

MAPEAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DA PLUVIOSIDADE EM UNAÍ, MINAS GERAIS-BRASIL: VARIABILIDADE E DEFINIÇÃO DE ANOS-PADRÃO

Mapping and characterization of pluviosity in Unaí, Minas Gerais-Brazil: variability and definition of standard years

Mapa y caracterización de la pluviosidad en unaí, Minas Generales-Brasil: variabilidad y definición de años-estándar

Aion Angelu Ferraz Silva ¹

Carlos Henrique Jardim²

Recebido em: abril de 2018

Accito e publicado em: agosto de 2019

Resumo: O objetivo deste artigo foi analisar o comportamento da variabilidade têmporo-espacial da pluviosidade na região de Unaí, noroeste do estado de Minas Gerais-Brasil. A metodologia consistiu no uso de dados pluviométricos de 100 estações da Agência Nacional de Águas (ANA) e 22 estações meteorológicas (INMET), correspondendo ao recorte temporal entre os anos de 1995/1996 e 2014/2015, empregados na determinação dos anos-padrão pela técnica do desvio padrão e mapeados pelo método dos polígonos de Thiessen. Os resultados possibilitaram identificar a espacialização dos padrões regionais de pluviosidade, caracterizados temporalmente como: Chuvoso (1996/1997, 2003/2004 e 2006/2007); Chuvoso/Tendente a Chuvoso (2010/2011); Habitual/Tendente a Chuvoso (2005/2006); Habitual (2001/2002, 2002/2003, 2008/2009 e 2009/2010); Seco/Tendente a Seco (1995/1996, 1997/1998, 2000/2001, 2007/2008 e 2013/2014); Seco (2014/2015); Misto (1998/1999, 1999/2000, 2004/2005, 2011/2012 e 2012/2013). A interpretação dos padrões regionais (mapas) e locais (estações pluviométricas no transecto) das chuvas proporcionou relacioná-los com os fatores de teleconexões do clima (ENOS/ODP) e extremos de pluviosidade.

¹ Pós-Graduando (Doutorado em Geografia), IGC/UFMG, aion.silva@ifmg.edu.br

² Prof. Associado, Depto. Geografia/IGC/UFMG, dxhenrique@gmail.com

Abstract: *The objective of this article was to analyze the behavior of the temporal-spatial variability of rainfall in the region of Unaí, northwest of the state of Minas Gerais, Brazil. The methodology consisted in the use of rainfall data from 100 stations of the National Water Agency (ANA) and 22 meteorological stations (INMET), corresponding to the temporal cut between the years 1995/1996 and 2014/2015, used to determine the standard years by the technique of the standard deviation and mapped by the method of the polygons of Thiessen. The results allowed to identify the spatialization of regional rainfall patterns, characterized as rainy (1996/1997, 2003/2004 and 2006/2007); Rainy / Rainy Tending (2010/2011); Habitual / Tender to Rainy (2005/2006); Habitual (2001/2002, 2002/2003, 2008/2009 and 2009/2010); Dry / Dry Tender (1995/1996, 1997/1998, 2000/2001, 2007/2008 and 2013/2014); Dry (2014/2015); (1998/1999, 1999/2000, 2004/2005, 2011/2012 and 2012/2013). The interpretation of the regional (maps) and local (rainfall stations in the transect) patterns of rainfall has been able to relate them to the climate teleconnection factors (ENSO/ODP) and extremes of rainfall.*

Keywords: cartography, climatology, teleconnections; ENSO.

Resumen: *El objetivo de este artículo fue analizar el comportamiento de la variabilidad temporo-espacial de la pluviosidad en la región de Unaí, noroeste del estado de Minas Gerais-Brasil. La metodología consistió en el uso de datos pluviométricos de 100 estaciones de la Agencia Nacional de Aguas (ANA) y 22 estaciones meteorológicas (INMET), correspondiendo al recorte temporal entre los años 1995/1996 y 2014/2015, empleados en la determinación de los años estándar por la técnica de la desviación estándar y mapeados por el método de los polígonos de Thiessen. Los resultados posibilitaron identificar la espacialización de los patrones regionales de pluviosidad, caracterizados temporalmente como: Chuvoso (1996/1997, 2003/2004 y 2006/2007); Lluvia / Tiente a Lluvia (2010/2011); Habitual / Tensión a Lluvia (2005/2006); (2001-2002, 2002/2003, 2008/2009 y 2009/2010); Seco / Tensor a Seco (1995/1996, 1997/1998, 2000/2001, 2007/2008 y 2013/2014); Seco (2014/2015); Mixto (1998/1999, 1999/2000, 2004/2005, 2011/2012 y 2012/2013). La interpretación de los estándares regionales (mapas) y locales (estaciones pluviométricas en el transecto) de las lluvias proporcionó relacionarlos con los factores de macroescala del clima (ENOS/ODP) y extremos de pluviosidad.*

Palabras clave: cartografía, climatología, ENOS.

INTRODUÇÃO

As formas e os modelos de organização das sociedades necessitam contemplar em seus planejamentos a importância dos aspectos derivados das variações do tempo e do clima. Essa condição fica evidente na influência dos seus elementos nas diversas atividades humanas, as quais podem ser mais ou menos influenciadas pela periodicidade e intensidade da dependência dos insumos ou dos impactos positivos ou negativos decorrentes de eventos extremos, por exemplo, oriundos das chuvas nos ambientes urbanos e rurais.

Em relação à dependência das condições climáticas regionais e locais nas diferentes atividades econômicas, a quantidade e regularidade das chuvas acabam desempenhando o sucesso ou o fracasso na agricultura, a plena oferta ou a crise de abastecimento hídrico (consumo humano e geração de energia) e os impactos positivos ou negativos no turismo, nas indústrias, nos transportes, nos meios urbanos e rurais etc. (AYOADE, 2003).

Portanto, o sistema climático torna-se um fator primordial na racionalização do uso e ocupação de qualquer território e pode ser melhor aproveitado através de planejamentos estratégicos (ambiental, regional, hídrico, urbano, agrícola etc.). Esses documentos possibilitam ofertar aos gestores públicos e/ou privados subsídios necessários para tomada de decisões e a

aplicação de ações mitigadoras que possibilitem atenuar ou potencializar os impactos positivos e/ou negativos dos elementos do clima, sobretudo aqueles ligados aos elementos pluviotérmicos.

O arcabouço teórico-metodológico proporcionado pela Climatologia Geográfica possibilita analisar as características do comportamento do clima, através de técnicas quali-quantitativas que visam apontar, por exemplo, padrões ligados à variabilidade climática em diferentes escalas temporais e espaciais. Uma técnica comumente utilizada para este propósito é a segmentação e classificação dos totais pluviométricos acumulados num período de tempo, chamado de “período-padrão” (escalas mensal ou sazonal) ou “ano-padrão” (escala anual), que permitem identificar a intensidade das flutuações típicas do regime pluvial de um dado local e apontar as possíveis circunstâncias que culminaram nos padrões de normalidade e/ou excepcionalidade da precipitação no decorrer do período de análise.

A segmentação dos totais pluviais acumulados está relacionada com a escolha de intervalos de classe, os quais estão embasados nas características estatísticas do conjunto dos dados (recorrência, amplitude, dispersão, curtose, simetria, etc.). Geralmente, as classes segmentadas são categorizadas de modo qualitativo ao atribuir aos intervalos de classe nomenclaturas genéricas que visem destacar a intensidade da precipitação em relação aos demais elementos que compõe o conjunto de dados, por exemplo: os períodos Normais ou Habituais correspondem às ocorrências de maior regularidade e possuem como características estarem próximos à média estatística; os períodos Chuvosos (desvios positivos) ou Secos (desvios negativos) estão relacionados aos dados intermediários, ou seja, situados entre os dados extremos e a classe Habitual/Normal; já as classes de menor recorrência ou mais raras são os episódios de períodos Muito Chuvoso ou Muito Seco, ligados aos eventos intensos e de adversidade climática, que correspondem aos totais pluviais localizados, respectivamente, na proximidade dos limites superior e inferior do conjunto de dados.

Existem diversas técnicas estatística empregadas pela Climatologia Geográfica que possuem o objetivo de segmentar um determinado conjunto de dados de chuva, mas que possuem como característica em comum a sistematização de diferentes agrupamentos de classes de ocorrências de intensidade no decorrer de um dado período de tempo. As propriedades estatísticas inerentes a cada método proporcionarão diferentes resultados entre si para um mesmo conjunto de dados, podendo ocorrer discrepância em uma ou mais das seguintes características: quantidades de agrupamentos; valores dos limiares dos intervalos interclasses; e, por fim, totais de frequências absoluta e relativa de observações interclasses.

Em relação às diferentes técnicas usualmente aplicadas nas análises climáticas para definição dos anos-padrão, pode-se destacar: a fórmula de Sturges (1926, apud GERARDI,

1981), o Desvio-padrão em relação à média (SANT'ANNA NETO, 1990), o Desvio Percentual das Precipitações (TAVARES, 1976), a Análise de Agrupamento (JÁCOMO, 2011), o Quantis (PINKAYAN, 1966) e o Box Plot (GALVANI; LUCHIARI, 2012).

Zandonadi (2009) estudou o comportamento do regime espacial e temporal da pluviosidade na bacia hidrográfica do Paraná e definiu anos-padrão para os totais acumulados para 96 estações da Agência Nacional de Águas (ANA), entre 1976 e 2005. O autor adotou as técnicas de Sturges e Quartil para delimitar oito classes quantitativas que foram resumidas em quatro classes qualitativas (Seco, Habitual, Chuvoso e Misto).

O estudo sobre a gênese pluvial da zona costeira paulista (1967 a 1986), desenvolvido por Sant'Anna Neto (1990), adotou a técnica de anos-padrão para estabelecer os episódios anuais mais representativos e que deveriam ser analisados com maior detalhamento. Foram definidas cinco classes de pluviosidade (Seco, Tendência Seca, Habitual ou Normal, Tendência Chuvosa e Chuvoso) através das técnicas de análise de agrupamento e coeficiente de variação.

A pesquisa sobre as variações pluviométricas da porção centro-sul do estado de Mato Grosso do Sul adotou três classes de intensidade dos acumulados de chuva (Seco, Habitual e Chuvoso) nas escalas sazonal e anual para os anos de 1980 a 2009, através da técnica de "Desvio Percentual das Precipitações Sazonais" (SCHNEIDER et al., 2012).

Sant'Anna Neto (1995) aplicou o Desvio-padrão em relação à média para definir cinco classes de intensidade das chuvas (Seco, Tendente a Seco, Habitual, Tendente a Chuvoso e Chuvoso) para o trabalho desenvolvido sobre a evolução temporal da pluviosidade no estado de São Paulo entre os anos de 1941 e 1993.

A técnica dos Quantis foi utilizada na caracterização dos padrões anuais de chuva para as microrregiões geográficas do Brejo e Cariri paraibano para os dados entre 1960 e 2010 (ALMEIDA et al, 2013). Foi estipulado 5 classes de pluviosidade com base nos limiares dos seguintes percentis: Muito Seco (<15%), Seco (entre 15% e 35%), Normal (entre 35% e 65%), Chuvoso (entre 65% e 85%) e Muito Chuvoso (>85%).

Galvani e Luchiari (2012) agruparam os totais pluviométricos anuais (1917 a 1994) para Piracicaba-SP através da técnica de Box Plot para cinco classes de pluviosidade, de acordo com os seguintes percentis: Super Seco (0% a 5%), Seco (5% a 25%), Normal (25% a 75%), Úmido (75% a 95%) e Super Úmido (95 a 100%). Silva et al. (2017) adotaram a mesma proposta para definir anos-padrão para os municípios mineiros de Januária, Belo Horizonte e Sete Lagoas.

Dentre as técnicas estatísticas de Análise Multivariada destaca-se a Análise de Agrupamento Hierárquico, que consiste em reduzir a variabilidade de um conjunto de dados através constituição de grupos que são ao mesmo tempo internamente homogêneos e altamente

heterogêneos em comparação aos demais grupos. Jácomo (2011) adotou a técnica de Análise de Agrupamento para definir três classes de anos-padrão (Seco, Habitual e Chuvoso) para o estudo sobre a regionalização da pluviosidade da região oeste do estado de São Paulo, ao analisar os dados dos acumulados anuais de 108 estações pluviométricas para os anos de 1970 a 2000.

Como essas diferentes técnicas possuem objetivo semelhante (segmentar o conjunto de dados em classes), Silvestre et al. (2013) optaram por comparar os resultados obtidos para dez técnicas diferente (Sturges, Box Plot [percentis de 5%, 25%, 75% e 95], Quantis [percentis de 15%, 35%, 65%, 85%], Desvio-padrão em relação à média e seis métodos de Agrupamento Hierárquico [Ligação Simples, Ligação Completa, Ligação Média, Ligação Mediana, Ligação de Centróides e Ward]) e cinco classes de intensidade a partir da análise das precipitações anuais da Estação Meteorológica da FCT/UNESP de Presidente Prudente (período de 1961 a 2010). A conclusão dos autores é que não existe uma técnica melhor ou pior, pois cada uma possui suas próprias características estatísticas. No entanto, eles ressaltam que as técnicas de Sturges, Desvio-padrão e os métodos de Agrupamentos Hierárquicos resultam em totais de ocorrência por classe que estão relacionados às características de distribuição dos dados (simétrica ou assimétrica), ao contrário do que acontece ao adotar as técnicas de Box Plot e Quantis, que forçam a distribuição simétrica das frequências observadas em cada classe e podem distorcer os resultados obtidos caso a distribuição original do conjunto de dados tenha características de assimetria.

As diferentes classes de pluviosidade no decorrer dos anos são decorrentes da variabilidade temporal e espacial das chuvas, que Mendonça e Danni-Oliveira (2007) e Sant'Anna Neto (2003) apontam como sendo resultantes da correlação existente entre as características geográficas de cada localidade e a variabilidade do clima (fatores estáticos e dinâmicos). A dinâmica da circulação dos sistemas atmosféricos é fruto dos constantes processos de transferências e trocas de energia (calor) e matéria (umidade e material particulado) entre as distintas regiões do globo, que resultam em diferentes encadeamentos e sucessões de massas de ar ao longo do ano numa determinada localidade. Nesse sentido, Monteiro (1991) explica que o clima de um local deve ser entendido pela proposta preconizada por Max Sorre, que estabeleceu sua compreensão pela série de estados da atmosfera em sua sucessão habitual, ou seja, através da do encadeamento e participação de diferentes massas de ar que influenciam a variação e manifestação dos elementos climáticos das escalas superiores rumo às escalas inferiores do clima.

A escala zonal do clima influencia hierarquicamente a escala regional de atuação das massas ar, interferindo na abrangência espacial e duração da atuação e sucessão dos sistemas atmosféricos. Dentre os fatores dinâmicos que interferem e causam alterações do clima na escala zonal destacam-se as diferentes anomalias cíclicas da Temperatura da Superfície do Mar (TSM),

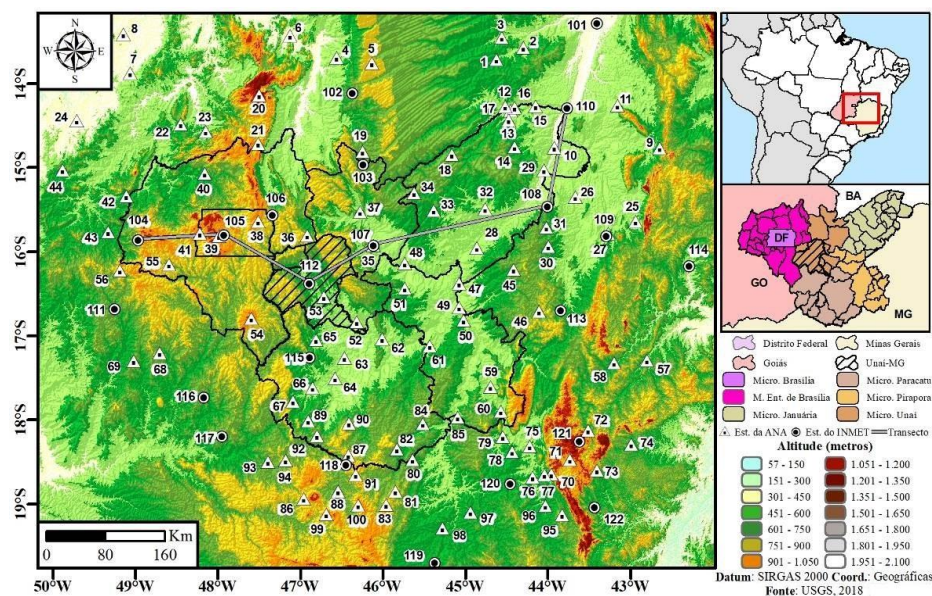
as quais possuem como principais características a alteração na pressão do ar, na direção e velocidade do vento e na convecção tropical (CAVALCANTI; AMBRIZZI, 2009). Esses fatores interferem nos padrões climáticos de circulação atmosférica e influenciam regiões muito distantes em relação à área de origem desses fenômenos, recebendo o nome de “teleconexões do clima”.

Dos diferentes fenômenos naturais que geram anomalias da TSM na região equatorial e tropical do planeta, o El Niño Oscilação Sul (ENOS) e a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) são frequentemente citados na literatura científica como importantes mecanismos de alteração climática que possuem sua gênese em determinadas regiões do Oceano Pacífico. Tanto o ENOS como a ODP possuem como consequências alterações na normalidade das flutuações de curto e médio prazo nas médias de temperatura do ar e nos totais acumulados de chuva.

Dias e Marengo (2002) definem o ENOS pela capacidade de alterar a circulação atmosférica em diversas localidades do planeta, inclusive no Brasil, destacando a alta recorrência (2 a 5 anos) e curta duração (6 a 18 meses). Seus eventos ocorrem pela interrelação entre o oceano e atmosfera em duas fases: El Niño (EN, aquecimento) e a La Niña (LN, resfriamento). Já a ODP é caracterizada pela ciclicidade de longa frequência (20 a 30 anos) em duas fases distintas, positiva (quente) ou negativa (fria), que atua acoplada aos eventos de ENOS e possui a capacidade de intensificar ou atenuar os episódios de EN/LN (KAYANO; ANDREOLI, 2009).

Considerando a discussão acima, o presente artigo possui o objetivo de analisar os fatores ligados à variabilidade espacial e temporal e a definição de anos-padrão relativo à pluviosidade nas cinco microrregiões localizadas no entorno do município de Unaí-MG (Figura 1).

Figura 1 –Localização da área de estudo e das estações pluviométricas/meteorológicas utilizadas.



Fonte: Elaborado pelos autores.

O quadro físico/natural da área possui uma complexa articulação de componentes geográficos, os quais Ab'saber (2003) sintetiza: (a) pelo embasamento geológico (cristalino e sedimentar) que suporta elementos geomorfológicas com desnível altimétrico maior que 1.000 metros, com as áreas de menor altitude situadas a leste, principalmente, na depressão da bacia hidrográfica do Rio São Francisco, opondo-se às maiores altitudes localizadas a oeste, através das serras, chapadas, patamares e planaltos da região do Brasil Central; (b) pela presença do alto curso das bacias hidrográficas do Araguaia-Tocantins, Paraná e São Francisco; (c) pelo predomínio das características fitogeográficas do bioma Cerrado, mas com presença de manchas típicas de formações do bioma de Caatinga nas porções norte e nordeste (áreas de transição para o clima semiárido). Para o IBGE (2002), o clima regional apresenta três condições pluviotérmicas: Subquente/Semiúmido à oeste e sul; Quente/Semiúmido ao norte, centro e leste; e Quente/Semiárido à nordeste da microrregião de Januária.

A região analisada é um importante polo econômico vinculado às atividades agrícolas, sobretudo pelo cultivo de soja, que vem expandindo sua presença com maior preponderância nos últimos 25 anos (IBGE-SIDRA, 2018). Para Embrapa (2011), as oscilações na produtividade de soja no Brasil estão fortemente ligadas à distribuição (ir)regular da pluviosidade no decorrer do cultivo, tendo a falta e/ou excesso desse insumo como importante fator de redução da produção.

MATERIAIS E MÉTODOS

Como a região analisada possui a maior parte dos totais pluviométricos concentrados nas estações da primavera e verão (outubro a março) (NIMER, 1989), este trabalho adotou o recorte temporal que contemplasse o comportamento sequencial do regime pluvial. Dessa forma, a soma anual (12 meses seguidos) dos totais acumulados de chuva privilegiou o período de julho a junho.

Os dados de pluviosidade foram obtidos entre os anos de 1995/1996 e 2014/2015 para 100 estações pluviométricas da ANA (2017) e 22 estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2017), distribuídas no interior e exterior das microrregiões (Figura 1). A verificação da consistência dos dados mensais de chuva ocorreu individualmente para cada estação (WMO, 1989) e identificou 39 estações com dados completos e 83 estações que necessitaram passar por correção pela técnica de Regressão Linear Múltipla (OLIVEIRA et al, 2010) e validados pela técnica de Dupla Massa (TUCCI, 2000). Foram corrigidos 379 meses ou 1,29% do total de 29.280 meses (122 estações ao longo de 20 anos).

Após a etapa de consistência, correção e validação dos dados mensais, foi realizada a organização e síntese na escala anual. Os dados anuais foram avaliados de acordo com as técnicas

de estatística descritiva de medidas de tendência central (média [\bar{X}] e mediana) e de dispersão (quartis, desvio-padrão e coeficiente de variação [C.V.]), além de ser apresentados por gráficos de Box-Plot, total anual acumulado e desvio anual relativo à média (GERARDI, 1981)

Foi utilizada a técnica de Desvio-padrão (s) em relação à \bar{X} adotada por Sant'anna Neto (1995) para segmentar os dados de anos-padrão para cada uma das 122 estações, através da definição de cinco classes de intensidade: Seco ($\leq \bar{X} - s$), Tendente a Seco ($>\bar{X} - s$ e $\leq \bar{X} - 0,5s$), Habitual ($>\bar{X} - 0,5s$ e $<\bar{X} + 0,5s$), Tendente a Chuvoso ($\geq \bar{X} + 0,5s$ e $<\bar{X} + s$) e Chuvoso ($\geq \bar{X} + s$)

Os resultados também foram cartografados com o objetivo de avaliar a distribuição espacial dos dados. Os totais anuais e da média de pluviosidade foram interpolados pela técnica de Krigagem Ordinária Linear (PERIN et al, 2015) e o total de classes foi estabelecido pela fórmula de Sturges (GERARDI, 1981). Os resultados dos anos-padrão foram representados espacialmente para cada estação através dos polígonos de Thiessen (NASCIMENTO et al, 2015).

Por fim, foram obtidas as informações anuais das médias de anomalias da TSM nas respectivas regiões de ocorrência de eventos ENOS e ODP no Oceano Pacífico, além da intensidade de suas fases de aquecimento ou resfriamento (NOAA, 2018).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

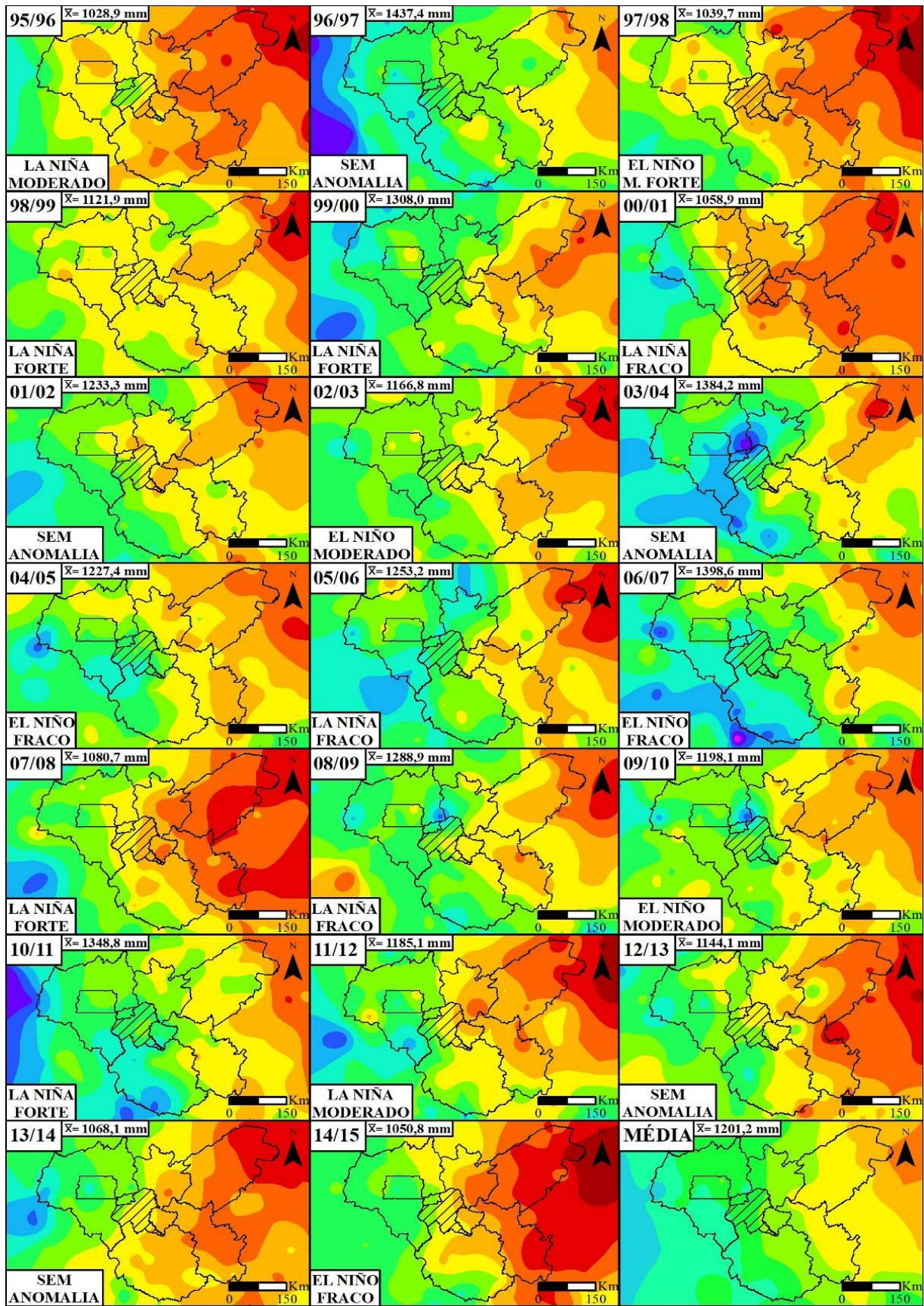
A análise estatística dos dados anuais de precipitação demonstra que a região possui média de 1.201,2 mm, com dispersão dos dados apresentando 256,5 mm de desvio-padrão e 15% de C.V. O mínimo e máximo de pluviosidade anual para uma estação foi, respectivamente, de 679,2 mm (Est. 9) e 1.714,8 mm (Est. 104), com amplitude de 1.035,6 mm. Ao espacializar a média dos dados pluviométricos para cada estação (Figura 2) é possível constatar a variação quantitativa entre os maiores volumes nas porções oeste/sudoeste (microrregião do Entorno de Brasília) rumo às localidades mais secas nas porções leste/nordeste (microrregião de Januária).

Ao comparar visualmente a distribuição espacial das altitudes (Figura 1) com as médias pluviométricas (Figura 2), nota-se possível relação entre essas variáveis. As maiores altimetrias a oeste formam barreiras naturais que condicionam parte dos movimentos de advecção e convecção do ar na baixa troposfera, que aumentam a turbulência e ascensão forçada do ar. Com isso, a topografia mais elevada exerce importante contribuição no processo de condensação do ar por resfriamento adiabático (descompressão ou expansão mecânica do ar) favorecendo a gênese pluvial e, conseqüentemente, os maiores volumes precipitados regionalmente.

Também é possível verificar que existe relação da diminuição gradual da pluviosidade entre as microrregiões de maior altitude à oeste (Brasília e Entorno de Brasília) em relação as de menor altitude em direção leste (Paracatu, Unai, Pirapora e Januária). Esse fato pode ser

explicado pela menor capacidade de ação dos mecanismos que desencadeiam a formação de nebulosidade, por exemplo, devido ao ar descendente das áreas mais elevadas (oeste, sul e leste) rumo à depressão do Rio São Francisco (vertente sotavento). Esse fator ocasiona aumento da temperatura do ar por aquecimento adiabático (compressão mecânica) e resulta na diminuição dos totais pluviais precipitados, devido a redução da umidade relativa do ar e o aumento do ponto de saturação do ar, que restringem o processo condensação do vapor de água e inibem a formação de nuvens (AYOADE, 2007).

Figura 2 – Espacialização da precipitação anual e média (mm), entre 1995/1996 e 2014/2015.



365 545 724 903 1.082 1.261 1.440 1.619 1.798 1.977 2.156 2.335 2.513

Fonte: Elaborado pelos autores.

Em consonância ao entendimento do papel dos fatores estáticos do clima regional, torna-se crucial compreender a importância dos aspectos ligados à circulação atmosférica (fator dinâmico). O período chuvoso, que inicia na primavera e vai até meados de outono, é fortemente influenciado pela participação de diferentes massas de ar que auxiliam na gênese pluvial na região. As diferenças pluviométricas presentes nas médias e nos diferentes anos apontam possíveis relações entre a abrangência máxima de influência dos sistemas atmosféricos de origem extratropical, tropical e equatorial (ALVES, 2009; NUNES et al., 2009; BORSATO, 2017).

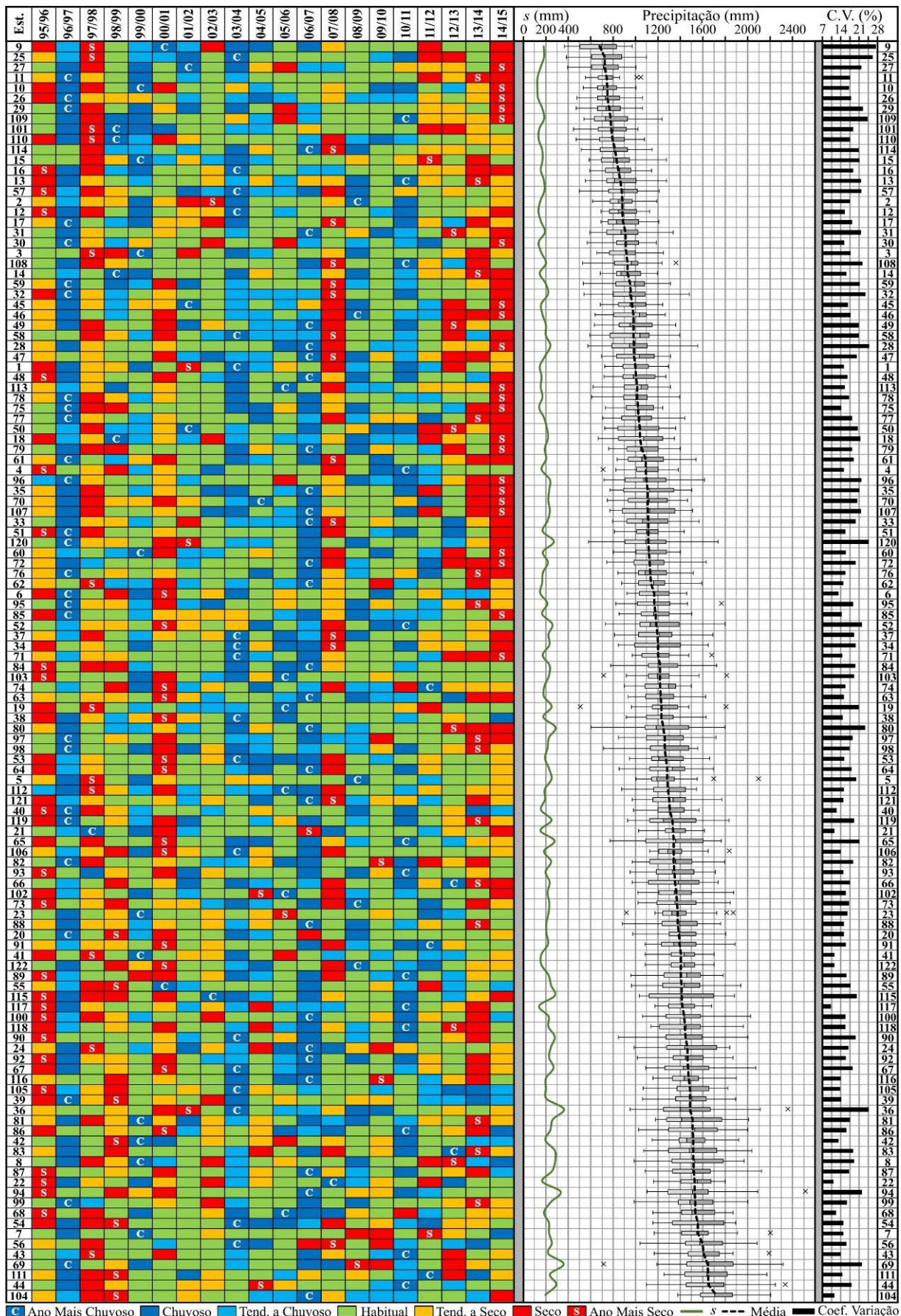
Para Borsato (2016), a área é influenciada sazonalmente pela alternância e transição de sistemas de circulação geral de origem extratropical (Sistemas Frontais [SF] e da Massa Polar Atlântica [mPa]) mais ao sul, tropical (Massa Tropical Atlântica [mTa] e Massa Tropical Continental [mTc]) à leste/oeste, e equatorial (Massa Equatorial Continental [mEc]) à oeste e norte. O autor afirma que a gênese pluvial é fortemente modulada na estação do verão pela Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e pela Zona de Convergência de Umidade (ZCOU), que possuem configuração sinótica semelhante (acoplamento entre as massas de ar equatorial, tropical e extratropical, que originam intensa nebulosidade regional no sentido NO/SE entre a Amazônia e o Atlântico Subtropical) e são distintas pela duração (ZCAS a partir de 4 dias e ZCOU menor que 4 dias). Também há a importante contribuição de subsistemas atmosféricos que são originados no interior ou no limite das massas de ar, como os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM) e as Linhas de Instabilidade (LI).

Com o objetivo de compreender o comportamento temporal da pluviosidade para cada estação, foi organizado um quadro que sintetiza as classes de anos-padrão, as estatísticas de dispersão dos dados (desvio padrão e o coeficiente de variação) e os gráficos de Box Plot (amplitude e distribuição estatística dos dados). As estações (linhas) foram ordenadas de forma crescente para privilegiar a média interanual de forma crescente, da menor para maior pluviometria (Figura 3).

O formato da distribuição estatística do conjunto de dados constatou que todas as estações possuem assimetria e a análise dos gráficos de Box Plot (Figura 3) permite verificar a presença de 22 anos extremos (*outliers*), correspondentes a 14 estações com valores máximos e cinco estações com valores mínimos, que representam 0,07% do total de anos analisados. Foram classificados 2.440 anos-padrão, sendo: 16% de anos Chuvosos, 14% de anos Tendentes a Chuvoso, 37% de anos Habituais, 17% de anos Tendentes a Seco e 15% de anos Secos.

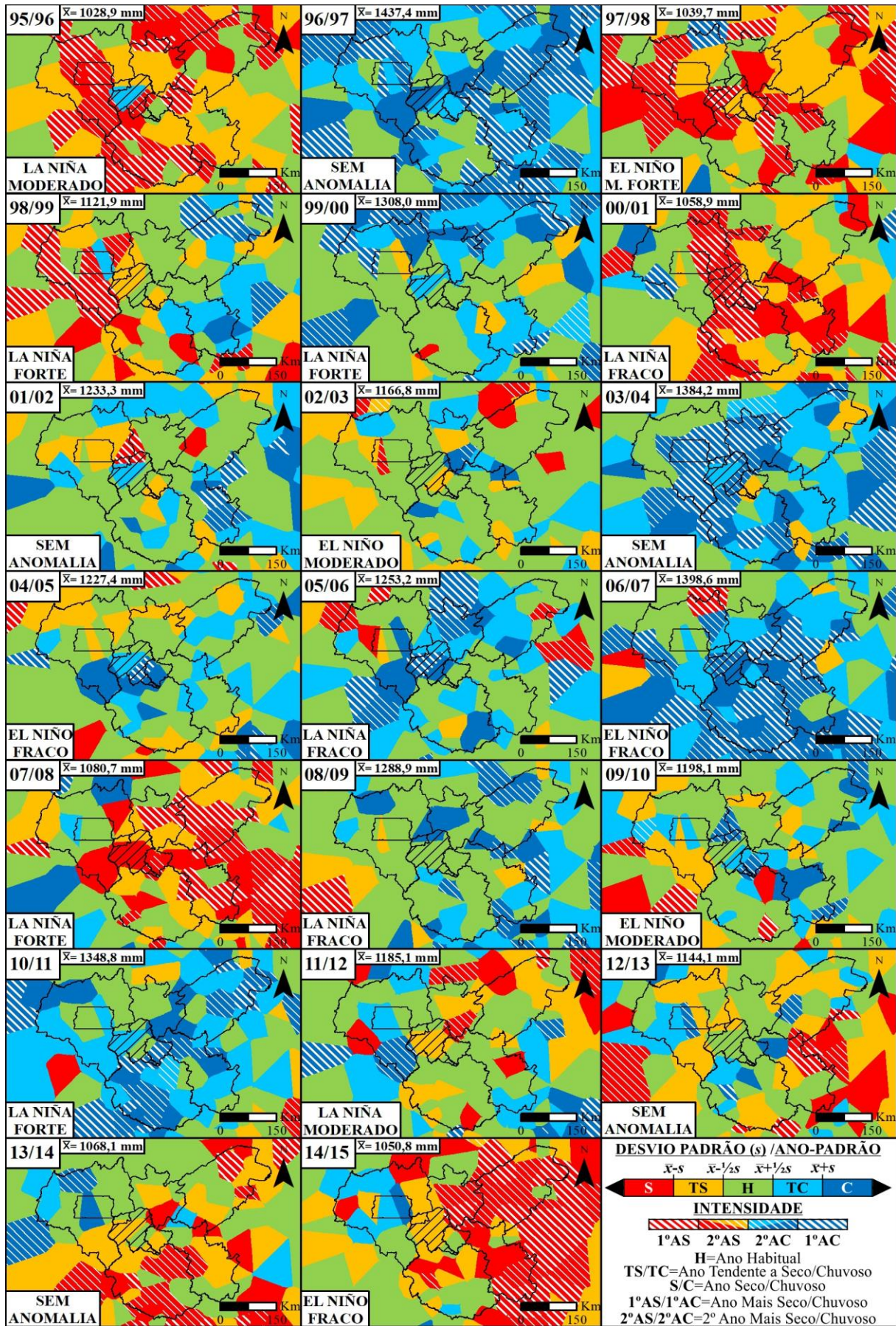
A Figura 4 apresenta o mapeamento dos anos-padrão e possibilita identificar as classes de intensidade da pluviosidade, as médias pluviométricas de cada ano, os eventos ENOS e os dois anos (10%) com os menores e maiores volumes precipitados em cada estação para o período.

Figura 3 – Anos-padrão, Desvio-padrão (s), Box Plot e Coeficiente de Variação da pluviosidade.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 4 – Espacialização dos anos-padrão, entre 1995/1996 e 2014/2015.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A espacialização das classes de intensidade da pluviosidade anual (Figura 4) permitiu regionalizar e definir padrões que possibilitaram inferir a ocorrência de possíveis anomalias na frequência normal de sucessão dos sistemas atmosféricos, os quais são responsáveis pela normalidade ou excepcionalidade interanual da gênese pluvial. Essa ilação pode ser observada ao relacionar os anos com as maiores (1996/1997, 2006/2007, 2003/2004, 2010/2011 e 1999/2000) e menores (1995/1996, 1997/1998, 2014/2015, 2000/2001 e 2007/2008) médias pluviométricas. Com o intuito de resumir as informações presentes na Figura 4, o Quadro 1 apresenta a frequência relativa de cada uma das classes de anos-padrão e, inclusive, uma tentativa de síntese do(s) ano(s)-padrão predominante(s) no decorrer do período analisado.

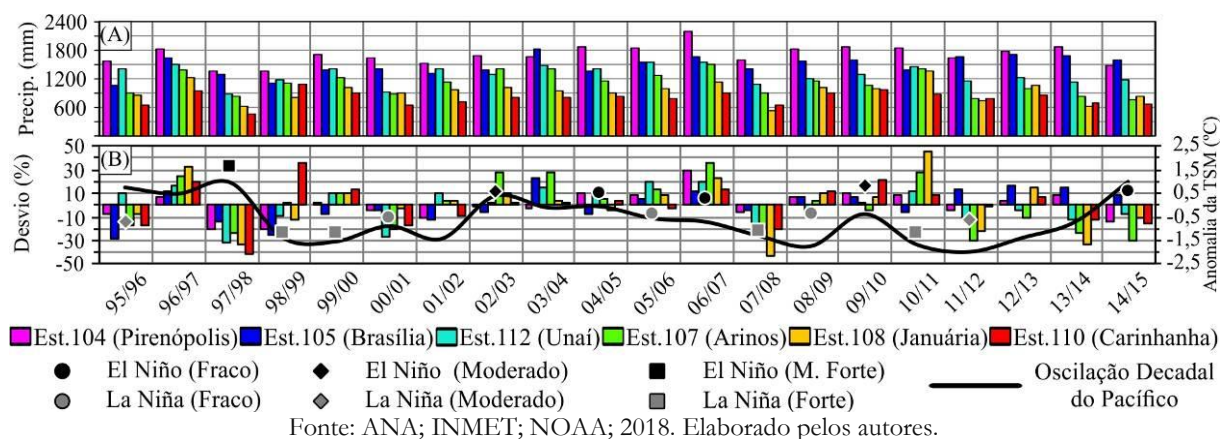
Quadro 1 – Frequência relativa (%) e as classes de ano(s)-padrão predominante.

Classes de Ano-padrão	95/96	96/97	97/98	98/99	99/00	00/01	01/02	02/03	03/04	04/05	05/06	06/07	07/08	08/09	09/10	10/11	11/12	12/13	13/14	14/15
Chuvoso (C)	0,0	57,4	1,6	5,7	27,0	3,3	12,3	4,9	41,0	12,3	13,9	50,8	4,9	25,4	8,2	35,2	9,8	5,7	4,1	3,3
T. Chuv. (TC)	1,6	23,0	1,6	10,7	23,0	3,3	18,0	9,8	28,7	21,3	18,0	18,0	4,9	18,9	14,8	23,8	16,4	12,3	4,9	5,7
Habitual (H)	29,5	19,7	26,2	36,1	42,6	29,5	52,5	55,7	26,2	44,3	54,1	25,4	33,6	47,5	55,7	32,0	41,8	38,5	33,6	20,5
T. Seco (TS)	30,3	0,0	31,1	28,7	6,6	28,7	12,3	21,3	4,1	17,2	7,4	3,3	23,8	6,6	14,8	7,4	19,7	27,0	21,3	29,5
Seco (S)	38,5	0,0	39,3	18,9	0,8	35,2	4,9	8,2	0,0	4,9	6,6	2,5	32,8	1,6	6,6	1,6	12,3	16,4	36,1	41,0
CLASSE DE ANO(S)-PADRÃO PREDOMINANTE																				
Ano-Padrão	S/TS	C	S/TS	M	M	S/TS	H	H	C	M	H/TC	C	S/TS	H	H	C/TC	M	M	S/TS	S

Fonte: Elaborado pelos autores.

A tentativa de estabelecer o(s) ano(s)-padrão predominante(s) se deu pela interpretação conjunta das informações quantitativas (Figuras 3 e Quadro 1) e qualitativas (Figura 4) presentes nos resultados, incluindo uma nova classe Misto (M) para os anos que apresentam uma clara definição das classes predominantes. A interpretação final resultou na classificação dos seguintes anos: Chuvoso (1996/1997, 2003/2004 e 2006/2007); Chuvoso/Tendente a Chuvoso (2010/2011); Habitual/ Tendente a Chuvoso (2005/2006); Habitual (2001/2002, 2002/2003, 2008/2009 e 2009/2010); Seco/Tendente a Seco (1995/1996, 1997/1998, 2000/2001, 2007/2008 e 2013/2014); Seco (2014/2015); e Misto (1998/1999, 1999/2000, 2004/2005, 2011/2012 e 2012/2013).

Ao transpor a escala espacial de análise, do regional para o local, constata-se que o gradiente pluviométrico formado pelas estações localizadas no transecto da Figura 1 apresentam as condições evidenciadas nas Figuras 2 e 3, entre os quadrantes oeste mais chuvoso e leste mais seco (Figura 5). Na Figura 5 também é possível identificar a relação entre as fases negativas e positivas da ODP com os eventos de ENOS, com exceção dos anos de 1995/1996 (fase positiva da ODP com ocorrência de LN) e 2006/2007 e 2009/2010 (fase negativa da ODP com EN).

Figura 5 - Transecto da pluviosidade (A) acumulada e (B) desvio em relação à média.

As diferenças temporais presentes nos totais pluviométricos acumulados do transecto estão diretamente relacionadas ao encadeamento sequencial e abrangência espacial de atuação dos sistemas atmosféricos (fator dinâmico). Nesse sentido, Monteiro (1991) enfatiza que as características caóticas que compõem os mecanismos dinâmicos dos sistemas climáticos irão afetar as configurações ligadas aos tipos de tempo de cada localidade, influenciando diretamente na variabilidade das chuvas e, conseqüentemente, em menores ou maiores volumes pluviométricos no decorrer do tempo e em diferentes espaços.

Grimm (2009) complementa esta temática ao discorrer sobre a importância que o ENOS tem na variabilidade interanual das chuvas no Brasil, principalmente sobre as anomalias nos padrões de circulação geral da atmosfera no continente da sul-americano e seus impactos nos acumulados extremos (secas ou alta pluviosidade). Essa característica é mais evidente durante a primavera, pois os desvios da pluviosidade são mais significativos em relação às séries históricas e possuem forte correlação de teleconexão com o Oceano Pacífico Tropical.

Dias e Marengo (2002) colaboram sobre este tema ao destacarem a pouca quantidade de trabalhos científicos que relacionem os eventos de EN com as anomalias positivas de pluviosidade no Brasil (normalmente há o predomínio de períodos de seca). Diferentemente do que ocorre com o EN, os autores e Grimm (op. cit.) apontam que ainda não há uma boa compreensão sobre as influências dos eventos de LN nas condições meteorológicas do país, porém já foi possível verificar maior ocorrência de avanço de sistemas frontais e aumento da pluviosidade acima das médias históricas para regiões comumente secas do nordeste brasileiro, além de indícios de períodos mais secos na primavera/verão em partes da região Centro-Oeste.

A partir das premissas estabelecidas pelos autores citados, buscou-se evidenciar como os dados pluviométricos em escala regional (Figuras 3 e 4 e o Quadro 1) são influenciados pelas

anomalias da TSM do Oceano Pacífico (Figura 5). Foi possível identificar que há possível relação entre as teleconexões de ENOS com a maior ou menor intensidade dos volumes precipitados, com menor repercussão para os anos Tendente a Chuvoso e/ou Chuvoso (2006/2007, 2010/2011) e maior influência nos anos-padrão Seco e/ou Tendente a Seco (1995/1996, 1997/1998, 2000/2001, 2007/2008, 2014/2015). Esta mesma relação fica evidente ao relacionar os dados das estações no transecto (Figura 5) com as anomalias e intensidade dos eventos de ENOS, através dos desvios positivos (2006/2007 e 2010/2011) e negativos (1995/1996, 1997/1998, 1998, 1999, 2000/2001, 2007/2008, 2013/2014 e 2014/2015) da pluviosidade.

Entretanto, não foi possível evidenciar clara afinidade entre as fases de EN e LN (inclusive com a maior ou menor intensidade dos seus eventos) com os padrões de regionalização dos totais anuais de chuva (Figura 2) e as classes de intensidade dos anos-padrão (Figuras 3 e 4), além das variações anuais e o desvios da pluviosidade na escala local (Figura 5).

A ausência de “padrões semelhantes” entre a pluviosidade e os eventos de ENOS e suas intensidades na região de estudo torna-se notória ao confrontar determinadas situações. Esse fato é constatado ao analisar a ocorrência de condições regionais distintas de pluviosidade e anos-padrão, por exemplo, nos anos de 2006/2007 (chuvoso) e 2014/2015 (Seco) com EN de fraca intensidade ou os anos 2007/2008 (Seco/Tendente a Seco) e 2010/2011 (Chuvoso/Tendente a Chuvoso) com LN de forte intensidade.

Os resultados possibilitam concluir que é possível fazer a analogia entre a ocorrência de eventos de ENOS com os anos de maior ou menor média regional de pluviosidade. Entretanto, é impossível distinguir com clareza a interferência das intensidades das fases quente e fria nos padrões regionais de anos-padrão da área de estudo. Dias e Marengo (2002) e Mendonça e Danni-Oliveira (2007) também observaram a dificuldade em determinar a influência das fases do ENOS nas anomalias de pluviosidade para as regiões Centro-Oeste e partes da região Sudeste.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A variabilidade espacial e temporal dos volumes pluviométricos presentes na região de Unaí-MG ao longo do período chuvoso são resultantes da atuação dos fatores estáticos (latitude, continentalidade, altitude, etc.) e dinâmicos do clima (participação sazonal de diferentes massas de ar). As localidades com maior pluviosidade situam-se a oeste, possuindo como principais características a altitude mais elevada e maior participação da mEc, opondo-se as áreas mais secas à leste, que possuem menores altitudes em consonância com a maior atuação da mTa e mTc.

As características espaciais e temporais da precipitação foram mais bem compreendidas através do mapeamento da pluviosidade (Figura 2) e das classes dos anos-padrão (Figura 3), que serviram de base para identificar padrões de predomínio de intensidade das chuvas na escala regional (Figura 4) e local (Figura 5). Foi possível identificar associação entre os anos que possuíam maior intensidade dos casos extremos de chuva (chuvoso ou seco) com eventos de ENOS (Figura 5), porém não foi encontrada ao longo do período analisado relação entre suas fases (resfriamento ou aquecimento) e intensidades com os maiores ou menores desvios de anomalias de chuva e as classes de anos-padrão.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. **Os domínios de Natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.
- ALMEIDA, H. A.; FREITAS, R. C.; SILVA, L. Determinação de períodos secos e chuvosos em duas microrregiões da Paraíba através da técnica dos Quantis. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 30, p. 217-232, 2013.
- ALVES, L. M. Clima da região centro-oeste do Brasil. In: CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N.J.; SILVA, M. G. A. J.; DIAS, M. A. F. S. (Org.). **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 236-241.
- ANA. **Hidroweb**: sistema de informações hidrológicas. Disponível em: <www.snirh.gov.br/hidroweb/> Acesso em: 18 jan. 2018.
- BORSATO, V. **A dinâmica climática do Brasil e massas de ares**. Curitiba: Editora CRV, 2016.
- BORSATO, V. A dinâmica atmosférica no centro sul do Brasil e a estacionalidade. **Geoingá: Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia**, Maringá, v. 9, n. 2, 3-27, 2017.
- CAVALCANTI, I. F. A.; AMBRIZZI, T. Teleconexões e suas influências no Brasil. In: CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N.J.; SILVA, M. G. A. J.; DIAS, M. A. F. S. (Org.). **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 317-335.
- DIAS, P. L. S.; MARENGO, J. A. Águas atmosféricas. In: REBOUÇAS, A. et al. (Org.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 2. ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2002. p. 65-117.
- EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja: região central do Brasil 2012 e 2013**. Londrina: Embrapa Soja, 2011.
- GALVANI, E.; LUCHIARI, A. Critérios para classificação de anos com regime pluviométrico normal, seco e úmido. In: _____; LIMA, N. G. B. (Org.). **Climatologia aplicada: resgate aos estudos de caso**. 1. Ed. Curitiba: CRV, 2012. p. 4-29.
- GERARDI, L. H. O.; SILVA, B. C. M. N. **Quantificação em geografia**. São Paulo: Difel, 1981.

GRIMM, A. M. Variabilidade interanual do clima no Brasil. In: CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N.J.; SILVA, M. G. A. J.; DIAS, M. A. F. S. (Org.). **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 353-374.

IBGE. **Mapa de climas do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE; 2002. Escala 1:5.000.000.

IBGE-SIDRA. **Sistema IBGE de Recuperação Automática**: produção agrícola municipal (PAM). Disponível em: <www.sidra.ibge.gov.br> Acesso em: 18 mar. 2018.

INMET. **Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa**. Disponível em: <www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/> Acesso em: 18 jan. 2018.

JÁCOMO, C. A. **Modelos geostatísticos espaço-tempo aplicados a dados pluviométricos no oeste do estado de São Paulo**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Cartográfica) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.

KAYANO, M. T.; ANDREOLI, R. V. Variabilidade decenal e multidecenal. In: CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N.J.; SILVA, M. G. A. J.; DIAS, M. A. F. S. (Org.). **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009a. p. 375-383.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia**: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Texto, 2007.

MONTEIRO, C. A. F. **Clima e excepcionalismo**: conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico. Florianópolis: UFSC, 1991.

NASCIMENTO, D. T. F.; NETO, J. M. S.; NUNES, L. C. Definição dos anos-padrão para o estudo da pluviometria do estado de Goiás e do Distrito Federal. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities Research Medium**, Ituiutaba, v. 6, n. 1, 272-290, 2015.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1989.

NOAA, National Oceanic and Atmospheric Administration. **Teleconnections**. Disponível em: <www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/> Acesso em: 20 jul. 2018.

NUNES, L. H.; VICENTE, A. K.; CANDIDO, D. H.; Clima da região sudeste do Brasil. In: CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N.J.; SILVA, M. G. A. J.; DIAS, M. A. F. S. (Org.). **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 243-257.

OLIVEIRA, L. F. C., et al. Comparação de metodologias de preenchimento de falhas de séries históricas de precipitação pluvial anual. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 11, p.1186-1192, ago. 2010.

PINKAYAN, S. **Conditional probabilities of occurrence of Wet and Dry Years Over a Large Continental Area**. Colorado: State University, Boulder-Co, 1966. (Hidrology papers, n. 12).

SANT'ANNA NETO, J. L. **Ritmo Climático e a gênese das chuvas na Zona Costeira Paulista**. 1990. Dissertação (Mestrado em Geografia). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

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. Tese

(Doutorado em Geografia) Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

SANT'ANNA NETO, J. M. Da complexidade física do universo ao cotidiano da sociedade: mudança, variabilidade e ritmo climático. **Terra Livre**, São Paulo, v. 1, n. 20, 51-63, 2003.

SILVA, M. R.; MOURA, F. P.; JARDIM, C. H. O diagrama de caixa (Box Plot) aplicado à análise da distribuição temporal das chuvas em Januária, Belo Horizonte e Sete Lagoas, Minas Gerais-Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, p. 23-40, 2017.

SILVESTRE, M. R.; SANT'ANNA NETO, J. L.; FLORES, E. F. Critérios estatísticos para definir anos-padrão: uma contribuição à Climatologia Geográfica. **Formação (Presidente Prudente)**, v. 2, p. 23-53, 2013.

SCHNEIDER, H.; SILVA, C. A.; SANTOS, V. A. A escolha de anos padrão como base para identificação do regime das chuvas na porção centro sul de Mato Grosso do Sul. **Revista Geonorte**, Edição Especial 2, v. 1, n. 5, p. 262-270, 2012.

TUCCI, C. 2000. (Org.) **Hidrologia – ciência e aplicação**. Editora da Universidade, ABRH, Porto Alegre.

USGS. **Earth explorer**. Disponível em:<ww.earthexplorer.usgs.gov> Acesso em: 18 jan. 2018

WMO, World Meteorological Organization. **Calculation of monthly and annual 30-year standard normals**. Geneva, 1989. (WMO. Technical document, n. 341; WCDP, n.10).

ZANDONADI, L. **As chuvas na bacia do Paraná: aspectos temporais, espaciais e rítmicos**. 2009. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.