ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

GÊNESE DAS CHUVAS EM SÃO PAULO (SP): ESTUDO COMPARATIVO ENTRE A "SPATIAL SYNOPTIC CLASSIFICATION" E A "ANÁLISE RÍTMICA EM CLIMATOLOGIA

FONTÃO, Pedro Augusto Breda – pedrofontao@yahoo.com.br
Universidade Estadual Paulista / UNESP – RIO CLARO

ZAVATTINI, João Afonso – zavattini@rc.unesp.br
Universidade Estadual Paulista / UNESP – RIO CLARO

SHERIDAN, Scott Christopher - ssherid1@kent.edu
Kent State University

ARMOND, Núbia Beray - nubiaarmond@hotmail.com
Universidade Federal do Rio de Janeiro / UFRJ

RESUMO: Trata-se de um trabalho que buscou empregar o método "Spatial Synoptic Classification" (SSC) para a região de São Paulo – SP e, por meio de um ensaio comparativo, confrontar os resultados alcançados com os da "Análise Rítmica em Climatologia" (ARC). Para tanto, o uso do método SSC possibilitou avaliar - no nível diário - tanto a atuação geral dos tipos de tempo como aquelas situações geradoras de chuvas, ao longo do período de 1958 a 2014. Do mesmo modo, dentro desse período de 57 anos, foram selecionados dois anos-padrão, um chuvoso (2010) e outro seco (2014), cujos respectivos ritmos diários (atuação geral dos sistemas atmosféricos e gênese pluvial) também foram interpretados pelo método ARC. O confronto dos resultados obtidos no emprego desses dois métodos apontou para resultados promissores e demonstrou que o método SSC é capaz de complementar a ARC. Ambos as metodologias revelaram as nítidas diferenças de ritmo quando comparadas as variações pluviais entre os dois anos analisados, sobretudo durante o verão. Tais métodos trouxeram à luz, ainda, os tipos de tempo geradores de grandes volumes de chuva no verão de 2010 e as sequências rítmicas responsáveis pela longa e severa estiagem que ocorreu na metrópole paulistana durante o ano de 2014.

PALAVRAS-CHAVE: chuva, estiagem, circulação atmosférica, tipos de tempo, gênese pluvial.

GENESIS OF RAINS IN SÃO PAULO (SP): A COMPARATIVE STUDY BETWEEN SPATIAL SYNOPTIC CLASSIFICATION AND "ANÁLISE RÍTMICA EM CLIMATOLOGIA"

ABSTRACT: This research aims to apply the Spatial Synoptic Classification (SSC) method for the region of São Paulo - SP and to associate the results obtained with those of the Rhythmic Analysis in Climatology (ARC), through a comparative study. Therefore, the use of the SSC method made it possible to evaluate - at the daily level - both the general performance of the weather types and those rainfall situations, during the period from 1958 to 2014. Similarly, within this 57-year period, two specific 'standard-years' were selected, a wet (2010) and a dry one (2014), whose daily rhythms (general performance of atmospheric systems and rainfall genesis) were also interpreted using the ARC method. The comparison of the results obtained in the use of these two methods indicated promising results and demonstrated that the SSC method is able to complement that of the ARC. Both methodologies revealed the distinct rhythm differences when comparing the rainfall variations between the two analyzed years, especially during the summer. These methods also revealed the weather types that generated high rainfall in the summer of 2010 and the rhythmic sequences that were responsible for the long and severe drought that occurred in the metropolis of São Paulo during the year 2014.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

KEYWORDS rain, drought, atmospheric circulation, weather types, rainfall genesis.

1.INTRODUÇÃO

Os avanços dos estudos em Climatologia elaborados por geógrafos brasileiros e a relevância que alcançaram ao longo de mais de meio século de profícuos esforços, conduziram ao progresso e aperfeiçoamento teórico e metodológico desse campo do saber e convergiram na construção de um pensamento científico que dotou a Climatologia Geográfica Brasileira de um caráter único, particularmente vinculado ao legado do professor Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro que, por décadas a fio, difundiu novos pressupostos no âmbito da ciência geográfica e que, por sua vez, influenciariam várias gerações de pesquisadores.

Nesse sentido, no final do século XX, passou-se a utilizar o termo "Escola Brasileira de Climatologia Geográfica" (ZAVATTINI, 1998; 2000), expressão que procura agregar essa corrente de pensamento e, de forma intrínseca, encontra-se associado ao paradigma do ritmo climático (MONTEIRO, 1971; 2015). Entretanto, vale ressaltar que o reconhecimento das pesquisas desenvolvidas nessa área vem de longa data, como é o caso de Ribeiro (1982, p. 49) que, em sua época, já apontava que Monteiro "chegou a criar uma 'escola' de Climatologia Dinâmica".

Partindo desses pressupostos é necessário enfatizar que Monteiro (1971), dentre suas inúmeras contribuições, constata e diferencia a perspectiva analítico-separatista da concepção dinâmica nos estudos do clima, agregando importância à sua concepção ao propor a análise rítmica, fundamentado nas bases estabelecidas pelos geógrafos franceses Maximilien Sorre (1951) e Pierre Pédelaborde (1991). Dessa maneira, direcionados por uma concepção analítica eminentemente geográfica, tal perspectiva aglutinou e tem direcionado uma crescente comunidade de pesquisadores ao longo de décadas que, apesar de tímidos avanços em termos de discurso teórico, vem progredindo de maneira acentuada na aplicação de técnicas mais sofisticadas e soluções inovadoras (SANT'ANNA NETO, 2014).

Dentre as inúmeras pesquisas envolvendo a circulação atmosférica e a dinâmica climática no Brasil, além dos avanços observados ao longo do tempo, uma preocupação constante sempre foi a repercussão direta dessas variáveis sobre os seres vivos e suas consequências na organização do espaço, visando uma climatologia aplicada. Embora boa parte dos estudos enfoquem apenas um ou poucos elementos climáticos em específicos, na maioria das vezes buscando analisar situações excepcionais não habituais, o conceito de tipos de tempo apresenta relevância por sintetizar as situações atmosféricas da baixa troposfera, de caráter singular devido às suas possibilidades de aplicação nas variáveis geográficas.

De acordo com Douguedroit (2004), a noção de tipos de tempo foi desenvolvida de forma diferente nas línguas francesa, alemã e inglesa ao longo da última metade do século XX. Embora haja semelhanças evidentes entre tais noções, a concepção francesa é mais moderna do ponto de vista metodológico, e possui caráter geográfico, pois consegue fazer a distinção entre os termos "type de temps" e "type de circulation" (DURAND-DASTÈS, 2004), ao contrário da concepção anglo-saxônica de "weather-types" (LAMB, 1950) e da alemã "Grosswetterlagen" (BAUR, 1948; HESS e BREZOWSKY, 1952), que fundem,

precipitadamente, os tipos de tempo e a circulação atmosférica num só conceito. A relevância e a retomada das pesquisas em Climatologia envolvendo os tipos de tempo valoriza-se na proposta do paradigma do ritmo climático de Monteiro, elaborada sob forte influência de autores franceses.

Na comunidade anglo-saxônica, paralelamente, despontam iniciativas que têm valorizado as pesquisas da Climatologia sob o ponto de vista geográfico. Um exemplo peculiar foi o ensaio realizado por Bryson (1997, p. 454), no qual o autor expôs seu ponto de vista e sua insatisfação a respeito das definições usuais de clima, apresentando argumentos, axiomas e corolários que o levaram a refletir e a sustentar que "Climate (climatic status) is the thermodynamic/hydrodynamic status of the global boundary conditions that determine the concurrent array of weather patterns". Tal reflexão retrata a insuficiência conceitual que tem limitado o desenvolvimento de um corpo teórico da Climatologia e, apesar de não estabelecer uma relação clara com as escalas e a circulação atmosférica, amplia os horizontes ao abandonar a interpretação meramente estatística e abstrata do clima (MCGREGOR, 2006).

Apesar das diferenças teóricas, já descritas, a classificação dos tipos de tempo tem evoluído a partir do desenvolvimento da Climatologia Sinótica (YARNAL et. al., 2001). Recentemente, diversas foram as novas metodologias que surgiram para a classificação sinótica de tipos de tempo. Dentre elas destaca-se a "Spatial Synoptic Classification" (SSC), aplicada a dados do território norte-americano (SHERIDAN, 2002) e da Europa Ocidental (BOWER et. al., 2007). No Brasil, até o presente momento tal sistema de classificação conta unicamente com a publicação de Armond (2014, p. 223), trabalho que aplicou o método SSC para o espaço urbano do Rio de Janeiro – RJ, e cuja "análise sintética viabilizada a partir do SSC coincidiu com a caracterização estatística e deu bases para a realização da análise dinâmica no decorrer do estudo".

No presente estudo, é proposta a aplicação do método SSC por meio da classificação híbrida e objetiva apresentada por Sheridan (2002) e, no intuito de comparar seus resultados aos de uma metodologia consagrada na climatologia brasileira, empregou-se a ARC proposta por Monteiro (1971; 1973) através da classificação empírica dos tipos de tempo na gênese das chuvas. A área de estudo escolhida para a realização dessa pesquisa foi o município de São Paulo – SP e seu entorno, capital do estado de mesmo nome, onde se localiza a maior metrópole do país. Tendo em vista a grande concentração populacional ali existente, o estudo da dinâmica atmosférica que sobre ela atua, e que promove sequências de dias chuvosos ou de estiagem, pode assumir aspectos de importância relevante para os seus habitantes.

2. MATERIAIS E MÉTODOS DA PESQUISA

2.1. ÁREA DE ESTUDO E DADOS UTILIZADOS

A área selecionada consiste no município de São Paulo – SP, capital estadual inserida na porção leste do território paulista, região de enorme importância econômica em nível nacional e amplamente estudada no âmbito científico. Dentre as pesquisas realizadas a respeito das precipitações na região, pode-se citar França (1946), Monteiro (1973), Alves Filho (1996), Tarifa e Azevedo (2001), Cabral (2002), Dias et. al. (2013), Obregón et. al. (2014), dentre outras. No entanto, apesar de contar com diversos trabalhos que já

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

investigaram a gênese das chuvas nessa área, a aplicação do método SSC para São Paulo consiste em algo inédito até a presente publicação, não havendo outros estudos similares na localidade.

Trata-se atualmente do maior e mais populoso aglomerado urbano do Brasil, com uma população superior a 12 milhões de habitantes (IBGE, 2017), e sede da Região Metropolitana de São Paulo, agregando um total de 39 municípios conurbados à essa Cidade Global. A Figura 1 ilustra a localização geográfica do município em questão.

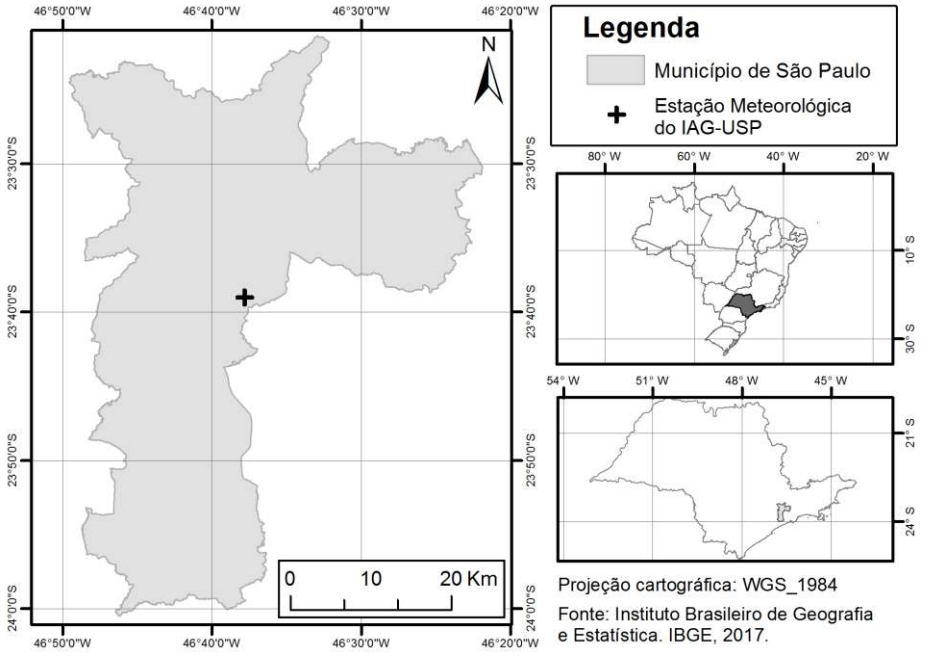


Figura 1 – Localização do município de São Paulo – SP e da Estação IAG-USP.

Na figura 1 é possível observar a localização da Estação Meteorológica do IAG-USP, administrada pelo Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo. Tal estação estabelecida no bairro Água Funda, zona sul da cidade, foi escolhida para a coleta de dados e utilização nesse estudo devido à sua longa série histórica, ininterrupta, sendo ideal para a realização de estudos no âmbito da Climatologia, em particular para a aplicação dos métodos SSC e ARC. Notou-se que desde 1958, o posto conta com inúmeros dados climáticos, dos quais foram coletados aqueles disponíveis em nível horário, a saber: temperatura, precipitação, pressão atmosférica, umidade relativa, vento, nebulosidade, ponto de orvalho e insolação.

Além desses dados meteorológicos, foram também coletadas, nos respectivos sites, as cartas sinóticas da Marinha do Brasil e as imagens de satélite do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE), ambas para auxiliar na identificação dos sistemas atmosféricos necessários à Análise Rítmica, nos horários sinóticos das 12Z e 00Z (9hrs e 21hrs no horário oficial de Brasília), e para os dois anos-padrão selecionados. Em relação aos materiais utilizados para a elaboração dos gráficos e tabelas, foram empregados os softwares Microsoft Excel e CorelDRAW Graphics Suite X7, da Corel Corporation.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

2.2. O MÉTODO "SPATIAL SYNOPTIC CLASSIFICATION" (SSC)

Primeiramente, deve-se considerar os recentes progressos no ramo da Climatologia Sinótica, campo teórico que apesar de ter suas origens na meteorologia, busca compreender as influências da circulação atmosférica e dos respectivos padrões meteorológicos gerados em superfície, e acaba aproximando-se dos seres vivos e das relações espaciais através, por exemplo, dos tipos de tempo que irão repercutir nos baixos níveis atmosféricos. Devido às diversas possibilidades de aplicação às outras variáveis geográficas, os métodos de classificação registraram importantes avanços recentemente, em especial no final do século XX com o advento dos computadores (YARNAL, 1997; 2001).

Desse modo, apesar dos avanços nacionais embasados na concepção francesa e nas obras do professor Monteiro, diversos pesquisadores de países como, por exemplo, Estados Unidos e Reino Unido, passaram a basear-se em métodos de classificação automatizados, de fácil aplicação e reprodução. Vale ressaltar que um método empírico, apesar das críticas recebidas no século XXI devido às limitações decorrentes do tempo necessário para realizar as classificações dos sistemas atmosféricos e ao alto grau de subjetividade envolvido (HUTH et al., 2008), aproxima o pesquisador da compreensão da circulação atmosférica, além de adaptar-se às situações excepcionais não habituais observadas numa investigação, perdurando como um método válido para o uso (YARNAL, 2001; LEE e SHERIDAN, 2015).

A "Spatial Synoptic Classification" (SSC), ou Classificação Sinótico-Espacial ao ser traduzida para a língua portuguesa (ARMOND, 2014), refere-se a um método de classificação das situações sinóticas em categorias a partir de um esquema híbrido baseado em processos manuais e automatizados. A combinação híbrida visa incorporar as vantagens de ambos os métodos, contando com ajustes empíricos e procedimentos automáticos, diminuindo assim o tempo de reprodução e produzindo resultados fáceis de interpretar. Inicialmente, o método SSC foi desenvolvido por Kalkstein et al. (1996), e limitava-se a classificar os tipos de tempo apenas para as estações de inverno e verão. Posteriormente, o método foi reconstituído e refinado por Sheridan (2002), e passou a realizar classificações ao longo de todos os dias do ano.

De maneira geral, o método é baseado nos dados de uma Estação Meteorológica, em quatro observações diárias nos horários sinóticos padrão: 06Z, 12Z, 18Z e 00Z (3hrs, 9hrs, 15hrs e 21hrs no horário oficial de Brasília). As variáveis incorporadas ao modelo são: temperatura, ponto de orvalho, vento (velocidade e direção), pressão atmosférica e nebulosidade. Devido não levar em consideração cartas sinóticas de superfície e/ou a circulação atmosférica superior, mesmo havendo correlação direta com os dados, a SSC acaba não determinando necessariamente as massas de ar, sendo considerado, portanto, um sistema de classificação de tipos de tempo ("weather-types"), que privilegia a categorização das condições atmosféricas do ambiente.

A base utilizada para classificar os tipos de tempo em categorias é feita através da identificação do "seed day" ("dia-semente"), ou seja, um dia real que tipifica as características meteorológicas e as condições ideais para cada um dos tipos de tempo específicos do local, elaborado para cada uma das estações do ano. Para tanto, os dados climáticos são quantificados e tratados por meio dos parâmetros e algoritmos propostos por Sheridan (2002), e a variação dos elementos é determinada para cada época do ano, visando critérios de

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

agrupamento ao longo de intervalos temporais (SSC, 2018). Deve-se mencionar que, por tratar-se de um método híbrido, o estabelecimento do "seed day" é aprimorado empiricamente visando a realidade climática local e pode levar em conta critérios já estabelecidos para regiões próximas, buscando além de auxiliar na identificação do "dia-semente", aumentar a coesão espacial dos tipos de tempo. Nesse caso, considerou-se a cidade do Rio de Janeiro (ARMOND, 2014) apenas para os ajustes finais na elaboração dos parâmetros de cada "seed day".

Dessa maneira, buscou-se estabelecer limiares mais próximos possíveis do padrão dos elementos, definindo um total de seis tipos de tempo tradicionais: Dry Moderate (DM), Dry Polar (DP), Dry Tropical (DT), Moist Moderate (MM), Moist Polar (MP) e Moist Tropical (MT). Cabe ressaltar, ainda, que foram criadas as classificações Moist Tropical Plus (MT+) e Moist Tropical Double Plus (MT++), que apesar de tratarem-se de variações do tipo de tempo MT, apresentam temperaturas ainda mais elevadas que as do tipo original (MT). No caso da classificação Transitional (TR), o tipo de tempo representa dias de alternância que não estão contemplados nas categorias anteriores. A Tabela 1 descreve as categorias de tipos de tempo estipuladas.

Tabela 1 – Categorias de Tipos de tempo (weather-types) classificados através do método SSC.

Cód.	Nome	Tradução	Descrição
DP	Dry Polar	Polar Seco	Consiste em um ar frio e seco atuando sobre a área de estudo, apresentando temperaturas mais baixas para determinada época do ano, além de pouca nebulosidade. No caso do sudeste brasileiro, pode-se associar a ocorrência desse tipo de tempo à atuação do Anticiclone Polar migratório numa trajetória mais continental da massa de ar de origem polar, modificada durante o deslocamento.
DM	Dry Moderate	Moderado Seco	Tipo de tempo relativamente quente e seco, com nebulosidade moderada. Pode-se associar tais características às alterações e reestruturação do ar atmosférico assimiladas pelas massas polar e tropical atlântica ao migrar para a área de estudo.
DT	Dry Tropical	Tropical Seco	Apresenta condições atmosféricas que resultam em temperaturas muito elevadas e baixa umidade relativa do ar, manifestando pouca ou nenhuma nebulosidade. Tal situação sinótica altamente quente e seca associa-se, em boa parte de suas ocorrências no sudeste brasileiro, à atuação de massas de ar estáveis de origem tropical.
MP	Moist Polar	Polar Úmido	Consiste em tipo de tempo geralmente frio, úmido e com alta nebulosidade. Tais condições podem atuar na região sudeste através da incursão, já modificada ao longo da trajetória, do ar de origem polar, diminuindo as temperaturas e gerando instabilidade atmosférica.
MM	Moist Moderate	Moderado Úmido	Tem como principais características as temperaturas relativamente quentes e a umidade do ar moderadamente elevada, podendo resultar em aumento da nebulosidade e, em alguns casos, precipitação.
MT	Moist Tropical	Tropical Úmido	Tipo de tempo quente, bastante úmido e de elevada nebulosidade. No Sudeste, pode estar associado à atuação de massas de ar tropicais, em alguns casos com linhas de instabilidade, ou em setores quentes de uma frente.
MT+	Moist Tropical Plus	Tropical Úmido *Plus*	Trata-se de um subconjunto do tipo MT, adotado para classificar dias mais quentes na região intertropical. Tal tipo de tempo diferencia-se por apresentar temperaturas mais elevadas que o "seed day" durante o período da manhã e tarde.
MT++	Moist Tropical Double Plus	Tropical Úmido *2x Plus*	Trata-se de outro subconjunto do tipo MT, adotado para classificar os dias de maior calor do Tropical Úmido na região intertropical, com temperaturas ainda mais elevadas que o MT+. Tal tipo de tempo diferencia-se por apresentar temperaturas de pelo menos um desvio padrão acima do "seed day", tanto na média da manhã quanto da tarde.
TR	Transiti-onal	Transicional	Dias em que as condições atmosféricas não são compreendidas nas classes anteriores, havendo sensíveis mudanças nos limiares de pressão, ponto de orvalho e vento ao longo do dia.

Fonte: Sheridan, 2002; Armond, 2014; SSC, 2018.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Assim, tendo por base os critérios descritos, os dados gerados pela SSC foram organizados em planilhas eletrônicas, visando observar a participação diária/horária dos sistemas atmosféricos atuantes, associados à precipitação pluviométrica diária, presente ou ausente, com vista à gênese das chuvas. Cabe ressaltar que a SSC mensura a água nos sistemas climáticos através da temperatura do ponto de orvalho, ou seja, esse modelo de classificação climática não utiliza dados de precipitação pluviométrica; portanto, sua utilização é bastante simples e independe da existência de (ou do acesso a) dados pluviométricos.

2.3. O MÉTODO "ANÁLISE RÍTMICA EM CLIMATOLOGIA" (ARC)

A análise rítmica foi idealizada e utilizada por Monteiro (1971; 1973; 2015), e constitui-se em método consagrado, disseminado por uma série de estudos realizados no âmbito da Climatologia Geográfica brasileira. Trata-se de uma metodologia que busca compreender e explicar o ritmo climático atual e, para tanto, procura associar a dinâmica regional das massas de ar e dos mecanismos frontológicos às variações locais (diárias e horárias) dos diversos elementos meteorológicos (pressão, umidade, temperatura, precipitações, vento, insolação e nebulosidade), conforme registros da rede de estações meteorológicas de superfície.

Em termos gerais, a incursão do ar polar da latitude média em direção às latitudes mais baixas está ligada ao avanço das frentes frias, cujas trajetórias e movimentos exibem comportamentos diversos e contrastantes ao longo do ano. No caso dos tipos de tempo oriundos das frentes frias que atuam sobre a cidade de São Paulo, há que se considerar os avanços das massas polares em direção ao Sudeste brasileiro, que geralmente traduzem-se em tipos de tempo nublados e chuvosos, com ação de ventos fortes e queda acentuada da temperatura, principalmente durante o outono e o inverno, quando a penetração do ar polar é mais intensa no continente sul-americano, já que na primavera e no verão as incursões de ar polar sofrem uma maior resistência das massas de ar tropicais (FONTÃO e ZAVATTINI, 2017).

No processo de identificação e classificação dos sistemas atmosféricos, adotou-se um sistema de categorização com base nas posições relativas das massas de ar e frentes na América do Sul (SERRA e RATISBONA, 1942; MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007), através dos fluxos em baixos níveis troposféricos dos anticiclones, ciclones e passagens frontais, assim como a resposta desses sistemas, captadas pelas variações diárias e horárias dos elementos climáticos em uma escala mais reduzida. Para tanto, foram gerados os gráficos de análise rítmica, e utilizadas cartas sinóticas e imagens de satélite nos seguintes horários sinóticos diários: 12Z e 00Z (9hrs e 21hrs no horário oficial de Brasília).

Os termos e a nomenclatura utilizada na identificação dos sistemas atmosféricos na Análise Rítmica, ao longo de décadas que transcorreram após as primeiras publicações de Monteiro (1969; 1971; 1973), passaram por algumas alterações nas denominações e, apesar de algumas propostas divergentes entre nomes e/ou classes, o propósito da classificação e sua finalidade permanecem inalterados. Para não entrar em pormenores, este estudo optou por utilizar a base proposta por Zavattini e Boin (2013), que

detalha o avanço dos sistemas frontais e identifica os sistemas atmosféricos da seguinte maneira:

- *Sistemas Tropicais e/ou Equatoriais*: Massa Tropical Atlântica (MTA), Massa Tropical Atlântica Continentalizada (MTAC), Massa Tropical Continental (MTC), Massa Equatorial Continental (MEC) e Linhas de Instabilidade em Massas de Ar (LI).
- *Sistemas Polares*: Massa Polar Atlântica (MPA), Massa Polar Velha (MPV), Massa Polar Velha Continentalizada (MPVC).
- *Sistemas Frontais*: Frente Polar Atlântica (FPA), Frente Polar Reflexa (FPR), Frente Polar Atlântica em Dissipação (DIS), Repercussão da Frente Polar Atlântica (REP), Frente Polar Atlântica Estacionária (EST), Frente Polar Atlântica com Setor Quente de Retorno no Continente (QTE) e Frente Polar Atlântica Oclusa (OCL).

De maneira geral, a origem distinta das massas de ar (tropical, equatorial ou polar), ou a sua natureza frontal, revelam a variedade de sistemas atmosféricos atuantes sobre o território brasileiro. Os diferentes fluxos de ar que interferem no estado de São Paulo, em particular sobre a cidade de São Paulo, podem ser agregados da seguinte maneira:

- *Correntes de Sul*: MPA + MPV/MPVC + FPA eixo principal, em dissipação, oclusa, estacionária + FPR.
- *Correntes de Leste*: MTA + MTAC + LI + FPA com setor quente de retorno no continente + Repercussão da FPA.
- *Corrente de Norte*: MEC.
- *Corrente de Oeste*: MTC.

Nesse estudo, a aplicação da Análise Rítmica como estratégia metodológica procurou empregar um tratamento dinâmico aos dados climáticos, visando analisar o comportamento do ritmo pluvial a partir da interpretação da atuação dos sistemas atmosféricos em nível regional, em uma escala de tempo diária e horária. Para tanto, foram escolhidos dois anos-padrão (MONTEIRO, 1973; 2015), que são representativos das condições extremas (ou excepcionais) em termos pluviais para a cidade de São Paulo, sendo o ano de 2010 considerado como ano-padrão chuvoso e o de 2014 como ano-padrão seco, conforme Fontão e Zavattini (2016). São anos relativamente recentes, que se traduziram tanto por episódios pluviais intensos, ocorridos em 2010, como pela forte estiagem registra em 2014.

Por fim, os resultados provenientes da aplicação dos métodos SCC e ARC aos dados diários e horários dos anos-padrão de 2010 e 2014 foram objeto de comparação gráfica e estatística. Gráfica, porque estão plotados no rodapé do gráfico de análise rítmica (figuras 4 e 5). Estatística, porque os índices de atuação geral dos tipos de tempo foram sintetizados na figura 2, e os de geração das chuvas na figura 3; já o confronto entre tipos de tempo e sistemas atmosféricos responsáveis pela gênese pluvial encontram-se representados nas figuras 6 e 7.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

3. ANÁLISE DOS RESULTADOS

3.1. RESULTADOS OBTIDOS COM O MÉTODO SSC

Os resultados obtidos da aplicação do método SSC aos dados diários e horários de temperatura, ponto de orvalho, vento (velocidade e direção), pressão atmosférica e nebulosidade, registrados pela estação meteorológica de superfície do Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo, estão sintetizados nas duas figuras apresentadas a seguir (Figura 2 e Figura 3).

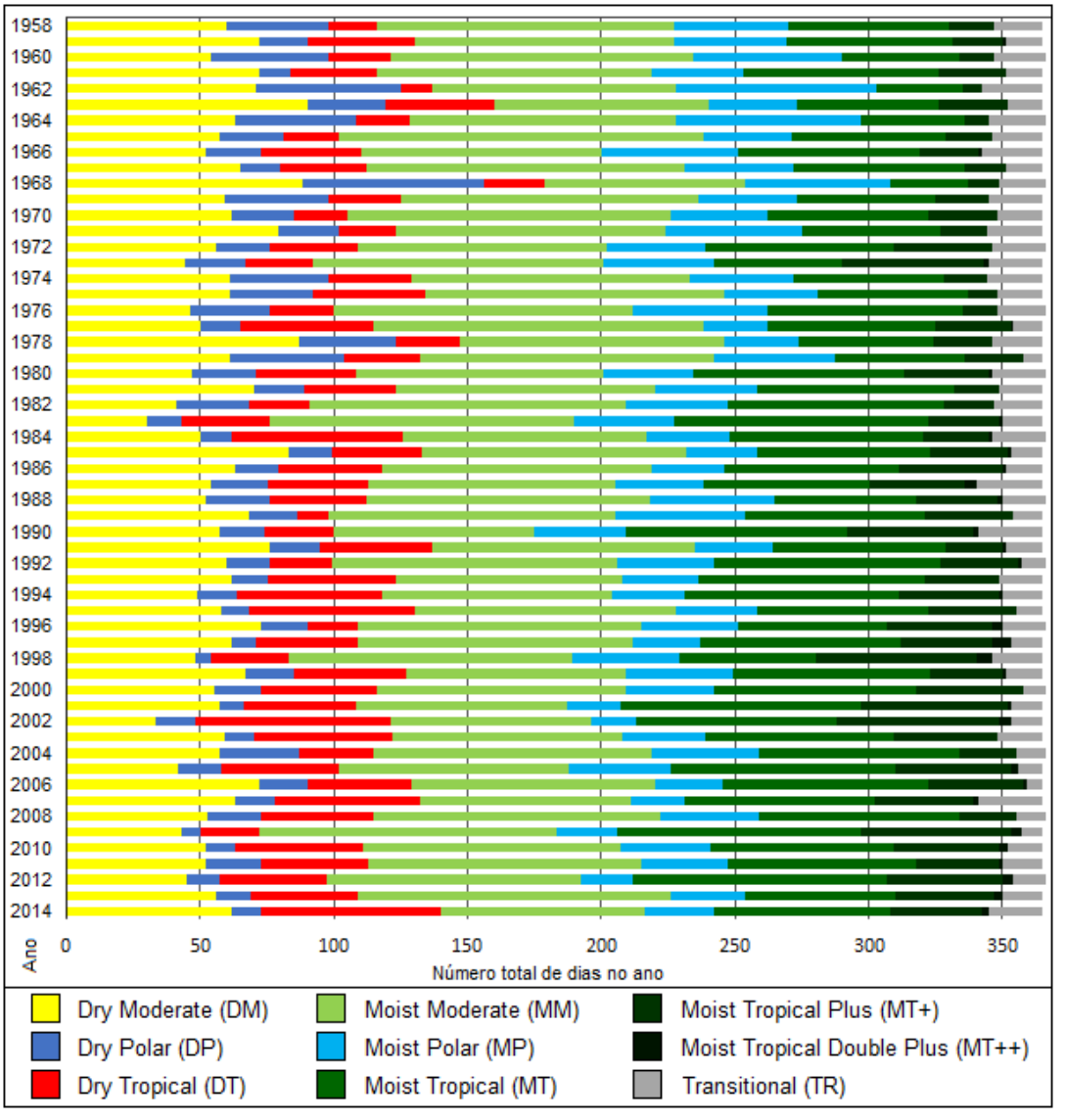


Figura 2 – Atuação geral dos tipos de tempo na cidade de São Paulo - Período 1958-2014.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

A figura 2, cuja unidade de medida é o número de dias de atuação dos tipos de tempo, ilustra a participação geral de cada um dos nove tipos de tempo propostos pelo SSC desde 1958 até 2014. Uma rápida análise da figura já permite constar, por exemplo, a atuação considerável de tipos de tempo de origem polar (DP e MP) no ano de 1968 ou, então, a intensa participação de tipos de tempo úmidos (MM, MP, MT, MT+ e MT++) no ano de 1983.

A figura 3, por sua vez, utiliza os milímetros de chuva como unidade de medida, e revela a gênese das chuvas, ou seja, a responsabilidade de cada tipo de tempo na geração dos variados volumes pluviais precipitados em São Paulo (SP), em cada um dos anos que compõem o considerável arco de tempo estudado (1958-2014).

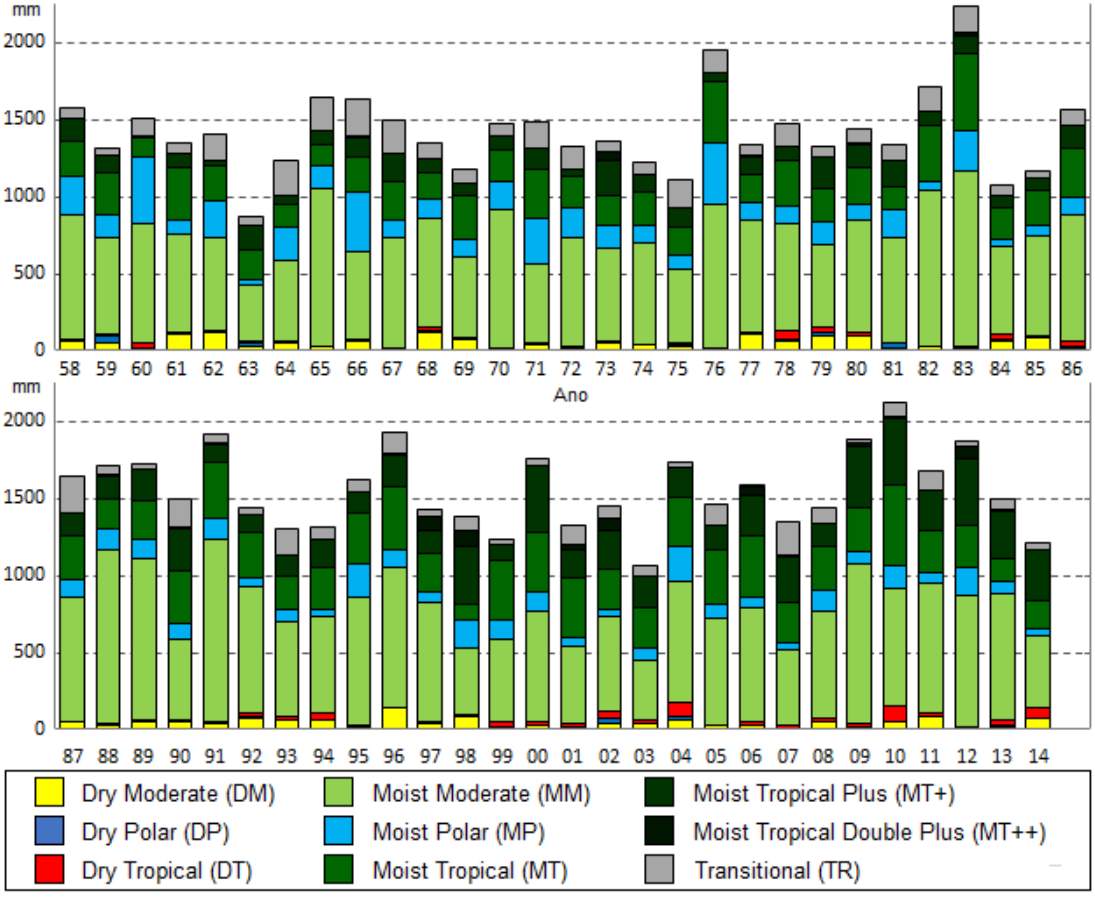


Figura 3 – Gênese pluvial em São Paulo (SP) pelo método SSC - Período 1958-2014.

É perfeitamente constatável que a maior parte das chuvas que cai sobre a cidade de São Paulo, não importa se num ano seco ou chuvoso, tem origem em tipo de tempo polar úmido (MM) que, por sua vez, vem seguido por tipos de tempo tropicais úmidos (MT, MT+), responsáveis pelos segundo e terceiro postos na produção pluvial ao longo do período 1958-2014.

Tal constatação aproxima-se das análises realizadas por Armond (2014), que concluiu que durante o período chuvoso houve uma grande participação do tipo de tempo MT, além de uma predominância dos tipos de tempo MT e MM

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

durante o ciclo anual das chuvas na cidade do Rio de Janeiro. No caso dos Estados Unidos, Greene (1996), ao correlacionar os tipos de tempo MT e MM à ocorrência da maioria das chuvas na porção sudeste do país, sugere que as chuvas convectivas são mais comuns durante o tipo de tempo MT (Moist Tropical), enquanto que as precipitações de origem frontal são mais frequentes durante o tipo de tempo a MM (Moist Moderate ou Temperate) na sua região de estudo.

3.2. RESULTADOS OBTIDOS COM O MÉTODO ARC

Os resultados obtidos da aplicação do método ARC aos dados dos anos de 2010 e 2014, que abrangem as variações diárias e horárias de diversos elementos climáticos (pressão atmosférica, temperatura, umidade relativa, chuva, insolação, vento - direção e força - e nebulosidade), registradas pela estação meteorológica de superfície do Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo, estão sintetizados nas figuras 4 e 5, apresentadas a seguir. Nos rodapés de ambas as figuras estão identificados (empiricamente) os sistemas atmosféricos atuantes; abaixo deles foram plotados os tipos de tempo classificados (automaticamente) pelo método SSC.

Na figura 4, correspondente ao gráfico de Análise Rítmica do ano-padrão chuvoso de 2010, é possível notar um verão extremamente úmido e uma forte atividade frontal sobre a região nos três primeiros meses. Nesse período, foram registrados 13 avanços de mecanismos frontológicos sobre a cidade de São Paulo, com destaque para o episódio engendrado pelo avanço (e estacionamento) de duas frentes entre os dias 16 e 24 de janeiro, que favoreceram a instabilidade atmosférica e um elevado índice de chuvas no mês janeiro. Outro fator que contribuiu para tornar esse verão chuvoso foram as precipitações do tipo convectiva, que em alguns casos ocorreram durante a atuação de linhas de instabilidade tropicais, como foi o caso, por exemplo, da precipitação ocorrida no período da tarde do dia 4 de fevereiro, que resultou em 97,2 milímetros em 24 horas.

Durante os meses de outono e inverno de 2010, o controle das condições atmosféricas sobre a cidade de São Paulo permaneceu a cargo das correntes de sul, contudo tiveram nesse ano seu papel ligeiramente reduzido se comparado ao habitual na região, resultando em um inverno de temperaturas amenas e menores índices de atuação da massa polar atlântica se comparado a outros anos. No entanto, malgrado a significativa participação de massas de ar tropicais nesse semestre durante algumas semanas, que contribuíram para tipos de tempo mais quentes e estáveis, foram registrados dois avanços frontais que provocaram chuvas volumosas, vinculadas não somente às passagens do eixo principal da FPA, como também no seu recuo e estacionamento, desenrolada nos períodos de 3 a 9 de abril e 13 a 16 de julho. Por conseguinte, tais precipitações registradas num período habitualmente menos chuvoso, eventualmente contribuíram para minimizar os efeitos da estiagem, além de ter sido abreviada antecipadamente pelas chuvas frontais registradas no final do mês de setembro.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

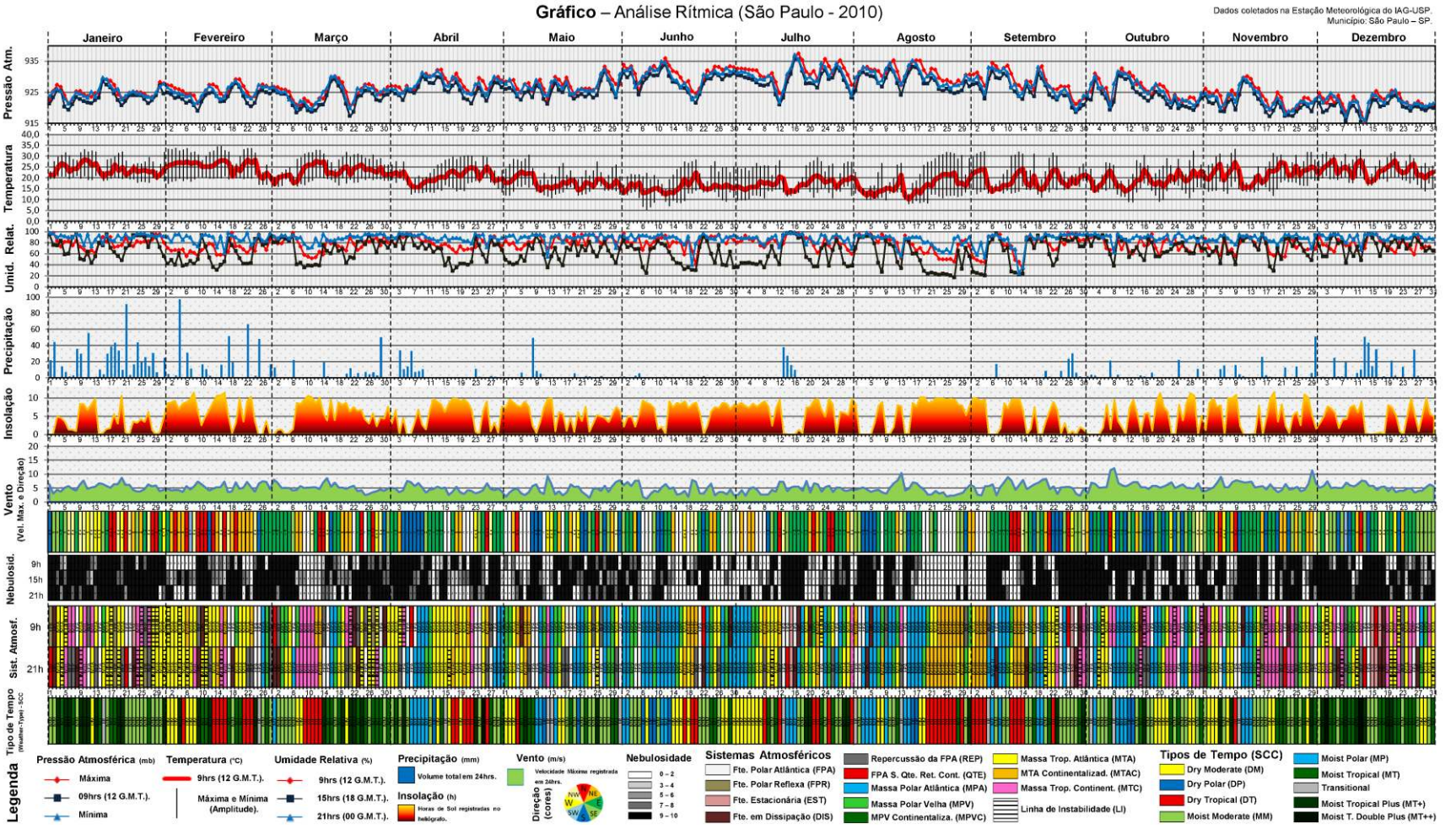


Figura 4 - Análise Rítmica do Ano-Padrão Chuvoso (2010) em São Paulo (SP).

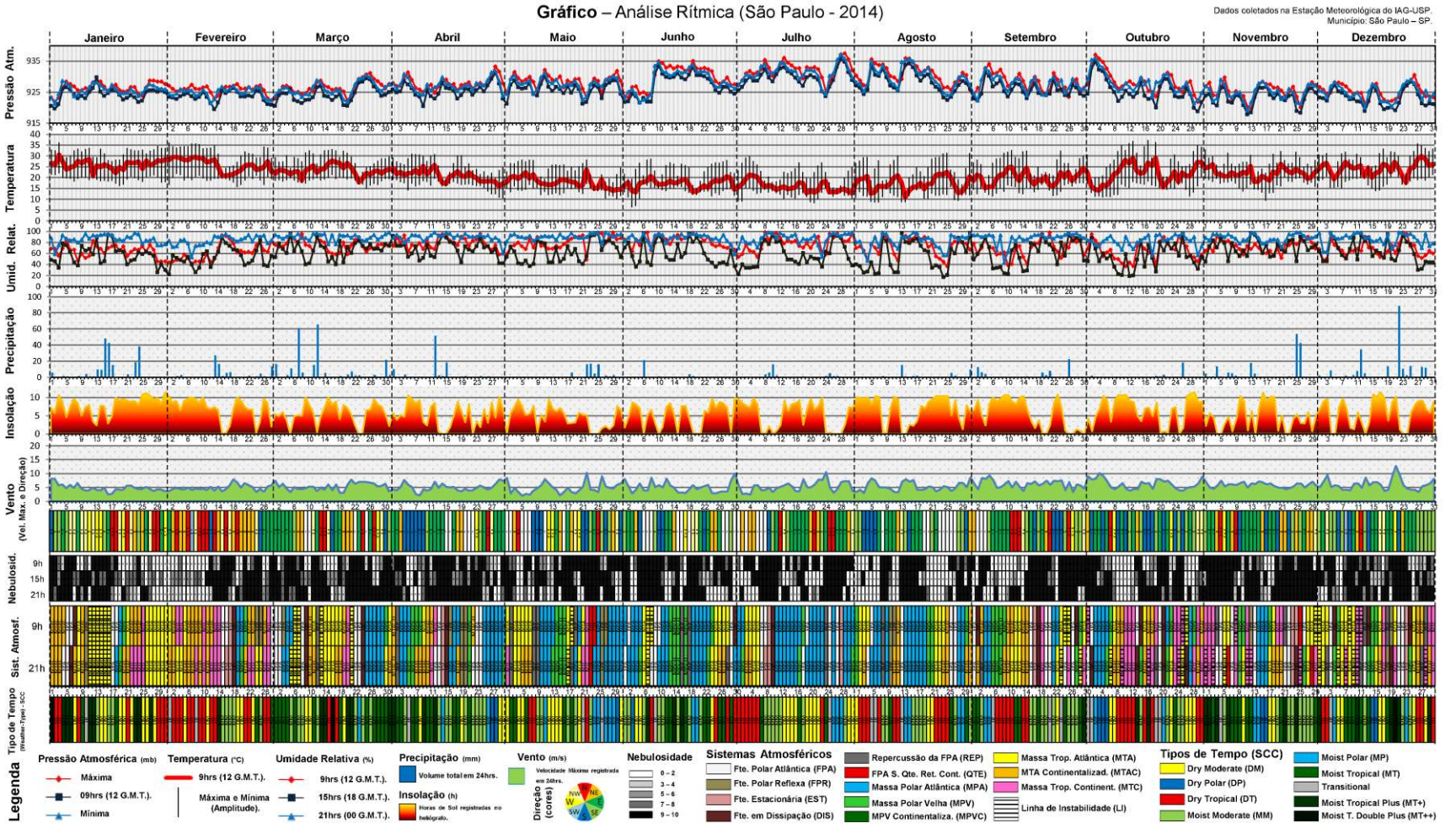


Figura 5 - Análise Rítmica do Ano-Padrão Seco (2014) em São Paulo (SP).

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Nos últimos três meses de 2010, alusivos à primavera austral, verificou-se muitos episódios de instabilidade atmosférica derivado de uma grande alternância de tipos de tempo, cujo encadeamento resultou no predomínio de dias mais úmidos e uma melhor distribuição de episódios de chuva ao longo do tempo. Ainda que esse período tenha contado com significativos fluxos de oeste, que trouxeram a presença de uma massa de ar continental em certos casos, a ação das linhas de instabilidade tropicais favoreceu a formação de chuvas convectivas sobre a área. Em relação ao papel das correntes de sul na circulação regional, notou-se 13 avanços de sistemas frontais, com destaque para os dias 11 a 18 de dezembro, onde ocorreu o estacionamento do mecanismo frontológico, que prolongou-se gerando precipitações constantes, e foi classificado pelo CPTEC como um episódio de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre a região (CLIMANÁLISE, 2010).

Na figura 5, correspondente ao gráfico de Análise Rítmica do ano-padrão seco de 2014, verifica-se um verão destoante do padrão habitual da capital paulista, onde observou-se somente 7 avanços frontais no trimestre e predominaram tipos de tempo ensolarados e secos, com destaque para a sucessão de massas de ar tropicais estáveis entre os dias 18 de janeiro e 12 de fevereiro. Tal articulação dos mecanismos atmosféricos torna-se ainda mais inquietante ao considerar que, os três primeiros meses desse ano, vieram após uma primavera pouco úmida no ano de 2013. Tendo em vista a fraca ação frontogenética no período, possivelmente resultante de um bloqueio que as massas de ar (MTA, MTAC e MTC) impuseram às correntes de sul (COELHO et al., 2015), foram registrados baixos volumes de precipitação.

A circulação atmosférica no outono e inverno de 2014 mostrou-se, em partes, próxima ao que ocorre habitualmente na cidade de São Paulo, onde observou-se uma ampliação do papel das correntes de sul no controle da circulação atmosférica em nível regional. Entretanto, mesmo o semestre contando com cerca de 400 milímetros de chuva, precipitação próxima ao habitual na área de estudo, tais volumes não foram suficientes para recuperar o déficit hídrico registrado nos meses anteriores, tendo em vista que o regime das precipitações no estado de São Paulo tende a concentrar a maior parte das chuvas entre outubro a março (SANT'ANNA NETO, 1995).

No início da primavera de 2014, observou-se novamente uma baixa atividade de mecanismos frontológicos e uma sucessão de massas de ar estáveis, que resultaram em tipos de tempo secos e altas temperaturas, prolongando assim o período de estiagem até a segunda quinzena de novembro, quando finalmente registraram-se volumes elevados de chuva a partir do estacionamento de um sistema frontal na região. Tal situação resultou em um mês de outubro extremamente seco (25,4 mm) e em condições atmosféricas propícias à elevada evaporação. No mês de dezembro, através da ação frontogenética mais intensa sobre a região, passaram a predominar na cidade tipos de tempo mais úmidos e uma maior ocorrência de precipitação, destacando-se os 88,6 mm precipitados no dia 22.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

3.3. GÊNESE PLUVIAL COM OS MÉTODOS ARC E SSC

A gênese pluvial, propósito de diversas pesquisas já realizados na Climatologia Geográfica brasileira (MONTEIRO, 2015), foi alcançada para ambas as metodologias aplicadas nesse estudo. No caso do método ARC, os totais diários de precipitação pluviométrica foram diretamente associados aos sistemas atmosféricos identificados empiricamente pela Análise Rítmica. Já no caso do método SSC, a gênese pluvial foi obtida pela associação direta entre os volumes diários de chuvas e os tipos de tempo gerados automaticamente pela Classificação Sinótico-Espacial. Os resultados da gênese das chuvas para ambos os métodos foram categorizados em nível sazonal, adotando-se trimestres representativos de cada estação do ano, e encontram-se sintetizados nas figuras 6 e 7, apresentadas a seguir.

A figura 6, cujo método utilizado foi a ARC, ilustra a participação sazonal de cada um dos 12 sistemas atmosféricos na gênese das chuvas nos anos-padrão 2010 e 2014, apresentando gráficos com dimensão proporcional ao volume de chuvas em milímetros para cada trimestre. Uma rápida análise entre os dois anos-padrão permite constatar profundas diferenças entre ambos no tocante ao volume precipitado e à gênese pluvial, com amplo destaque para o verão.

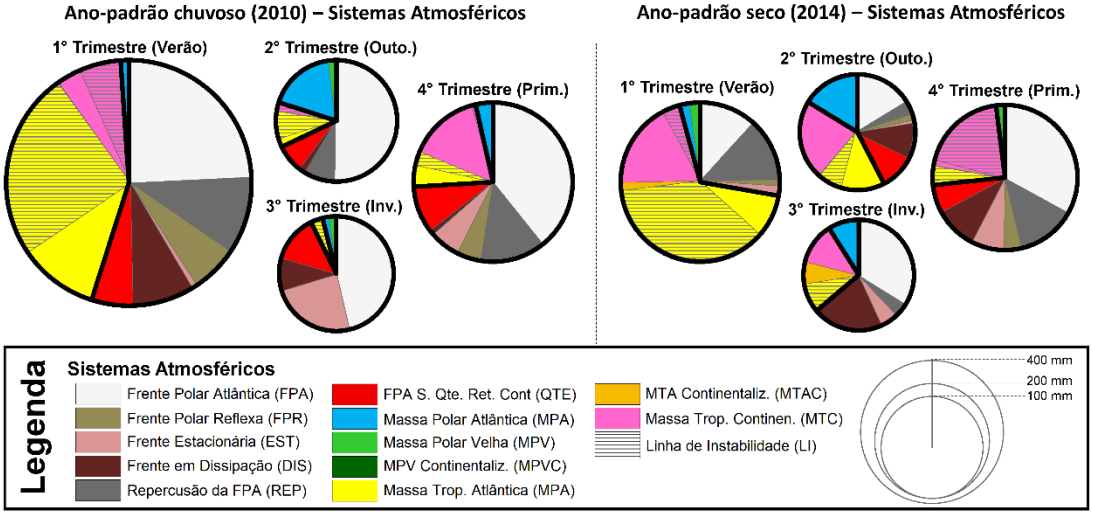


Figura 6 - Gênese Pluvial em dois anos-padrão pelo método ARC

No que diz respeito ao primeiro trimestre (verão), é possível notar que o ano de 2010 foi bem mais chuvoso e influenciado pela forte atuação de sistemas de baixa pressão, resultando em um volume total de 1194,8 mm no período, sendo que 55% desse valor ocorreu pela ação direta de sistemas frontais. No mesmo período trimestral, o ano de 2014 mostrou-se pouco chuvoso, contando com apenas 504,6 mm precipitados no total, e apenas 27,7% desse volume decorreu da influência direta de sistemas frontais, característica muito abaixo do habitualmente esperado na região, conforme pode-se conferir nas obras publicadas inicialmente por Tarifa (1975) e, posteriormente, por Tarifa e Azevedo (2001).

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

No segundo e terceiro trimestres, apesar de não haver uma diferença tão nítida entre os dois anos em relação ao volume total das chuvas, como ocorreu no verão, foi possível constatar na gênese pluvial uma influência predominante de sistemas frontais no ano de 2010 e uma menor influência deles nas precipitações de 2014. No que concerne à primavera, a despeito de haver uma proporção similar em termos percentuais de participação dos sistemas atmosféricos no total das chuvas, nota-se um maior volume de precipitações em 2010 (516,4 mm) se comparado à 2014 (390,2 mm).

A figura 7, cujo método utilizado foi o SSC, coloca em evidência a influência sazonal de cada um dos 9 tipos de tempo na gênese pluvial dos anos-padrão 2010 e 2014, expondo gráficos trimestrais similares à figura anterior, e mantendo a proporção das medidas em relação ao volume das chuvas. Nela, nota-se primeiramente a forte influência de tipos de tempo MM, MT e MT+ na gênese das chuvas, principalmente na primavera e verão, além de uma maior participação de tipos de tempo MP e TR no volume precipitado durante o outono e inverno. Assim como no método ARC, a gênese pluvial através do método SSC apresentou distinções significativas entre os anos 2010 e 2014 ao longo das estações.

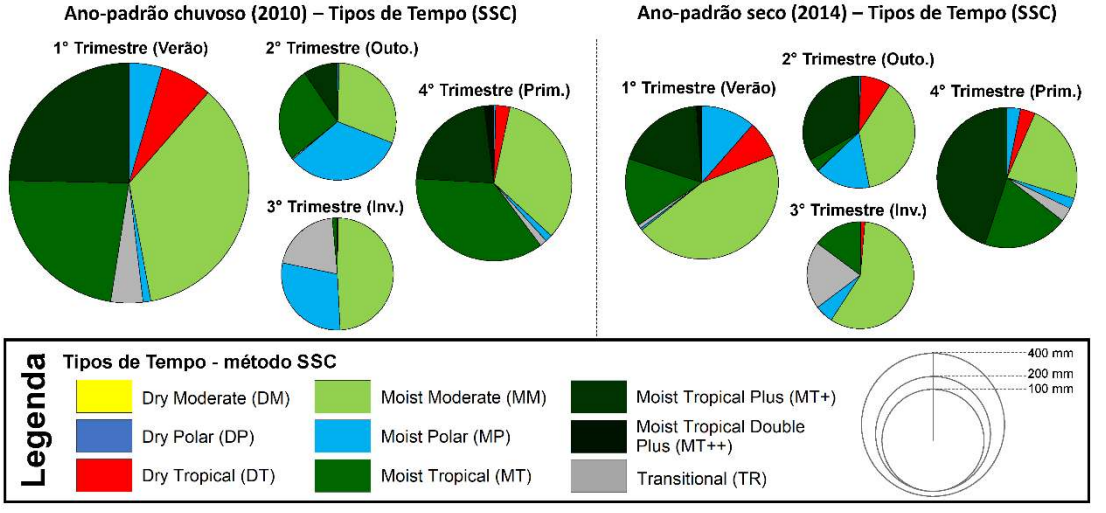


Figura 7 - Gênese Pluvial em dois anos-padrão pelo método SSC

O primeiro trimestre, assim como já foi constatado na figura 6, apresentou uma grande diferença entre os dados de precipitação dos anos 2010 e 2014, sendo que o ano-padrão chuvoso registrou um volume superior ao dobro das chuvas do ano-padrão seco. Nesse período, notou-se uma maior influência dos tipos de tempo MT e MT+ na gênese das chuvas de 2010, ainda mais quando comparado à 2014. No caso do outono e inverno, verificou-se uma maior participação do tipo de tempo MP na gênese pluvial do ano de 2010, além de um predomínio, em ambos os anos-padrão, de dias classificados como MM na ocorrência das precipitações. Em relação ao quarto trimestre, apesar de uma menor discrepâncias entre os dois anos, observa-se uma oposição entre os tipos de tempo MT e MT+, sendo o primeiro responsável por um elevado volume de

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

chuvas em 2010, enquanto o segundo mostrou-se motivador de uma maior parcela das precipitações em 2014.

3.4. ANÁLISE COMPARATIVA DOS RESULTADOS OBTIDOS COM OS MÉTODOS ARC E SSC

Em suma, tanto através do método ARC quanto por meio do método SCC, a gênese das chuvas em São Paulo mostrou-se distinta entre os dois anos-padrão excepcionais: 2010 e 2014. Tais disparidades, verificadas através das análises realizadas nesse estudo, revelam uma sequência de tipos de tempo contrastante entre os dois anos e, à vista disso, em nível diário manifestaram uma sucessão de tipos de tempo propícias ou não às chuvas frequentes e/ou volumosas. Nesse sentido, vale ressaltar que no gráfico de Análise Rítmica, onde encontra-se plotado os sistemas atmosféricos (ARC) e os tipos de tempo (SSC), é possível notar sequências que corroboram para explicar a origem destes episódios.

Para o primeiro trimestre, período de verão cujo contraste entre os anos de 2010 e 2014 se sobressaiu, observou-se uma sequência de tipos de tempo quentes, secos e estáveis bem mais intensa no ano de 2014. Quando comparamos os resultados obtidos a partir da aplicação dos métodos ARC e SSC, verifica-se que tal encadeamento ocorrido no verão de 2014, que resultou em semanas sob domínio das massas de ar tropicais (MTA, MTAC e MTC), sem a presença de linhas de instabilidade ou cavados num período habitualmente mais chuvoso, repercutiu em vários dias consecutivos de muito calor e pouca umidade, classificados como DM e DT pelo método SSC. No caso do ano 2010, a participação de massas de ar estáveis e períodos quentes e secos ficou restrita a poucos dias seguidos, devido ao predomínio de sistemas atmosféricos de origem frontal e/ou massas de ar com linhas de instabilidade tropicais, prevalecendo tipos de tempo MM, MT e MT+ na maior parte dos dias.

No segundo trimestre, ao comparar ambos os métodos aplicados nesse estudo, verificou-se gradativamente uma ampliação do papel das correntes do sul no controle da circulação atmosférica em São Paulo, que resultaram em um maior número de dias frios, sob atuação da MPA, e passagens frontais vertiginosas. Em relação à massa polar atlântica, observou-se uma relação muito próxima entre as invasões polares deste sistema anticiclônico e a atribuição de tipos de tempo MP e DP pelo método SSC, a depender da umidade presente no dia. No entanto, deve-se esclarecer que os fluxos de fraca intensidade e/ou a perduração do Anticiclone Polar Migratório por alguns dias levaram, em alguns casos, a classificar a MPA como tipo de tempo DM. Os avanços de sistemas frontais sobre a região, apesar de resultarem quase sempre em dias úmidos e ação pluvial, não exprimiram uma vinculação muito clara com os tipos de tempo classificados automaticamente pelo método SSC, sendo atribuídos na maioria das vezes como MM, MT e TR.

Durante o terceiro trimestre, as condições atmosféricas que perduraram no outono prolongaram-se ao longo do inverno, favorecendo a ocorrência de dias frios principalmente nos meses de julho e agosto. Constatou-se nesse inverno, assim como em alguns casos no outono, a configuração e sucessão de ciclos evolutivos de ondas de frio (MONTEIRO, 1963) que chegaram a perdurar por semanas na cidade, como foi o caso, por exemplo, dos dias 13 a 30 de

agosto de 2010 e 1 a 14 de setembro de 2014. Tais ciclos resultaram, após a modificação e perda das características originais da MPA, em sequências de dias (ou semanas) com predomínio de massas de ar tropicais secas e estáveis (MTA e MTAC), que foram classificadas pelo método SSC como tipos de tempo DT. Em relação às chuvas no inverno, sua gênese foi predominantemente frontal para os dois anos estudados, ocorrendo sobretudo em dias atribuídos como MM, MT e MP.

O quarto trimestre iniciou-se de maneira distinta entre os dois anos, transcorrendo em 2010 um mês de outubro e início de novembro com precipitações regulares e temperaturas amenas, enquanto o ano de 2014 mostrou-se muito quente e seco no mesmo período. Nesse caso, as correntes do sul exerceram um maior controle da circulação regional no ano de 2010, onde a MPA teve uma participação significativa no início da primavera, que resultou num predomínio de tipos de tempo de características úmidas e amenas (MM, MP e DM) pelo método SSC. Por outro lado, no ano 2014, constatou-se um bloqueio atmosférico diminuindo o papel das correntes do sul, que rompeu-se somente no decorrer do mês de novembro, resultando num mês de outubro pouco chuvoso, sob forte ação de massas tropicais estáveis (MTC e MTAC) e tipos de tempo quentes e secos (DT e DM). Em relação ao final de novembro e no mês de dezembro, a forte atuação de sistemas frontais acarretou num maior número de dias do tipo MT e MT+.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A dinâmica atmosférica observada nos anos 2010 e 2014 expôs uma nítida distinção entre ambos, principalmente no verão dos dois anos-padrão, produzindo sequências excepcionais de tipos de tempo para as quais os serviços públicos e a população residente em São Paulo não estavam preparadas adequadamente. No ano de 2010, registrou-se grandes episódios pluviais, repercutindo em enchentes que já vinham ocorrendo desde a primavera anterior e assolaram a capital paulista e, do mesmo modo, o entorno da região, como por exemplo a enchente histórica de São Luiz do Paraitinga (MORADEI, 2016), cidade a 163 km da capital. No caso de 2014, o efeito gerado por longas sequências de dias quentes e secos, além da baixa precipitação registrada até o mês de novembro, repercutiu em uma longa estiagem que afetou reservatórios de abastecimento urbano na Região Metropolitana de São Paulo e em vários municípios do estado, episódio que ficou conhecido como "crise hídrica" (CUSTÓDIO, 2015).

Nesse estudo, foi possível notar que a utilização do método SSC foi promissora, mostrando-se adequado para realizar análises envolvendo os tipos de tempo. Dentre as vantagens observadas, pode-se citar sua capacidade de cobrir uma longa série de dados, como é o caso de uma série envolvendo várias décadas (1958-2014), sem grandes esforços individuais devido à sua metodologia de classificação híbrida baseado em um modelo automatizado. Tal característica pode mostrar-se oportuna para relacionar esses dados à longas séries de variáveis geográficas envolvendo, por exemplo, desastres naturais, turismo, saúde, hidrologia, dentre outros, a exemplo de diversos estudos já realizados recentemente (SHERIDAN e KALKSTEIN, 2010; HONDULA et. al., 2014; DIXON et. al., 2016, entre outros).

No entanto, deve-se ter cautela ao utilizar a classificação do tipo sinótico-espacial (SSC), pois o método atribui classes de tipos de tempo a partir de variáveis climáticas por meio de um software, não considerando diretamente as cartas sinóticas e a circulação atmosférica local, analisadas através de um pesquisador. Tal fator pode ser insuficiente na análise de eventos ou episódios extremos, além de não revelar diretamente a gênese atmosférica do fenômeno, como foi constatado ao relacionar tal método à ARC, no tocante ao avanço de sistemas frontais sobre a cidade de São Paulo. Outro fator que deve levar-se em conta é ter certo cuidado para não cair na "emboscada" de restringir sua pesquisa somente a uma descrição sumária e sistemática da totalidade dos tipos de tempo, conforme empregava Pédelaborde (1991). Desse modo, deve-se aproveitar todos os avanços conceituais e teóricos recentes para avaliar a variabilidade desses dados, e utilizá-los de uma forma que valorize a moderna climatologia aplicada.

Nesse sentido, ao utilizá-lo como complemento para a ARC, com destaque para a distribuição em sequência diária plotada no gráfico de Análise Rítmica, deve-se estar ciente que o método SSC não substitui o método sintético das massas de ar (PÉDELABORDE, 1991). Há, entretanto, potencial para contribuir em pesquisas científicas, pois torna em evidência tipos de tempo que predominaram diariamente em uma área, e que resultaram em condições climáticas que foram sentidas e afetaram diretamente a população local. Por conseguinte, ao comparar dois métodos diferentes, implementados e utilizados por geógrafos para analisar a variabilidade climática de uma maneira sintética, espera-se contribuir para uma maior aproximação da Climatologia Geográfica brasileira com outras escolas de pensamento internacionais, tendo sempre como foco o progresso científico e intelectual nas pesquisas geográficas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES FILHO, A. P. Episódios pluviais intensos na região metropolitana de São Paulo: uma avaliação no decênio 1982-1991 (Dissertação de Mestrado). USP/FFLCH, São Paulo, 1996.

ARMOND, N. B. Entre Eventos e Episódios: As Excepcionalidades das Chuvas e os Alagamentos no Espaço Urbano do Rio de Janeiro (Dissertação de Mestrado). UNESP, Presidente Prudente, 2014.

BAUR, F. Einführung in die Großwetterkunde. Dieterich: Wiesbaden, 1948.

BOWER, D.; MCGREGOR, 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.

BRYSON, R. A. The paradigm of climatology: An essay. Bulletin of the American Meteorological Society, v. 78, n. 3, p. 449-455, 1997.

CABRAL, E. Tendências e variabilidade do fenômeno pluvial na região metropolitana de São Paulo e possíveis vinculações com o processo de urbanização (Tese de Doutorado). USP/FFLCH, São Paulo, 2002.

CLIMANÁLISE. Boletim de Monitoramento e Análise Climática. v. 25, n. 12. São Paulo: Cachoeira Paulista, 2010.

COELHO, C. A. S.; CARDOSO, D. H. F.; FIRPO, M. A. F. Precipitation diagnostics of an exceptionally dry event in São Paulo, Brazil. Theoretical and Applied Climatology. v. 125, p. 1-16, 2015.

CUSTÓDIO, V. A crise hídrica na região metropolitana de São Paulo (2014-2015). GEOUSP: Espaço e Tempo (Online), v. 19, n. 3, p. 445-463, 2015.

DIAS, M. A. F. S.; DIAS, J.; CARVALHO, L. M. V.; FREITAS, E. D.; DIAS, P. L. S. Changes in extreme daily rainfall for São Paulo, Brazil. Climatic Change, v. 116, n. 3-4, p. 705-722, 2013.

DIXON, P. G.; ALLEN, M.; GOSLING, S. N.; HONDULA, D. M; INGOLE, V., LUCAS, R.; VANOS, J. Perspectives on the synoptic climate classification and its role in interdisciplinary research. Geography Compass, v. 10, n. 4, p. 147-164, 2016.

DOUGUEDROIT, A. Quelle "exception française" en matière de "types de temps"?. Norois, n. 191, p. 33-39, 2004.

DURANTE-DASTÈS, F. À propos des notions de type de temps et de type de circulation. Norois, n. 191, p. 29-32, 2004.

FONTÃO, P. A. B.; ZAVATTINI, J. A. Análise Temporal, Espacial e Identificação do padrão das chuvas na Região Metropolitana de São Paulo e no Sistema Cantareira. Anais do XIII Congresso Nacional de Meio Ambiente de Poços de Caldas, Poços de Caldas – MG: GSC Eventos Especiais, v.8, p. 1-8, 2016.

FONTÃO, P. A. B.; ZAVATTINI, J. A. Variations of Rainfall Rhythm in Alto Pardo Watershed, Brazil: Analysis of Two Specific Years, a Wet and a Dry One, and Their Relation with the River Flow. Climate, v. 5, n. 3, p. 47, 2017.

FRANÇA, A. Estudo sobre o clima da Bacia de São Paulo. Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, n. 70, 1946.

GREENE, S. J. A synoptic climatological analysis of summertime precipitation intensity in the eastern United States. Physical Geography, v. 17, n. 5, p. 401-418, 1996.

HESS, P.; BREZOWSKY, H. Katalog der Grobwetterlagen Europas (1881–1976). Berichte des Deutschen Wetterdienstes in der US-Zone: Offenbach, 1952.

HONDULA, D. M.; VANOS, J. K.; GOSLING, S. N. The SSC: a decade of climate–health research and future directions. International journal of biometeorology, v. 58, n. 2, p. 109-120, 2014.

HUTH, R.; BECK, C.; PHILIPP, A.; DEMUZERE, M.; USTRNUL, Z.; CAHYNOVÁ, M.; KYSELY, J.; TVEITO, O. E. Classifications of atmospheric circulation patterns. Annals of the New York Academy of Sciences, v. 1146, n. 1, p. 105-152, 2008.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 29 nov. 2017.

KALKSTEIN, L. S.; NICHOLS, M. C.; BARTHEL, C. D.; GREENE, J. C. A new spatial synoptic classification: application to air mass analysis. International Journal of Climatology, v. 16, n. 9, p. 983-1004, 1996.

LAMB, H. H. Types and spells of weather around the year in the British Isles: annual trends, seasonal structure of the year, singularities. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, v. 76, n. 330, p. 393-429, 1950.

LEE, C. C.; SHERIDAN, S. C. Synoptic Climatology: An Overview. Earth Systems & Environmental Sciences, p. 1-7, 2015.

MCGREGOR, G. R. Climatology: its scientific nature and scope. International Journal of Climatology, v. 26, n. 1, p. 1-5, 2006.

MENDONÇA, F. A.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. Climatologia: noções básicas e climas do Brasil. Oficina de textos, 2007.

MONTEIRO, C. A. F. O ritmo habitual de sucessão anual dos tipos de tempo no Brasil meridional: um exemplo de análise de Circulação Atmosférica Secundária para fins de compreensão geográfica de um clima regional. Rio Claro: FFCL, 1963.

MONTEIRO, C. A. F. A Frente Polar Atlântica e as Chuvas de Inverno na Fachada Sul-Oriental do Brasil (Contribuição metodológica à análise rítmica dos tipos de tempo no Brasil). São Paulo: USP/IG, 1969.

MONTEIRO, C. A. F. A análise rítmica em climatologia: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. Climatologia, n. 01, p. 01-21, 1971.

MONTEIRO, C. A. F. A Dinâmica Climática e as Chuvas no Estado de São Paulo: estudo geográfico sob a forma de atlas. São Paulo: USP/IG, 1973.

MONTEIRO, C. A. F. (Org.) A construção da Climatologia Geográfica no Brasil. 1ª Edição. Campinas-SP: Editora Alínea, 2015.

MORADEI, N. S. A grande enchente de São Luiz do Paraitinga - 2010 (Dissertação de Mestrado). USP/FAU, São Paulo, 2016, 222 p.

OBREGÓN, G. O.; MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A. Rainfall and climate variability: long-term trends in the Metropolitan Area of São Paulo in the 20th century. Climate Research, v. 61, n. 2, p. 93-107, 2014.

PÉDELABORDE, P. Introduction a l'étude scientifique du climat. Paris-França: Sedes, 1991. 352 p.

RIBEIRO, C. M. O desenvolvimento da climatologia dinâmica no Brasil. Revista Geografia e Ensino, Belo Horizonte, v. 1, n. 2, p. 48-59, 1982.

SANT'ANNA NETO, J. L. As Chuvas no estado de São Paulo: contribuição ao estudo da variabilidade e tendência da pluviosidade na perspectiva da análise geográfica. 1995. 252 f. Tese (Doutorado em Ciências). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

SANT'ANNA NETO, J. L. Medir o tempo, ler, interpretar e sentir o clima: uma climatologia a serviço do entendimento das relações entre os homens e seus lugares, entre as sociedades e seus territórios. In: SILVA, C. A.; FIALHO, E. S.; STEINKE, E. T. Experimentos em Climatologia Geográfica. Dourados-MS: UFGD, 2014. p. 23-32.

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

SSC. Spatial Synoptic Classification - Homepage. Disponível em: <http://sheridan.geog.kent.edu/ssc.html>. Acesso em: 03 jan. 2018.

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.

SHERIDAN, S.C.; KALKSTEIN, A.J. Seasonal variability in heat-related mortality across the United States. Natural Hazards, v. 55, p. 291-305, 2010.

SORRE, M. Les fondements de la Géographie Humaine. Tome: I- Lês foundements biologiques Essai d'une écologie de l'homme. Livre I - Le climat et I'homme. Chp Ier Le Climat. Paris: Librairie Armand Colin, 1951. p. 13-43.

TARIFA, J. R. Fluxos Polares e as Chuvas de Primavera-Verão no Estado de São Paulo. (Tese de Doutorado). USP/IG, São Paulo, 1975, 93 p.

TARIFA, J. R.; AZEVEDO, T. R. Os climas na cidade de São Paulo: Teoria e prática. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2001.

YARNAL, B.; FRAKES, B. Using synoptic climatology to define representative discharge events. International Journal of Climatology, v. 17, n. 3, p. 323-341, 1997.

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.

ZAVATTINI, J. A. A Climatologia Geográfica Brasileira, o Enfoque Dinâmico e a Noção de Ritmo Climático. Geografia (Rio Claro), v. 23, n. 3, p. 5-24, 1998.

ZAVATTINI, J. A. Desenvolvimento e Perspectivas da Climatologia Geográfica no Brasil: o enfoque dinâmico, a noção de ritmo climático e as mudanças climáticas. In: SANT'ANNA NETO, J. L.; ZAVATTINI, J. A. (Org.). Variabilidade e Mudanças Climáticas - implicações ambientais e sócioeconômicas. 1ªed. Maringá: UEM, 2000, p. 225-251.

ZAVATTINI, J. A; BOIN, M. N. Climatologia Geográfica: teoria e prática de pesquisa. Campinas-SP: Editora Alínea, 2013. 145 p.