


# Desenvolvimento de um novo sistema de classificação climática com base na metodologia dos tipos de tempo sinóticos para a região Nordeste do Brasil

**Lucas Suassuna  
de Albuquerque Wanderley**

Instituto Federal de Alagoas.  
Penedo. Alagoas. Brasil


lucas.wanderley@ifal.edu.br

 0000-0002-9734-5069

**Ranyére Silva Nóbrega**

Universidade Federal de Pernambuco.  
Recife. Pernambuco. Brasil

ranyere.nobrega@yahoo.com.br

 0000-0001-9097-1537

**e-175243**

revista

**Geo**   
**USP**  
espaço e tempo

**Volume 26 • n° 1 (2022)**

ISSN 2179-0892

## Como citar este artigo:

WANDERLEY, L. S. A.; NÓBREGA, R. S. Desenvolvimento de um novo sistema de classificação climática com base na metodologia dos tipos de tempo sinóticos para a região Nordeste do Brasil. **Geosp**, v. 26, n. 1, e-175243, abr. 2022. ISSN 2179-0892. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/geosp/article/view/175243>. doi: <https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geosp.2022.175243>.



Este artigo está licenciado sob a Creative Commons Attribution 4.0 License.

# Desenvolvimento de um novo sistema de classificação climática com base na metodologia dos tipos de tempo sinóticos para a região Nordeste do Brasil

---

## Resumo

O objetivo deste estudo foi desenvolver um sistema de classificação climática de base sinótica para o Nordeste brasileiro. Como método, foram identificadas e sistematizadas as características atmosféricas em superfície relativas aos sistemas sinóticos individualizados e às massas de ar que atuam na região. Para tanto, foi aplicada a análise de componentes principais, seguida da análise de agrupamento hierárquico pelo método de Ward. Esses procedimentos resultaram na delimitação de grupos similares de estações meteorológicas quanto ao comportamento diário das variáveis atmosféricas. Esses grupos foram relacionados aos sistemas sinóticos com auxílio de imagens de satélite e cartas sinóticas de superfície. A classificação climática final foi obtida pela análise de agrupamento das frequências sazonais de atuação dos sistemas sinóticos atribuídas às estações meteorológicas regionais. Como resultado, foram descritos os tipos de tempo associados aos sistemas sinóticos e apresentados nove tipos climáticos no Nordeste brasileiro.

**Palavras-chave:** Classificação climática. Nordeste brasileiro. Climatologia sinótica.

---

## Development of a new climate classification system based on methodology of synoptic weather types for the Brazilian Northeast

---

### Abstract

This study aimed to develop a synoptic-based climate classification system for the Brazilian Northeast. As a method, the atmospheric characteristics in the surface were identified and systematized regarding the individualized synoptic systems and the air masses that act in the region. For this purpose, the Principal Component Analysis was applied, followed by the Hierarchical Cluster analysis by the Ward method. These procedures resulted in the delimitation of similar groups of meteorological

stations regarding the daily behavior of atmospheric variables. These groups were related to synoptic systems with the aid of satellite images and surface synoptic charts. The final climatic classification was obtained by the analysis of the grouping of the seasonal frequencies of action of the synoptic systems attributed to the regional meteorological stations. As a result, the weather types associated with the synoptic systems were described and nine weather types were presented for the Brazilian Northeast.

**Keywords:** Climate classification. Brazilian Northeast. Synoptic Climatology.

---

## Desarrollo de un nuevo sistema de clasificación climática basado en la metodología de los tipos de tiempo sinópticos para el Noreste de Brasil

---

### Resumen

Este estudio tuvo como objetivo desarrollar un sistema de clasificación climática de base sinóptica para el noreste de Brasil. Como método, se han identificado y sistematizado las características atmosféricas, en superficie, en relación con los sistemas sinópticos individualizados y las masas de aire que actúan en la región. Con este fin, se aplicó el Análisis de Componentes Principales, al que siguió el análisis de Agrupación Jerárquica por el método de Ward. Estos procedimientos condujeron a la delimitación de grupos similares de estaciones meteorológicas en relación con el comportamiento diario de las variables atmosféricas. Estos grupos fueron relacionados a los sistemas sinópticos con la ayuda de imágenes satelitales y cartas sinópticas de superficie. La clasificación climática final se obtuvo mediante el análisis de agrupamiento de las frecuencias estacionales de actuación de los sistemas sinópticos, asignados a las estaciones meteorológicas regionales. Como resultados, fueron descritos los tipos de clima asociados a los sistemas sinópticos y se presentó nueve tipos de clima para el noreste de Brasil.

**Palabras clave:** Clasificación climática. Noreste de Brasil. Climatología sinóptica.

---

## Introdução

As regionalizações climáticas são importantes recursos metodológicos para a construção de sínteses espaciais, as quais servem ao estudo dos tipos de clima na ótica da análise geográfica. O principal objetivo de classificar os tipos climáticos é promover o entendimento de padrões atmosféricos em determinadas escalas de análise. Para tanto, as classificações, desenvolvidas a partir de métodos geográficos, buscam agrupar espacialmente variáveis atmosféricas distintas, de modo a expressar as principais características climáticas na escala investigada (Rossato, 2011).

As sínteses climáticas utilizam critérios que variam de acordo com os objetivos e métodos de cada sistema de classificação, sendo importante destacar que todos eles apresentam limitações. De modo amplo, destacam-se dois métodos de classificação climática: (i) o estático, que é elaborado com base nas médias de longas séries de dados climáticos, e (ii) o genético ou dinâmico, baseado na investigação da gênese dos tipos de tempo (Nóbrega, 2010).

Os métodos dinâmicos ou genéticos de classificação partem da análise dos centros de ação climáticos. Entre as abordagens genéticas, destacam-se os sistemas de classificação climática com base na abordagem sinótica, que procuram compreender as relações entre a circulação atmosférica e a dinâmica das paisagens terrestres. Nessa concepção metodológica, os principais elementos da análise atmosférica são os centros ciclônicos e anticiclônicos, que originam os tipos de tempo que influenciam os processos socioambientais (Yarnal, 1993). Nesse sentido, a climatologia sinótica está centrada na investigação da dinâmica da circulação atmosférica para descrever e explicar os regimes climáticos, as características espaciais do clima e a variabilidade ou a mudança climática (Abdelmola, 2009).

Os métodos sinóticos de classificação climática podem ser divididos em três tipos principais: manuais (ou subjetivos), objetivos (automáticos) e semiautomáticos (Yarnal et al., 2001). Os métodos manuais são classificações subjetivas dos padrões de circulação atmosférica a partir de análises de cartas sinóticas. A classificação sinótica automática funciona a partir de modelos climáticos e da aplicação de técnicas estatísticas, como a análise de componentes principais (ACP) e a análise de agrupamento (AA) (Dixon et al., 2016). Os métodos subjetivos e objetivos têm aplicabilidade prática e teórica, inclusive quando combinados numa análise semiautomática (Yarnal et al., 2001; Sheridan, 2002).

Entre os métodos de classificação desenvolvidos a partir da abordagem sinótica, destaca-se o modelo apresentado por Kalkstein et al. (1996) para o centro-leste dos EUA, denominado sistema de classificação sinótico espacial (SCSE) (tradução livre). A etapa primordial dessa classificação é a identificação de seis tipos de tempo existentes na América do Norte e tem sido aplicada a diversos tipos estudos, entre os quais, é possível citar as análises de eventos extremos de precipitação, ilhas de calor e ondas de calor.

O SCSE foi refinado a partir de trabalho desenvolvido por Sheridan (2002), originando o SCSE 2. O ponto central da SCSE e SCSE 2 é a classificação dos *seed days* (que se referem a dias típicos de atuação de uma massa de ar) a partir das características físicas de seis tipos de massas de ar atuantes nos EUA. De acordo com esse esquema de classificação, as massas de ar são identificadas a partir de grupos homogêneos das variáveis meteorológicas, de modo que dias com características semelhantes estejam inseridos num mesmo grupo e reflitam combinações sazonais de temperatura e umidade.

Nas regiões intertropicais do planeta, os controles climáticos são muito diferentes dos observados nas médias latitudes. Por essa razão, as classificações precisam adotar metodologias apropriadas para caracterizar os tipos sinóticos em baixa latitude (Dixon et al., 2016). Portanto, para que sejam aplicáveis em latitudes tropicais, os esquemas de classificação com base na metodologia de tipos de tempo sinóticos precisam de adaptações teórico-metodológicas.

No Brasil, poucos estudos adotaram a metodologia de classificação dos tipos sinóticos de tempo. Investigando a excepcionalidade das chuvas e dos alagamentos no Rio de Janeiro, Armond (2014) usou o SCSE para caracterizar os tipos de tempo. Fontão et al. (2018) também usaram o SCSE para investigar a gênese das chuvas na cidade de São Paulo, comparando esse método com a clássica abordagem do ritmo climático, de Monteiro (1971). Mas, além de serem escassos os estudos de regionalização climática, é lenta a difusão das classificações climáticas semiautomáticas, com a incorporação das técnicas estatísticas multivariadas, amplamente adotadas nos países do hemisfério norte.

Do ponto de vista teórico, destaca-se que há divergências relativas à classificação das massas de ar que atuam na região Nordeste do Brasil. Durante todo o ano, maior parte da região é influenciada pela atuação da massa de ar associada aos ventos alísios de sudeste. Essa massa de ar foi referida como equatorial atlântica (mEa) por Serra e Ratisbonna (1959), Nímer (1979) e Borsato e Collischonn (2017). No entanto, a estrutura vertical dessa massa de ar é caracterizada pela presença de uma zona de subsidência persistente, que se prolonga desde o oceano Atlântico sul, a partir do flanco oriental do anticiclone semifixo (Molion; Bernardo, 2002), o qual corresponde à região fonte da massa tropical atlântica (mTa).

Barry e Chorley (2013), ao discutirem distinções entre tipos de massas de ar quentes (tropicais e equatoriais), afirmaram que há dificuldade em distinguir o ar tropical e o equatorial em baixas latitudes. Sobre os oceanos quentes próximos às zonas costeiras orientais dos continentes, o ar tropical adquire umidade na base e é similar ao equatorial, todavia, ao adentrar o interior, reestabelece a *secura* original produzindo tipos de tempo secos e ainda mais quentes. De modo geral, as massas tropicais estariam relacionadas ao cinturão dos ventos alísios predominantemente estáveis ou com alguma energia instável (sobre oceanos quentes), enquanto as massas equatoriais corresponderiam ao ar quente, úmido e instável das calmarias ou ventos de leste nas proximidades da zona de convergência intertropical (ZCIT) (Khlebnikova, 2009).

Considerando a existência de lacunas teóricas e metodológicas nas abordagens de classificação climática sinótica na região Nordeste do Brasil, este estudo se propôs a desenvolver um sistema de classificação com base na metodologia dos tipos sinóticos de tempo para essa região do país.

## Material e métodos

Foram utilizados dados do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet) de 88 estações distribuídas por todos os estados da região Nordeste entre 1980 e 2017. Os dados utilizados no estudo foram referentes a sete variáveis meteorológicas (temperatura do ar, umidade relativa, pressão atmosférica ao nível do mar, direção do vento, velocidade do vento, cobertura de nuvens) no horário das 18h

(UTC), e dados diários de precipitação. Os dias com dados faltosos em pelo menos um dos horários foram excluídos da análise.

A metodologia do presente estudo se baseou no arcabouço teórico dos trabalhos apresentados por Sheridan (2002) e Bower et al. (2007). Todavia, é importante considerar que esses autores desenvolveram uma metodologia aplicável às médias latitudes, e o que se objetivou no presente estudo foi uma aplicação dos procedimentos analíticos, propostos por esses autores, somados a uma adaptação teórica das massas de ar e sistemas sinóticos típicos dos climas tropicais e equatoriais. Por essa razão, foram tomadas como base para a classificação climática as massas de ar atuantes em baixas e médias latitudes descritas por Serra e Ratisbonna (1959, 1960), Andrade (1972), Nímer (1979), Mendonça e Danni-Oliveira (2007), Fontão e Zavattini (2017) e Borsato e Massoquim (2020). O Quadro 1 apresenta as massas de ar utilizadas na proposta atual de classificação.

**Quadro 1 – Tipo, origem, características gerais e situação sinótica em superfície das massas de ar que atuam na região Nordeste do Brasil**

<b>tipo</b>	<b>origem</b>	<b>características gerais</b>	<b>situação sinótica típica</b>
tropical atlântica (mTa)	anticiclone semifixo do Atlântico Sul	Ar quente e úmido, com alta cobertura de nuvens	Correntes advectivas de leste-sudeste associadas a isóbaras de alta pressão proveniente do Asas
tropical atlântica continentalizada (mTAc)	anticiclone semifixo do Atlântico Sul	Ar quente e seco, alta temperatura máxima, alta taxa de insolação, baixa nebulosidade ou estratificação estável	Correntes advectivas de leste-sudeste associadas a condições anticiclônicas
tropical continental (mTc)	depressão do Chaco, região tropical do continente sul-americano	Ar quente e seco, alta taxa de insolação e baixa nebulosidade	Correntes advectivas de oeste associadas a condições anticiclônicas
equatorial atlântica (mEa)	Oceano Atlântico – convergência intertropical	Ar quente úmido, alta nebulosidade	Condições instáveis relativas à intensa convecção
equatorial continental (mEc)	Amazônia Ocidental	Ar quente úmido, alta nebulosidade	Condições instáveis relativas à intensa convecção

organização: Os autores.

Diferentemente dos esquemas clássicos de classificação das massas de ar da climatologia brasileira, como o de Serra e Ratisbonna (1959) e Nímer (1979), o modelo proposto neste estudo não adotou a nomenclatura de equatorial atlântica (mEa) para a massa de ar relativa aos alísios (com a presença persistente da camada de inversão) que origina tipos de tempo estáveis no interior da região Nordeste do Brasil. Seguiu-se a concepção de Grimes (1951), Khlebnikova (2009), Andrade (1972) e Barry e Chorley (2013), segundo a qual a origem do ar equatorial

corresponderia às regiões das calmarias intertropicais, ou com ventos fracos de leste, onde inversão dos alísios é rompida, e a atmosfera instável é caracterizada por intensa convecção nas proximidades da zona de convergência dos alísios sobre o oceano. Portanto, a mEa foi entendida como a massa de ar formada por influência da ZCIT.

A etapa metodológica inicial teve como objetivo a definição de grupos climáticos sazonais. Para isso, foram aplicadas a análise de componentes principais (ACP) e o método de agrupamento hierárquico de Ward. As análises estatísticas foram geradas no *software* InfoStat (Di Rienzo et al., 2015). A ACP visava redistribuir a variabilidade de muitos componentes, que têm maior variância original, e reduzir a matriz de dados, adequando-a à análise de agrupamento. A partir da ACP, são retidos os componentes que representam a maior variância (Bower et al., 2007; Abdelmola, 2009). Apenas os componentes principais que representaram até 80% de proporção da variância acumulada foram retidos.

Em seguida, as variáveis retidas foram agrupadas pelo método hierárquico de Ward, utilizando a distância euclidiana ao quadrado. O número de grupos, ou sub-regiões climáticas, foi obtido pela análise do dendrograma associado e pela análise das características das variáveis atmosféricas relacionadas. Inicialmente, esses grupos foram estabelecidos sazonalmente, a fim de identificar as características atmosféricas dos sistemas sinóticos nas estações do ano.

Em cada grupo sazonal estabelecido, foi identificada uma estação centroide, ou seja, aquela que apresenta a menor distância padronizada em relação aos valores centrais de seu respectivo grupo. Determinaram-se as estações centroides aplicando a seguinte equação:

$$d = \left| \frac{X1-x1}{\theta} \right| + \left| \frac{X2-x2}{\theta} \right| + \left| \frac{X3-x3}{\theta} \right| + \dots + \left| \frac{Xn-xn}{\theta} \right|$$

Em que  $d$  é a distância padronizada do centroide do grupo,  $X$  é o valor médio para cada variável,  $x$  é o valor absoluto de cada variável e  $\theta$  é o desvio padrão das variáveis.

A seleção das estações centroides serviu para identificar os dias típicos (termo adaptado livremente), originalmente denominados *seed days* (Sheridan, 2002), de atuação das massas de ar e sistemas sinóticos individualizados. Como amostras sazonais de análise, foram selecionadas a semana mais quente do ano (como amostra do verão) e a semana mais fria (como amostra do inverno) para as médias térmicas das estações da região Nordeste. As semanas amostrais do outono e primavera foram centradas entre as semanas amostrais de verão e inverno. As semanas amostrais delimitadas foram prolongadas por mais sete dias subsequentes com intuito de que todos os tipos de tempo sinóticos, mais recorrentes em cada estação, fossem contemplados.

Após a análise de agrupamento dos dias amostrais para cada estação do ano, foram caracterizados os dias com valores das variáveis meteorológicas contidos no intervalo da média  $\pm$  o desvio padrão. Esses dias foram considerados típicos de cada grupo. Quando determinado dia não atendeu aos critérios de dia típico, foi classificado como transitório (Bower et al., 2007).

Os tipos de tempo associados aos dias típicos foram caracterizados com base nos dados de superfície, referentes a cada estação centroide, pela análise de cartas sinóticas, de imagens de satélite (no horário de 18h UTC) e pela interpretação dos boletins técnicos disponíveis na

plataforma *web* do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC-Inpe). As imagens de satélite foram analisadas na mesma plataforma virtual para o canal infravermelho do Geostationary Operational Environmental Satellite (Goes). Para exemplificar as características sinóticas relacionadas aos dias típicos, a partir de análise gráfica, foram selecionados os dias 03/03/2010, para o verão, e o dia 27/07/2017 para o inverno. As cartas sinóticas desses dias foram modificadas em ambiente do *software* Qgis 3.10 (Quantum GIS Geographic Information System), pelo georreferenciamento e pela vetorização dos arquivos. Foram utilizadas as isóbaras e os sistemas sinóticos individualizados (frentes e cavados).

Os dias típicos, estabelecidos a partir das estações centroides, foram utilizados para identificação das massas de ar e sistemas sinóticos individualizados atuantes, sazonalmente, nos locais das demais estações meteorológicas. O processo de utilização dos dias típicos das estações centroides na caracterização dos tipos de tempo para as demais estações, baseou-se no pressuposto de similaridade climática entre as estações de cada grupo sazonal, otimizando o processo de caracterização das massas de ar. Na proposta metodológica de Bower et al. (2007), os dias típicos de uma estação centroe são transferidos para as demais estações do grupo sazonal, reduzindo o número de dias para a identificação dos sistemas sinóticos. Na proposta atual, os dias típicos das estações centroides foram utilizados apenas como referência, a partir de seus intervalos numéricos, para a caracterização dos tipos de tempo das demais estações.

A ACP e a AAH foram aplicadas para os dados horários das demais estações meteorológicas, comparando os intervalos das variáveis atmosféricas referentes a cada sistema sinótico com aqueles obtidos para as estações centroides. Para o agrupamento climático, foram identificadas as massas de ar e sistemas sinóticos individualizados, a partir dos dados de superfície às 18h UTC, para todas as estações meteorológicas. Para a regionalização final, optou-se pela utilização das frequências de atuação das massas de ar e sistemas sinóticos individualizados.

As frequências referentes aos tipos de tempo mais significativos, estatisticamente, para a definição dos grupos climáticos foram mapeadas. Para tanto, procedeu-se a interpolação pelo método da krigagem no *software* Qgis.

A partir das frequências relativas a cada massa de ar, para todas as 88 estações, foram feitas novas ACP e AAH com objetivo de obter as regiões climáticas finais para o Nordeste. A aplicação da ACP apresentou os sistemas sinóticos mais relevantes para o agrupamento final das estações meteorológicas.

## Resultados e discussão

Foram identificados sete tipos de tempo sinóticos a partir da análise sazonal das estações centroides. Os tipos de tempo foram classificados de acordo as características meteorológicas de superfície referentes às massas de ar identificadas em cada janela sazonal.

A atuação da massa tropical atlântica foi descrita em duas variantes, a  $mT_a$  e  $mT_{a1}$ . O critério de diferenciação entre as duas variantes foi a umidade relativa do ar. Os dias típicos para a massa tropical atlântica com valor umidade relativa mínimo igual ou superior a 60% foram relacionados à atuação da  $mT_{a1}$ , e dias típicos com intervalo de umidade mínima igual ou superior a 50% e inferior a 60% foram associados com a atuação da  $mT_a$ .



Essa massa de ar tem origem na interação entre os ventos alísios com as águas aquecidas do oceano nas proximidades da costa do Nordeste brasileiro. As águas quentes contribuem para o aumento da umidade na base dessa camada de ar, que é transportada para o leste da região e contribui para a ocorrência de climas litorâneos úmidos e semiúmidos. Ao longo da costa leste da região, fatores geográficos locais, como o efeito da brisa continental na madrugada, o relevo ou o deslocamento de cavados inseridos na circulação de leste, podem favorecer a disponibilidade de energia instável suficiente para desencadear convecção atmosférica (Molion; Bernardo, 2002).

A mTa, esteve mais atuante durante no outono e inverno na climatologia regional, a partir do avanço do anticiclone semifixo do Atlântico Sul (Asas). No presente estudo, associou-se sua atuação às condições meteorológicas quentes, úmidas e, predominantemente, estáveis. As características atmosféricas dessa massa de ar foram relacionadas à atuação dos ventos alísios de leste, sudeste e sul, com tempo nublado a parcialmente nublado. Os valores de temperatura apresentaram pouca variação diária ao longo do litoral e maiores variações no interior continental. Sob a influência dessa massa de ar, foram observadas condições atmosféricas de advecção de ar úmido com presença nebulosidade estratiforme (nuvens quentes).

As características físicas principais da mTa estiveram relacionadas a elevados valores de umidade relativa do ar. Destaca-se que a estabilidade original do centro de ação desta massa de ar, pode ser frequentemente rompida por perturbações relacionadas aos distúrbios ondulatórios de leste (DOL), sobretudo entre primavera e outono, modulando a convecção (nas áreas de formações de cavados), ou estiveram associadas à atuação das brisas (Molion; Bernardo, 2002). Os valores de umidade relativa do ar estiveram mais elevados durante o outono e o inverno, quando a expansão do Asas favoreceu o transporte de umidade para a faixa leste do Nordeste brasileiro.

A direção dos ventos foi predominante de E-SE, sendo registrados ventos de E-NE relacionados à mTa durante a primavera no litoral setentrional da região. A elevada cobertura de nuvens também foi associada à atuação dessa massa de ar. Destaca-se que houve maior frequência de nuvens quentes, nos domínios dessa massa ar, ocorrendo núcleos convectivos, em episódios de DOL.

As condições sinóticas relativas ao tipo transitório (T) foram caracterizadas como transientes entre as massas de ar seco e a massas de ar úmidas, em dias com elevada variação de temperatura e umidade. Essa condição atmosférica foi observada em todas as estações do ano, com maior frequência durante o inverno e a primavera.

A mTac foi caracterizada como uma massa de ar estável, diferenciando-se da mTa pelos baixos valores de umidade relativa registrados às 18h UTC ( $UR < 50\%$ ), e mais baixos valores da temperatura do ponto de orvalho como consequência da maior influência da continentalidade. Os ventos alísios de sudeste e leste foram relacionados à predominância de tempo seco e estável, com baixa nebulosidade noturna e tempo ensolarado ou parcialmente nublado à tarde. A mTac apresentou atuação frequente no inverno e na primavera, quando foi mais abrangente no interior da região.

Destaca-se que a expressão *massa tropical atlântica continentalizada* foi usada nos estudos de Gontijo e Assis (1997), Fontão e Zavattini (2017) e Queiroz (2017). Esses autores consideraram, para as regiões Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, que a persistência da mTa em áreas continentais

por dias seguidos produzia tipos de tempo quentes, secos e estáveis. Analogamente, na região Nordeste, a interação da massa de ar relacionada aos ventos alísios com a superfície continental produz tempo quente e seco no interior do continente durante a maior parte do ano.

A origem tropical da massa de ar associada aos alísios de sudeste já havia sido descrita por Andrade (1972), quando chamou de ar *tépido calaariano* aquele proveniente do flanco oriental do Asas. De acordo com o autor, a camada de inversão dos alísios (mais intensa sobre o oceano na costa da África) voltava a se intensificar no interior nordestino, gerando tempo seco.

Concepções clássicas sobre a circulação geral da atmosfera, como a de Grimes (1951) e Andrade (1972), já haviam reconhecido a massa de ar referente aos cinturões de ventos alísios nordeste (hemisfério norte) e sudeste (hemisfério sul) como ar tropical. De acordo com Khlebnikova (2009), o ar tropical é umedecido quando os ventos alísios atravessam os oceanos quentes, chegando às regiões costeiras com considerável teor de energia instável. Porém, no interior dos continentes, as massas tropicais retornam a suas características originais de estabilidade, ocasionando tipos de tempo secos e bastante quentes.

Do ponto de vista genético, o flanco da mT<sub>ac</sub> que atua no Nordeste do Brasil pode ser entendido como uma continuidade da mT<sub>a</sub> após ter suas características modificadas pela interação com a superfície continental. A presença de uma camada de inversão alísios na estrutura vertical dessa massa de ar relaciona-se a condições de tempo estáveis no interior da região Nordeste, condizentes com o estabelecimento de paisagens secas (Corrêa et al., 2019). Esse fato é corroborado pela presença persistente de uma camada de inversão dos ventos alísios no flanco oriental dos anticiclones subtropicais (a exemplo do Asas), como consequência da subsidência atmosférica produzida pelas células de Hadley e Walker (Barry; Chorley, 2013; Reboita et al., 2016).

A mT<sub>c</sub> esteve relacionada à ocorrência de tempo seco, quente, estável, baixa nebulosidade e ventos fracos, com a desconfiguração das correntes de leste referente aos alísios. A ocorrência deste tipo de tempo foi observada preferencialmente durante o inverno e outono, nas estações meteorológicas influenciadas pelo regime de monções da América do Sul.

O tipo tempo descrito para a mT<sub>c</sub> esteve caracterizado por elevadas temperaturas máximas (31 a 34 °C) e baixa umidade relativa do ar (32 a 48%). Distingue-se do tipo de tempo produzido pela mT<sub>ac</sub> pela direção predominante e menores valores de velocidade do vento e pelos mais baixos valores de pressão atmosférica. Essas características são consonantes com os critérios de caracterização da mT<sub>c</sub> estabelecidos por Borsato e Collischonn (2017), e refletem uma massa de ar quente e seca, que atua ocasionalmente no oeste do Nordeste brasileiro. De maneira geral, pode-se inferir que a mT<sub>c</sub> é uma massa continental que caracteriza a fase seca do regime monçônico no centro do continente sul-americano.

A mE<sub>c</sub> foi caracterizada pela expansão da instabilidade atmosférica convectiva proveniente da bacia amazônica (Andrade, 1972; Nímer, 1979). Esse tipo de tempo foi registrado durante a primavera e o verão, determinando as características sinóticas nas localidades das estações meteorológicas no noroeste, oeste e sul da região Nordeste. Na primavera, a mE<sub>c</sub> teve maior frequência de atuação na porção meridional da região. Nas áreas do interior do Maranhão, norte do Piauí e oeste da Bahia, esse tipo de tempo apresentou uma alta frequência durante o verão. Foram observadas condições atmosféricas de superfície associadas a calmarias, ventos fracos de

leste, noroeste ou sudoeste, instabilidade atmosférica convectiva moderada ou forte, umidade relativa elevada e elevadas temperaturas máximas. Ressalta-se que a instabilidade produzida pela mEc está relacionada à convecção decorrente do acoplamento entre o fluxo calor e umidade, em superfície, e à divergência em altos níveis da atmosfera.

No presente estudo, episódios da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e da Zona de Convergência de Umidade (ZCOU) foram caracterizadas como sistemas sinóticos associados à convecção que se desenvolve nos domínios da mEc. Quando relacionada à ZCAS/ZCOU, a mEc pode ser considerada a massa de ar indutora das chuvas de monção (Gan et al., 2009) no verão sul-americano. Destaca-se que a convecção da mEc às vezes se apresenta de modo disforme, não organizada em zonas de convergência.

Durante o verão, foi registrada a ocorrência de tipo de tempo corresponde a mEc no noroeste do Nordeste brasileiro. Entre as estações centroides, foi observada uma variação de temperatura frequente, no horário das 18h UTC, entre 23 e 28° C, condições de elevada umidade relativa do ar (74 a 93%), ventos fracos de sudoeste ou até calmarias e elevada nebulosidade.

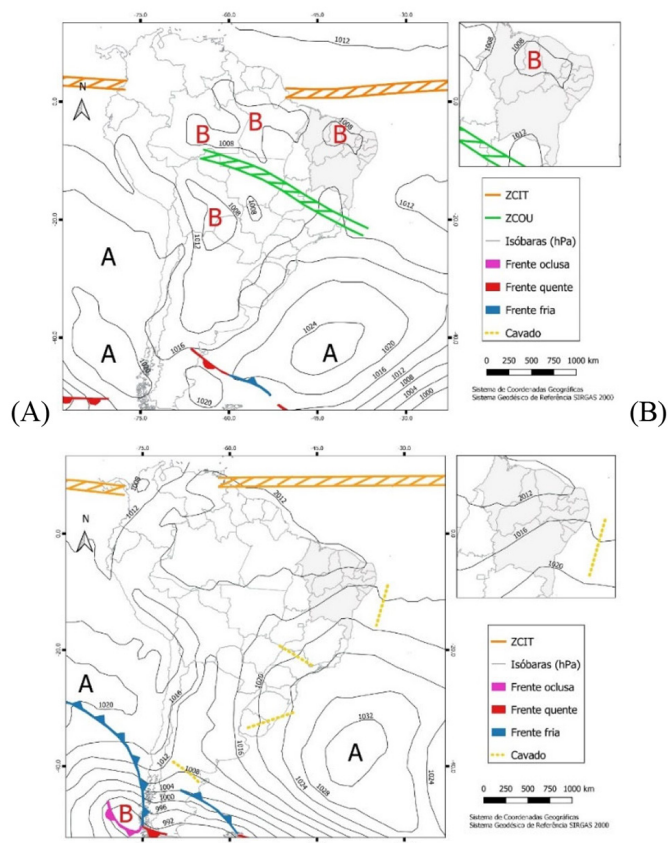
A Atuação da mEa foi predominante nos meses de verão e outono, produzindo um tipo de tempo fortemente instável com desenvolvimento de nebulosidade convectiva no centro-norte do Nordeste brasileiro. As condições atmosféricas relacionadas a esse tipo de tempo foram descritas por temperaturas máximas e umidade relativa do ar elevadas e ventos fracos do quadrante leste.

Houve maior ocorrência de tipos de tempo relacionados à mEa durante o outono. A maior influência dessa massa de ar nessa estação se justifica pelo posicionamento climatológico mais austral da ZCIT durante esse período (Hastenrath; Greischar, 1993; Molion; Bernardo, 2002). No verão e outono a mEa foi registrado nas estações meteorológicas do norte do Nordeste brasileiro. Os dados de superfície às 18h UTC caracterizam um tipo de tempo quente (com intervalo de temperatura frequente entre 25 e 30° C) e úmido (intervalo de umidade frequente entre 60 e 85%), com ventos fracos de norte e nordeste e elevada nebulosidade.

Padrões sinóticos que apresentam os principais centros de ação regionais foram analisados. De maneira sintética, foram descritos aqueles referentes ao verão e inverno austrais (**Figura 1**). A carta sinótica do dia 3 de março de 2010 mostrou que a ZCOU atuou as regiões centrais do Brasil, influenciando o tempo entre os estados de Rondônia e Espírito Santo. No Norte e no Nordeste do país, observou-se a expansão de centros de baixa pressão atmosférica em decorrência da atuação da mEc e influência de pulsos da ZCIT. O núcleo do Asas estava deslocado para leste, favorecendo o desenvolvimento de instabilidade convectiva no centro-norte do Brasil. Observava-se um núcleo de baixas pressões favorecendo o desenvolvimento de instabilidade atmosférica entre os estados do Maranhão, Piauí, Paraíba e Pernambuco.

Na carta sinótica do dia 27 de julho de 2017, as estações centroides do Nordeste brasileiro apresentaram tipos de tempo com diferentes características quanto à estabilidade e umidade atmosférica em superfície. No centro-leste da Bahia, leste de Pernambuco, da Paraíba, de Alagoas e do Rio Grande do Norte, foi observada configuração da mTa1, em consequência do avanço das perturbações, produzidas pelos cavados, que se deslocaram de leste sobre o continente. Nas áreas interiores da região Nordeste, predominaram os tipos de tempo estáveis e secos associados à mTac. No litoral setentrional da região, identificou-se a presença de fraca instabilidade advectiva (mTa) no campo de influência dos alísios.

**Figura 1 – Cartas sinóticas de superfície do continente sul-americano dos dias 3 de março de 2010 (A) e 27 de julho de 2017 (B) às 18h UTC**



legenda: ZCIT = zona de convergência intertropical, ZCOU = zona de convergência de umidade, A = centro de alta pressão, B = centro de baixa pressão.

fonte dos dados: CPTEC-Inpe (2020).

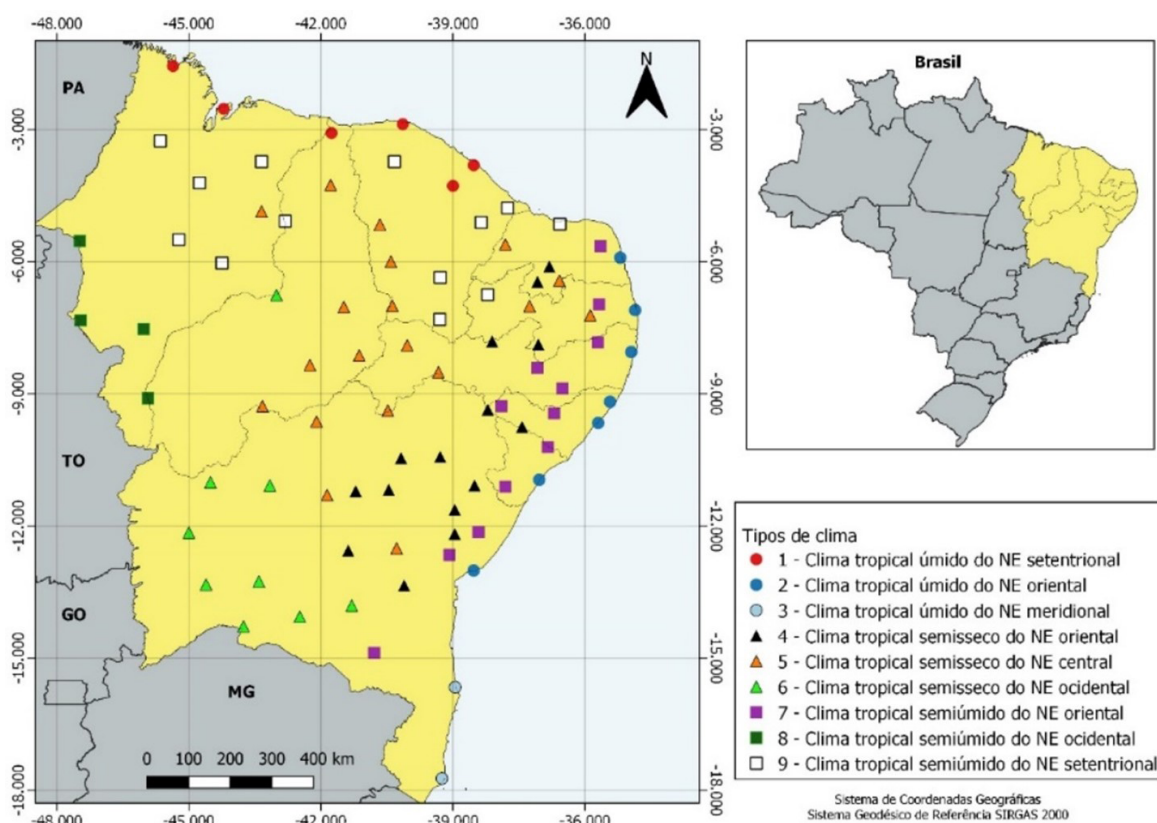
organização: Os autores.

O agrupamento climático a partir da metodologia de classificação sinótica resultou em nove tipos climáticos (Figura 2). Os conglomerados de climas da região Nordeste do Brasil puderam ser agrupados de acordo com a frequência das massas de ar identificadas para as janelas sazonais investigadas. De acordo com a análise de CP, os principais sistemas sinóticos que explicaram, sazonalmente, o agrupamento final foram a mT<sub>al</sub> (em todas as estações do ano), a mT<sub>ac</sub> (na primavera e no inverno), a mE<sub>c</sub> (no verão e na primavera), a mT<sub>c</sub> (no inverno) e a mE<sub>a</sub> (no verão e outono).

Como critério de caracterização, apresentou-se uma hierarquia de classificação dos tipos climáticos (Quadro 2). Foi definido que, quanto ao domínio, os climas poderiam ser classificados em equatoriais ou tropicais. Os grupos climáticos com frequências de atuação iguais ou superiores a 50% para os sistemas sinóticos de origem tropical ou equatorial definiram o domínio climático zonal.

Quanto ao tipo climático, foram estabelecidas as classes úmidas, semiúmidas e semissecas, condicionadas à frequência de atuação de tipos de tempo que favoreceram condições atmosféricas úmidas ou secas em superfície. Tipos climáticos úmidos foram delimitados pelas frequências médias de tipos de tempo úmidos iguais ou superiores a 70% ao longo do ano, e soma das frequências

**Figura 2 – Tipos climáticos da região Nordeste do Brasil (1980-2017) classificados pelo agrupamento dos tipos sinóticos de tempo**



fontes dos dados: IBGE e INMET.  
organização: Os autores.

dos tipos de tempo secos e transitórios de 0 a 30%. Climas semiúmidos foram aqueles com frequência dos tipos de tempo úmidos inferiores a 70% ou maiores ou iguais a 30%, e somatório das frequências dos tipos de tempo secos e transitórios superiores ou iguais a 30% e inferiores a 70%. Os climas semissecos foram aqueles que apresentaram frequências médias anuais de tipos de tempo úmidos superiores a 10% e inferiores a 30%, com somatório dos tipos de tempo secos e transitórios maiores que 70% e inferiores a 90%. A categoria seca não foi utilizada para os grupos climáticos do Nordeste brasileiro, sendo aquela em que os tipos de tempo úmidos representam frequência anual de apenas 10%. Os subtipos climáticos, foram definidos de acordo com a localização territorial, em orientais, centrais, ocidentais, setentrionais e meridionais.

**Quadro 2 – Critérios de classificação quanto aos domínios e tipos de clima na região Nordeste do Brasil**

domínio	origem das massas de ar	tipo	frequência dos tipos de tempo úmidos (%)	frequência dos tipos de tempo secos e transitórios (%)
tropical	trópicos (>50%)	úmido	> 70	0 – 30
		semiúmido	70 > x > 30	30 < x < 70
		semissecos	30 > x > 10	70 < x < 90
		seco	0 -10	> 90

organização: Os autores.

Todos os grupos climáticos foram classificados como pertencentes ao domínio tropical, pois constatou-se que as massas de ar que atuaram na maior parte do tempo (com frequência superior a 50%) na região Nordeste do Brasil (nas janelas sazonais investigadas) tinham origem tropical. Dos nove tipos climáticos identificados, três foram classificados como úmidos, três como semiúmidos e três como semissecos. As frequências de atuação das massas de ar e os sistemas sinóticos individualizados são apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1 – Frequências médias (%) anuais de atuação das massas de ar e sistemas sinóticos individualizados para os tipos climáticos do Nordeste brasileiro**

tipo climático	mTa	mTal	T	mTac	mTc	mEc	mEa
1	42,9	20,5	0,0	0,0	0,0	0,0	36,6
2	11,1	86,7	0,0	0,0	0,0	0,9	1,3
3	5,4	86,1	0,0	0,0	0,0	8,5	0,0
4	9,7	14,8	34,9	37,4	0,0	1,8	1,4
5	4,8	1,3	22,5	65,8	0,4	1,1	4,1
6	4,9	0,3	19,0	59,6	7,0	7,9	1,3
7	34,9	28,1	22,5	13,7	0,1	0,2	0,5
8	12,3	0,0	26,6	25,3	3,4	22,3	10,1
9	19,6	2,0	11,5	46,9	0,4	1,9	17,7

organização: Os autores.

No que se refere às frequências anuais de atuação, o tipo climático 1 (tropical úmido do NE setentrional) apresentou predomínio de tipos de tempo controlados pela atuação da mTa (42,9%) e da mTal (20,5%). Esse grupo climático, localizado na costa setentrional da região Nordeste do Brasil, também foi caracterizado pela elevada frequência de atuação da mEa (36,6%) ao longo do ano. Apesar de o tipo 1 ter sido classificado como úmido, destaca-se que apresenta mais alta frequência de atuação de massa tropical úmida relacionada à estabilidade atmosférica (a mTa), e por essa razão está sujeito a um maior período de estiagem do que as demais categorias úmidas.

O tipo climático 2 (tropical úmido do NE oriental) foi controlado essencialmente pela atuação da massa tropical atlântica, com frequências anuais de 11,1% e 86,7% para a mTa e mTal, respectivamente. O tipo climático 3 (tropical úmido do NE meridional), representado pelas estações de Caravelas e Canavieiras, no sul do estado da Bahia, apresentou maior frequência para atuação da mTal (86,1%) e frequências de 8,5% e 5,4% para a atuação respectiva da mEc e da mTa.

Os climas semissecos apresentaram frequência percentual de atuação anual das massas úmidas entre 10,0% e 25,0%, e atuação de tipos de tempo secos entre 35,0% e 70,0%. Os tipos de tempo transitórios entre massas úmidas e secas corresponderam a uma frequência percentual entre 20% e 35%. Para os climas semissecos, a maior frequência de atuação de três massas de ar caracteriza os tipos de tempo ao longo do ano.

O tipo climático 4 (tropical semissecos do NE oriental) apresentou a menor frequência de atuação dos tipos de tempo secos, e a maior frequência de tipos úmidos entre os climas semissecos. Todavia, a predominância de atuação da mT<sub>ac</sub> (com frequência de 37,4%) e de tipos de tempo transitórios (relacionado a condições atmosféricas estáveis) permitiu classificar o tipo climático 4 como semissecos. Ademais, a baixa frequência média de atuação de massas úmidas é um argumento de classificação do tipo 4 como semissecos. Entre os tipos de tempo úmidos, destacam-se aqueles relacionados à mT<sub>al</sub> (com frequência média de 14,8%), outros tipos de tempo úmidos apresentaram frequência percentual inferior a 10%.

A classe climática 5 (clima tropical semissecos do NE central) apresentou máxima frequência de atuação de tipos de tempo associada a mT<sub>ac</sub> (65,8%), seguida pela atuação do tipo de tempo transitório (22,5%). Os tipos de tempo úmidos apresentaram uma frequência média anual de 11,3%.

O tipo climático 6 (tropical semissecos do NE ocidental), apresentou forte similaridade com o 5. Nessa classe climática, a mT<sub>ac</sub> apresentou frequência anual de 59,6%, e os tipos de tempo transitórios atuaram com uma frequência anual de 19,0%. Nessa região climática, os tipos de tempo úmidos tiveram frequência anual de 14,4%.

Os climas semiúmidos apresentaram frequência percentual dos tipos de tempo úmidos entre 40,0% e 65,0% durante o ano, e atuação de tipos de tempo secos com frequência entre 15,0 e 50,0%. Os tipos de tempo transitórios, com elevada variação da umidade relativa às 18h UTC, apresentaram um percentual anual de atuação entre 10% e 25%. Quanto aos tipos climáticos úmidos e semissecos, observou-se que os climas semiúmidos apresentaram maior diversidade de tipos de tempo, com predominância de pelo menos quatro ao longo do ano.

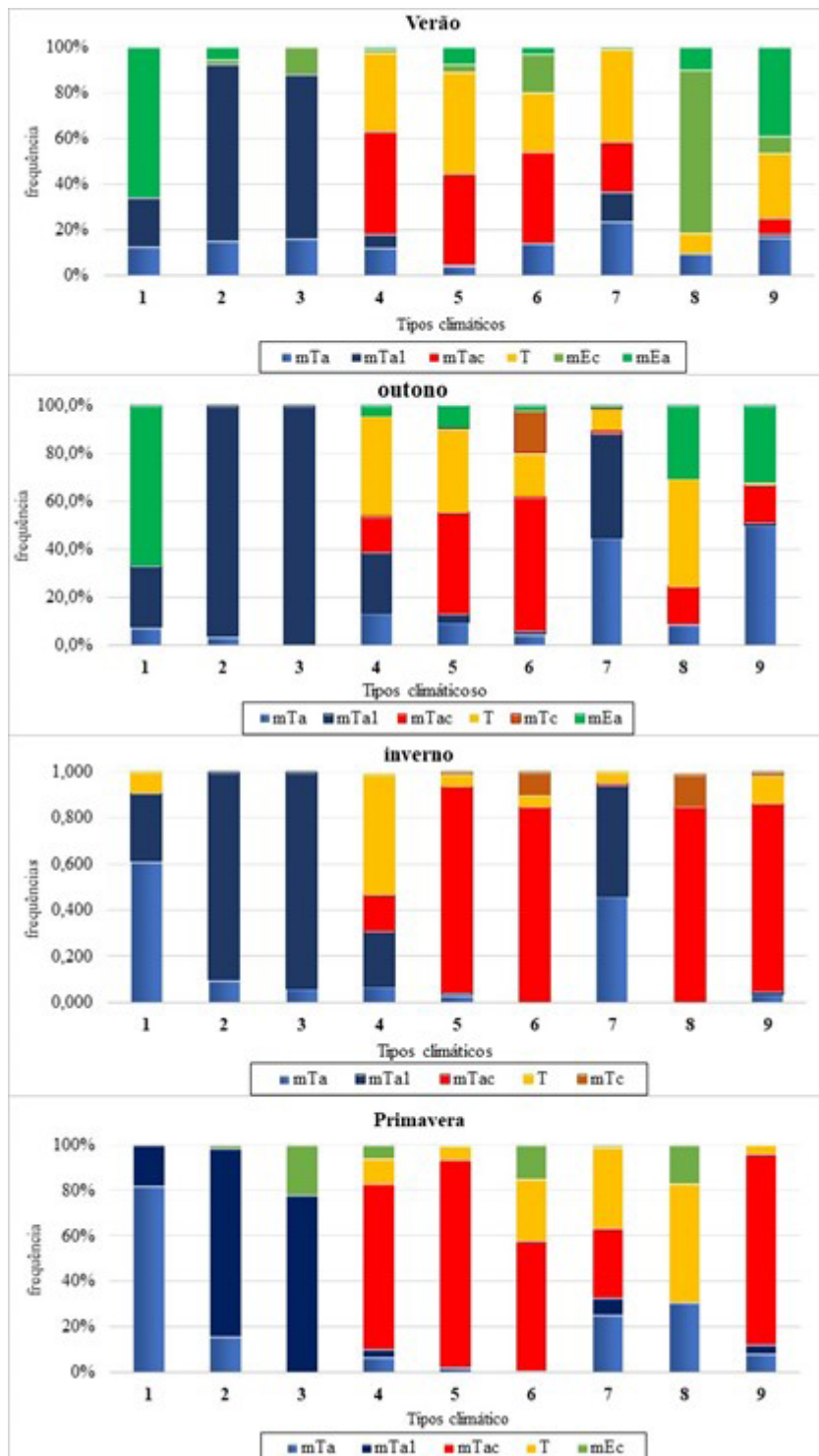
O tipo climático 7 (clima tropical úmido do NE oriental) apresentou maior frequência anual da mT<sub>a</sub> (34,9%), seguida pela mT<sub>al</sub> (28,1%), pelos tipos de tempo transitórios (22,5%) e pela mT<sub>ac</sub> (0,137). Trata-se de um tipo climático de transição entre as regiões climáticas 2 e 4. O clima tropical semiúmido do NE ocidental (tipo 8) foi caracterizado pela predominância dos tipos de tempo transitórios (26,6%) e da mT<sub>ac</sub> (25,3%). Massas úmidas de origem oceânica (mT<sub>a</sub>) e continental (mE<sub>c</sub>) tiveram frequência respectiva de 12,3% e 18,1% para a classe climática 8.

O clima tropical semiúmido do NE setentrional (tipo 9) foi marcado por uma alternância expressiva de atuação de tipo de tempo seco, condicionado pela mT<sub>ac</sub> (com frequência de 46,9%), e dos tipos de tempo úmidos, representadas pela mT<sub>a</sub> (19,6%) e pela mE<sub>a</sub> (17,7%).

A análise da frequência sazonal das massas de (Figura 3 e Figura 4) revelou diferenças quanto à frequência anual de participação de tipos de tempo secos e úmidos (com instabilidade advectiva ou convectiva) na caracterização das respectivas classes climáticas.

O verão foi a estação do ano com maior participação das massas de ar associados ao desenvolvimento de instabilidade convectiva (mE<sub>c</sub> e mE<sub>a</sub>). Os tipos climáticos úmidos e semiúmidos setentrionais (1 e 9), apresentaram maior participação da mE<sub>a</sub> na composição dos tipos de tempo de verão. Observou-se que esse sistema apresentou maiores frequências de atuações nos subtipos climáticos setentrionais (Figura 4). O tipo climático 8 (tropical semiúmido do NE ocidental) foi predominantemente influenciado pela instabilidade atmosférica relacionada à atuação da mE<sub>c</sub> (Figura 4).

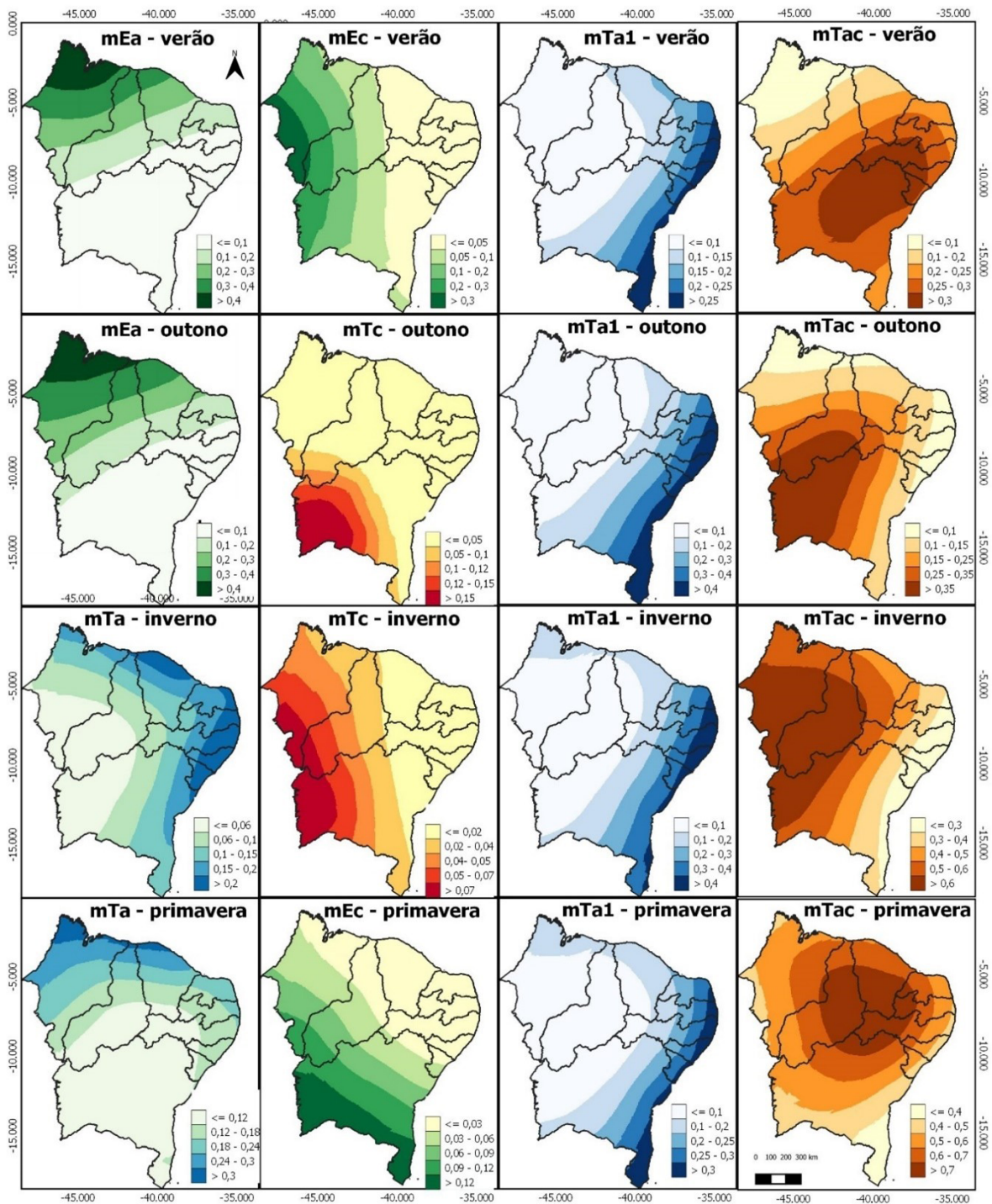
**Figura 3 – Frequência sazonal média das massas de ar e dos sistemas sinóticos individualizados associados aos tipos climáticos do Nordeste brasileiro nas janelas sazonais entre 1980 e 2017**



organização: Os autores.



**Figura 4 – Frequências médias sazonais de massa tropical atlântica (mTa1), massa equatorial atlântica (mEa), massa equatorial continental (mEc), massa tropical atlântica continentalizada (mTac) e massa tropical continental (mTc)**



organização: Os autores.

Os tipos de tempo relacionados à umidade advectiva foram predominantes nos tipos climáticos 2 e 3, como consequência da atuação da mTa e mTal. A região de máxima atuação da mTal, durante o verão, esteve concentrada na faixa litorânea oriental da região. Nessas áreas, a geometria convexa do litoral leste, associada ao efeito da barreira topográfica a oeste e aos ventos alísios de sudeste, favorecem o elevado teor de umidade ao longo do ano (Diniz; Pereira, 2015). A umidade em baixos níveis, relacionada à mTal, é transportada pelos alísios de SE e se concentra a barlavento dos contrafortes de planaltos no interior do continente.

Tipos de tempo secos (produzidos pela mTAc) e de transição ocorreram nas categorias climáticas semissecas (tipos climáticos 4, 5 e 6) e semiúmida (tipo climático 7). Sinteticamente, a dinâmica climática de verão das massas de ar esteve relacionada ao sistema de monção da América do Sul (mEc), ao posicionamento da mEa e influência do Asas no centro-leste do Nordeste brasileiro.

No outono, observaram-se, em relação ao verão, uma retração das massas de ar associadas à instabilidade convectiva e uma expansão dos tipos de tempo produzidos pelas variantes da mTa, especialmente nas categorias climáticas subúmidas. A circulação atmosférica de outono foi marcada por uma diminuição no gradiente térmico entre o oceano Atlântico e o continente, que acabou por enfraquecer o transporte de umidade da Amazônia para o NE ocidental, resultando na redução da frequência de atuação da mEc (Andrade, 1972; Nímer, 1979). Nessa estação do ano, ainda foi observada uma expressiva participação da mEa nos grupos climáticos setentrionais do Nordeste brasileiro, como consequência do posicionamento climatológico da convecção intertropical durante o período (Molion; Bernardo, 2002). As massas de ar secas estiveram atuantes de maneira mais intensa no centro-leste da região, com maiores frequências registradas nos domínios climáticos semissecos do NE central e ocidental.

O inverno foi a estação de máxima atuação das massas de ar relacionadas à expansão do Asas. Ao longo do NE oriental, foram verificadas as máximas atuações da mTal entre os tipos climáticos úmidos e semiúmidos do NE oriental, a partir da intensificação dos alísios os quais ampliam o transporte de umidade. Observou-se um aumento da frequência de tipos de tempo associados à mTal (Figura 4), em relação ao verão, nos subtipos climáticos orientais.

Para o tipo climático úmido do NE setentrional, a predominância da mTa (úmida e estável), durante o inverno, representou uma redução das chuvas. O clima tropical semiseco do NE oriental (tipo 4) foi o único que apresentou maior participação dos tipos de tempo transitórios, pois, durante o inverno, as estações meteorológicas desse domínio climático localizam-se numa faixa de transição entre as variantes úmidas e secas da mTa.

A mTAc e mTc atuaram frequentemente nos tipos climáticos semissecos e semiúmidos do centro-oeste do Nordeste brasileiro na estação de inverno. Essa condição foi explicada pela expansão da circulação anticiclônica a partir do fortalecimento do Asas. No centro-oeste da região Nordeste (Figura 4), as atuações da mTAc representaram valores percentuais superiores a 70% no inverno. A atuação da mTc (Figura 4) foi identificada frequência de 7,0 a 10,0% no extremo oeste da região, como resultado da expansão do ar seco continental.

A mT<sub>ac</sub> e os tipos de tempos transitórios predominaram ao longo da primavera nos domínios climáticos semissecos e semiúmidos. A umidade advectiva associada às variantes úmidas da mT<sub>a</sub> permaneceram, assim como nas demais janelas sazonais, com elevada frequência nos domínios climáticos úmidos do NE oriental. Na primavera, a instabilidade convectiva se restringiu às baixas frequências de intrusão da mE<sub>c</sub> nos grupos climáticos do centro-sul da região Nordeste.

## Considerações finais

Como principal contribuição teórica e metodológica deste estudo, apresentou-se um esquema de classificação climática que sistematizou os principais tipos de tempo relativos à atuação de seis massas de ar (considerando as variações da massa tropical atlântica) na região Nordeste do Brasil. Além disso, o sistema de classificação climático desenvolvido enseja maior integração das análises manuais com as técnicas estatísticas multivariadas nos estudos climáticos.

Do ponto de vista prático, a metodologia dos tipos de tempo sinóticos adaptada ao presente estudo tem potencial para ser aplicada a distintas abordagens da climatologia geográfica. Destacam-se as análises em que são relacionados os sistemas atmosféricos de escala sinótica e suas características físicas com os fenômenos espaciais da superfície terrestre, a exemplo dos estudos de clima e saúde, poluição atmosférica, eventos extremos, mudanças climáticas e agroclimatologia.

## Referências

- ABDELMOLA, K. Y. **Surface synoptic type over central Sudan during 1994-2003**. Thesis (Doctor of Philosophy in Synoptic Climatology) – Aristotle University of Thessaloniki, Thessaloniki, GR, 2009. Disponível em: <http://ikee.lib.auth.gr/record/111025/files/Binder1.pdf>. Acesso em: 6 dez. 2021.
- ANDRADE, G. O. **Os climas**: Brasil terra e o homem. São Paulo: Cia. Editora Nacional, 1972. v. 1. p. 397-462.
- ARMOND, N.B. **Entre eventos e episódios**: as excepcionalidades das chuvas e os alagamentos no espaço urbano do Rio de Janeiro. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2014. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/124041>. Acesso em: 6 dez. 2021.
- BARRY, R. G.; CHORLEY, R. J. **Atmosfera, tempo e clima**. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.
- BORSATO, V. A.; COLLISCHONN, E. A participação das massas de ares no inverno de 2016 no Brasil. **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, v. 1, p. 1790-1801, 2017. doi: <https://doi.org/10.20396/sbgfa.v1i2017.2383>.

- BORSATO, V. A.; MASSOQUIM, N. G. Os movimentos, as áreas de atuação e as propriedades das massas de ar no Brasil. **Geografia, Meio Ambiente e Ensino**, Campo Mourão: Unespar, v. 11, n. 1, p. 27-56, 2020.
- BOWER, D.; MECGREGOR, G. R.; HANNAH, D. M.; SHERIDAN, S. C. Development of a spatial synoptic classification scheme for Western Europe. **International Journal of Climatology**, v. 27, n. 15, p. 2017-2040, 2007. doi: <https://doi.org/10.1002/joc.1501>.
- CORRÊA, A. C. B.; TAVARES, B. A. C.; LIRA, D. R.; MUTZEMBERG, D. S.; CAVALCANTI, L. C. S. The semi-arid domain of the Northeast of Brazil. **The Physical Geography of Brazil**, p. 119-150, 2019. Disponível em: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-04333-9\\_7](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-04333-9_7). Acesso em: 6 dez. 2021.
- CPTEC-INPE. CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS. INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2020. Disponível em: <https://www.cptec.inpe.br/>. Acesso em: 26 set. 2020.
- DI RIENZO, J. A.; CASANOVES, F.; BALZARINI, M. G.; GONZALES, L.; TABLADA, M.; ROBLEDO, C. W. InfoStat versão 2015. Grupo InfoStat, FCA, Universidade Nacional de Córdoba, Argentina.
- DINIZ, M. T. M.; PEREIRA, V. H. C. Climatologia do estado do Rio Grande do Norte, Brasil: sistemas atmosféricos atuantes e mapeamento de tipos de clima. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 35, n. 3, p. 488-506, 2015. doi: <https://doi.org/10.5216/bgg.v35i3.38839>.
- DIXON, P. G.; ALLEN, M.; GOSLIN, S. N.; HONDULA, D. M.; INGOLE, V.; LUCAS, R.; VANOS, J. Perspectives on synoptic climate classification and its role in interdisciplinary research. **Geography Compass**, v. 10, n. 4, p. 147-164, 2016. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/gec3.12264>. Acesso em: 6 dez. 2021.
- FONTÃO, P. A. B.; ZAVATTINI, J. A. Variations on rainfall rhythm in Alto Pardo watershed, Brazil: analysis of two specific years, a wet and dry one, and their relation with the river flow. **Climate**, v. 5, n. 3, 2017. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2225-1154/5/3/47>. Acesso em: 6 dez. 2021.
- FONTÃO, P. A. B.; ZAVATTINI, J. A.; SHERIDAN, S. C.; ARMOND, N. B. Gênese das chuvas em São Paulo (SP): estudo comparativo entre a “Spatial Synoptic Classification” e a “análise rítmica em climatologia”. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 14, n. 23, p. 267-288, 2018. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/58657/36661>. Acesso em: 6 dez. 2021.
- GAN, M. A.; SANTOS, L. F.; LIMA, J. R. A.; AFONSO, J. M. S.; SILVA, A. B. Monção da América do Sul. **Chapter**, v. 19, p. 297-312, 2009. Disponível em: <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rcliman1/revista/pdf/30anos/ganetal.pdf>. Acesso em: 6 dez. 2021.

- GONTIJO, B. M.; ASSIS, W. L. Análise preliminar da sucessão de tipos de tempo no norte de Minas Gerais e suas relações com os sistemas atmosféricos atuantes: períodos chuvosos de 1978/79 e 1984/85. **Geonomos**, v. 5, n. 2, p. 59-64, 1997. doi: <https://doi.org/10.18285/geonomos.v5i2.185>.
- GRIMES, A. Equatorial meteorology. In: MALONE, T. F. (Ed.). **Compendium of Meteorology**. Boston, MA: American Meteorological Society, 1951. p. 881-886.
- HASTENRATH, S.; GREISCHAR, L. Circulation mechanisms related to northeast Brazil rainfall anomalies. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v. 98, n. D3, p. 5093-5102, 1993. doi: <https://doi.org/10.1029/92JD02646>.
- INMET. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa. BDMEP, 2017. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/>. Acesso em: 6 dez. 2021.
- KALKSTEIN, L. S., NICHOLS, M. C., BARTHEL, C. D., GREENE, J. S. A new spatial synoptic classification: application to air-mass analysis. **International Journal of Climatology**, v. 16, n. 9, p. 983-1004, 1996. Disponível em: [https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/\(SICI\)1097-0088\(199609\)16:9%3C983::AID-JOC61%3E3.0.CO;2-N](https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/(SICI)1097-0088(199609)16:9%3C983::AID-JOC61%3E3.0.CO;2-N). Acesso em: 6 dez. 2021.
- KHLEBNIKOVA, E. I. Climate zones and types. In: GRUZA, G. V. (Ed.). **Environmental structure and function: climate system**. [S.l.]: Unesco-Eolss, 2009. v. 2.
- MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Texto, 2007.
- MOLION, L. C. B.; BERNARDO, S. O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 17, n. 1, p. 1-10, 2002.
- MONTEIRO, C. A. F. **Análise rítmica em climatologia: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho**. São Paulo: Universidade de São Paulo/Instituto de Geografia, 1971.
- NÍMER, E. Um modelo metodológico da classificação de climas. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 41, n. 4, p. 59-89, 1979.
- NÍMER, E. Ensaio de um novo método de classificação climática: contribuição à climatologia intertropical e subtropical, especialmente do Brasil. **Boletim de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 31, n. 227, p. 141-153, 1972.
- NÓBREGA, R. S. Um pensamento crítico sobre classificações climáticas: de Köppen até Strahler. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 3, n. 1, p. 18-22, 2010. doi: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v3i1.232646>.
- QUANTUM. Development Team. Quantum GIS geographic information system. Open-Source Geospatial Foundation Project, 2013.

- QUEIROZ, A. T. **Estrutura espacial e gênese dos extremos termohigrométricos na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba por meio da análise rítmica**. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade de Brasília, UnB, Brasília, 2017.
- REBOITA, M. S.; RODRIGUES, M.; ARMANDO, R.; FREITAS, C.; MARTINS, D.; MILLER, G. Causas da semi-aridez do sertão nordestino. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 19, 2016. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/42091>. Acesso em: 6 dez. 2021.
- ROSSATO, M. S. **Os climas do Rio Grande do Sul**: variabilidade, tendências e tipologia. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/32620>. Acesso em: 6 dez. 2021.
- SERRA, A.; RATISBONNA, L. As massas de ar da América do Sul: segunda parte. **Revista Geográfica**, v. 26, n. 52, p. 41-61, 1960. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/40996564>. Acesso em: 6 dez. 2021.
- SERRA, A.; RATISBONNA, L. As massas de ar da América do Sul: primeira parte. **Revista Geográfica**, v. 25, n. 51, p. 67-129, 1959. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/40996533>. Acesso em: 6 dez. 2021.
- SHERIDAN, S. C. The redevelopment of a weather-type classification scheme for North America. **International Journal of Climatology**, v. 22, n. 1, p. 51-68, 2002. doi: <https://doi.org/10.1002/joc.709>.
- YARNAL, B. **Synoptic climatology in environmental analysis**. London: Belhaven, 1993.
- YARNAL, B.; COMRIE, A. C.; FRAKES, B.; BROWN, D. P. Developments and prospects in synoptic climatology. **International Journal of Climatology**, v. 21, n. 15, p. 1923-1950, 2001. doi <https://doi.org/10.1002/joc.675>.

### Contribuição dos autores:

**Lucas Suassuna de Albuquerque Wanderley**: nos resultados, análise das características sinóticas e de superfície referentes a cada tipo de tempo apresentado e descrição dos critérios definidores dos grupos climáticos; na revisão e aprovação da versão final, conferência da formatação, correções textuais e verificação da estrutura argumentativa da discussão.

**Ranyére Silva Nóbrega**: nos resultados, análise sazonal relativa a cada massa de ar ou sistema sinótico individualizado relativos ao agrupamento climático final; na revisão, conferência da descrição das etapas metodológicas e aprovação da versão final.

**Recebido em:** 26 fev. 2021  
**Aprovado em:** 27 out. 2021