ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

ÍNDICES CLIMÁTICOS E CHUVAS INTENSAS NO MUNICÍPIO DE ALFENAS/MG NO PERÍODO DE 1984-2016

SOUZA, Paulo Henrique de – phsouza31@hotmail.com
Universidade Federal de Alfenas / UNIFAL

SANCHES, Rafael Grecco – rafagsanches@usp.br
Escola de Engenharia de São Carlos/Universidade de São Paulo - EESC/USP

SANTOS, Bruno César dos – bruno-unifal@hotmail.com
Escola de Engenharia de São Carlos/Universidade de São Paulo - EESC/USP

RESUMO: A dinâmica climática e sua compreensão espaço-temporal, influenciam significativamente no planejamento e ordenamento territorial. Atentando para isto o presente estudo analisou a distribuição das chuvas no município de Alfenas/MG por meio dos índices climáticos registrados e da determinação de valores extremos, que se fizeram pelo uso do script RClimdex e da detecção de outliers, respectivamente. Notaram-se significativas flutuações nos dados com valores totais anuais abaixo da média registrada nos últimos 5 anos, mesmo que a intensidade tenha se mantido próxima a média esperada (exceto nos últimos 2 anos). As chuvas podem ser consideradas intensas (diante dos dados), a partir de 40 mm, diariamente, sendo o número de dias associados aos valores de SDII e, seu limiar, um fator balizador para os estudos climáticos e suas implicações espaciais. Verificou-se ainda que as tendências positivas e negativas de temperatura nos Oceanos Pacífico e Atlântico influem, diretamente, nos índices observados e na pluviosidade da área.

PALAVRAS-CHAVE: Climatologia Estatística. Índices Climáticos. Chuvas intensas. Eventos. RClimdex.

CLIMATE INDICES AND EXTREM RAINS IN THE MUNICIPALITY OF ALFENAS / MG IN THE PERIOD 1984-2016

ABSTRACT: Weather dynamics and weather assessment in space and time have a significant impact in the way we order and plan territories. For that reason, this study analyzed the distribution of rainfall in city of Alfenas, in the state of Minas Gerais, Brazil, from recorded weather indexes and from determined extreme values, using RClimdex script and detected outliers, in each case. Significant fluctuations were observed in the data with annual values below the average that was recorded in the last five years, even though the intensity remained close to the expected average (except in the last two years). The data that we have collected showed an intense rainfall, starting at 40 mm per day, in which case the number of days was shown to be associated with SDII values and their threshold, which is a leading factor for weather studies and for spatial implications thereof. It was also verified that the positive and negative temperature trends in the Pacific and Atlantic Oceans directly influence the amount of rainfall observed in the area

KEYWORDS: Statistical Climatology. Climate Indexes. Intense raining. Extreme events. Rclimdex.

1. INTRODUÇÃO

A Climatologia recorre a diferentes tipos de análises e abordagens para obter o entendimento da dinâmica regional dos diferentes tipos de climas. Dentre essas, a análise estatística dos dados climatológicos permite avaliar um sistema climático a partir de inúmeras informações (variáveis climáticas) e, dessa forma, possibilita a observação de pressupostos quanto a mudanças ocorridas ou em curso num determinado sistema climático (ZWIERS e VON STORCH, 2004).

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

No Brasil, como em tantos outros países de dimensões continentais, apresenta-se uma sucessão de anomalias pluviométricas que influenciam a paisagem e o padrão atmosférico dos lugares, destacando-se, entre outras, as ocorridas no polígono da seca nordestino e os eventos extremos na porção meridional do país que se articulam com sistemas atmosféricos presentes nessa faixa latitudinal próxima ao Trópico de Capricórnio, onde há interações entre sistemas tropicais e extratropicais, além da ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul) e de fenômenos frontogenéticos associados às massas de ar que atuam regionalmente mas possuem gênese e abrangência que muitas vezes vão além desses limites.

Em todos os exemplos supracitados, o comportamento da precipitação constitui-se na principal manifestação atmosférica, sinalizando, por conseguinte, que as chuvas assumem papel de grande destaque na análise climatológica no território brasileiro, além de constituírem pressuposto da análise da organização e do planejamento territorial (e ambiental) pela interferência e repercussão espaço-temporal que ocasionam (SANT'ANNA NETO et al., 2000).

Em face disto, o entendimento de tais conjunturas, demanda, por conseguinte, a compreensão da dinâmica climática em séries históricas, bem como a observação de valores de chuvas intensas, para o desenvolvimento dos estudos em Climatologia, permitindo que o entendimento de seus padrões seja obtido. Obviamente, tais observações podem ser feitas, também, por meio de índices climatológicos e suas vinculações espaço-temporais.

Segundo Zilli et al. (2017), notam-se tendências positivas quanto a variações locais nos padrões de chuvas no sudeste brasileiro, associados, entre outros fatores, à ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul), a urbanização acelerada, o uso do solo, e, os mecanismos dinâmicos e termodinâmicos dentre outros. Estabelecendo-se claramente que tais oscilações estão inseridas no contexto temporo-espacial da região.

De acordo com Santos (2014-a), tal dinâmica se observa nas alterações das variáveis climáticas pela média e valores extremos, bem como na forma de sua distribuição estatística, sendo as análises de séries históricas, anuais e sazonais, das variáveis climáticas, possíveis indicadores de avaliação das mudanças no regime dos climas, tendo em vista a temperatura e a precipitação pluviométrica como principais parâmetros.

A identificação de extremos de chuvas pode ser feita através da associação entre eventos de chuvas intensas e o fenômeno de ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul) por meio do uso de teleconexões (CARVALHO, 2004).

Com isso, pode-se ressaltar que no período chuvoso, a ocorrência da ZCAS eleva a possibilidade de chuvas intensas, o que não exclui a possibilidade de extremos pluviométricos no período de estiagem e de transição, uma vez que tais parâmetros, expressam o dinamismo sazonal das chuvas na região sudeste do Brasil (CARVALHO, IDEM; ZANDONADI, et al., 2016).

O uso das metodologias concernentes à Climatologia Dinâmica auxilia sobremaneira os estudos dessa natureza em razão de aliarem a observação dos eventos atmosféricos com o manuseio dos dados registrados ao longo de um período considerável de tempo que abrange pelo menos três décadas, permitindo assim a identificação de padrões – habitualidade, em paralelo a verificação das situações extremas que se encontram inseridas no período e

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

atestam a presença das oscilações que se encontram presentes a partir das gêneses identificadas em cada um dos eventos responsáveis por sua manifestação em toda série considerada para estudo.

Atentando para isto, o presente estudo ocupou-se com a análise do comportamento pluviométrico no município de Alfenas/MG, por meio de índices de chuvas, a fim de identificar possíveis alterações no regime pluviométrico, estabelecendo suas vinculações com os valores extremos (chuvas intensas) que se manifestam em seu território, proporcionando contribuição ao entendimento da dinâmica atmosférica em parte do território mineiro.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A ação climática, como mecanismo de regulação temporal no espaço, está ligada ao comportamento dinâmico atmosférico, representado pelos seus atributos e com certo ritmo capaz de afetar as relações entre homem e ambiente.

De acordo com André (2006), o clima exerce um papel destacado na configuração do espaço geográfico e na composição do meio ambiente, pois é determinante na disponibilidade de alguns recursos naturais e nas características gerais da paisagem, assim como dos aspectos socioeconômicos, sendo que seu comportamento atmosférico é definido e estabelecido após a análise dinâmica de suas variáveis climatológicas por um lapso de tempo considerável que permite a identificação dos seus padrões habituais.

A compreensão do funcionamento atmosférico é obtida através da Climatologia Dinâmica. Monteiro (1971) foi o precursor dessa área do conhecimento no Brasil estabelecendo a metodologia da análise rítmica e dos anos padrão, inaugurando uma nova forma de analisar e estudar a atmosfera.

A Climatologia Dinâmica propõe que todos os atributos do clima, tais como massas de ar, pressão atmosférica, temperatura do ar, umidade relativa, radiação solar, precipitação, entre outros, sejam analisados de maneira integrada, permitindo a visualização dos fenômenos temporais diários (SILVEIRA, 2006), ao contrário da Climatologia Clássica que se baseava apenas em valores médios de alguns desses atributos, tornando o resultado generalista, independente e unidimensional.

Santos (2005) ressalta a aplicabilidade da análise dinâmica destacando os benefícios que proporciona inclusive para as atividades agropecuárias ao permitir a compreensão precisa do papel que o ritmo climático possui no planejamento e produção das safras.

Segundo Girão et al (2006, p.04) "a análise rítmica do clima e, especificamente, a caracterização do comportamento pluvial de uma área é de grande relevância para uma avaliação de sua susceptibilidade a riscos naturais".

Diante disso destaca-se a importância que essa metodologia de estudo possui, sobretudo quando é observado um processo paulatino de reordenamento na distribuição de energia no planeta, levando sua atmosfera a reposicionar seus sistemas produtores de ventos, estabelecendo uma nova configuração que se manifesta através da mudança nos seus padrões.

O Clima Tropical que prevalece nessa porção (sudeste brasileiro) do território nacional tem seu verão caracterizado como estação quente e úmida,

onde a umidade é resultante da organização sinótica dos sistemas atmosféricos produtores do tempo que agem sobre seus domínios através do processo de frontogênese e ZCAS. Portanto é nesta estação quente que prevalecem as chuvas, exercendo um papel importante sobre a flora e fauna, bem como, para vida humana (CUNHA, 1997).

Monteiro (1973) ao estudar "A Dinâmica Climática e as Chuvas no Estado de São Paulo" (região limítrofe à área de estudo), demonstrou a necessidade de a climatologia recorrer à dinâmica atmosférica, sem a interpretação de fatos isolados, mas com uma combinação diária e simultânea dos diferentes elementos do clima e no seu ritmo de sucessão habitual, que possibilita a compreensão da gênese dos fenômenos atmosféricos que define o clima de uma região.

Monteiro (1962, p.12) acreditava "na necessidade de recorrer à dinâmica atmosférica, não apenas esporadicamente na interpretação de fatos isolados, mas, com a devida ênfase, na própria definição climática regional", possibilitando assim, a compreensão da gênese dos fenômenos, combinados por diferentes elementos do clima e o seu ritmo de sucessão habitual em um determinado lugar. Assim sendo, diante da necessidade de aperfeiçoamento da classificação genética dos climas regionais, o autor desenvolveu uma técnica denominada "analise rítmica", onde, o ritmo climático passa a ser representado através de gráficos (todos os atributos atmosféricos), revelando a gênese dos fenômenos climáticos e sua interação cronológica no encadeamento dos tipos de tempo, numa escala diária sobre um determinado lugar (MONTEIRO, 1991; MENDONÇA; OLIVEIRA, 2007).

Essa técnica é utilizada em diversos trabalhos acadêmicos, na busca de compreensão do complexo climático regional. Sant'Anna Neto (1994) ao estudar a "Dinâmica Atmosférica e o Caráter Transicional do Clima na Zona Costeira Paulista", buscou como objetivo em seu trabalho, rediscutir a dinâmica atmosférica e o caráter transicional do clima nessa área. A metodologia do autor apoiou-se sob o conceito Sorreano do clima e na concepção de ritmo climático sob a ótica do método sintético das massas de ar buscando a caracterização do comportamento climático através do regime, ritmo e gêneses das precipitações, padrão habitual, e, variações excepcionais. Assim, o autor conclui em seu trabalho, que a gênese pluvial da Zona Costeira Paulista está associada à atividade frontal que Monteiro (1973) já havia demonstrado, confirmando a forte influência da sequência de frontogênese na produção de chuvas na região. O estudo comprovou que a época das chuvas se dá no período primavera-verão, quando o número de passagens frontais aumenta e o fluxo polar é mais intenso.

Nessa linha, Ogashawara (2012) estudou a "Análise Rítmica e a Climatologia Geográfica Brasileira" com o objetivo de enfatizar a utilização da técnica de análise rítmica para os estudos ambientais, destacando duas ferramentas de auxílio à classificação dos tipos de tempos; as imagens de satélites e as cartas sinóticas. Segundo concluiu o referido autor, a abordagem rítmica e dinâmica do clima introduzida pela Climatologia Geográfica Brasileira possibilita o entendimento da relação entre os fenômenos ocorrentes na atmosfera permitindo a compreensão da sua relação com a superfície, ressaltando ser indispensável a utilização de ferramentas auxiliares para a classificação dos tipos de tempo e obtenção de maior precisão para o entendimento da dinâmica atmosférica local.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Cunha e Vecchia (2007) e Barros e Zavattini (2009), também trouxeram contribuição à questão por meio das revisões bibliográficas que elaboraram discutindo as bases conceituais da Climatologia Geográfica, desenvolvendo uma reflexão crítica das duas abordagens (Clássica e Dinâmica). Em seus estudos, os mencionados autores concluíram que ambas proporcionaram avanços ao entendimento da temática com maior destaque para a Climatologia Dinâmica, reconhecendo que por mais adequados que possam parecer, isolados são incapazes de desvendar o complexo climático de um dado espaço geográfico.

Destacando a importância que existe nesse campo do conhecimento, Sant'Anna Neto (2008, p. 59), discorrendo sobre o aprofundamento das pesquisas em busca de maior conhecimento, menciona que:

> [...] a concepção geográfica do clima na sua organização do espaço deve ser vista, fundamentalmente, como a geradora de tipos de tempo cujas características são absolutamente dinâmica, complexa e muito sensível a qualquer alteração imposta, influenciando cada parte do planeta, em função da interação entre as diferentes esferas do globo e da ação do homem.

Com este embasamento o presente estudo foi desenvolvido aplicando as metodologias que serão mencionadas a seguir, cuidando em aprofundar o conhecimento acerca da realidade atmosférica no território mineiro, cuidando em destacar novas estratégias aplicáveis para o delineamento do comportamento da precipitação sobre as diversas localidades e contextos geográficos, tais como índices pluviométricos, bem como sua intensidade e frequência ao longo do ano por representarem a manifestação concreta do padrão atmosférico que prevalece sobre uma determinada área e, dessa forma, a dinâmica regional das chuvas.

3. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo corresponde ao município de Alfenas localizado na região Sul do estado de Minas Gerais no sudeste brasileiro. Esta porção do território mineiro se destaca pela produtividade cafeeira que se destina à exportação e responde por 50% da produção mineira e 25% da brasileira (SANTOS, 2014-b).

O município se insere, ainda, como polarizador do desenvolvimento regional para os municípios do entorno (Campos Gerais, Areado, Divisa Nova, Fama, Serrania, Machado, Paraguaçu, Boa Esperança, Alterosa, Carmo do Rio Claro e Campo do Meio), sobretudo pelos serviços que proporciona em saúde e educação por constituir-se na base de atendimento médico da Associação dos Municípios do Lago de Furnas – ALAGO e possuir duas Instituições de Ensino Superior que juntas possuem cerca de 12 mil alunos.

O clima predominante da área de acordo com Sá Junior (2009) é definido através do parâmetro apresentado na classificação de Köppen-Geiger (1928) como Cima Temperado Chuvoso Quente, enquadrando-se no grupo climático C, dividido em duas classes climáticas, a classe Cwa e a classe Cwb. Segundo Menicheli (2000) a rede de drenagem da área possui padrão

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

predominantemente bilinear, encaixadas em vales planos e alongados. Os principais rios da área são: o Rio Sapucaí, o Rio Machado e o Rio Grande. A configuração tectônica regional, sustentada por rochas metamórficas de diversas gêneses, implica em forte controle estrutural do relevo com altitudes variando de 780 metros a maiores do que 1.380 metros (FUPAI, 2013). O mapeamento da EMATER/MG (1993) define dois tipos de solos; o primeiro caracteriza-se pelo pouco desenvolvimento, ou mesmo a ausência de solo residual, onde se agrupam Cambissolos, Gleissolos e Neossolos. O segundo caracteriza-se por solos com horizonte residual, Argissolos, Latossolos.

A área desenvolveu seu dinamismo econômico a partir da base agropecuária ocupada principalmente pelo cultivo de café e criação de gado – corte e leiteiro. Com o passar do tempo o setor de serviços cresceu graças aos investimentos em educação e saúde, recebendo nas últimas décadas o incremento da atividade turística a partir da construção da UHE de Furnas que criou em seu lago o "mar de Minas", possibilitando a prática de esportes náuticos, o lazer e a pesca.



Figura 1 - Município de Alfenas/MG e localização da estação climatológica. Fonte: Organizado pelos autores.

4. METODOLOGIA UTILIZADA

Atualmente, pode-se observar uma série de ferramentas para a detecção das alterações nos regimes climáticos de diferentes ambientes, com séries

histórico-temporais diversificadas e com tratamentos quantitativos (e modelagens computacionais) variados.

Um dos métodos adotados nos últimos anos em pesquisas climatológicas a partir de dados é o cálculo de índices climáticos a partir de modelagem computacional estatística, a fim de compreender o comportamento e possíveis tendências dos climas a partir de longas séries de dados, sendo que, uma das ferramentas utilizadas para tal análise é o script RClimdex e o software R (R CORE TEAM, 2013).

O software R (R CORE TEAM, 2013) foi desenvolvido por Byron Gleason do National Climate Data Center (NCDC) da National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), cujo uso é apresentado em diversos workshops e reuniões do CCI/CLIVAR (International Research Programme on Climate Variability and Predictability) sobre elementos climáticos e sua variabilidade desde 2001 (SANTOS et al., 2012).

O software R é um ambiente e uma linguagem para computação estatística e gráfica, sendo esse um projeto GNU de livre acesso, que representa a criação de um sistema operacional ambientado que é similar à linguagem e ao ambiente S, desenvolvido nos laboratórios Bell (antigo AT & T, agora Lucent Technologies) por John Chamberg e colegas.

O R fornece uma ampla variedade de modelagens lineares e não lineares, testes estatísticos clássicos, análise de séries temporais, classificação, clustering, entre outras técnicas estatísticas e gráficas, além de fornecer uma rota open source para participação nessa atividade, uma vez que seu uso junto a alterações climáticas, pode representar um avanço na interpretação dos dados climatológicos, uma vez que esse se utiliza de dados diários em sua análise e cálculo dos índices.

Além das observações de possíveis alterações nos padrões climáticos pela precipitação, as variações de temperatura também cooperam com a identificação de uma possível variação climática, De acordo com Vincent et al. (2005, p. 5011, 5012 e 5022), na América do Sul, no período de 1960-2000, registra-se um possível aquecimento nessa porção continental observável a partir da ocorrência de mais noites quentes do que noites frias no verão e no outono (Dezembro a Maio). O estudo foi realizado a partir de 68 estações climatológicas a fim de prover dados consistentes de análise climática, que os autores registram como base confiável para a validação dos resultados obtidos utilizando o RClimdex.

Outro trabalho que se utilizou do software RClimdex, foi desenvolvido em Rio Claro/SP por Santos et al. (2012), apontando um aumento das chuvas consideradas intensas nessa área a partir do máximo acumulado em cinco dias consecutivos (Rx5dias) e no número de dias com precipitação acima de 50mm, uma vez que os autores identificaram a presença de tendência positiva acerca de tais eventos se tornarem mais frequentes ao longo do tempo. Além disso, identificaram correlação entre tais eventos interanuais com anomalias no Oceano Pacífico e Atlântico, sendo as regiões, nordeste e sul do Brasil afetadas respectivamente de forma negativa e positiva.

Outro aspecto interessante apontado no estudo foi a correlação verificada entre a produtividade agrícola e a precipitação, uma vez que se notou na presença de tendências positivas um fator de compensação frente as perdas registradas por evapotranspiração dos organismos vegetais.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Segundo Haylock et al. (2006, p. 1504) os índices de máximo de dias consecutivos secos e úmidos, bem como o máximo acumulado de chuvas em um único dia e em cinco dias, servem como indicativo (diário e unificado) de mudanças nos extremos de chuva, auxiliando na observação de padrões anômalos individuais no clima sem a interferência de uma força de grande escala. Os autores afirmam ainda que para interpretação de padrões de mudança na região sudeste da América do Sul, a observação de padrões de circulação e da média anual de pressão atmosférica nos oceanos se faz necessária.

Os resultados obtidos dessa análise subsidiam a identificação de alterações na atividade barométrica dessa porção da América do Sul, evidenciando um aumento dessas atividades em áreas de alta latitude ao sul, o que pode promover o aprisionamento de alguns sistemas atmosféricos que atuam ali dificultando o deslocamento meridional da massa de ar polar para essas regiões.

Além disso, os autores consideram que, a partir do cálculo dos índices registra-se um aumento no número de dias com baixos milímetros de chuva maior que nos dias anotados com precipitação intensa, o que pode ser associado à diminuição da precipitação média em dias chuvosos (acima de 1 mm) considerando ainda que há aumento no número máximo de dias consecutivos úmidos e diminuição do número máximo de dias consecutivos secos a partir dos dados disponibilizados pelas estações climatológicas na América do Sul (HAYLOCK, 2006, p. 1507).

As diferentes aplicações de escala espacial e temporal do software RClimdex mostra-se adequada ao tratamento de séries de dados longas conforme pode ser conferido no trabalho de Santos et al. (2007) que analisou possíveis tendências de alterações climáticas na região amazônica brasileira próxima a Manaus/AM. Segundo os autores, nota-se o aumento das precipitações totais anuais, nos dias acima de dez, vinte e cinquenta milímetros de chuva, bem como no aumento da intensidade das chuvas na região. Os autores afirmam ainda que os dias consecutivos secos apresentam tendência de aumento na série histórica, enquanto o máximo de dias consecutivos úmidos apresenta tendência de diminuição no mesmo período de observação.

Um dos aspectos discutidos nos trabalhos de aplicação dos cálculos de índices climáticos é a qualidade dos dados obtidos em estações climatológicas, sendo que, em alguns trabalhos torna-se claro que a falta de dados pode comprometer o desenvolvimento de pesquisas ou influir diretamente na melhor observação climática por suas variáveis, como Dufek e Ambrizzi (2008) apontam nos dados obtidos em estações no estado de São Paulo/Brasil afirmando que alguns índices podem ser contraditórios, como aponta a comparação entre o número máximo de dias consecutivos secos e os dias com precipitação acima de 20mm.

Em todos os trabalhos acima citados fica explícita a contribuição prestada por essa metodologia, incentivando sua adoção, pois o RClimdex calcula 27 índices básicos recomendados pela ETCCDMI (Climate Change Detection Monitoring Indices) para temperatura e precipitação (KARL et. al., 1999 e PETERSON, et. al., 2001), dos quais serão utilizados, apenas, os índices associados à precipitação pluviométrica (Tabela 1).

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Atentando para isso, a presente análise dos dados pluviométricos foi feita por meio de índices climáticos (chuvas) calculados no script RClimdex e referentes às chuvas totais (PRCPTOT), à intensidade pluviométrica simples (SDII) e ao número de dias acima de valores preestabelecidos a partir da detecção de outliers (Rnnn).

Para o tratamento estatístico, bem como para a análise dos dados utilizou-se o software R e script RClimdex (ZHANG; YANG, 2004), por meio dos índices climáticos (HAYLOCK et al., 2006; STEPHENSON et. al., 2014).

Os índices foram analisados a partir da construção de gráficos com suas respectivas variáveis. Adotou-se, para cada um dos índices, o valor médio de toda a série histórica para comparação entre períodos acima ou abaixo do mesmo em meio às flutuações interanuais dos dados. Os índices calculados e utilizados para as chuvas diárias foram: A) PRCPTOT; B) SDII; C) Rnn, conforme descrito na Tabela 1.

O controle de qualidade dos dados se fez pela substituição de todos os dados faltosos por -99.9 (reconhecido como faltoso pelo script). Notaram-se algumas falhas de dados, sendo mais crítico no ano de 1994, em que excederam 5%.

A determinação do valor de nn foi realizada a partir da detecção de outliers (observações anormais), que configuram valores incomuns ou excepcionais encontrados na série de dados (HAWKINS, 1980).

Segundo Chrun, Cukier e Sneeringer (2008), a determinação do outlier se faz no estudo da evolução e da identificação de comportamentos excepcionais nas séries de dados, identificando-o a partir da média e utilizar (+/-) três ou quatro desvios padrão por limite (Eq. 1).

$$\frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n} + 3(ou\ 4).\sqrt{\frac{\sum x^2 - (\sum x)^2/n}{n}} = Outlier\ (Observação\ Anormal) \qquad \text{(Eq.1)}$$

Para sua determinação, notam-se diferentes critérios, como valores fixos de extremos de chuvas correspondentes a 60 mm em um único dia (LIMA; AMORIM, 2015), contudo, a presença de dias em que as chuvas estiveram acima desse valor podem não representar a realidade climática local, sendo que, para a presente região estudada, a determinação dos valores extremos de chuvas mostrou-se distintos do valor médio atribuído na escala regional. Mormente a isto, os resultados oferecem ainda uma descrição de eventos pontuais que podem auxiliar na compreensão da habitualidade e manifestação da variabilidade na área.

A Tabela 1 apresenta o conjunto de metodologias utilizadas no estudo para facilitar a compreensão das unidades, medidas e parâmetros estabelecidos no manuseio dos dados que foram selecionados para análise. Destacando que o roteiro de ações seguido se ocupou com a obtenção das informações – dados – disponíveis de precipitação, seguida pela tabulação e aplicação dos cálculos exigidos pela estratégia de estudo adotada. A partir desta organização de atividades e análises os resultados obtidos são discutidos e explorados na

identificação dos padrões e habitualidades que caracterizam o comportamento da atmosfera na área de estudo com suas variações e habitualidades.

Cumpre destacar que somada a posição geográfica – latitude e longitude, a área de estudo encontra-se circundada pelos oceanos Pacífico e Atlântico; o que, combinado com as diversas formas de relevo, permite o desenvolvimento e atuação de diferentes sistemas atmosféricos que possuem características que contribuem ou inibem o processo dinâmico de precipitação.

A atuação desses sistemas atmosféricos está inserida na habitualidade atmosférica da região que é suscetível a influência de massas de ar equatoriais, tropicais e polares, responsáveis pela geração dos diferentes tipos de tempo devido a sazonalidade do ano. Registrando no verão a ocorrência dos máximos de precipitação que migram para o norte do Equador durante o inverno (REBOITA et al., 2010, 2012).

Desta maneira, os dados foram analisados dentro do comportamento espaço-temporal das chuvas, por meio de plotagem de gráficos de precipitação calculados e analisados nas escalas de tempo sazonal, mensal e diária conforme a metodologia supracitada já explicou, cuidando em enfatizar procedimentos específicos e parâmetros adotados.

Aliás, segundo mencionam Nascimento e Oliveira (2014), diversos trabalhos têm sido realizados buscando entender a dinâmica atmosférica e a variabilidade pluviométrica no Brasil para cada região, a exceção encontra-se nas regiões Centro-Oeste e Norte que sofrem com a espacialização dos dados.

Tabela 1 - Metodologias Utilizadas para Análise dos Dados de Precipitação

Índice (Identificação)	Nome do índice	Definição	Unidade Observada
PRCPTOT	Total de chuvas acumuladas em um ano	Valor total anual de chuvas acumuladas nos dias úmidos (dias >= 1 mm)	mm
RX1day	Máximo de chuva acumulado em 1 dia	Máximo de chuva acumulada em um único dia	mm
RX 5 dias	Máximo de chuva acumulada em 5 dias	Máximo de chuva acumulada em cinco dias consecutivos	mm
DCS	Dias consecutivos secos	Número máximo de dias em que as chuvas < 1 mm	dias
DCU	Dias consecutivos úmidos	Número máximo de dias em que as chuvas >= 1 mm	dias
SDII	Índice simples de intensidade diária	Total anual de chuvas acumulado dividido pelo número de dias úmidos (quando o dia esteve >= 1.0mm) no ano	mm/dia
Rnn*	Dias chuvosos acima de *nn* milímetros	Número de dias acima de *nn* milímetros de chuva	Dias

*Admite-se RR_{ij} como a quantidade diária de precipitação num dia *i* num período *j*. Assim, *nn** representa qualquer valor razoável de precipitação diária, onde soma-se o número de dias, sendo:

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

$RR_{ij} \geq nnmm$

Fonte: Adaptado de Zhang e Yang (2004)

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise da precipitação registrada na série adotada para estudo, demonstrou que as chuvas em Alfenas/MG apresentam flutuações anuais situadas entre 1000 e 1500 mm, confirmando os parâmetros estabelecidos na classificação climática elaborada por Köppen-Geiger ao não apresentar ao longo dos anos avaliados índices pluviométricos abaixo de 1000 mm ou acima de 1.700 mm conforme demonstra o Gráfico 1. Obviamente os índices anuais totais não descrevem o comportamento da precipitação ao longo dos doze meses ou pelos trezentos e sessenta e cinco/seis dias da translação terrestre ao redor do sol, por isso, o estudo realizado através da metodologia proposta assegura esse grau de detalhamento.

Nessa ótica, o valor máximo acumulado em um único dia na série histórica foi de 127,8 mm. A partir do índice de RX 1 dia, também se observou, como valor limiar de 78,6. Tal índice também se destaca na observação de chuvas diárias intensas, uma vez que, para a série observada, pode-se esperar, no mínimo, 44 mm de chuvas em único dia de chuva (Gráfico 2), sobretudo no semestre hidrológico que abrange o período de outubro a março.

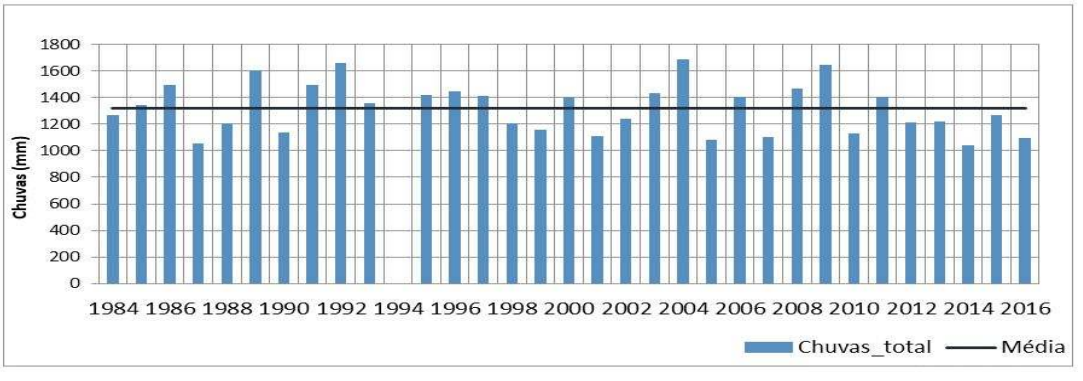

Gráfico 1 - Precipitação total anual acumulada em Alfenas/MG na série histórica 1984-2016.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

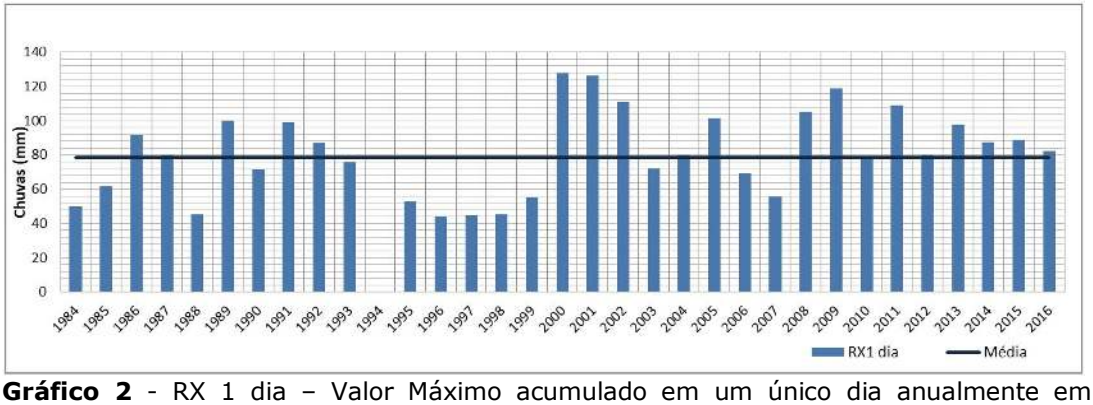

Gráfico 2 - RX 1 dia – Valor Máximo acumulado em um único dia anualmente em Alfenas/MG no período 1984-2016.

Já os valores de chuvas para cinco dias acumulados (RX 5 dias) se associam a fenômenos frontogenéticos e à ocorrência de ZCAS entre outros aspectos climáticos regionais. Registrando que essas estiveram em médias situadas próximas a 155 mm, ressaltando que em 50% dos anos, tais valores se aproximaram desse limiar (Gráfico 3), descrevendo, por conseguinte, uma padronização importante de eventos atmosféricos que auxilia na compreensão do comportamento da atmosfera na área de estudo.

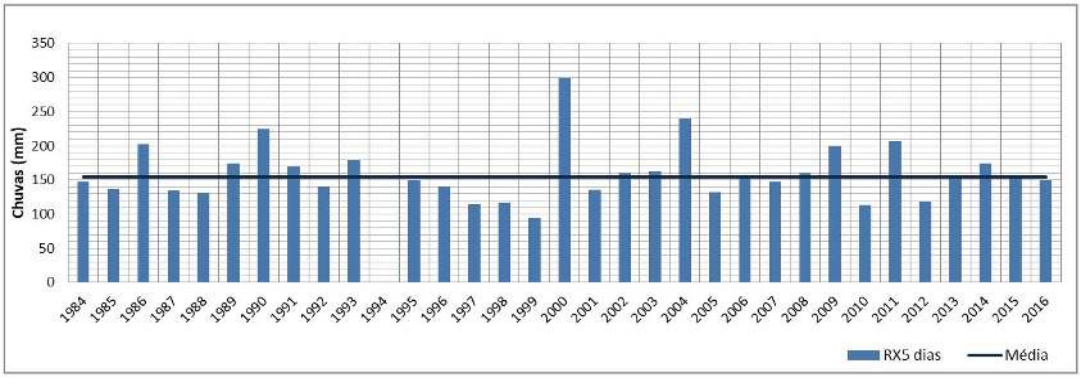

Gráfico 3 - RX 5 dias – Valor máximo acumulado em cinco dias para Alfenas/MG no período 1984-2016.

Por meio de aspectos correlacionáveis, as teleconexões subsidiaram a compreensão da flutuação climática por meio de dados oceânicos do Atlântico e do Pacífico, como a OMA (Oscilação Multidecadal do Atlântico), as fases do El Niño – sua fase positiva (ENSO – El Niño Oscilação Sul; aumento na temperatura do Pacífico) e La Niña – sua fase negativa (resfriamento na temperatura do Pacífico), a ODP (Oscilação Decadal do Pacífico), entre outros. Demonstrando que além das informações que os dados apresentam, torna-se necessário compreender e mapear os eventos atmosféricos desde sua gênese até sua abrangência, pois, são esses que transportam umidade para a região.

No sudeste do Brasil, podem ser observados diferentes trabalhos que analisaram sua influência em tendências de aumento e/ou diminuição das

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

temperaturas, ou ainda nas tendências pluviométricas (KAYANO; CAPISTRANO, 2014; PSCHEIDT; GRIMM, 2009; VÁSQUEZ et al., 2018). Cada qual apresenta sua contribuição para a compreensão da dinâmica atmosférica regional.

Segundo Vázquez, et al. (2018), desde 1994, nota-se uma baixa variabilidade das chuvas por meio de tendências positivas e/ou negativas advindas de mecanismos de interação Oceano-Atmosfera-Continente. Contudo, pode-se observar a influência das teleconexões nos dados da série histórica para Alfenas/MG, como no ano 2000, onde se observou tendência negativa para o Pacífico (La Niña) e, consequentemente, aumento no valor de RX 5 dias.

Nos anos de 1995 a 1999, observou-se tendência positiva para o Pacífico (El Niño), que acarretou na retração dos dados pluviométricos de PRCPTOT, RX 1 e 5 dias, e no aumento dos DCS.

Os dias consecutivos secos (DCS) apresentaram comportamento semelhante aos outros índices (em função das teleconexões, inclusive) sendo que, o número máximo de dias consecutivos secos na série histórica foi, em média, de 58 (Gráfico 4). Portanto, expandindo para além dos fatores locais outrora contemplados nas análises que eram desenvolvidas sobre o comportamento da precipitação, verifica-se que a área sofre forte influência das movimentações oriundas de outras porções da superfície terrestre e de sua influência na movimentação das massas de ar que transportam a umidade sobre o planeta.

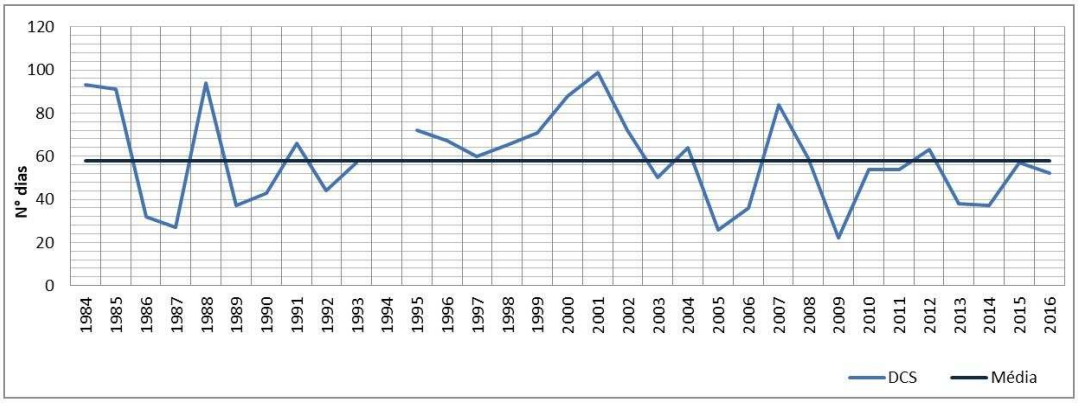

Gráfico 4 - DCS – Número de dias consecutivos secos em Alfenas/MG no período 1984-2016.

Vale ressaltar que, em exemplos como o ano de 2009, notou-se a retração do número máximo de dias consecutivos secos, o que evidencia, também, um ano representativo em que as chuvas se apresentaram com maior valor acumulado (PRCPTOT; RX 1 e 5 dias), o que pode evidenciar também um período com maior distribuição de umidade ao longo do ano, ainda que o índice pluviométrico geral não tenha sofrido significativo aumento frente a média do período.

Enquanto isso, os valores de dias consecutivos úmidos (DCU) expressam o número máximo de dias consecutivos, sequencialmente, chuvosos. Com isso, notou-se que o valor médio de DCU esteve ao redor de 8 dias (Gráfico 5).

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

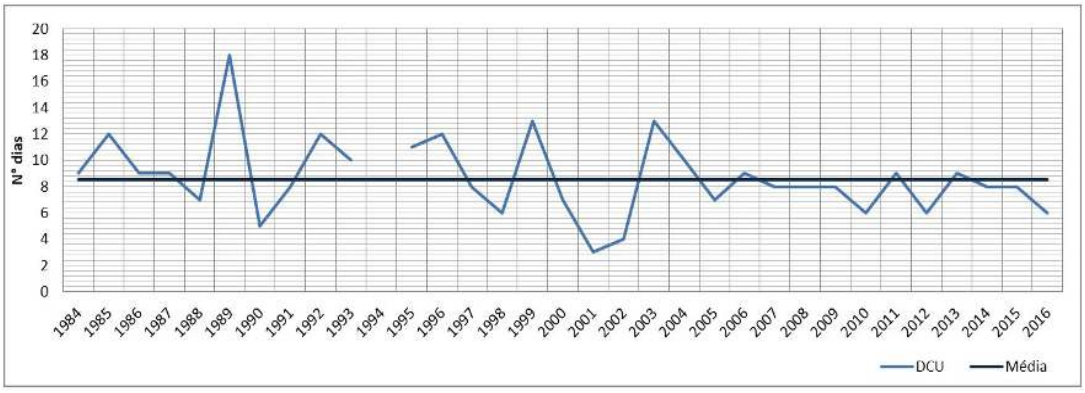

Gráfico 5 - DCU – Número de dias consecutivos úmidos em Alfenas/MG no período 1984-2016.

Pode-se observar também que as forçantes oceânicas (Pacífico e Atlântico) influem diretamente no total de dias úmidos, verificando-se que na última década os valores de DCU se mantiveram na média ou abaixo do valor limiar estabelecido. Vale ressaltar que o ano de 1989 apresentou 18 dias com o valor máximo anual se associando à tendência negativa do Pacífico (La Niña) e a um período em que as chuvas apresentaram grande variabilidade interanual (VÁSQUEZ et al., 2018).

Observou-se que 13 anos apresentaram valores acumulados superiores a 1400 mm anuais, respondendo aproximadamente por 39% dos anos da série histórica. Enquanto isso verificou-se que 19 anos da série apresentaram valores dentro do limiar adotado, representando cerca de 57% dos anos. O índice SDII expressa a intensidade das chuvas nos dias acima de 1 mm, ou seja, os valores (anuais) da intensidade pluviométrica. Vale ressaltar que esse índice se associa à diferentes fenômenos climáticos que promovem a redução ou intensificação das chuvas em caráter regional.

Na área de estudo verificou-se que nos dias chuvosos (acima de 1mm) o valor médio registrado na série histórica 1984-2016 foi de 14mm. No período 15 anos estiveram acima desse limiar, o que expressa 45% dos anos com valores acima do esperado para esse índice em relação à média. Além disso, destacam-se os anos de 2002, 2003 e 2004, em que a intensidade pluviométrica chegou a, aproximadamente, 20 mm, anualmente (Gráfico 6).

Vale ressaltar, ainda, que os anos de maior valor médio também apresentaram os maiores valores de intensidade pluviométrica anual.

A intensidade pluviométrica apresentou valor médio de 14 mm, ou seja, nos dias em que houve chuva, essas apresentaram 14mm de precipitação. Destaca-se, também, que em toda a série histórica, os dias chuvosos apresentaram, ao menos, 11 mm de precipitação e, 54% dos anos (18 anos) apresentaram valores acima da média, com destaque para o ano de 2003 que alcançou valor acima de 20 mm de intensidade.

Os valores de intensidade simples das chuvas, podem contrastar com outros índices climáticos.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

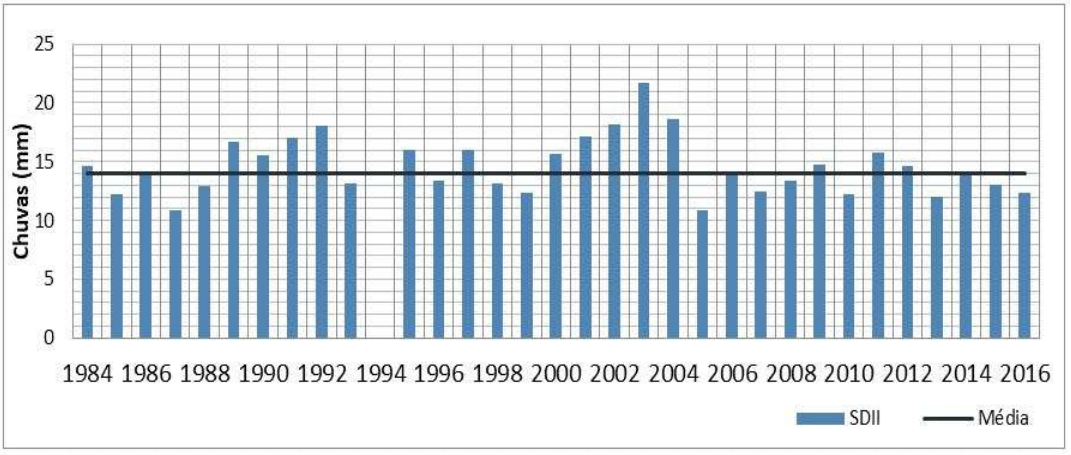

Gráfico 6 - SDII - Intensidade Pluviométrica em dias chuvosos em Alfenas/MG no período 1984-2016.

O índice de Rnn representa o número de dias em que as chuvas estiveram acima de valores pré-estabelecidos de chuvas. Nesse se estabelece um valor limiar para averiguar o número de dias que apresentaram comportamento normal frente aos valores da série histórica, bem como valores que podem ser considerados anômalos (extremos) entre os anos elegidos para estudo.

Na região de estudo, foram selecionados os valores de 20 mm e 40 mm, uma vez que esses representam os valores habituais e efêmeros, respectivamente, na série histórica observada. O valor de 20 mm se observou como habitual, uma vez que sua recorrência anual é de fácil detecção; já o valor de 40 mm fora observado por meio do método de detecção por observação anormal (outliers), em que se adotou esse como limiar para chuvas intensas (extremas).

Pode-se observar que o número de dias acima de 20 mm ao longo do ano, são recorrentes, sendo que, no mínimo, 14 dias em todos os anos chegaram ou ultrapassaram 20 mm de chuvas e a média de dias acima desse valor chega a 22 dias. Nesse sentido, notou-se que mais de 50% dos anos apresentaram 22 ou mais dias em que as chuvas estiveram acima de 20 mm na série histórica, o que implica em sua natureza habitual interanual (Gráfico 7). Obviamente isso possibilita uma compreensão maior do padrão pluviométrico da área.

Contudo, para a observação das chuvas intensas, utilizou-se o método de detecção de observações anormais (outliers). O valor observado como limiar para chuvas intensas (extremas) para Alfenas/MG foi de 40 mm, ou seja, por meio dos dados observados na série histórica, notou-se que o valor de 40 mm de precipitação pluviométrica expressa episódios efêmeros.

Com isso, se realizou o cálculo de R40, que expressa o número de dias, anualmente, em que as chuvas se encontraram acima de 40 mm em um único dia (Gráfico 8).

A partir dos dados, notou-se que apenas 33% dos anos se encontraram acima do valor médio de 6 dias, contudo, vale ressaltar que, em todos os anos,

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

ao menos 1 dia apresentou chuvas com valor igual ou superior a 40mm. Além disso, nos últimos 20 anos (1996-2016) o número de episódios de chuvas diárias acima de 40 mm, apresenta, no mínimo, 3 ou 4 dias, com destaque para os anos de 1997, 2002, 2003 e 2004, que registraram mais de 10 dias.

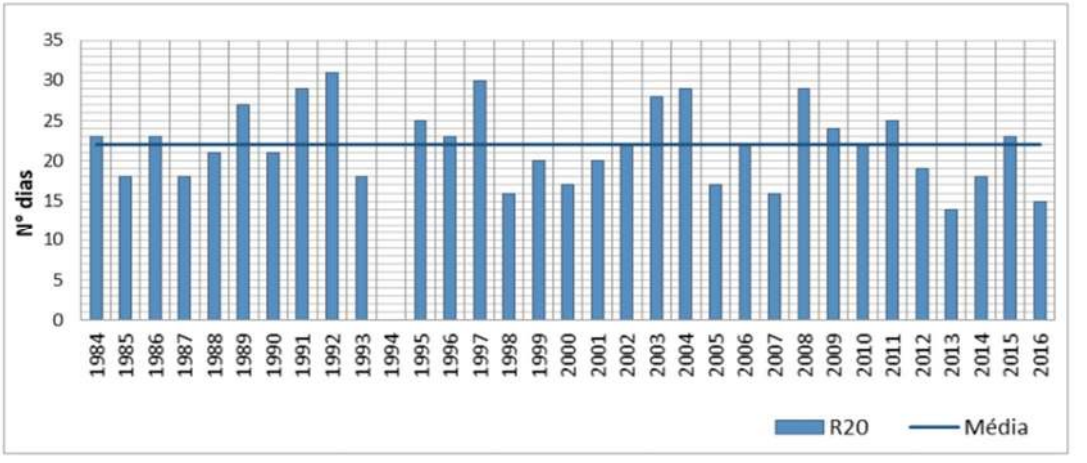

Gráfico 7 - R20 - Número de dias com chuvas acima de 20mm anuais em Alfenas/MG no período 1984-2016.

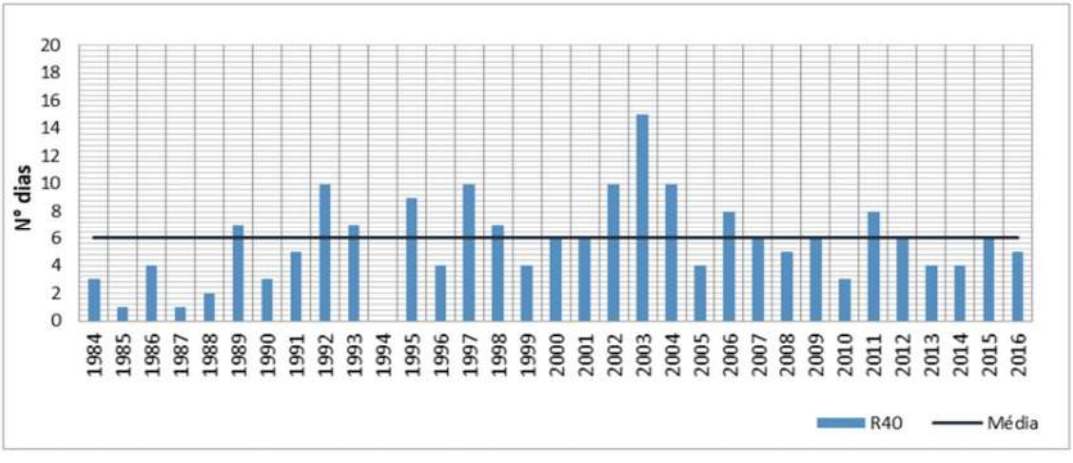

Gráfico 8 - R40 - Número de dias com chuvas superiores a 40 mm em Alfenas/MG no período 1984-2016.

As chuvas diárias consideradas efêmeras e intensas ocupam destaque no planejamento regional, uma vez que seus efeitos no espaço urbano ou rural repercutem no contexto de desastres, como enchentes, danos materiais, mortes e perdas entre outros.

Outra característica dos dados de observação anormal é a contribuição das chuvas intensas no total pluviométrico anual e na intensidade das chuvas. Nesse sentido, notou-se que os anos em que os valores de observações anormais estiveram acima da média, ocorrem também os maiores valores de chuvas intensas, indicando então uma relação entre eles (Gráfico 9).

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

A partir do gráfico 5, pode-se observar que a flutuação nos valores de outliers anuais coincidem com os períodos de maior ou menor média diária de chuvas na série histórica, com destaque para os anos de 1989, 1992, 2000, 2004 e 2009, em que as chuvas, nesses anos, apresentaram episódios de 50 mm em um único dia.

A intensidade pluviométrica se associa, também, ao número de dias em que ocorreram episódios com mais de 40mm de chuvas, como se verifica no gráfico 6, em que se colocam os dados de SDII e R40 (Gráfico 10). Obviamente esses resultados possibilitam futuras análises buscando identificar sua relação com os valores totais de cada ano da série, pois, como pode ser observado, o ritmo que apresentam é semelhante nas tendências com exceção do biênio 2014/2015.

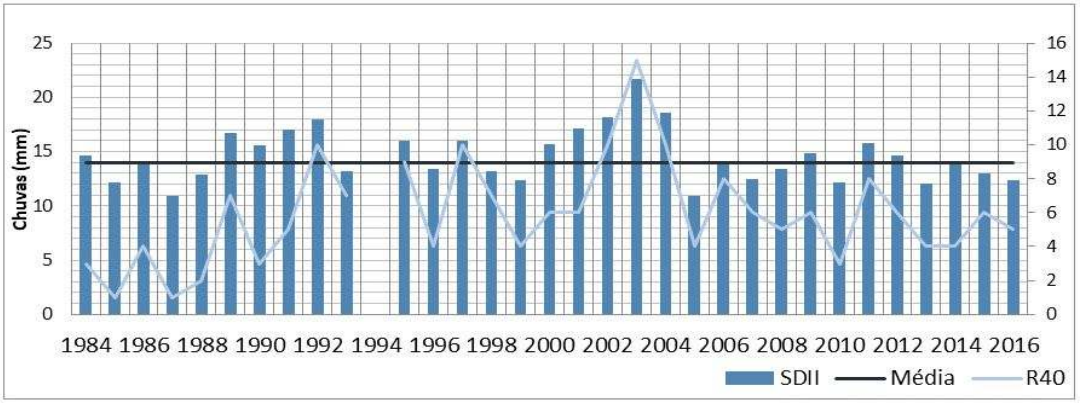

Gráfico 9 - Intensidade da Precipitação diária e dias com chuvas superiores a 40mm em Alfenas/MG no período 1984-2016

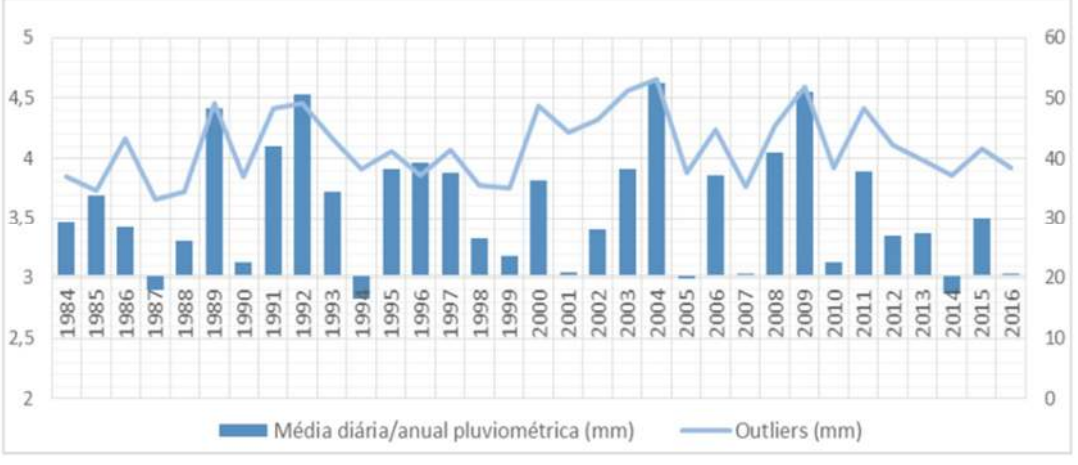

Gráfico 10 - SDII/R40 - Desvio da média e manifestações anormais em Alfenas/MG no período 1984-2016

6. CONCLUSÕES

Diante da análise de mais de trinta anos de dados pluviométricos do município de Alfenas/MG, foi possível observar significativas flutuações na série histórica; paralelo a isso, notou-se a redução dos valores totais acumulados, ao

menos, na última década em função da média. Tal redução pode recobrar significativa atenção no planejamento agrícola regional, ou ainda, sinalizar para o retorno de um padrão atmosférico não contemplado pelo hiato da série adotada, quiçá, uma nova conjuntura para a área de estudo, recobrando, por conseguinte, a adaptação da sociedade local aos novos parâmetros.

Em relação à metodologia empregada, verificou-se que os valores de PRCPTOT apresentaram significativa flutuação, e, quando observados os índices de RX 1 e 5 dias, DCS e DCU, notou-se forte correlação com períodos de tendência positiva ou negativa com o Pacífico e o Atlântico, por meio de teleconexões. Tal correlação se manifestou por meio de anos chuvosos, secos ou períodos em que houve retração ou aumento do volume de chuvas em 1 ou 5 dias ou, até mesmo, no número de dias chuvosos e secos.

Em face disto, fica estabelecida a correlação que passa a existir entre os índices pluviométricos da área de estudo e eventos atmosféricos responsáveis pela precipitação local com processos manifestos em locais distantes, assegurando que a dinâmica atmosférica contempla um conjunto amplo de variáveis que vão muito além das características particulares de um determinado lugar que se encontra articulado e dependente, evidenciando o cuidado que a humanidade deve ter com suas intervenções sobre a biosfera, sobretudo quando as mesmas ocasionam desequilíbrio ao sistema natural de distribuição de energia que se encontra em relativa harmonia.

No que tange a intensidade dessas manifestações, foi possível verificar que a mesma acompanha as oscilações dos valores totais anuais acumulados, sendo que, na última década, notou-se a redução da intensidade pluviométrica em dias chuvosos, pois, como já foi mencionado, tais índices encontram-se articulados em razão da gênese que possuem.

No entanto, mais uma vez cumpre destacar a tendência da última década consumar dados e padrões diferentes daqueles observados na série, sinalizando uma possível conjuntura diferenciada que recobrará atenção e novas análises para o pleno entendimento e a geração de cenários futuros para a área de estudo.

A observação do índice Rnn se destaca nessa análise, uma vez que, por meio da detecção de outliers, notou-se que os limiares se encontram próximos a 40 mm, pois, valores inferiores a 60 mm diários possibilitam a verificação de episódios efêmeros com chuvas intensas. Assim, a partir da detecção de observações anormais na série histórica, pode-se determinar valores limiares para chuvas intensas.

Frente aos resultados obtidos verificou-se que o número de dias em que as chuvas consideradas intensas ocorreram também flutuam na série histórica, além de acompanharem a oscilação do total pluviométrico acumulado (PRCPTOT).

Tais observações influenciam diretamente na compreensão da dinâmica climática para região, além de subsidiarem o planejamento rural e urbano frente aos eventos extremos (efêmeros) de chuvas, podendo balizar políticas públicas junto às instituições competentes e, até, quanto à normatização em situações emergenciais.

A posteriori novas análises lançarão mão desses dados e das variáveis que cooperaram para sua manifestação com o propósito de identificar a

participação desses eventos efêmeros no conjunto da precipitação da área, buscando identificar ainda sua distribuição ao longo do semestre hidrológico – outubro a março – e ao longo do ano, buscando subsídios para o planejamento dos setores que demandam recurso hídrico para o seu desempenho satisfatório, indicando, por exemplo, estratégias de armazenamento e/ou escoamento para o combate às enchentes.

Obviamente outras análises podem ser feitas com os dados manuseados nesse estudo, cooperando com o entendimento do comportamento da atmosfera na área de estudo, estimulando novos estudos e análises; não obstante a isto, há que se reconhecer a importância da metodologia empregada e a contribuição que proporcionou para um maior conhecimento da dinâmica atmosférica da área de estudo, cooperando, por conseguinte, com o planejamento das ações antrópicas nos seus limites.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo auxílio financeiro, bem como a Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG) e a Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (EESC/USP) pelo apoio logístico à pesquisa.

BIBLIOGRAFIA

ANDRÉ, Í. R. N. Algumas considerações sobre mudanças climáticas e eventos atmosféricos severos recentes no Brasil. Climatologia e Estudos da Paisagem, Rio Claro, v.1, n.1/2, p. 01-09, jul/dez 2006.

BARROS, J. R.; ZAVATTINI, J. A. Bases Conceituais em Climatologia Geográfica. Mercator – Revista de Geografia da UFC, Fortaleza, v. 8, n. 16, p. 255-261, mai/ago 2009.

CARVALHO, Leila M. V.; JONES, Charles; LIEBMANN, Brant. The South Atlantic Convergence Zone: Intensity, Form, Persistence, and Relationships with Intraseasonal to Interannual Activity and Extreme Rainfall. Journal of Climate, v. 17, n. 1, p. 88–108, 2004.

CHRUN, D.; CUKIER, M.; SNEERINGER, G. On the use of security metrics based on intrusion prevention system event data: an empirical analysis. In: IEEE high assurance systems engineering symposium, 11, 2008. Washington: IEEE Computer Science, 2008. p.49–58.

CUNHA, G. R. Meteorologia – Fatos e mitos 1. Passo Fundo: EMBRAPA, 1997.

CUNHA, D. G. F.; VECCHIA, F. As abordagens clássica e dinâmica de clima: uma revisão bibliográfica aplicada ao tema da compreensão da realidade climática. Ciência e Natura, UFSM, v. 29, n. 1, p. 137–149 2007.

DUFEK, A. S.; AMBRIZZI, T. (2007). Precipitation variability in São Paulo State, Brazil. Theoretical and Applied Climatology, 93(3-4), 167–178, 2007.

EMATER/MG – Empresa de Assistência Técnica Instituto e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais. Mapa de Solos do Estado de Minas Gerais. In: AMARAL, F. C – Escala 1: 1.000.000. EMBRAPA/CNPMS. Minas Gerais, 1993.

FUNDAÇÃO DE PESQUISA E ASSESSORAMENTO À INDUSTRIA. Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Entorno do Lago de Furnas: Relatório Parcial 1 – Diagnóstico da Bacia Hidrográfica Unidade de Gestão GD3. Alfenas, 2013.

GIRÃO, O.; CORRÊA, A. C. B.; GUERRA, A. J. T. Influência da Climatologia Rítmica sobre áreas de risco: O caso da região metropolitana do Recife para os anos de 2000 e 2001. Revista de Geografia. Recife, v. 23, n.1, p. 03–40, 2006.

HAWKINS, D. Identification of outlier. London: Champman and Hall, 1980.

HAYLOCK, M. R. et al. Trends in Total and Extreme South American Rainfall in 1960–2000 and Links with Sea Surface Temperature. Journal of Climate. Vol. 19. 1490-1512, 2006.

KARL, T. R.; NICHOLLS, N.; GHAZI, A. CLIVAR/GCOS/WMO workshop on indices and indicators for climate extremes: workshop summary. Climatic Change, v.42, p.3-7, 1999.

KAYANO, M. T.; CAPISTRANO, V. B. How the Atlantic multidecadal oscillation (AMO) modifies the ENSO influence on the South American rainfall: AMO MODIFIES ENSO INFLUENCE. International Journal of Climatology, v. 34, n. 1, p. 162–178, jan, 2014.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. Klimate der Erde. Gotha: Verlag Justus Perthes, 1928. Wallmap 150cm x 200cm.

LIMA, A. P.; AMORIM, M. C. de C. T. Análise de episódios de alagamentos e inundações urbanas na cidade de São Carlos a partir de notícias de jornal. Revista Brasileira de Climatologia, v. 15, n. 0, 2015.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. Climatologia: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, p. 206, 2007.

MENICHELI, M. M. Geologia da Região de Campo do Meio – MG. 2000. 63f. Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, Rio Claro, 2000.

MONTEIRO, C. A. de F. Da necessidade de um caráter genético à classificação climática (Algumas considerações metodológicas a propósito do estudo do Brasil meridional). Revista Geográfica. Rio de Janeiro, v. 31, n. 57, p. 29-44, 1962.

MONTEIRO, C. A. de F. Análise rítmica em climatologia: Problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. São Paulo: USP, 1971.

MONTEIRO, C. A. de F. Dinâmica Climática e as chuvas no Estado de São Paulo. Estudo geográfico sob forma de atlas. São Paulo: Universidade de São Paulo/Instituto de Geografia, 1973.

MONTEIRO, C. A. de F. O Clima e a organização do espaço no estado de São Paulo problemas e perspectivas. IGEOG/USP, n 28. São Paulo, 1976.

MONTEIRO, C. A. de F. Clima e Excepcionalidade: conjunturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno climático. Florianópolis: UFSC, 233p. 1991.

NASCIMENTO, D. T. F.; OLIVEIRA, I. J. Potencialidades e restrições da utilização de dados de sensioramento remoto na climatologia. In: X SIMPÓSIO

BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 2014, Curitiba. Anais... Curitiba, 2014. p. 2358-2368.

OGASHAWARA, I. Análise rítmica e a climatologia geográfica brasileira. Revista Geoaraguaia, Barra do Garças, v.2, n.2, p. 57–72, ago/dez, 2012.

PETERSON, T. C. et al. Report on the activities of the working group on climate change detection and related rapporteurs: 1998-2001. Geneve: International Council for Science; Intergovernmental Oceanographic Commission; World Meteorological Organization, ICPO Publication Series, 48, 2001.

PSCHEIDT, I.; GRIMM, A. M. Frequency of extreme rainfall events in Southern Brazil modulated by interannual and interdecadal variability. International Journal of Climatology, v. 29, n. 13, p. 1988–2011, 2009.

R Core Team (2013). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL http: //www.R-project.org/, 2013.

REBOITA, M. S.; GAN, M. A.; ROCHA, R. P.; AMBRIZZI, T. Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica. Departamento de Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo (DCA/USP), São Paulo/SP, Brasil Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Centro de Previsão de Tempo e Estudo. Revista Brasileira de Meteorologia, v.25, n.2, p. 185–204, 2010.

REBOITA, M. S.; Krusche, N.; AMBRIZZI, T.; ROCHA, R. P. Entendendo o Tempo e o Clima na América do Sul. Terra e Didática, v. 8, n. 1, p. 34–50, 2012.

SÁ JUNIOR, A. Aplicação da classificação de Köppen para o zoneamento climático do Estado de Minas Gerais. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Água e Solo) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, UFLA, Lavras, 101p., 2009.

SANT'ANNA NETO, J. L. Dinâmica atmosférica e o caráter transicional do clima na zona costeira paulista. Revista do Departamento de Geografia, FFLCH-USP, v. 8, p. 29-34, 1994.

SANT'ANNA NETO, J. L. Da climatologia geográfica à geografia do clima: gênese, paradigmas e aplicações do clima como fenômeno geográfico. Revista da ANPEGE, n.4, p. 51–72, 2008.

SANT'ANNA NETO, J. L.; ZAVATTINI, J. A. (Org.). Variabilidade e mudanças climáticas. Eduem. Maringá, 2000.

SANTOS, C. A.; SATYAMURTY, P.; MENDES, E. Tendências de índices de extremos climáticos para a região de Manaus-AM. Acta Amazônia. 42(3), 329–336, 2007.

SANTOS, C. A.; SATYAMURTY, P.; GOMES, O. M.; DA SILVA, L. E. M. G. Variability Of Extreme Climate Indices At Rio Claro, São Paulo, Brazil. Revista Brasileira de Meteorologia. v.27, n.4, 395 - 400, 2012.

SANTOS, C. A. C. Recent Changes In Temperature And Precipitation Extremes In An Ecological Reserve In Federal District, Brazil. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 29, n.1, 13-20, 2014-a.

SANTOS, E. M. Estudo da variabilidade e mudanças climáticas na região de Manaus. 2010. Dissertação (Mestrado) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Universidade do Estado do Amazonas. Amazonas, 2010.

SANTOS, H. F. Modernização da agricultura e relação campo-cidade: uma análise a partir do agronegócio cafeeiro no município de Alfenas – MG. Caminhos de Geografia, v. 15, n. 51, 24 set, 2014-b.

SANTOS, J. W. M. C. – Ritmo Climático e Sustentabilidade Sócio-Ambiental da agricultura comercial da soja no Sudeste de Mato Grosso. Revista do Departamento de Geografia (USP), v. 1, nº especial, p. 01 - 20, 2005.

SILVEIRA, L. M. Os sistemas atmosféricos e a variação do tempo em Maringá, estado do Paraná, Brasil. Acta Sci. Technol. Maringá, v.28, n.1, p. 79-84, jan/jun 2006.

STEPHENSON, T. S.; VINCENT, L. A.; ALLEN, T.; VAN MEERBEECK, C. J.; MCLEAN, N., PETERSON, T. C.; TROTMAN, A. R. Changes in extreme temperature and precipitation in the Caribbean region, 1961-2010. International Journal of Climatology, 2014.

VÁSQUEZ P., I. L. et al. Historical analysis of interannual rainfall variability and trends in southeastern Brazil based on observational and remotely sensed data. Climate Dynamics, v. 50, n. 3, p. 801–824, 1 fev, 2018.

VINCENT, L. A. et al. Observed Trends in Indices of Daily Temperature Extremes in South America 1960 – 2000. Journal of Climate. Vol. 18. 5011–5024, 2005.

ZANDONADI, Leandro et al. Changes in precipitation extremes in Brazil (Paraná River Basin). Theoretical and Applied Climatology, v. 123, n. 3, p. 741–756, 2016.

ZHANG, X.; YANG, F. RClimDex (1.0) User Guide. Climate Research Branch Environment Canada: Downsview, Ontario, Canada, 2004.

ZILLI, M. T.; CARVALHO, L. M. V.; LIEBMANN, B.; SILVA DIAS, M. A. A Comprehensive Analysis of Trends in Extreme Precipitation over Southeastern Coast of Brazil. International Journal of Climatology, v. 37, n. 5, p. 2269–2279, 1 abr, 2017.

ZWIERS, F. W., VON STORCH, H. (2004). On the role of statistics in climate research. International Journal of Climatology, 24(6), 665–680, 2004