso e outono/inverno seco. A mPa e a ZCAS podem ser considerados como sistemas de circulação secundária e perturbadores, pois, além de apresentarem menor atuação (24% cada um), geralmente são responsáveis pela instabilidade atmosférica e ocorrência de chuva na região.

Ao estudar a participação de sistemas atmosféricos em três localidades da Bacia do Rio Paraná no período de 1980 a 2003, Borsato (2009) encontra uma distribuição proporcional dos principais sistemas atmosféricos atuantes em Goiânia relativamente próxima à verificada para o ano-padrão habitual de 2011, com a mEc predominando em 34,5% do ano e a mTa ao longo de 25,8%.

Em outro estudo, analisando a dinâmica e permanência dos sistemas atmosféricos em quatro localidades do Centro Sul do Brasil entre 2002 e 2010, Borsato (2017) indica que para a localidade de Brasília-DF, a mPa representa 15,8% do ano, enquanto que os sistemas frontais atuam ao longo de 4,2% - totalizando 20%, quando consideradas conjuntamente, estando bem próximo ao verificado para o ano habitual de 2011, que foi de 24%. Segundo o autor, nesse recorte temporal a mEc e mTa atuaram em cerca de 51,3% do ano – proporção também bastante próxima da encontrada para 2011.

A sazonalidade climática na área é evidenciada pelos gráficos que mostram a atuação dos sistemas atmosféricos no período chuvoso e seco – Figura 6 (B e C), sendo possível perceber que durante o período chuvoso há predomínio da atuação conjunta da mEc e da ZCAS em praticamente 84% desse período. Condição essa interrompida pela atuação da mPa e da mTa em cerca de 16% do período. No período seco há o predomínio da mTa (50%), seguida pela mPa (43%) e pequena contribuição da mEc (7%).

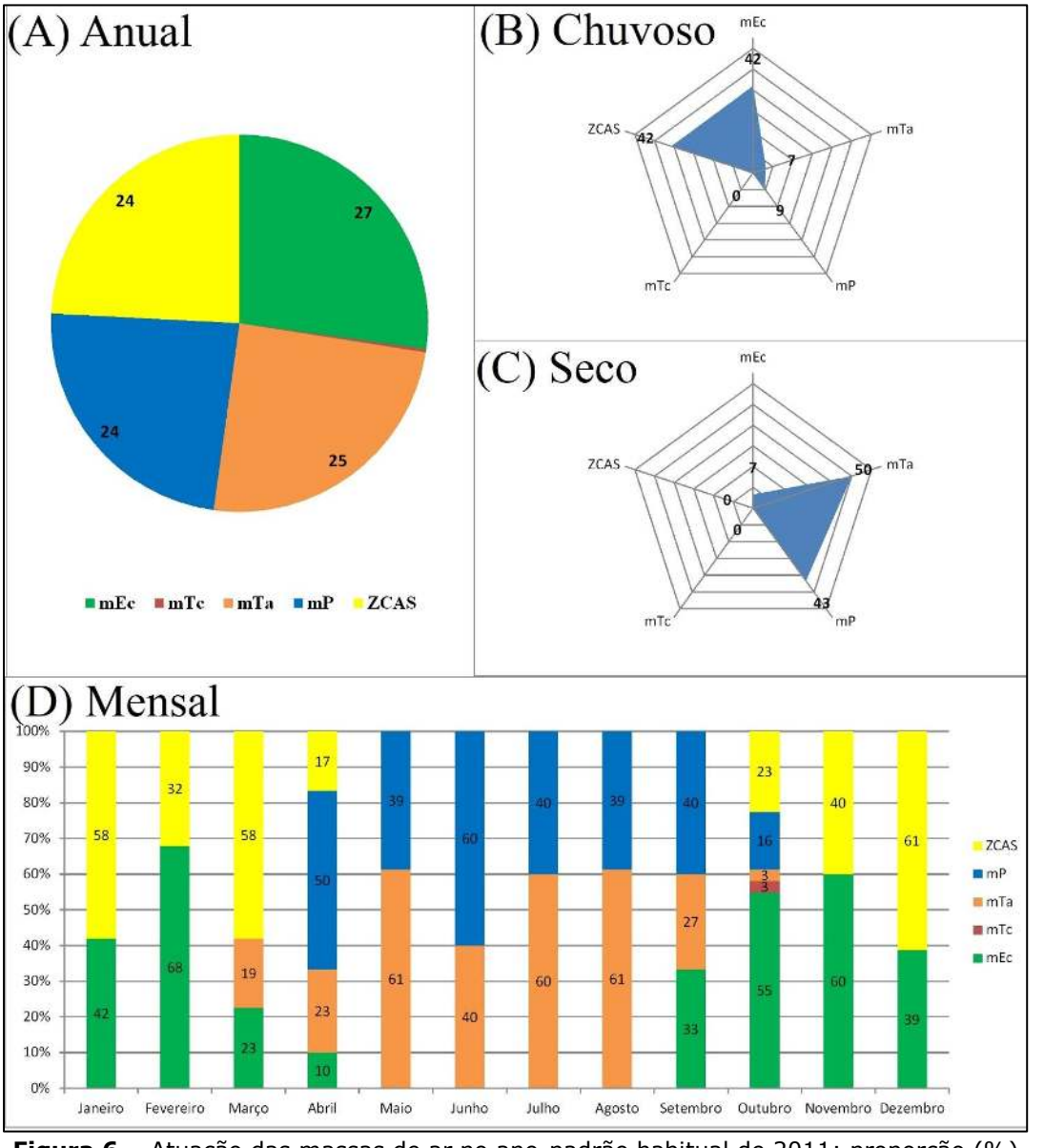

Figura 6 – Atuação das massas de ar no ano-padrão habitual de 2011: proporção (%) anual (A), no período chuvoso (B), no período seco (C) e mensal (D). Fonte: próprios autores.

No decorrer do ano de 2011 – Figura 6 (D), percebe-se uma sucessiva inversão dos sistemas atmosféricos atuantes. Em janeiro e fevereiro, a mEc e a ZCAS respondem pelo estado atmosférico, ao passo que, em março, tem início a atuação da mTa. No mês seguinte (abril), que marca a transição do período chuvoso para seco, a mTa começa a atuar de forma mais significativa na região e, juntamente com a mPa, responde pela estabilidade atmosférica e escassez de chuvas até o mês de setembro. Nesse mês a mEc volta a atuar, havendo, nos meses seguintes, aumento gradativo da atuação da ZCAS e da mEc.

Todavia, essa é apenas a atuação das massas de ar ao longo dos meses, das estações e do ano de 2011. Uma melhor contribuição à compreensão da

gênese das chuvas na área em estudo pode ser atribuída à análise da participação dos sistemas atmosféricos na formação das chuvas, que é indicada pelos gráficos da Figura 7.

Enquanto houve uma atuação bem equilibrada entre os sistemas atmosféricos no ano de 2011, se considerada a participação apenas nos dias com formação de chuva, a mEc (41%) e a ZCAS (36%) são os principais responsáveis pela gênese das chuvas no ano-padrão de 2011 – Figura 6 (A). A mPa e a mTa, juntas, respondem por apenas 23% dos dias com chuvas.

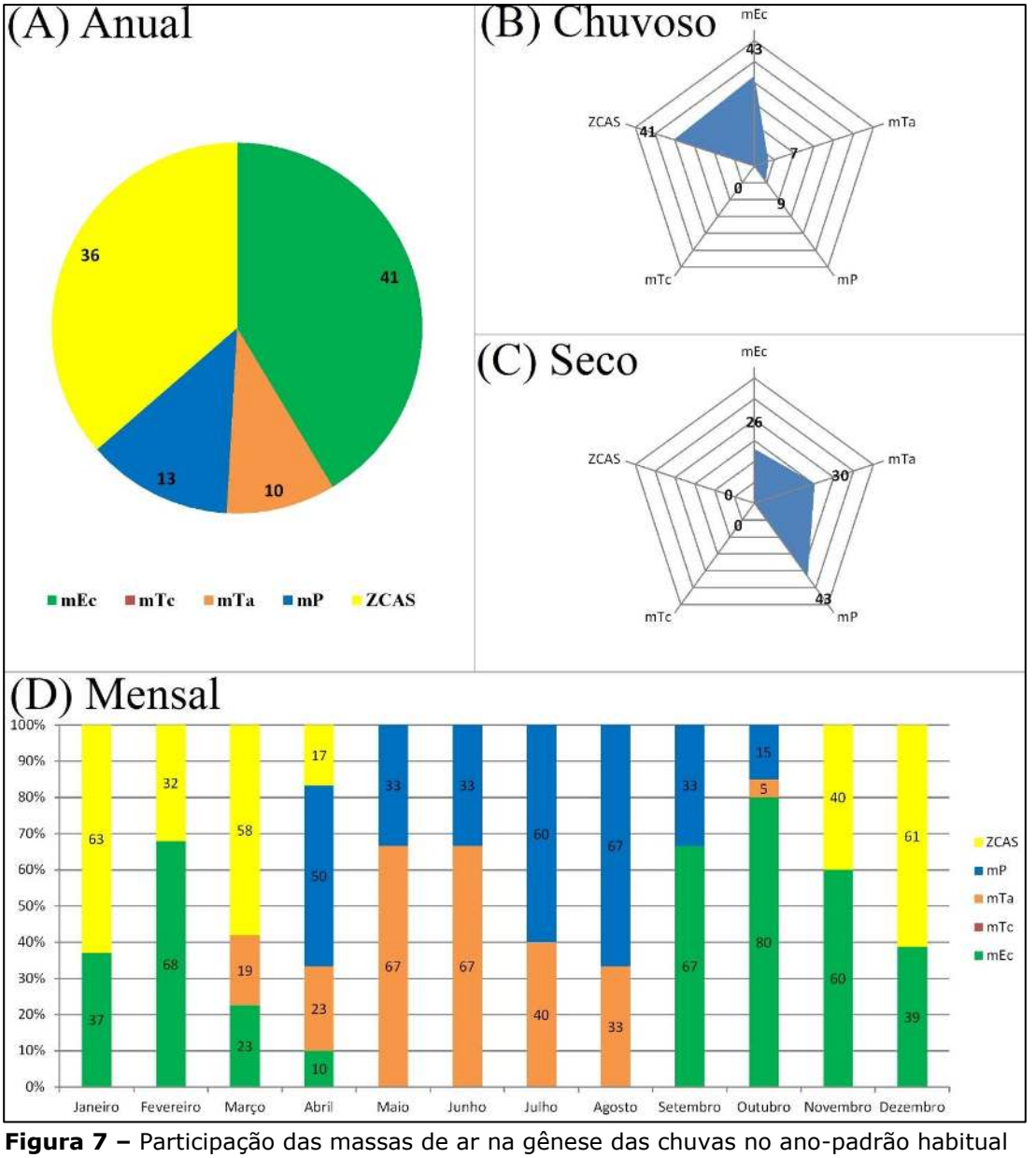

Figura 7 – Participação das massas de ar na gênese das chuvas no ano-padrão habitual de 2011: proporção (%) anual (A), no período chuvoso (B), no período seco (C) e mensal (D). Fonte: próprios autores.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Quando considerada a distribuição proporcional entre o período chuvoso – Figura 7 (B), pouca mudança há entre a atuação e a participação dos sistemas atmosféricos na formação das chuvas, haja vista que a mEc e a ZCAS são as grandes responsáveis pela geração de chuvas, com 43 e 41% de participação nesse período. A mPa e a mTa também respondem por alguns eventos pluviométricos nesse período, porém não chegando a ultrapassar 16%.

Por sua vez, no período seco (Figura 7-C), apesar da maior atuação da mTa (50%) com relação à mPa (43%), essa segunda massa é a grande responsável pelas chuvas nos meses do período seco na região, representando 43% dos dias com chuva, enquanto a mTa corresponde a 30% – possivelmente associados a sistemas convectivos. Apesar da baixa atuação da mEc no período seco de 2011 (7%), ela demonstra considerável contribuição na formação de chuvas nesse período, conforme visto os 26% de sua participação no período de estiagem.

No gráfico representado pela Figura 7 (D), é possível perceber que, entre janeiro e março, a ZCAS e a mEc são os principais sistemas responsáveis pela formação de chuvas na área em estudo. A partir de abril, a formação de chuva é decorrente da participação da mP ou da mTa, sendo que em abril, julho e agosto, a mP possuiu maior participação, enquanto nos meses de maio e junho, foi decorrente da atuação da mTa. De setembro a dezembro, a mEc passa a responder pela formação de chuvas, havendo aumento gradual da participação da ZCAS em novembro e dezembro.

4.2 ATUAÇÃO E PARTICIPAÇÃO DOS SISTEMAS ATMOSFÉRICOS NO ANO-PADRÃO SECO (2007)

O ano-padrão de 2007 apresenta a atuação predominante da mTa, em cerca de 31% do ano, seguida de perto pela mEc (27%) e pelos demais sistemas de circulação secundária: mPa (21%), ZCAS (19%) – Figura 8 (A). Conforme visto pelos gráficos representados pela Figura 8 (B e C), ao longo do período chuvoso há o predomínio dos sistemas atmosféricos responsáveis pelo transporte de umidade da Região Norte para a área em estudo, ou seja, da mEc (42%) e da ZCAS (33%). Contudo, há também uma presença considerável da mTa, correspondendo a 17% de atuação nesse período, além de outros sistemas, como a mPa (6%) e a mTc (2%). No período de seca, a atuação predominante é da mTa (52%), seguida de perto pela mPa (41%) e com uma pequena presença da mEc (7%).

A sucessão da atuação dos sistemas atmosféricos no decorrer do ano-padrão de 2007 é representada pela Figura 8 (D), pela qual é possível destacar que janeiro e fevereiro têm a atuação predominante da ZCAS, seguida pela mEc. Desde março, quando, habitualmente, ainda predominam os sistemas atmosféricos característicos do período chuvoso, a mTa passa a ter uma atuação considerável – fato que justifica a queda de precipitação nesse mês e o regime seco para esse ano. Contudo, ainda se percebe a atuação da mEc até o mês de maio. Entre abril e outubro, a atuação conjunta da mTa e mPa determinam a escassez de chuvas na região, apenas em setembro a mEc volta a atuar, com aumento gradativo nos meses seguintes, com colaboração da ZCAS após outubro.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

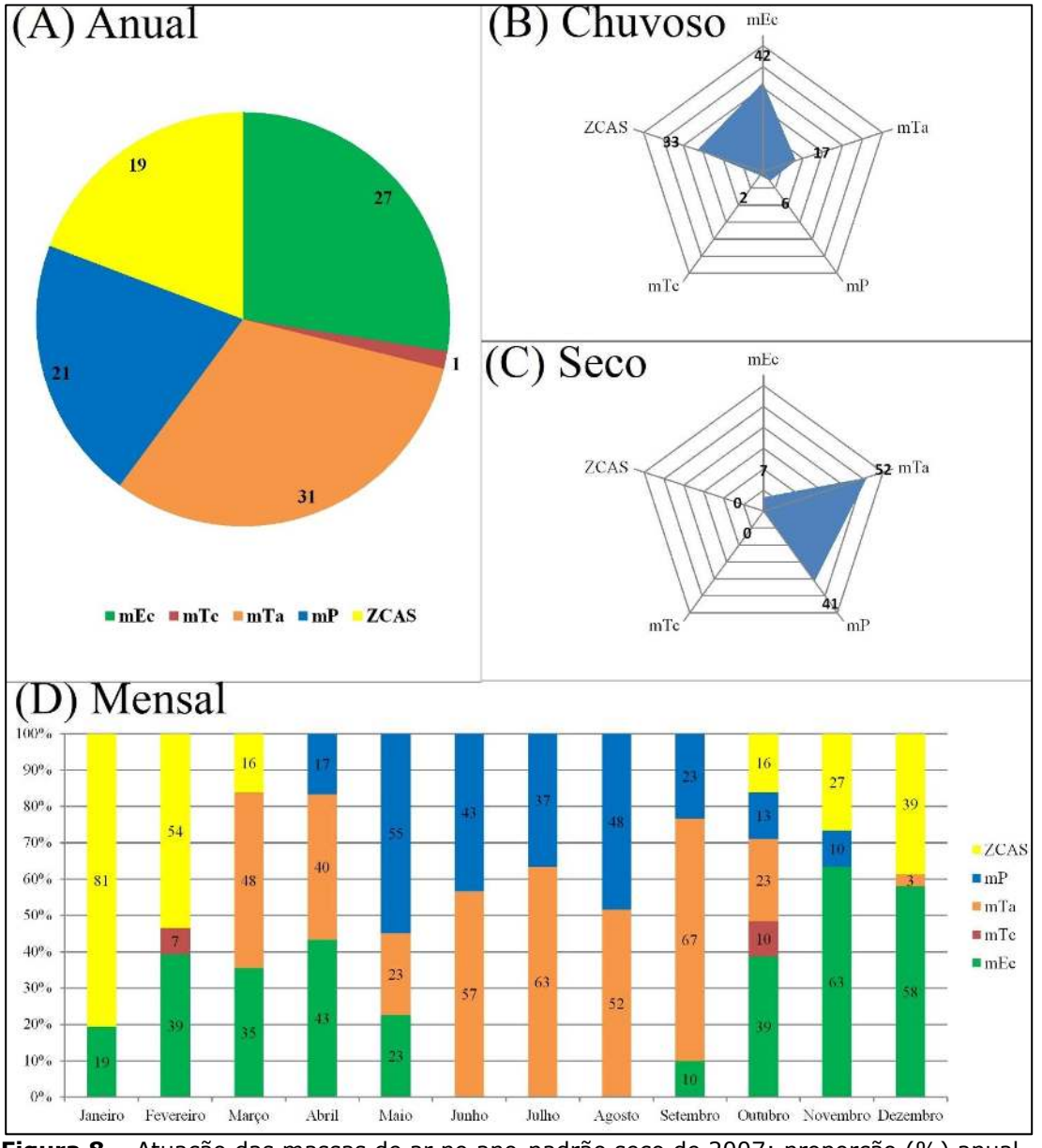

Figura 8 – Atuação das massas de ar no ano-padrão seco de 2007: proporção (%) anual (A), no período chuvoso (B), no período seco (C) e mensal (D). Fonte: próprios autores.

Mesmo com a maior atuação da mTa no ano de 2007, as maiores responsáveis pela formação de chuvas foram a mEc (39%) e a ZCAS (32%) – Figura 9 (A). A mTa teve pouca participação em dias com ocorrência de chuvas (19%), seguida pela mPa (9%) e pela mTc (1%).

A participação dos sistemas atmosféricos na gênese das chuvas entre os períodos chuvosos e seco é bastante similar à sua atuação – Figura 9 (B e C), havendo, no período chuvoso, maior contribuição da mEc (45%) e da ZCAS (40%), enquanto no período de estiagem a formação de chuvas é atribuída principalmente à mTa (45%) e à mP (40%).

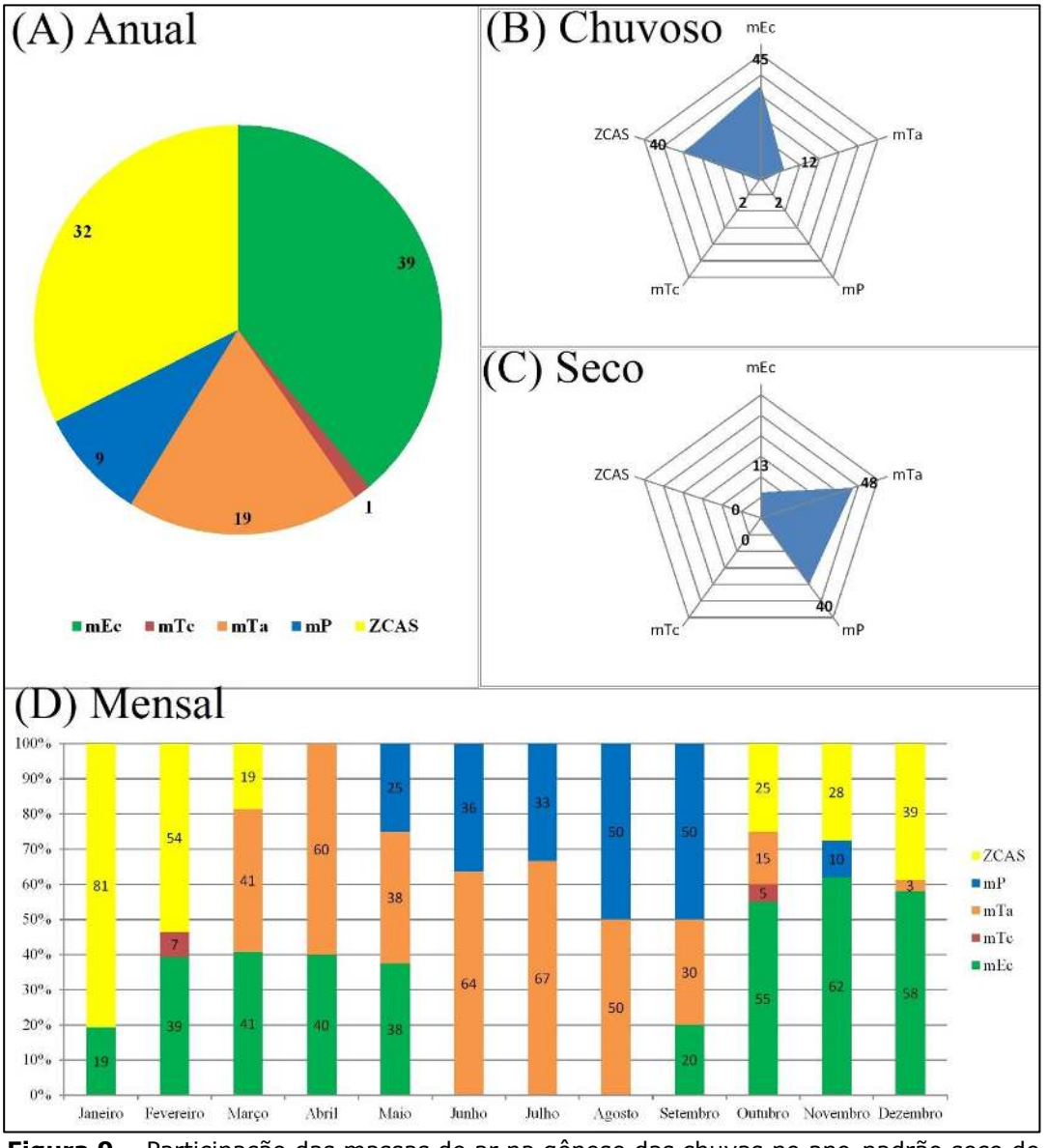

Figura 9 – Participação das massas de ar na gênese das chuvas no ano-padrão seco de 007: proporção (%) anual (A), no período chuvoso (B), no período seco (C) e mensal (D). Fonte: próprios autores.

Na variação mensal da participação dos sistemas atmosféricos na formação de chuvas (Figura 9 D) se percebe que janeiro e fevereiro tiveram maior presença da ZCAS. De março a maio, a mEc divide espaço com a mTa. Ao passo que entre junho e setembro a mTa e a mPa são as responsáveis pela ocorrência de chuva. Após setembro, a mEc volta a responder pela formação de chuvas, com contribuição da ZCAS a partir de outubro.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

4.3 ATUAÇÃO E PARTICIPAÇÃO DOS SISTEMAS ATMOSFÉRICOS NO ANO-PADRÃO CHUVOSO (2009)

O ano-padrão chuvoso de 2009 apresenta atuação majoritária da mEc em quase metade do ano (43%), conforme visto na Figura 10 (A). Nesse ano de elevada pluviosidade, a mTa teve atuação também considerável (25%), seguida pela ZCAS (18%), mPa (12%) e mTc (2%).

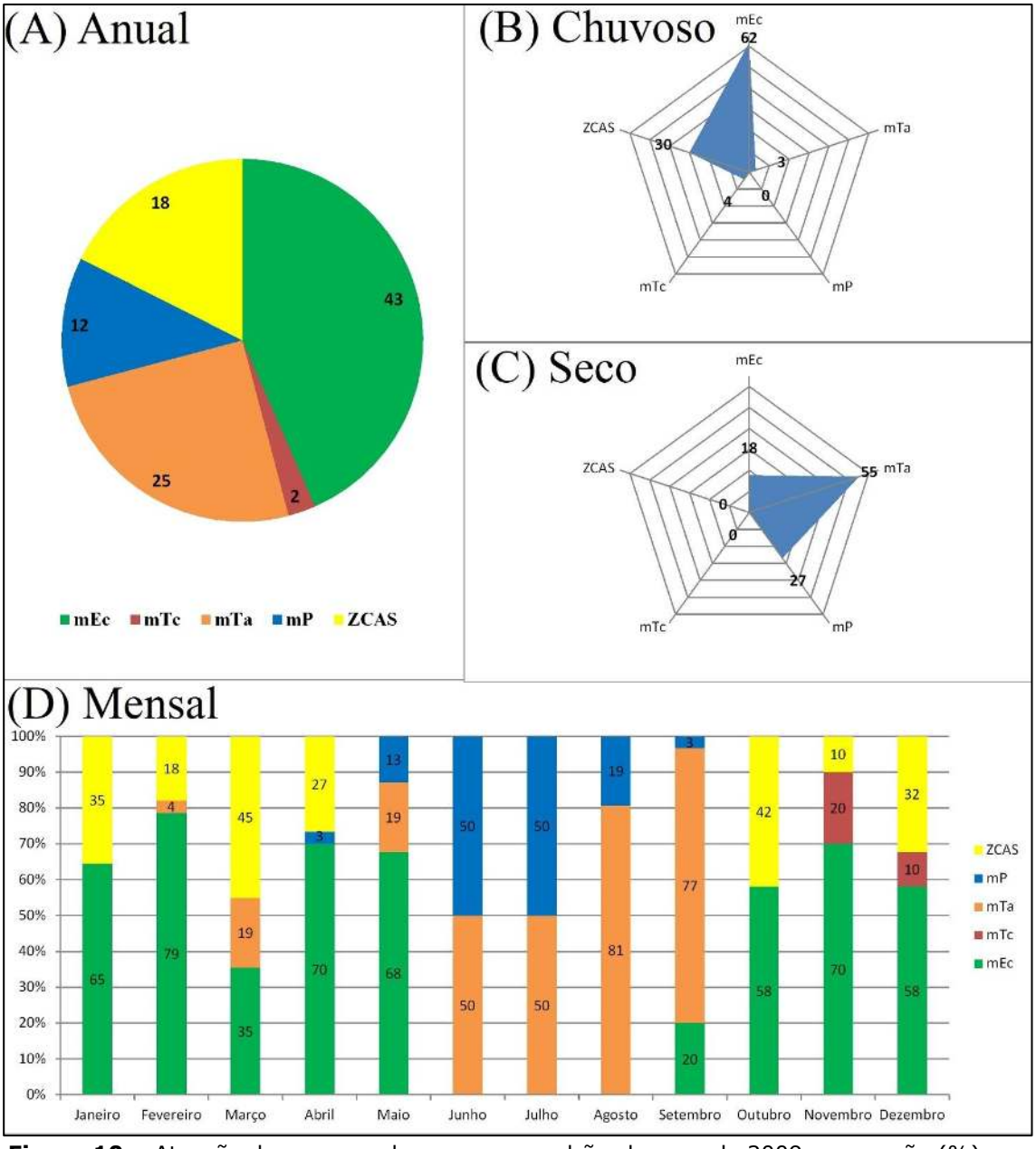

Figura 10 – Atuação das massas de ar no ano-padrão chuvoso de 2009: proporção (%) anual (A), no período chuvoso (B), no período seco (C) e mensal (D). Fonte: próprios autores.

Pelo gráfico representado pela Figura 10 (B) é possível destacar a atuação da mEc em mais da metade do período chuvoso (62%), seguida pela

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

ZCAS (30%). A mTc e mTa tem tímida aparição, com 4 e 3%, respectivamente. No período de estiagem (Figura 10 C), a mTa têm atuação em pouco mais da metade do ano (55%), ao passo que a mPa atua em 27% e a mEc em 18%, bem acima de sua atuação habitual – fato esse que justifica o elevado registro pluviométrico mesmo no período seco.

Pela Figura 10 (D) se percebe a persistente atuação da mEc entre janeiro e maio, principalmente em fevereiro e abril, quando esse sistema responde pelo tempo atmosférico em 79 e 70% de cada mês, respectivamente. A partir de junho, até o mês de setembro, há atuação compartilhada da mTa com a mPa, com maior destaque à primeira, haja vista seu predomínio em 51 e 77% dos meses de agosto e setembro, respectivamente. A partir de setembro, a mEc volta a atuar, porém apresenta maior permanência nos meses seguintes, outubro, novembro e dezembro, quando responde pelo tempo atmosférico em mais da metade do mês. A partir de outubro, a ZCAS também passa a atuar na região, porém apresentando recuo nos meses de novembro e dezembro, dando margem à atuação da mTc.

Com relação a participação dos sistemas atmosféricos na formação de chuvas no ano-padrão chuvoso de 2009, é possível destacar a grande contribuição da mEc (60%), seguida pela ZCAS (23%), enquanto os demais sistemas correspondem a apenas 17% dos dias com chuvas – Figura 11 (A).

Conforme visto pela Figura 11 (B), a mEc foi responsável por 64% dos dias com chuvas no período chuvoso, seguido pela ZCAS que correspondeu a 28%. A mTc, mPa e mTa se limitaram a 7% de participação na formação de chuvas nesse período. Na estiagem (Figura 11 C), além da participação da mTa (32%) e da mPa (29%) na gênese das chuvas, convém destacar que, apesar da pequena atuação da mEc nesse período (18%), ela apresentou considerável participação na formação de chuvas (39%).

No decorrer dos meses do ano de 2009 (Figura 11 D), percebe-se que a mEc e, em segundo plano, a ZCAS, são os sistemas atmosféricos responsáveis pela formação de chuvas nos primeiros meses do ano, de janeiro a maio. A partir de junho, a mPa é a grande responsável pela formação de chuva, com contribuição também da mTa. Após o mês de setembro, a mEc volta a ser o principal sistema responsável pela formação de chuvas, com pequena contribuição da ZCAS, principalmente entre outubro e dezembro; e da mTc, em novembro e dezembro.

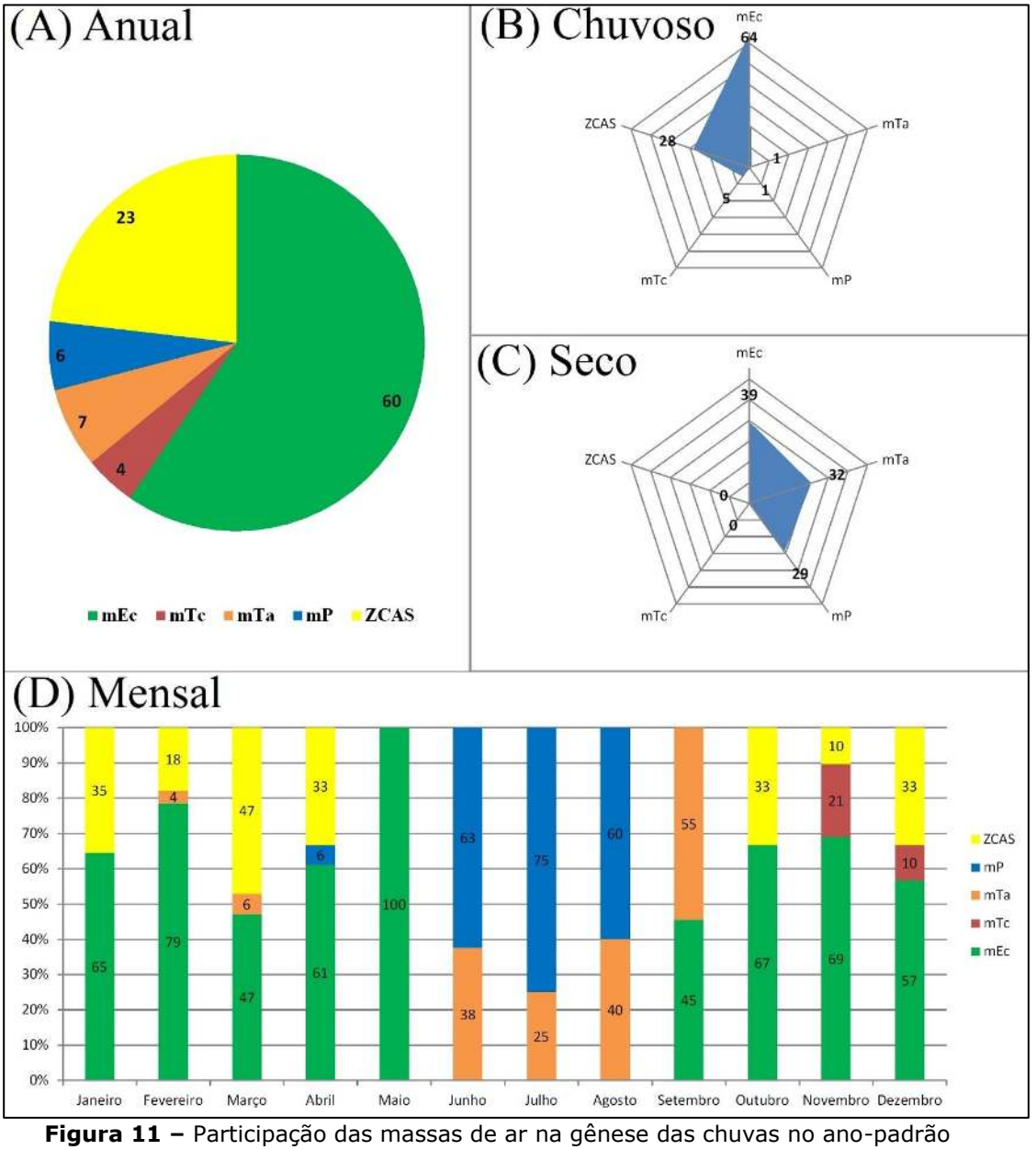

Figura 11 – Participação das massas de ar na gênese das chuvas no ano-padrão chuvoso de 2009: proporção (%) anual (A), no período chuvoso (B), no período seco (C) e mensal (D). Fonte: próprios autores.

4.4 SÍNTESE DA ATUAÇÃO E PARTICIPAÇÃO DOS SISTEMAS ATMOSFÉRICOS ENTRE OS ANOS-PADRÃO HABITUAL E EXCEPCIONAIS

Uma síntese da atuação dos mecanismos de circulação atmosférica e da participação dos mesmos na gênese das chuvas entre os anos-padrão habitual (2011), seco (2007) e chuvoso (2009) é representada pelas Figuras 12 e Figura 13, a seguir.

O gráfico da Figura 12 indica a atuação proporcional dos sistemas atmosféricos entre os três anos-padrão, sendo possível perceber que a ação relativamente bem equilibrada entre os principais mecanismos da dinâmica

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

atmosférica regional na área em estudo ao longo do ano habitual de 2011 é alterada nos anos de regime excepcional. No ano de reduzida pluviosidade de 2007 ocorre maior atuação da mTa (31%), em detrimento da menor ocorrência da ZCAS (19%) e da mPa (21%); ao passo que no ano de elevada pluviosidade de 2009 há aumento significativo da atuação da mEc (43%), com correspondente diminuição da presença da mPa (12%) e da ZCAS (18%).

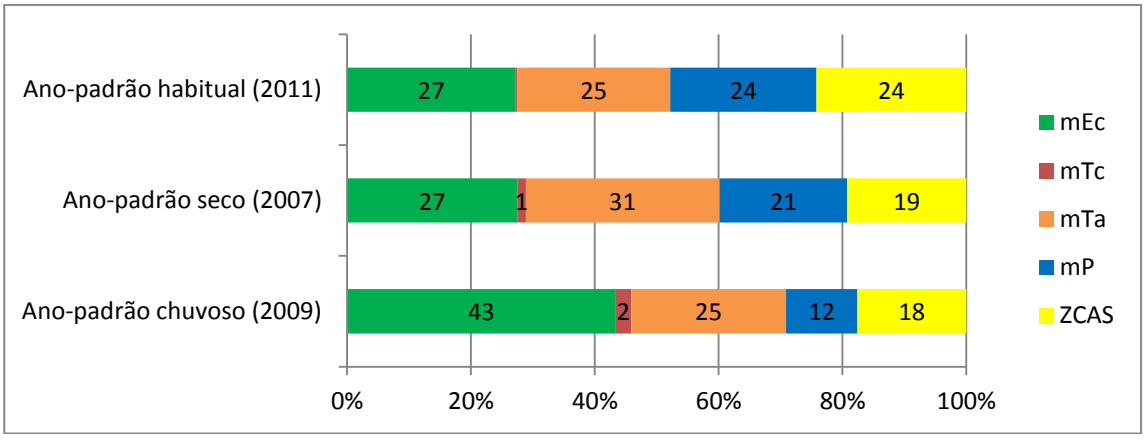

Figura 12 – Atuação das massas de ar nos anos-padrão habitual e excepcional.
Fonte: próprios autores.

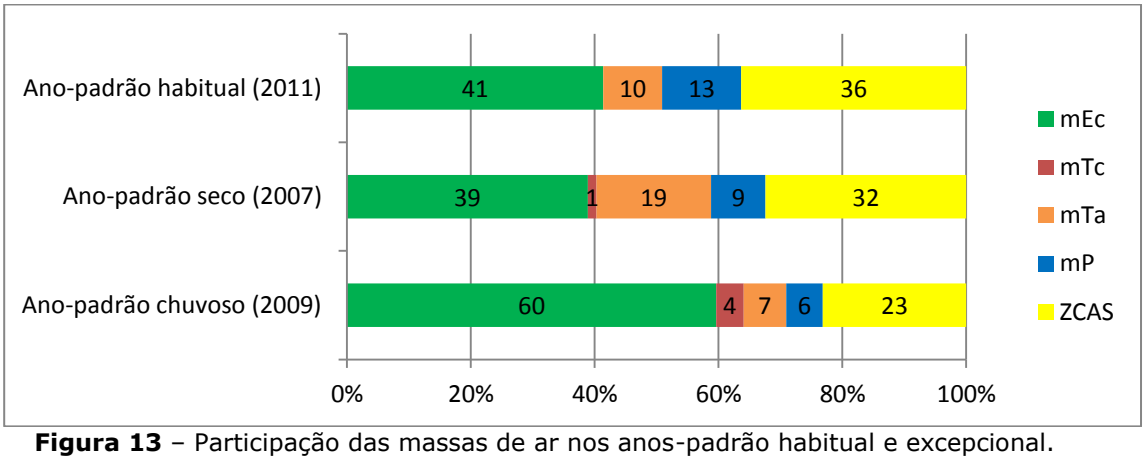

Figura 13 – Participação das massas de ar nos anos-padrão habitual e excepcional.
Fonte: próprios autores.

Contudo, a compreensão genética do clima é mais bem atribuída pela percepção da circulação atmosférica regional responsável pela chuva precipitada, subsidiada pela Figura 13. No ano de regime habitual a mEc foi a maior responsável pela gênese das chuvas (41%), seguida pela ZCAS (36%), com os demais sistemas respondendo por apenas 23% da gênese das chuvas. Na ocasião do ano de reduzida precipitação (2007), percebe-se uma ligeira diminuição da participação desses sistemas (mEc com 39% e ZCAS com 32%) e um tímido aumento da participação da mTa e mPa, para 28% dos dias com chuvas – algo possivelmente relacionado a sistemas convectivos e frontais associados. Por sua vez, no ano de elevada precipitação (2009) há maior participação da mEc, correspondendo a 60% dos dias com chuvas, com menor

participação da ZCAS (23%) e demais sistemas, que não chegam a corresponder a 17% dos dias com registros de chuvas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A abordagem genética da Climatologia Geográfica defende o recurso de recortes amostrais em detrimento das abstrações apresentadas pelo tratamento médio dos dados climáticos, sendo, geralmente, identificados e empregados anos-padrão para o estudo do regime habitual e excepcional das chuvas.

Valendo-se dos recortes amostrais dos anos-padrão habitual (2011), seco (2007) e chuvoso (2009), nota-se diferente atuação e participação das massas de ar na gênese das chuvas no estado de Goiás e Distrito Federal. No regime habitual, percebe-se uma ação equilibrada entre os principais sistemas atmosféricos atuantes na região (mEc, mTa, mPa e ZCAS), ao passo que o regime seco apresenta aumento da atuação da mTa, enquanto o regime chuvoso reflete elevação da atuação da mEc.

Ainda mais importante que a indicação da atuação dos sistemas atmosféricos é a retratação da participação de tais sistemas na formação de chuvas, com destaque aos sistemas produtores de chuvas oriundos da região amazônica: mEc e ZCAS, destacando o papel da Floresta Amazônica na transferência de umidade – e chuvas – para a região onde se encontram Goiás e Distrito Federal.

Contudo, considerável proporção da atuação dos sistemas atmosféricos pode ser evidenciada entre os diferentes anos-padrão. No regime habitual, a mEc correspondeu a 41% dos dias com chuvas, acompanhada de perto pela ZCAS, com 36%. A mPa e mTa apresentam menor participação, com 13% e 10%, respectivamente. No regime seco ocorre maior participação da mTa (19%) na formação de chuvas, repercutindo em menores acumulados diários de precipitação, ao passo que no regime chuvoso há aumento considerável da participação da mEc, presente em 60% dos dias com chuvas durante o ano.

REFERÊNCIAS

ARMOND, N. Entre eventos e episódios: as excepcionalidades das chuvas e os alagamentos no espaço urbano do Rio de Janeiro. 2014. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Presidente Prudente: FCT/UNESP, 2014.

ARMOND, N. Dinâmica climática, excepcionalidade e vulnerabilidade: contribuições para uma classificação geográfica do clima do estado do Rio de Janeiro. 2018. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Presidente Prudente: FCT/UNESP, 2018.

ASSAD, Eduardo Delgado; SANO, Edson Eyji; MASUTOMO, Ryo; CASTRO, Luís Hernan R. de; SILVA, Fernando A. Mmacena da. Veranicos na região dos cerrados brasileiros: frequência e probabilidade de ocorrência. Pesq. agropec. bras., Brasília, v. 28, n. 9, p. 993-1003, 1993.

AYOADE, J. O. Introdução a climatologia para os trópicos. 9. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. 332 p

BARROS, J. R. A chuva no Distrito Federal: o regime a as excepcionalidades do ritmo. 2003. Dissertação (Mestrado em Geografia)-Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista – Campus de Rio Claro, Rio Claro, 2003.

_____. Tipos de tempo e incidência de doenças respiratórias: um estudo geográfico aplicado ao Distrito Federal. 2006. 132f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2006.

_____; ZAVATTINI, J. A. Bases conceituais em climatologia geográfica. Mercator, v. 08, n. 16, p. 255-261, 2009.

BOIN, M. N. Chuvas e erosões no Oeste Paulista: uma análise climatológica aplicada. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, 2000.

BORSATO, V. de A. A dinâmica atmosférica e a gêneses das chuvas na bacia do rio Paraná no período de 1980 a 2003. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2007.

_____. A dinâmica climática do Brasil e massas de ares. Curitiba: CRV, 2016.

_____. A dinâmica atmosférica no centro sul do Brasil e a estacionalidade. Geoingá: Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia, v. 9, n. 2, p. 3-27, 2017.

_____. A participação dos sistemas atmosféricos atuantes na bacia do Rio Paraná no período de 1980 a 2003. Revista Brasileira de Climatologia, v. 7, n. 6, p. 83-102, 2009.

_____; Mendonça, F. A. A Participação dos sistemas atmosféricos na estação do Inverno de 2012 no Centro Sul do Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 15., 2013, Vitória-ES. Anais... Vitória-ES: UFES, 2013. p. 336-344.

CONTI, J. B. Circulação secundária e efeito orográfico na gênese das chuvas na região lesnordeste paulista. Série Teses e Monografias, São Paulo, n. 18, 1979.

CAMPOS, A. B. de. et al. Análise do comportamento espacial e temporal das temperaturas e pluviosidades no Estado de Goiás. *In*: ALMEIDA, M. G. de (Org.). Abordagens geográficas de Goiás: o natural e o social na contemporaneidade. Goiânia: IESA, 2002. p. 91-118.

DANELICHEN, V. H. M.; MACHADO, N. G.; SOUZA, M. C.; BIUDES, M. S. TRMM satellite performance in estimating rainfall over the midwest region of Brazil. Revista Brasileira de Climatologia, v. 12, n. 9, p. 22-32, 2013.

FONZAR, B. C. A circulação atmosférica na América do Sul: os grandes sistemas planetários e subsistemas regionais que atingem o continente: localização e trajetórias. Caderno de Geociências, Rio de Janeiro, n. 11, p. 11-33, jul./set. 1994.

GONÇALVES, J. C. Ritmo climático e a gênese das chuvas na zona oeste do Pantanal Sul-matogrossense. 1993. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Estimativa da população. Rio de Janeiro: IBGE, 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Normais Climatológicas do Brasil 1981 – 2010. Brasília-DF: 2018.

KOUSKY, V. E. *Pentad outgoing longwave radiation climatology for the South American sector*. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 3, p. 217-231, 1988.

LUIZ, G. C. Influência da relação solo-atmosfera no comportamento hidromecânico de solos tropicais não saturados: estudo de caso - município de Goiânia-GO. 2012. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2012.

MONTEIRO, C. A. de F. A dinâmica climática e as chuvas do estado de São Paulo: estudo geográfico sob forma de atlas. São Paulo: IGEOG, 1973.

_____. A análise rítmica em climatologia: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1971. (Série Climatologia, 1).

_____. A frente polar atlântica e as chuvas de inverno na fachada sul-oriental do Brasil: (...). São Paulo: Universidade de São Paulo, 1969. (Série Teses e Monografias, 1).

_____. Notas para o estudo do clima do Centro-Oeste brasileiro. Revista Brasileira de Geografia. v. 13, n. 1, p. 3-46, jan-mar 1951.

_____. Sobre um índice de participação das massas de ar e suas possibilidades de aplicação à classificação climática. Revista Geográfica. Rio de Janeiro, v. 33, n. 61, p. 59-69, 1964.

MORAIS, L. B. de. Banco de dados pluviométricos integrados por dados da plataforma TRMM e estações pluviométricas nos estados de Goiás e Distrito Federal. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente) - Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

NASCIMENTO, D. T. F. Chuvas no estado de Goiás e no Distrito Federal a partir de estimativas por satélite e circulação atmosférica. 2016. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016.

_____.; OLIVEIRA, I. J. de. Aplicação das estimativas de precipitação do Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) no estudo da pluviometria habitual e excepcional de Goiás e Distrito Federal. Revista Brasileira de Geografia Física, v.11, n.05, p. 1664-1679, 2018.

NEVES, G. Z. de F. Distribuição geográfica das chuvas no estado de Goiás e Distrito Federal: dinâmica e aplicações nos estudos rítmicos. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018.

NIMER, E. Climatologia do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 1979. 422p.

PEREIRA, G.; SILVA, M. E. S.; MORAES, E. C.; CARDOZO, F. S. Avaliação dos dados de precipitação estimados pelo satélite TRMM para o Brasil. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 18, n. 3, p. 139-149, 2013.

PINTO, P. H. P. As chuvas no estado do Tocantins: distribuição geográfica e gênese das variações rítmicas. 2013. Dissertação (Mestrado em Geografia),

Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2013.

PROJETO MapBiomas – Coleção 4.0 (1985-2018) da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil. Disponível em <http://mapbiomas.org/> Acessado em 19 set. 2019.QUADRO, M. F. L. Estudo de Episódios de Zonas de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre a América do Sul. 1994. 97 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Meteorologia, São José dos Campos, SP, 1994.

QUIRINO, D. T.; PAULA NETO, H. M.; OLIVEIRA, R. A. J. Avaliação das estimativas de precipitação do satélite TRMM (algoritmo 3B42 V7) sobre o estado de Goiás. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 20., 2013, Bento Gonçalves, RS. Anais... 2013.

RIBEIRO, J. F; WALTER, B. M. T. « As principais fitofisionomias do bioma Cerrado ». In: Sano, S. M.; Almeida, S. P.; Ribeiro, J. F (Org.). *Cerrado*: ecologia e flora. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação tecnológica, 2008.

SANT'ANNA NETO, J. L. História da Climatologia no Brasil: gênese, paradigmas e a construção de uma Geografia do Clima. 2001. Tese de Livre-Docência. Faculdade de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2001.

_____. Ritmo climático e a gênese das chuvas na zona costeira paulista. São Paulo, 1990. Dissertação (Mestrado em geografia física). USP, FFLCH, São Paulo, 1990.

SERRA, A.; RATISBONNA, L. As massas de ar na América do Sul. Rio de Janeiro: Serviço de Meteorologia, Ministério da Agricultura, 1942.

TARIFA, J. R. Variação do balanço hídrico e sucessão de tipos de tempo no sudoeste paulista: ensaio monográfico aplicado ao ano agrícola de 1968/69. 1972. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1972.

ZANDONADI, L. As Chuvas na Bacia Hidrográfica do Rio Paraná, Brasil: um estudo do ritmo climático e algumas considerações sobre a vazão hídrica. 2013. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Rio Claro, 2013.

ZAVATTINI, J. A. A Climatologia Geográfica Brasileira, o enfoque dinâmico e a noção de ritmo climático. Geografia (Rio Claro), Rio Claro, v. 23, n.3, p. 5-24, 1998.

_____. A Dinâmica Atmosférica e a distribuição das chuvas no Mato Grosso do Sul ». São Paulo, 1990. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

_____. O uso das cartas sinóticas nos estudos de climatologia geográfica ». IN: SILVA, C. A. da; FIALHO, E. S.; STEINKE, E. T (Orgs.). Experimentos em Climatologia Geográfica. Dourados, MS: UFGD, 2014. Cap. 13, p. 243-270.