

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS

Matheus Lima de Andrade

**ANÁLISE PLUVIOMÉTRICA DO MUNICÍPIO DE GUAXUPÉ-MG,
COMPREENDIDA EM UMA SÉRIE HISTÓRICA DE 110 ANOS**

Alfenas/MG

2022

Matheus Lima de Andrade

**ANÁLISE PLUVIOMÉTRICA DO MUNICÍPIO DE GUAXUPÉ-MG,
COMPREENDIDA EM UMA SÉRIE HISTÓRICA DE 110 ANOS**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Geografia pela Universidade Federal de Alfenas. Área de concentração: Dinâmica dos Sistemas Físicos-Ambientais.

Orientador: Prof. Assoc. Paulo Henrique de Souza

Alfenas/MG

2022

Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal de Alfenas
Biblioteca Unidade Educacional Santa Clara
Ficha gerada automaticamente com dados fornecidos pelo autor.

Andrade, Matheus Lima de .

Análise pluviométrica do município de Guaxupé MG, compreendida em uma série histórica de 110 anos / Matheus Lima de Andrade. - Alfenas, MG, 2022.

69 f. : il. -

Orientador(a): Paulo Henrique de Souza.

Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, MG, 2022.

Bibliografia.

1. Dinâmica climática. 2. Anos padrões. 3. Precipitação. 4. Oscilação pluviométrica. I. Souza, Paulo Henrique de , orient. II. Título.

MATHEUS LIMA DE ANDRADE

**ANÁLISE PLUVIOMÉTRICA DO MUNICÍPIO DE GUAXUPÉ-MG,
COMPREENDIDA EM UMA SÉRIE HISTÓRICA DE 110 ANOS**

A Banca examinadora abaixo-assinada aprova a Dissertação apresentada como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Geografia pela Universidade Federal de Alfenas. Área de concentração: Análise sócio-espacial e ambiental.

Aprovada em: 30 de março de 2022

Prof. Dr. Paulo Henrique de Souza

Instituição: Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL-MG

Prof. Dr. Frederico Fábio Mauad

Instituição: Universidade de São Paulo - USP

Prof. Dr. Márcio Abondanza Vitiello

Instituição: Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL-MG



Documento assinado eletronicamente por **Paulo Henrique de Souza, Professor do Magistério Superior**, em 30/03/2022, às 15:48, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Marcio Abondanza Vitiello, Professor do Magistério Superior**, em 31/03/2022, às 14:03, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **FREDERICO FABIO MAUAD, Usuário Externo**, em 14/05/2022, às 08:53, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

Dedico este trabalho a todos geógrafos que entendem a importância dos estudos atmosféricos e não se intimidam diante do desafio que enfrentam.

AGRADECIMENTOS

A DEUS, por sempre me fornecer força, sabedoria, saúde e proteção.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Alfenas, pela oportunidade de realizar o Mestrado em Geografia, além dos conteúdos que foram de suma importância para a construção da dissertação.

Ao meu orientador Paulo Henrique de Souza, pelas trocas de conhecimento, pela amizade como pessoa e pesquisador, e pela calma em direcionar a pesquisa.

Ao Bruno César dos Santos, pelas inúmeras ajudas com o manuseamento dos dados.

A minha mãe Renata de Lima Santos, ao meu pai Jorge de Andrade Júnior, a minha irmã Anna Beatriz de Lima de Andrade, a minha vó Zenaide de Rocha de Andrade, que em nenhum momento deixaram de oferecer apoio no processo da construção da dissertação.

A minha amiga Letícia Silvério da Silva, Abigail Bruna, Rafaela Santos e Glaucione Raimundo e ao meu amigo Caio Adorno por terem participado da minha trajetória acadêmica do mestrado, e por terem dado força e apoio quando necessário.

Ao meu amigo Douglas de Paula Flora, por ser um amigo da graduação e da vida, um cara que tenho um respeito muito grande.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001

“Não perguntes o que a tua pátria pode fazer por ti. Pergunta o que tu podes fazer por ela”. (John Fitzgerald Kennedy, 1961)

RESUMO

O município de Guaxupé localiza-se no Sul do estado de Minas Gerais e apresenta relevância econômica devido ao seu pujante segmento agropecuário, com destaque na produção de café. Diante do perfil que possui, o clima assume importância para seu cotidiano na medida em que atua diretamente sobre suas principais atividades produtivas. Assim, atentando para a contribuição que pode proporcionar à sociedade local – população, administradores públicos e empreendedores, este estudo analisou a oscilação da precipitação nesta porção do território mineiro em um período de 110 anos, buscando compreender seu ritmo e identificar possíveis mudanças que estejam ocorrendo em sua habitualidade histórica. Neste estudo foram utilizados dados anuais da precipitação para o tratamento estatístico, aplicando a metodologia de Anos Padrão, que classifica e caracteriza o comportamento pluviométrico ao longo da série histórica e a análise rítmica pelo emprego da metodologia RClimdex. Pelo que se pode observar, a precipitação mantém-se estável na área de estudo em relação ao volume anual das chuvas, havendo na série histórica analisada a ocorrência de apenas 5 anos extremos secos e 7 anos extremos chuvosos, que representam 10,9% da série histórica. No entanto, apesar desse padrão de regularidade, observa-se nos cálculos específicos de Dias Consecutivos Secos, Dias Consecutivos Úmidos, Dias com Precipitação em milímetros (1 Dia, 5 Dias, 10 mm, 20 mm, 34 mm e 44 mm), e, o Total precipitado no ano por dias úmidos, verifica-se uma ligeira tendência de diminuição de dias úmidos com o aumento diário da precipitação. Diante disto, entre outras, adequações devem ser providenciadas para que o excedente dos dias úmidos seja armazenado e utilizados nos meses em que a estiagem se prolongar.

Palavras-chave: Dinâmica climática; Anos padrões; Precipitação; Oscilação pluviométrica.

ABSTRACT

The municipality of Guaxupé is located in the south of the state of Minas Gerais and has economic relevance due to its thriving agricultural sector, with emphasis on coffee production. Given the profile it has, the climate assumes importance for its daily life as it acts directly on its main productive activities. Thus, paying attention to the contribution it can provide to local society - population, public administrators and entrepreneurs, this study analyzed the fluctuation of precipitation in this portion of the Minas Gerais territory in a period of 110 years, seeking to understand its rhythm and identify possible changes that are taking place in its historical custom. In this study, annual rainfall data were used for statistical treatment, applying the Standard Years methodology, which classifies and characterizes the pluviometric behavior along the historical series and the rhythmic analysis using the RClimindex methodology. From what can be observed, precipitation remains stable in the study area in relation to the annual volume of rainfall, with the historical series analyzed having only 5 extreme dry years and 7 extreme rainy years, which represent 10.9% of the total historical series. However, despite this pattern of regularity, it is observed in the specific calculations of Consecutive Dry Days, Consecutive Wet Days, Days with Precipitation in millimeters (1 Day, 5 Days, 10 mm, 20 mm, 34 mm and 44 mm), and the Total precipitation in the year by humid days, there is a slight tendency of decrease of humid days with the daily increase of precipitation. In view of this, among others, adjustments must be made so that the surplus of wet days is stored and used in the months in which the drought is prolonged.

Keywords: Climate dynamics; Years standards; Precipitation; Pluviometric oscillation;

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização sem escala do município de Guaxupé-MG	32
--	----

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Precipitação anual da precipitação em Guaxupé – MG (1911 – 2020)	34
Gráfico 2 - Precipitação anual/média em Guaxupé-MG (1911 – 2020).....	39
Gráfico 3 - Desvio em relação à média dos dados pluviométricos registrados no pluviométrico da ANA em (mm) - (1911 - 2020).....	40
Gráfico 4 - DCS – Número de dias consecutivos secos em Guaxupé/MG (1970 – 2019).....	45
Gráfico 5 - DCU – Número de dias consecutivos secos em Guaxupé/MG (1970 – 2019).....	47
Gráfico 6 - Precipitação total anual acumulada em Guaxupé/MG (1970 – 2019)..	48
Gráfico 7 - RX1 dia – Valor máximo acumulado em um único dia anualmente em Guaxupé/MG (1970 – 2019).....	49
Gráfico 8 - RX5 dias – Valor máximo acumulado em cinco dias anualmente em Guaxupé/MG (1970 – 2019).....	50
Gráfico 9 - R10 – Número de dias com chuvas acima de 10 mm anuais em Guaxupé/MG (1970 – 2019).....	51
Gráfico 10 - R20 – Número de dias com chuvas acima de 20 mm anuais em Guaxupé/MG (1970 – 2019).....	52
Gráfico 11 - R34 – Número de dias com chuvas acima de 34 mm anuais em Guaxupé/MG (1970 – 2019).....	52
Gráfico 12 - R44 – Número de dias com chuvas acima de 44 mm anuais em Guaxupé/MG (1970 – 2019).....	53
Gráfico 13 - SDII – Intensidade pluviométrica em dias chuvosos em Guaxupé/MG (1970 - 2019).....	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Causas e fatores relacionados às mudanças climáticas	17
Tabela 2 - Informação do posto pluviométrico de Guaxupé - MG	34
Tabela 3 - Classificação de anos-padrão	36
Tabela 4 - Índices utilizados para análise dos dados de precipitação	37
Tabela 5 - Classificação dos anos padrão do município de Guaxupé (1911 – 2020)	40
Tabela 6 - Número de ocorrências das classes pluviométricas na série histórica no município de Guaxupé (1911 – 2020)	44
Tabela 7 - Anos representativos das classes pluviométricas na série histórica no município de Guaxupé (1911-2020)	44

LISTA DE SIGLAS

DCS	Índice Dias Consecutivos Secos
DCU	Índice Dias Consecutivos Úmidos
ETCCDMI	Índices de Monitorização da Detecção das Alterações Climáticas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
JAXA	Agência Japonesa De Exploração Aeroespacial
NASA	Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço
PMGIRGS	Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos
PRECPTOT	Índice Precipitação Total
REGCM	Sistema de Modelo Climático Regional
RX	Índice Máximo Acumulado em Único Dia
SDII	Índice Simples de Intensidade Diária
SPSS	Pacote Estatístico para Ciências Sociais
TRMM	Missão de Medição da Pluviosidade Tropical

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS	20
2.1	OBJETIVO GERAL	20
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	21
3.1	CAFÉ E CLIMA	24
3.2	CLIMATOLOGIA TRADICIONAL E CLIMATOLOGIA DINÂMICA.....	28
3.3	EVOLUÇÃO DOS MÉTODOS DA CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA BRASILEIRA	29
4	MATERIAIS E MÉTODOS	32
4.1	ÁREA DE ESTUDO	32
4.2	DADOS PLUVIOMÉTRICOS	33
4.3	ANÁLISE DOS DADOS	35
5	ANÁLISE DOS RESULTADOS	39
5.1	VARIABILIDADE PLUVIOMÉTRICA.....	39
5.2	TENDÊNCIAS DA PRECIPITAÇÃO POR MEIO DO RCLIMDEX NO PERÍODO 1970 A 2019.....	44
5.3	CONSIDERAÇÕES ACERCA DO PADRÃO CLIMÁTICO DE GUAXUPÉ-MG	55
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
	REFERÊNCIAS.....	62

1 INTRODUÇÃO

Os sistemas da natureza, incluindo os atmosféricos e sua interface com a superfície – oceanos e continentes, estão presentes cotidianamente na vida do ser humano, impactando nos aspectos econômicos, políticos e socioambientais, com consequências que alcançam o cotidiano de toda sociedade.

Na gênese climatológica se destacam os fatores e elementos climáticos, compondo estes a radiação, a pressão, a temperatura e a umidade que em seu dinamismo variam no tempo e no espaço de análise, enquanto que os fatores climáticos que influenciam o padrão e habitualidade de um tipo de clima em um determinado lugar são a latitude, altitude, maritimidade, continentalidade, vegetação, massas de ar, correntes marítimas e relevo (ANDRADE, 2019, p. 12).

Outro aspecto que influencia de forma direta no clima diz respeito às ações antrópicas que alteram e modificam a paisagem, ocasionando, dentre outros, ilhas de calor que constituem pontos de aquecimento no seio das grandes cidades, concentrando um excedente de energia que se sobressai em relação ao entorno imediato da periferia urbana ou zona rural. Acerca disto, Barros; Lombardo (2016, p.160) mencionam que os

[...] ambientes com ausência de vegetação, principalmente nos espaços ocupados por atividades industriais e de comércio e serviços apresentaram forte intensidade do fenômeno, com diferenças de temperaturas superiores a 8°C, a temperatura varia de acordo com a realidade de cada município. (BARROS; LOMBARDO, 2016, p. 160)

A atuação desses elementos climáticos recobra atenção nos estudos da climatologia geográfica, pois possibilitam a leitura do comportamento atmosférico por meio das estações meteorológicas, cartas sinóticas e pelos modelos climáticos gerados por supercomputadores.

Alguns métodos da climatologia geográfica podem determinar ritmos climáticos, variabilidades ou habitualidades climáticas que forneçam parâmetros de análise como anos-padrão (ANDRADE, 2019, p. 12). Tais métodos são importantes para o estudo do comportamento que a temperatura e as precipitações venham a apresentar nos diversos lugares.

Nos estudos climatológicos os dados de superfície fornecidos por estações meteorológicas possuem destacada importância, pois auxiliam na leitura e identificação do comportamento atmosférico por meio dos dados coletados, assim ajudando a analisar e compreender os ritmos climáticos (ANDRADE, 2019, p.12)

A escolha de anos-padrão como forma de analisar a dinâmica atmosférica, teve início nas ideias de Monteiro (1973) que propôs critérios a partir da análise rítmica, citada no estudo de Ogashawara (2012, p.61),

A análise rítmica pode ser aplicada para estudos que possuam o objetivo de compreender a dinâmica da circulação atmosférica de superfície no que concerne aos seus impactos e/ou interações com os aspectos socioambientais pesquisados. (OGASHAWARA, 2012, p. 61)

Atualmente têm se utilizado os dados de satélites conjuntamente com a técnica linear de correção desses dados, uma vez que tais dados podem exibir informações diferentes daquelas apresentadas pelas estações meteorológicas. O intuito é aumentar a acurácia dos resultados.

Ataíde *et. al* (2009), por exemplo, avaliaram a temperatura de superfície obtida pelo sensor MODIS para o estado de Goiás. No estudo encontraram uma diferença média de 7,6°C nas leituras e temperatura quando comparadas às estações meteorológicas.

Com o advento da tecnologia proporcionada por satélites, cresceu o número de trabalhos produzidos com dados de satélites, como é o caso dos dados de precipitação via satélite da NASA e JAXA, no caso o TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*), com a finalidade de monitorar e estudar os dados de precipitações tropicais, com isto pesquisadores como Conti (2002), e, Araújo; Guetter (2005) compararam dados de precipitação de superfície com os dados de precipitação dos satélites nas pequenas e médias bacias do estado do Paraná, concluindo que há uma aproximação entre os dados de superfície e de satélite. Nessa pesquisa pontuam que há um grande potencial no uso de dados de satélites, já que podem auxiliar na consistência dos dados, além de servirem como ferramenta para análise de previsão hidrológica de uma bacia hidrográfica.

A área de estudo constitui o município de Guaxupé-MG, porção Sul do estado de Minas Gerais, possuindo relevante papel agropecuário devido a atividade cafeeira; sendo esta impactada pela gênese climática, principalmente no tocante às variações na

temperatura ou na precipitação, que podem influenciar diretamente nas safras dos grãos. Por este destaque econômico da região, é importante a presença de pesquisas climatológicas, que auxiliem na interpretação do comportamento atmosférico, já que por meio destas pesquisas poderemos responder inquietações muito presentes no campo de estudo da climatologia ou da meteorologia, uma dessas inquietações responde pelas mudanças climáticas e o seu impacto sobre as atividades econômicas.

Os estudos climáticos ajudam a compreender a dinâmica dos fluídos atmosféricos, podendo até auxiliar na padronização do clima de um dado espaço geográfico, além de contribuir na previsão de cenários futuros do clima no planeta, baseando principalmente nas tendências que vão sinalizando alterações na habitualidade atmosférica, em especial através dos episódios extremos da precipitação e temperatura que fogem ao padrão.

Estudos dessa natureza começam a ser desenvolvidos na região do Sul de Minas Gerais, buscando identificar o padrão climático que prevalece na mesma ao longo das últimas décadas. Em face disto, o presente projeto poderá contribuir significativamente auxiliando outras pesquisas que venham a abordar o tema na exploração de sua interface com a sociedade.

Segundo Mendonça (2003) as mudanças climáticas podem ocorrer devido aos seguintes fatores e causas;

Tabela 1 - Causas e fatores relacionados às mudanças climáticas globais

Causas externas	Fatores internos	Atividades humanas
<ul style="list-style-type: none"> - Mudanças na órbita do planeta. - Variação na radiação. 	<ul style="list-style-type: none"> - Mudanças na circulação oceânica. - Mudanças na composição de gases da atmosfera (principalmente CO₂, CH₄ e O₃). - Mudanças nas condições da superfície terrestre. 	<ul style="list-style-type: none"> - Queima de combustíveis fósseis. - Lançamento de gases estufa na atmosfera. - Desmatamento. - Modificação climática em escala regional e local.

Fonte: Nieuwolt; McGregor (1998) *apud* Mendonça (2003)

Por conta de ser um dos principais fatores que interferem na produção agrícola, o clima possui uma relação estreita com a produção das safras e conseqüentemente

com o desempenho da economia desse setor, assumindo destacada importância para os países e regiões que se destacam no universo da produção agropecuária.

Atentando para isto, a área de estudo possui uma característica agro-climática por ter uma relação intrínseca entre o clima e as culturas agrícolas, que aliada às condições do solo e do relevo estabelece uma condição diferenciada para a exploração agropecuária. Devido a isto e a escolha feita pela sociedade local, destaca-se na produção de café.

Cumprido, portanto, envidar esforços no sentido de estudar e compreender o comportamento da atmosfera nessa porção do território brasileiro, pois, a compreensão de seu comportamento cooperará com a identificação das condições que prevalecem sobre a lavoura cafeeira e demais atividades agropecuárias, pois, segundo menciona Christofolletti (1993, p. 64),

O Clima é considerado como o elemento condicionador da dinâmica do meio ambiente, pois exerce influência direta tanto nos processos de ordem física quanto biológica, assim como na sociedade de modo geral, constituindo-se, portanto, em um recurso essencial para a vida e para as atividades humanas. (CHRISTOFOLLETTI, 1993, p. 64)

Sob esse entendimento, embasa-se toda a justificativa do presente projeto, pois alia a análise do comportamento atmosférico em uma dada região para o estabelecimento de ano padrão, período de retorno e manifestações de extremos pluviométricos e térmicos com o desempenho de um cultivo extremamente relevante para toda uma cadeia produtiva e a economia do país.

Segundo Girão *et al.*, (2008, p. 241) “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”.

Para Santos (2005, p. 65) a compreensão do papel que o ritmo climático possui no planejamento e produção das safras, passa pelo entendimento de dois momentos do processo de produção agrícola; o primeiro refere-se à satisfação das necessidades hídricas das plantas (principalmente nos períodos em que a escassez de água é crítica) “e, o segundo, pelo sucesso na realização das operações agrícolas (plantio, tratamentos culturais, colheita, etc), os quais em conjunto refletem-se na produtividade realmente alcançada no final da safra”.

O estudo da dinâmica atmosférica nessa porção do território mineiro permite que sejam identificadas as condições mais e menos favoráveis para o desempenho da lavoura cafeeira.

Obviamente o estudo da atmosfera da região seguirá pelos parâmetros metodológicos estabelecidos pela Climatologia Dinâmica iniciada no Brasil pelo geógrafo Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro. Nela serão evidenciadas as tendências de comportamento atmosférico e o ritmo climático, cuidando em destacar todo o dinamismo que se apresenta ao longo de um ano e ao longo do período de anos considerados.

Sob este paradigma, espera-se aprofundar o conhecimento do comportamento atmosférico na região para benefício da ciência e das atividades agropecuárias que dependem diretamente do ritmo climático para alcançarem um desempenho satisfatório que justifique o seu desenvolvimento.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a variabilidade da precipitação, buscando compreender seu ritmo e identificar se ocorre alguma mudança em sua habitualidade histórica a partir da análise dos dados contidos em uma série histórica de 110 anos no município de Guaxupé, porção Sul do estado de Minas Gerais.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Identificar o padrão pluviométrico da área de estudo a partir da análise de dados anuais de uma série histórica de 110 anos;
- b) Identificar os anos representativos de extremos seco ou chuvoso dentro do recorte temporal da série;
- c) Avaliar por meio dos dados diários de precipitação os índices climáticos de chuva;

3 REFERENCIAL TEÓRICO

A identificação de um padrão climático recobra o manuseio de dados colhidos em estações meteorológicas que estejam operando sob a égide das normas estabelecidas pela O.M.M. - Organização Mundial Meteorológica (1960), onde, os cálculos e análises só podem ser desenvolvidos sob uma base mínima de trinta anos seguidos sem lacunas na série (INMET, 1999).

No âmbito da Climatologia Geográfica brasileira verifica-se a paulatina evolução dos trabalhos que buscam estabelecer os anos-padrão das variadas localidades, enfrentando as dificuldades decorrentes da ausência de dados ou falta de postos pluviométricos no país, o que acaba comprometendo a série histórica dos estudos climáticos, por isso tem se utilizado dados obtidos por meio de satélites para solucionar esses hiatos ou a falta de dados da série histórica.

Segundo Tavares (1976), o uso de anos-padrão para a análise rítmica da série histórica de dados climáticos, ajuda na padronização climática e no entendimento do padrão atmosférico do local estudado. Tavares (IDEM, 1976) dividiu os anos-padrão em 3 categorias, a saber, anos-padrão normais, anos padrões secos e anos padrões chuvosos, classificando-os mediante a porcentagem dos desvios padrões que variando de <30% a >30% em relação à média obtida no período analisado.

Sant'Anna Neto (2000) analisou a tendência pluviométrica do estado de São Paulo, compreendida em uma série histórica de 106 anos. Nesse estudo o autor procurou por alterações significativas no comportamento pluviométrico no Estado. Os dados pluviométricos analisados das estações pluviométricas preencheram um hiato vasto de tempo compreendendo os anos de 1888 a 1993. Mediante a coleta de dados foram formulados gráficos e tabelas para fundamentarem os resultados obtidos, salientando que a média da precipitação anual estava aumentando consideravelmente a medida que os anos avançavam.

O estudo verificou ainda a tendência cíclica dos eventos extremos de precipitação do estado de São Paulo.

Neves *et al.*,(2011) desenvolveram um estudo baseado na modelagem climática regional em dois anos extremos de precipitação no estado do Amapá. A região Norte não possui muitos postos pluviométricos, com isto, os autores utilizaram os dados de precipitação do *Climate Prediction Center* de 2006 a 2007, compreendendo os meses de março, abril e maio para mensurar a precipitação na

região, no entanto se depararam com alguns desvios quando compararam os resultados com os dados de superfície, principalmente na quantidade e na posição dos máximos dos dados obtidos. O método estatístico adotado foi o quantis, metodologia baseada em 5 intervalos de acumulação anual, sendo dividido em: muito seco (15%), seco (15% a 35%), normal (35% a 65%), chuvoso (65% a 85%) e muito chuvoso (acima de 85%). Diferente de outros autores já citados aqui, estes autores colocam, que o quantis ajuda a dar maior confiabilidade aos dados de precipitação totais, por representar o verdadeiro significado do total pluviométrico segundo os autores.

Schneider *et al.* (2012) utilizaram o método de desvio percentual das precipitações para determinar a variabilidade de chuva no município de Dourados-MS, método este aplicado por Tavares (1976) que propôs o uso dos anos-padrão para, também, classificar o tipo climático de uma região. Dentre os resultados obtidos, os autores identificaram os anos extremos, que correspondem aos anos secos e chuvosos. Neste estudo 3 anos foram considerados chuvosos e 6 anos considerados secos mediante o cálculo do percentual do desvio padrão. Os autores afirmaram a importância da metodologia de desvio padrão no estudo de variabilidade climática.

Nascimento *et al.* (2015) identificaram os anos-padrão do regime pluviométrico no Distrito Federal e no estado de Goiás e conseguiram contextualizar a dinâmica pluviométrica entre os anos de 1961 até 2012. Os autores determinaram o ano-padrão seco, o ano-padrão habitual e o ano-padrão chuvoso para as localidades por meio dos quantis também utilizado no estudo de Neves *et al.* (2011). Os autores dividiram em três categorias os quantis, sendo a divisão feita em: ano seco, ano habitual e ano chuvoso, baseando-se na metodologia de Xavier (2002) na escolha de anos padrões, que consiste em utilizar a metodologia estatística por meio do quantil na classificação de anos padrão, utilizando os dados do espaço amostral para organizar e separar os dados em subgrupos de análise, obedecendo o seguinte critério, que é os valores de precipitação anual totais distribuídos em sequência crescente e separados em subgrupos com valores iguais de amostras. Com estes procedimentos, os autores conseguiram identificar os anos padrão de 2007, 2008 e 2009, que corresponde respectivamente ao ano com baixa pluviosidade, média pluviosidade e alta pluviosidade.

Santos *et al* (2017) caracterizaram a precipitação do ano hidrológico de 2013-2014 na região de São Carlos-SP, comparando as precipitações do referido ano hidrológico com a distribuição sazonal da precipitação hidrológica de 21 anos. Os

métodos adotados para a formulação da tabela dos anos padrão, foram a média da precipitação anual e o desvio padrão, presentes também nos trabalhos de Farias e Alves (2019), Nascimento *et al.* (2015) e Schneider *et al.* (2012). Com os dados previamente preenchidos na tabela, os autores dividiram o padrão de precipitação do município de São Carlos - SP em 3 categorias de classificação (Normal, Seco ou Chuvoso). Na análise da série histórica, os valores dos desvios padrões apresentaram uma frequência maior de anos habituais ou normais, ou seja, dentro da média da série histórica de 21 anos, no entanto, o ano hidrológico (2013/2014) apresentou um desvio padrão negativo, superior a -30%, logo sendo um ano hidrológico classificado como anos secos, isto ocorre quando o desvio é negativo e muito abaixo da média histórica anual.

Souza, *et al.* (2018) estudaram a frequência de ocorrência de precipitação pluviométrica em Montes Claros-MG entre os anos de 1995 e 2014. Os métodos estatísticos, utilizados para a formulação da tabela de precipitação, foram os dados máximos e mínimos para o cálculo dos percentis, a média mensal e anual e o desvio padrão, além de utilizar uma técnica de Box Plot, que oferece maior confiabilidade aos dados analisados. A técnica se resume na “determinação do menor e maior valor da série (mínimo e máximo, respectivamente), do primeiro e terceiro quartis e da mediana” (p. 338). O resultado do estudo, mostrou que o ano de 2008 foi considerado o de maior índice de precipitação da série histórica, apresentando 1.360 mm. Já o ano com a menor precipitação foi o ano de 2014 com 478 mm.

Farias e Alves (2019) desenvolveram um estudo sobre a distribuição espacial e temporal da precipitação na Costa Verde Fluminense entre os anos de 2001 e 2016, cujo objetivo foi formular tabelas e mapas para demonstrar a distribuição pluviométrica na região. Para a elaboração da tabela foi utilizada a média dos 12 postos pluviométricos da região. Com estes dados médios das estações foi possível montar mapas temáticos, mostrando a precipitação média entre os anos de 2001 e 2016. O desvio padrão ajudou a classificar a precipitação da região em anos chuvosos e secos.

Como os exemplos citados, tantas outras pesquisas climatológicas que lidam com séries históricas de dados buscando atender às exigências do cotidiano que recobram conhecimento dos processos atmosféricos dinâmicos e suas oscilações temporais e espaciais, devido aos danos que os eventos e variações climáticas têm ocasionado nas diversas porções do planeta. Nesse particular, merece menção ainda

as primeiras medições ocorridas em 1885 na cidade de Paranaguá/PR, (MELLO; LOPES; ROSEGHINI, 2017; ANDRADE e FERNANDES, 2012).

Certamente também é digno de citação o estudo desenvolvido por Monteiro (1962) sobre Climatologia Dinâmica estabelecendo a metodologia da análise rítmica e dos anos padrão, inaugurando esse formato de pesquisa sobre a atmosfera, influenciando a Climatologia em diversas partes do planeta.

Atualmente a contribuição da análise dinâmica do clima conferiu-lhe notoriedade e significância graças ao auxílio que proporciona no planejamento das atividades econômicas e na gestão da ocupação do espaço oferecendo subsídios essenciais para a compreensão do ritmo climático e da dimensão de suas consequências sobre a sociedade e meio ambiente, possibilitando a compreensão das funções do clima e sua influência sobre as atividades antrópicas, contribuindo ainda com o gerenciamento dos recursos hídricos, planejamento agrícola e diversas aplicações (SANTOS *et al.*, 2018).

Dentre as metodologias de pesquisa aplicáveis a essa interface, a identificação dos Ano Padrão mediante análise do comportamento da atmosfera numa região com forte dependência das atividades agropecuárias assume relevância na medida em que coopera com a busca de conhecimento referente à influência dos eventos climáticos extremos sobre a produção agrícola.

3.1 CAFÉ E CLIMA

O Brasil desfruta da condição de maior produtor e exportador de café do mundo, respondendo por mais de 30% da produção mundial, e obtendo uma produção de 48,8 milhões de sacas no ano de 2021 (EMBRAPA, 2021). Na ocasião a área plantada alcançava 1,82 milhão de hectares dos quais 1,45 milhão são de café arábica e 375.99 mil de café conilon. (EMBRAPA, 2021).

A partir da década de 1970 o estado de Minas Gerais foi se estabelecendo como principal área produtora de café no país devido a diminuição da produtividade da lavoura cafeeira em São Paulo e Paraná, respondendo por mais de 50% de toda a produção nacional (ANDRADE, 1994). Dentre as regiões mineiras, destaca-se a porção Sul que responde a 30% da produção nacional (COOXUPÉ, 2017).

Especificamente nesta porção do território mineiro, o café responde por 70% da renda agrícola regional (FREDERICO, 2011) criando uma dependência econômica

que se faz sentir por toda a cadeia produtiva e conseqüentemente por toda a economia.

Anualmente, o segmento cafeeiro é responsável pela geração de sete milhões de empregos diretos e indiretos no país, e por uma riqueza anual de R\$ 10 bilhões, a partir do cultivo de 2,7 milhões de hectares abrangendo uma lavoura ao redor de seis bilhões de pés de café (IBGE, 2010; FREDERICO, IDEM).

Em face desta grandeza econômica; salvaguardar essa cadeia produtiva dos imprevistos climáticos indesejáveis assume destacada importância, permitindo que os empregos gerados no setor sejam preservados em favor dos trabalhadores e do desempenho econômico do país.

Atentando para isto, Santos (2002, p. 63), busca estabelecer uma relação entre a atmosfera e a agricultura analisando o cultivo de soja no Centro-Oeste do Brasil, constatando que a “capacidade de evitar, ou pelo menos minimizar, os fatores decorrentes do ritmo climático no desenvolvimento das plantas, pelo emprego de diversas estratégias e tecnologias, é o principal motivo pelo qual os níveis de produtividade” alcançam patamares que viabilizam a atividade.

Em face disto, o pesquisador supracitado identificou as conseqüências que passam a repercutir em toda cadeia econômica de uma determinada cultura agrícola sempre que se manifeste “qualquer evento climático fora dos padrões habituais” da habitualidade climática de uma região, pois “o impacto de qualquer risco climático eventual, põe a nu toda a fragilidade da organização social.” (MONTEIRO, 1981, p. 32). Diante disto, recobra-se uma necessária identificação do impacto que as variações climáticas ocasionarão por toda uma região com perfil agropecuário, determinando dividendos ou prejuízos no desempenho e viabilidade de determinados cultivos ou pastoreio, sobretudo em função da capacidade de os produtores locais administrarem tais situações quando forem negativas.

Infelizmente, mesmo que essa seja a realidade enfrentada no campo, observa-se ainda uma ausência de programas que contemplem o aprofundamento das pesquisas e a projeção de cenários para o desempenho das atividades agropecuárias em relação a possíveis oscilações no ritmo climático das diversas porções do território brasileiro, sobretudo naquelas onde o segmento é pujante como o Centro-Oeste e Sudeste que estão à mercê da sazonalidade que caracteriza o padrão anual das chuvas do clima Tropical (MONTEIRO, 1969).

Zavattini (2003) considerando essa demora na produção de dados e cenários também não consegue entender a razão dessa letargia que provoca sério prejuízo em tempos de mudanças climáticas ao setor agropecuário em razão do baixo número de estudos acerca da temática nessas regiões como também mencionam Cunha; Vecchia (2007) ao apreciarem a produção científica desta área do conhecimento.

Essa produção de conhecimento que contempla o estudo do padrão atmosférico numa porção do território com perfil agropecuário torna-se significativa por auxiliar no municiamento de informações úteis a todo o setor que depende do campo para a geração de renda e beneficia toda uma cadeia produtiva.

Isto é reconhecidamente necessário nesses tempos em que o padrão do clima em diversos lugares tem apresentado variações que repercutem no desempenho das safras agrícolas ou na produtividade dos rebanhos. Nesse aspecto, o cultivo do café encontra-se inserido na questão, pois constitui parte do alicerce econômico da porção Sul do estado de Minas Gerais e se ressentem com as situações atmosféricas que fogem à habitualidade característica que sempre prevaleceu sobre a região.

Aliás, é por situações como estas que Monteiro (1976, p. 10) entende haver o dever dos estudos climáticos contemplarem em suas análises duas questões relevantes que interagem nesta dinâmica, "(...) a econômica, onde cumpre avaliar o papel insumidor do clima na organização do espaço, e a ambiental, onde os produtos da ação humana sobre a atmosfera são referenciados em termos de qualidade."

Frente ao papel que a cultura cafeeira desempenha no setor econômico dos municípios situados no Sul do estado de Minas Gerais e toda instabilidade que tem se manifesto no ritmo climático, assume importância o desenvolvimento de pesquisas abrangentes que conciliem o estudo do clima com a repercussão que as oscilações dessa natureza podem ocasionar sobre as atividades agropecuárias.

Sobretudo quando se tem em mente que há toda uma cadeia produtiva do setor cafeeiro que se encontra sujeita às consequências que a alteração dos padrões atmosféricos ocasiona sobre o desempenho da lavoura - volume da safra – podendo inviabilizar o cultivo.

O café é uma planta que possui características morfológicas, fisiológicas e fenológicas muito peculiares. Nesse sentido seu desenvolvimento está condicionado a uma série de fatores que não estando harmônicos podem interferir em seu ciclo vegetativo. As variáveis climáticas de um modo geral, são as principais condicionantes

no desempenho da cultura cafeeira, entretanto a precipitação é um dos principais fatores que influenciam nesse desempenho.

Alguns autores descrevem cenários de precipitação anual adequada para o bom desempenho das lavouras cafeeiras. Thomaziello *et al.* (2000) comenta que o índice pluviométrico favorável ao cultivo do café arábica está entre 1200 a 1800 mm de chuva. Para Alves (2007) esse intervalo é bem mais restrito, no qual a precipitação de 1400 a 1500 mm anuais apresenta as melhores condições para o cultivo. Já Camargo e Pereira (1994) comentam com base na região onde se originou a cultura, afirmando que a precipitação anual propícia varia entre 1500 e 1800 mm. A partir do Gráfico 2, serão expostos alguns comentários partindo da correlação entre os valores dos desvios das médias da precipitação e a produtividade anual de café no período de 1999 a 2018. A precipitação média calculada para o período foi de 1380,76 mm.

É possível perceber que o desempenho da produtividade histórica apresenta oscilação, alternando entre anos positivos e negativos de forma quase contínua, com alguns pontos anômalos. Pode-se atribuir a este comportamento o fator bienal de produção das lavouras. Contudo, no ano de 2001 a diminuição da pluviosidade pode ter potencializado negativamente o efeito da bianualidade, que acarretou na maior quebra da produção de todo o período, ou seja, mesmo que o ciclo produtivo deste tipo de planta constitua fator preponderante no desempenho da lavoura, sua associação à diminuição do índice de precipitação acentua a queda na produtividade onerando o cafeicultor e a rentabilidade da atividade econômica, em razão disso, aprofundar a análise e construir projeções auxilia na viabilidade do setor minimizando as perdas a partir do preparo dos cafeicultores para as intervenções necessárias, irrigação se for o caso.

Tendo em vista a produtividade agrícola relacionada ao comportamento do clima, demanda-se dos diversos pesquisadores, estudos que associam a relação entre o clima e o desempenho da cultura cafeeira. No caso do café e sua produtividade, destacam-se entre os demais aspectos do clima, as chuvas e a temperatura (CONAB, 2016). O desenvolvimento do cafeeiro e a prática da cafeicultura são dependentes do clima. Sobre essa relação entre o cafeeiro e o clima, Ruiz-Cárdenas (2015, p. 2) comenta que:

No caso do cafeeiro, a variabilidade climática, por exemplo, variações na temperatura do ar ou na distribuição/intensidade das chuvas, influencia fortemente tanto a produtividade quanto a qualidade da bebida em um

determinado ciclo produtivo, devido à interferência direta do clima nos diferentes estágios do ciclo de vida da planta. O conhecimento dos efeitos do clima no desenvolvimento do cafeeiro, durante suas diferentes fases fenológicas, tem grande aplicação no manejo da cultura, ao permitir o reconhecimento em campo das melhores épocas para a implementação de práticas agrícolas. (RUIZ-CÁRDENAS, 2015, p. 2)

A vista disso, é de suma importância que se estude a influência do clima no desempenho da cultura do café, uma vez que, conforme já citado, é uma cultura que possui condições básicas para seu desenvolvimento. Conforme explica Assad *et al* (2004), no caso do cafeeiro da espécie *Coffea arabica*, temperaturas médias anuais ótimas situam-se entre 18°C e 22°C. Fora desse padrão o desempenho da lavoura pode ser comprometido.

Sobre a resistência do cafeeiro, afirma-se que é uma cultivar que apresenta grande sensibilidade às condições climáticas (APARECIDO; ROLIM; SOUZA, 2015). Fato este que se comprova pelas definições de Bieto; Talon (1996), ao afirmarem que nas plantas, o aumento da temperatura é diretamente proporcional à atividade fotossintética, provocando a aceleração das reações que são catalisadas pela ação das enzimas, ocasionando uma diminuição significativa da ação das enzimas, diminuindo a resistência do vegetal ao aumento da temperatura.

Neste aspecto, estudar o comportamento do clima nos últimos anos nesta porção do território mineiro favorece a compreensão de seus ciclos e a identificação de seu padrão, assumindo relevância para a identificação das tendências que passam a comprometer as condições habituais da atmosfera.

3.2 CLIMATOLOGIA TRADICIONAL E CLIMATOLOGIA DINÂMICA

A climatologia tradicional utiliza dos elementos climáticos, tais como: temperatura, pressão atmosférica, umidade relativa do ar, direção do vento, nebulosidade, precipitação e radiação solar, no entanto, estes dados são analisados de forma isolada, logo não representando o estado dinâmico da atmosfera, esta é uma das maiores críticas a teoria tradicional da climatologia, já que não representa a realidade do clima (CUNHA; VECCHIA, 2007, p. 141).

Dentro do contexto da estatística, a média é utilizada em muitos estudos na climatologia tradicional, o que pode trazer uma interpretação errônea, apresentando

uma não representação da realidade climática da região em estudo e levando o autor a conclusões equivocadas.

Ao contrário da climatologia tradicional a climatologia dinâmica surge para quebrar o paradigma anterior, e busca integrar os elementos climáticos, logo representando melhor a realidade do clima, já que procura entender o ritmo climático e a sua repercussão ao longo do tempo, ajudando a compreender melhor os ciclos climáticos e a habitualidade ou os extremos do clima nos estudos da climatologia geográfica. (CUNHA; VECCHIA, 2007, p. 142).

A abordagem dinâmica exige obtenção de dados diários, dados estes extremamente importantes para o desenvolvimento da pesquisa, no entanto, as estações meteorológicas apresentam falhas, além de não ter uma abrangência necessária a depender da área de estudo. Uma forma de solucionar estas dificuldades é buscar a obtenção de dados por meio de satélites, todavia, é necessária uma averiguação nos dispositivos terrestres para aferir se os dados diferem dos dados coletados pelos satélites.

3.3 EVOLUÇÃO DOS MÉTODOS DA CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA BRASILEIRA

É nítida a evolução dos métodos utilizados na Climatologia Geográfica, antes se utilizava a média dos dados mensais aplicados na escala mensal e sazonal, aplicando apenas a média, como é o caso do estudo de Pereira Britto *et al.* (2006), que utilizava da média para propor uma regionalização sazonal e mensal da precipitação pluvial máxima do estado do Rio Grande do Sul.

Pereira Britto *et al.* (2008) e Fernanda da Silva *et al.* (2008) seguiram utilizando a média mensal como meio de analisar a variabilidade sazonal e mensal da precipitação, no entanto, com problematizações mais complexas, envolvendo também fenômenos como o *El Niño* e *La Niña* e a produtividade agrícola, já que a precipitação é um elemento preponderante no cultivo de culturas.

Nery *et al.* (2017) utilizaram além da média, o desvio padrão e o coeficiente de variação e amplitude. Nesta edição observamos incrementos metodológicos para melhor representar a variabilidade pluviométrica, além de empregar como variável novamente os fenômenos *El Niño* e *La Niña*. Segundo os autores a amplitude, o

desvio médio, desvio padrão, o erro padrão e o coeficiente de variação são importantes para a análise de um estudo na climatologia geográfica.

Fernandes de Albuquerque *et al.* (2010) utilizaram da média e do desvio padrão, além do uso da reta de tendência linear, neste caso a linha foi utilizada para mostrar as oscilações da precipitação nas mesorregiões do estado do Pará. De Lima Leite *et al.* (2010) aplicaram a média móvel, calculada por ciclos de 5 anos, por meio desta média móvel foi possível apontar tendências positivas ou negativas dos municípios em análise. Salvador; Santos (2010) usufruíram do software Rclimdex para analisar a precipitação na cidade de São Paulo por meio dos índices climáticos de extremos, a partir desses procedimentos ficou claro o aumento de dias com precipitação intensa, por intermédio dos índices do Rclimdex como o R20mm, R50mm e R95p.

Herculano Macedo *et al.* (2011) aplicaram o índice padronizado de precipitação (SPI), por meio deste método os autores conseguiram monitorar a intensidade da seca e das chuvas na cidade de Campina grande/PB.

Pinheiro; Danni-Oliveira (2012) recorreram ao cálculo da média, desvio padrão e da anomalia com intuito de definir a tipologia pluviométrica da cidade de Bauru/SP.

Lopes *et al.* (2013) utilizaram do método de análise observacional através da técnica dos quantis, que “consiste estritamente na distribuição em ordenamento crescente de uma série amostral contínua” (GOMES *et al.*, 2013, p. 89), por meio desta técnica os autores conseguiram compreender a climatologia regional da precipitação no estado do Pará.

Ávila *et al.* (2014) aplicaram modelagem por meio do RegCM4 (sistema de modelo climático regional), por intermédio deste modelo foi possível simular o padrão de precipitação de eventos extremos no Pará. Silva (2014) utilizou do método de interpolação de Cressman, também utilizado em previsões do tempo e estudos climáticos. Neste estudo o método auxiliou na análise das médias mensais e sazonais da precipitação no estado de Minas Gerais.

Araújo *et al.* (2015) utilizaram duas técnicas de agrupamento, sendo elas: a hierárquica de Ward, que é feito pela “função de agrupamento chamada distância ou similaridade e de um critério matemático de agrupamento” (ARAÚJO *et al.*, 2015, p. 123) e a não hierárquica de K-means, “que tem como objetivo separar um conjunto de dados em grupos consistentes” (ARAÚJO *et al.*, 2015, p. 123), por meio dessas

técnicas de agrupamento os autores conseguiram apontar as regiões com precipitação homogêneas.

Anjos *et al.* (2016) usufruíram de dados do satélite TRMM, e na visão dos autores os dados de superfície podem conter erros humanos e apresentar baixa representação espacial. Eles utilizaram dos dados de precipitação dos satélites para fazer a caracterização das chuvas na cidade de Petrolândia-PE.

Ribeiro; Zavattini (2017) demonstraram por meio de cartogramas de isoietas, painéis têmporo espaciais e pluviogramas, que a região das Missões é um destaque nos anos secos e chuvosos perante ao seu entorno. Os autores demonstraram também o papel fundamental de softwares de representação cartográfica nas análises climáticas. Santos *et al.* (2017) caracterizaram a precipitação do ano hidrológico de 2013-2014 na região de São Carlos-SP, comparando as precipitações do referido ano hidrológico com a distribuição sazonal da precipitação hidrológica de 21 anos. Os métodos adotados para a formulação da tabela dos anos padrão, foram a média da precipitação anual e o desvio padrão. Com os dados previamente preenchidos na tabela, os autores *op. cit* dividiram o padrão de precipitação do município de São Carlos - SP em 3 categorias de classificação (Normal, Seco ou Chuvoso).

Barbosa *et al.* (2018) utilizaram do software *Statistical Package for Social Science* (SPSS) para o processamento dos dados de precipitação e de leite, este software auxiliou na proposição do modelo correto para estas variáveis. Como resultado da pesquisa se comprovou que a variável da precipitação contribui em 36% na produção leiteira na região semi-árida do Nordeste.

Neves (2019) utilizou da metodologia dos anos padrão, com o objetivo de identificar os anos secos, chuvosos e habituais do estado de Goiás e Distrito Federal, por meio desta metodologia ficou clara a variabilidade e a irregularidade das chuvas no norte de Goiás, para ilustrar melhor estes resultados o autor criou vários mapas para mostrar a distribuição das chuvas nestes estados.

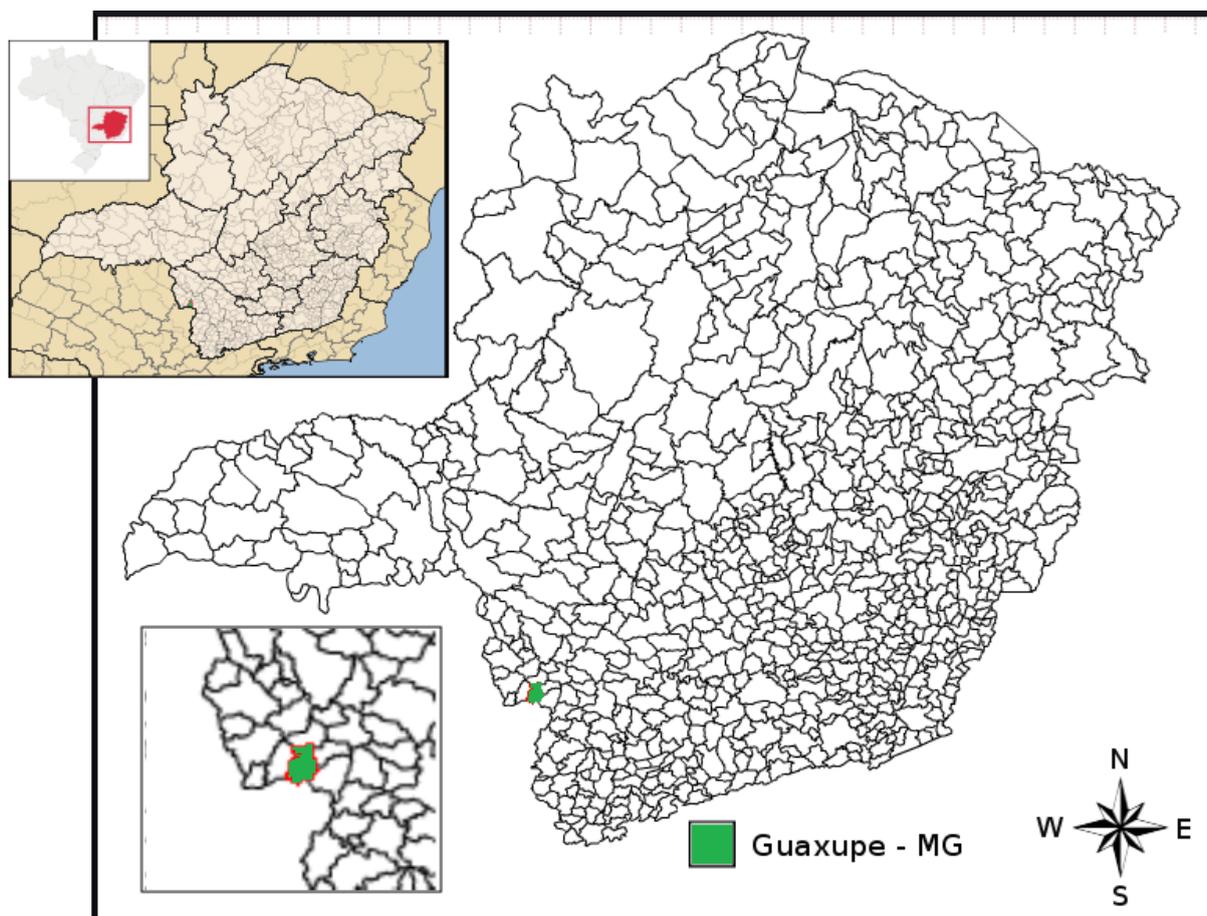
Oliveira *et al.* (2020) recorreram a metodologia dos anos padrão e aplicaram a técnica do Box Plot para identificar os intervalos dos anos padrão (normal, seco, úmido, super-seco, super-úmido). A técnica apontou para uma sazonalidade bem marcante das chuvas em Juiz de Fora – MG, tendo 80% da precipitação anual distribuída na primavera e no verão.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 ÁREA DE ESTUDO

O município de Guaxupé está localizado na mesorregião Sul/Sudoeste do estado de Minas Gerais e está inserido na microrregião São Sebastião do Paraíso, limitando-se com os municípios mineiros vizinhos e o estado de São Paulo. A área territorial do município é de 286,398 km², segundo os dados do IBGE (2020). O município se limita na porção Norte com São Pedro da União-MG, a Sul com Tapiratiba-SP, a Leste com Juruáia-MG e Muzambinho-MG e a Oeste com Guaranésia-MG. O município está orientado na latitude 21° 18' 20" S e longitude 46° 42' 45" W (Guaxupé, 2016).

Figura 1 - Localização sem escala do município de Guaxupé-MG



Fonte: adaptado de Souza; Santos (2013)

IBGE (2010) indica que a população do município é de 49.430 habitantes, e a densidade demográfica de 172,59 hab./km² enquanto o índice de Desenvolvimento

Humano Municipal (IDHM) é de 0,751, classificado como muito alto, este índice é influenciado pela educação, renda e de longevidade, diante disso, o município aparece na 526ª colocação entre os 5.565 municípios do Brasil (ATLAS, 2010).

A Economia é baseada na agricultura. O café é o principal cultivo agrícola do município, a produção é muito relevante e levou a construção da maior cooperativa de café do mundo, a Cooxupé. A pecuária também tem um papel considerável na economia, principalmente na criação de gado bovino leiteiro, criação de suínos, equinos e galináceos (GUAXUPÉ, 2016).

A hidrografia do município pertence à Bacia Hidrográfica do Rio Grande e a sub-bacia do Rio Pardo, inserida na Região Hidrográfica do Paraná, sendo que o rio Guaxupé, córrego do Japy e o córrego do Pinheiro são os principais cursos d'água do município (PMGIRS, 2016).

O Clima de Guaxupé-MG é classificado como Cwa – subtropical úmido, dentro da classificação climática de KÖPPEN (1948), e tem como média pluviométrica 1200 mm e 21,6°C de temperatura média (GUAXUPÉ, 2016).

O relevo do município é constituído por um planalto ondulado (morros), que está inserido no Planalto Atlântico; os patamares altimétricos são distribuídos em 65% ondulado, 25% montanhoso e 10% plano e a altitude média do município é de 829 metros acima do nível do mar (PMGIRS, 2016).

Guaxupé está localizada em uma área de origem vulcânica com déficit de macronutrientes, como Cálcio, Magnésio e Fósforo, seu solo é classificado predominantemente como areno-argiloso (PMGIRS, 2016).

O tipo de bioma do município de Guaxupé é a Mata Atlântica, sendo a vegetação predominante formada por campos cultivados e pastos, onde são encontrados bosques e capões arbóreos. (PMGIRS, 2016).

4.2 DADOS PLUVIOMÉTRICOS

Neste estudo foram utilizados dados anuais da precipitação disponibilizados pela Agência Nacional de Águas por meio do site *HidroWeb* para o tratamento estatístico, a série histórica inicia em 1911 e termina em 2020 alcançando um hiato de 110 anos (41 anos incompletos e 69 completos) atendendo o intervalo mínimo requerido de 30 anos para a aplicação da metodologia de Anos-Padrão (Tabela 2).

Tabela 2 - Informação do posto pluviométrico de Guaxupé - MG

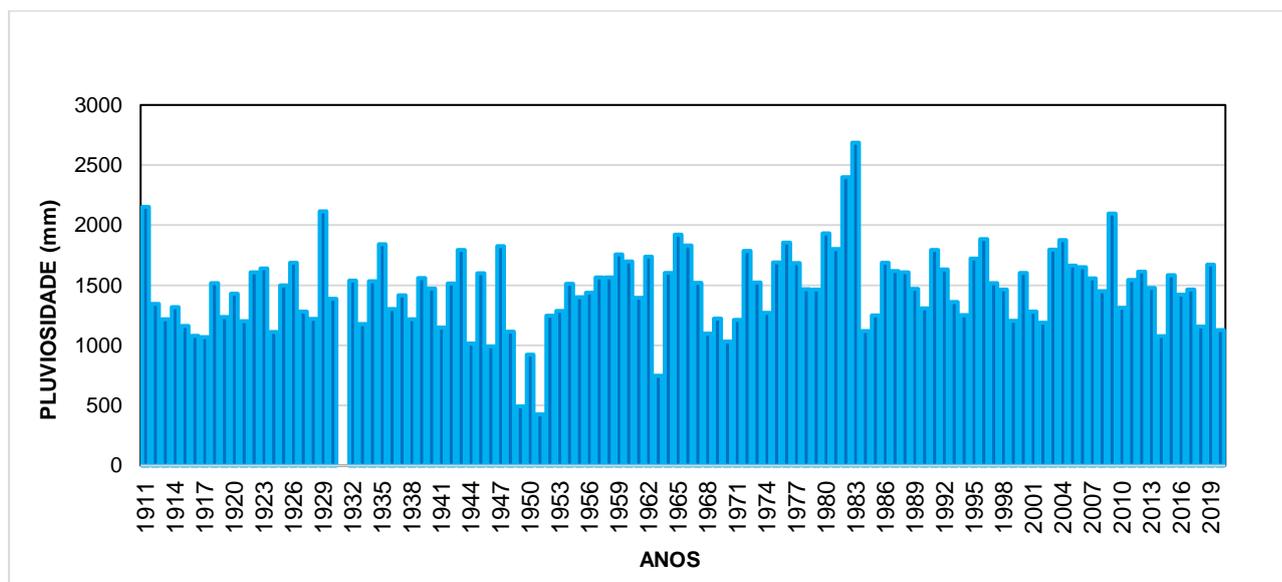
ORGÃO RESPONSÁVEL	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE	SÉRIE HISTÓRICA
ANA	S 21° 29'	W 46° 70'	828 metros	1911-2020

Disponível em HidroWeb.com: Acessado em (12/06/2020)

Os dados foram utilizados na escala anual. Muitos anos apresentaram lacunas mensais: 1 ano faltando 2 meses (2020), 1 ano faltando 7 meses (2007), 1 ano faltando 3 meses (2006), 1 ano faltando (2005) 1 mês, 1 ano faltando 9 meses (1969), 2 anos faltando 11 meses (1966 e 1942), 1 ano faltando 10 meses (1944) e 33 anos faltando 12 meses (1941, 1937, 1941, 1945-1965 e 1967-1968). Em face disto, a série de 110 anos apresentou 41 anos incompletos e 69 completos. Para resolver esta ausência de dados anuais, foi utilizado um preenchimento das lacunas baseado na ponderação regional de (TUCCI, 2001). No entanto, como não haviam dados que permitissem o preenchimento de lacunas, o ano de 1931 foi desconsiderado.

O Gráfico 1 apresenta a precipitação anual da série histórica após a soma dos totais mensais e preenchimento das lacunas pelo método supracitado. Conforme mencionado, não há dados para 1931.

Gráfico 1 - Precipitação anual da precipitação em Guaxupé – MG (1911 – 2020)



Fonte: Elaborado pelo autor

4.3 ANÁLISE DOS DADOS

A pesquisa bibliográfica teve foco na temática da variabilidade pluviométrica, Anos Padrão, uso do RClimdex nos estudos climáticos e outras metodologias e técnicas em conformidade ao estudo, como é o caso dos métodos de Índice Precipitação Total (PRECPTOT), Índice de Dias Consecutivos Úmidos (DCU), Índice de Dias Consecutivos Secos (DCS), Índice Simples de Intensidade Diária (SDII), Índice Máximo acumulado em único dia (RX) para uma série histórica mediante os dados disponibilizados.

Neste estudo foi utilizado tratamento quantitativo dos dados anuais de precipitação, disponibilizado pela estação pluviométrica do município de Guaxupé-MG.

Na análise pluviométrica foi realizado tratamento estatístico dos dados coletados, com o intuito de extrair o máximo de informações na série anual, qualificando assim a análise regional.

A análise da série histórica foi feita mediante a metodologia de Anos Padrão, que classifica e caracteriza o comportamento pluviométrico ao longo da série.

O desvio padrão é utilizado para entender os desvios em (mm) da série histórica, seja ela positiva ou negativa, baseando-se na média da precipitação do período analisado no estudo.

Com esta metodologia, fica claro as oscilações das precipitações, ajudando assim, a qualificar a análise dos dados pluviométricos.

A caracterização se pauta nos “diferentes graus de proximidade do ritmo habitual ao lado daqueles afetados por irregularidades na circulação” (MONTEIRO, 1991, p.39).

No período de análise foram avaliados os padrões habituais ou normais e as excepcionalidades, obtidos pela média anual e os desvios padrões, que fornecem categorias qualitativas do comportamento pluviométrico do período em estudo, colaborando também na classificação dos anos extremos (Tabela 3).

A metodologia de Anos Padrão apresenta alguns limites, quando se quer compreender a variabilidade de precipitação em intervalos curtos (diários), já que alguns eventos extremos podem ser mais relevantes que a média mensal em análise, para isto, é fundamental softwares como o RClimdex para a análise dos dados diários, visto que possibilita uma leitura maior dos eventos extremos na área de estudo.

Tabela 3 - Classificação de anos-padrão

Classificação	Padrões Pluviométricos	Siglas	Desvio (+) ou (-) em %
Anos Secos	Extremamente Seco	(S)	<30 %
	Tendente a seco	(TS)	15 – 30%
Anos Normais	Normal levemente tendente a seco	(NTS)	5 – 15%
	Normal	(N)	0 – 5%
	Normal levemente tendente a chuvoso	(NTC)	5 – 15%
Anos Chuvosos	Tendente a chuvoso	(TC)	15 – 30%
	Extremamente chuvoso	(C)	> 30%

Fonte: Adaptado de Sant'Anna (1995)

Os índices climáticos foram calculados mediante aos anos representativos da série histórica de 50 anos (1970-2019), a partir disto, foi realizada uma análise para entender a variabilidade da precipitação diária dos anos da série histórica por meio do software RClindex.

Dentre os índices climáticos, foram utilizados o máximo acumulado em um dia, a intensidade de precipitação diária, eventos extremos de precipitação, dias consecutivos secos, dias consecutivos úmidos e a precipitação anual nos anos extremos.

Diversos autores já estudaram as tendências temporais e espaciais das chuvas por meio de índices climáticos de volume e em valores diários acumulados (HAYLOCK, *et al.*, 2006; DUFEK; AMBRIZZI, 2008), da correlação entre as chuvas e anomalias oceânicas (HAYLOCK *et al.*, 2006; SUGAHARA *et al.*, 2008; SANTOS *et al.*, 2012; ZILLI *et al.*, 2017; VÁSQUEZ *et al.*, 2018) e, até, pela interpolação de dados (satélites) espaciais (RAO *et al.*, 2016).

Atualmente, destacam-se as observações de índices climáticos para observação dos dados pluviométricos, como o script RClindex (ZHANG; YANG, 2004; HAYLOCK *et al.*, 2006; STEPHENSON *et al.*, 2014; SANTOS; RAMOS, 2018; SANCHES *et al.*, 2018) que ressalta a análise de diferentes índices para temperatura ou pluviometria.

O RCLimindex calcula 27 índices básicos recomendados pela ETCCDMI (*Climate Change Detection Monitoring Indices*) para temperatura e precipitação (KARL *et al.*, 1999; PETERSON, *et al.*, 2001). Nesse estudo foram utilizados os índices associados à precipitação pluviométrica, conforme descrito na Tabela 4 (HAYLOCK *et al.*, 2006; SANCHES, 2015; SANTOS *et al.*, 2012; STEPHENSON *et al.*, 2014; ZHANG; YANG, 2004). Onde o controle de qualidade dos dados se fez pela substituição de todos os dados faltosos por -99.9 (reconhecido como faltoso pelo script).

Tabela 4 - Índices utilizados 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
RX 5 dias	Máximo de chuva acumulada em 5 dias	Máximo de chuva acumulada em cinco dias consecutivos	mm
RX 1 dia	Máximo de chuva acumulada em 1 dia	Máximo de chuva acumulada em um dia consecutivo	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 ≥ 1.0 mm) no ano	mm/dia
R10mm	Número de dias com precipitação acima de 10 mm	Número de dias por ano onde a precipitação foi ≥ 10 mm.	dias
R20mm	Número de dias com precipitação acima de 20 mm	Número de dias por ano onde a precipitação foi ≥ 20 mm.	dias
R34mm	Número de dias com precipitação acima de 34 mm	Número de dias por ano onde a precipitação foi ≥ 34 mm.	dias
R44mm	Número de dias com precipitação acima de 44 mm	Número de dias por ano onde a precipitação foi ≥ 44 mm.	dias

Fonte: Adaptado de Zhang; Yang (2004)

Diversos trabalhos utilizaram essa ferramenta a fim de analisar a evolução temporal e espacial dos climas (DRUMOND; AMBRIZZI, 2008; DUFEK; AMBRIZZI,

2008; HAYLOCK *et al.*, 2006; MEKIS; VINCENT, 2011; SANTOS; RAMOS, 2018; STEPHENSON *et al.*, 2014, SANTOS *et al.*, 2018, SANCHES, 2020).

Os índices são calculados pelos dados pluviométricos referente às chuvas totais (PRCPTOT), à intensidade pluviométrica simples (SDII), ao valor máximo acumulado em 5 dias consecutivos de chuva (RX5 dias), ao número máximo de dias consecutivos secos (DCS), e, ao número máximo de dias consecutivos úmidos (DCU).

Os resultados obtidos pelo cálculo dos índices são de escala mensal (RX 5 dias) e anual (PRCPTOT, SDII, DCS, DCU), além da resposta em mm de chuva ou número de dias (DCS, DCU).

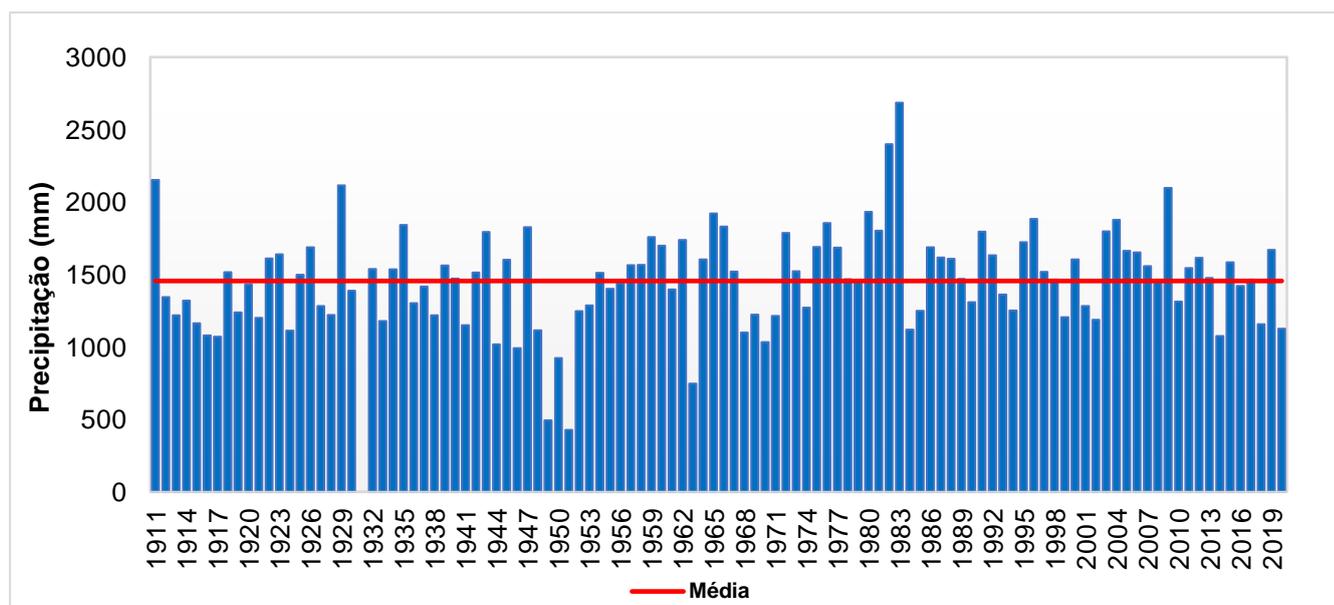
5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

5.1 VARIABILIDADE PLUVIOMÉTRICA

A definição do ano padrão possibilita caracterizar o comportamento da precipitação no município de Guaxupé-MG ao longo dos 110 anos da série histórica, com esta disposição de dados, será possível apontar os anos habituais e os anos extremos, sejam eles secos ou chuvosos.

Na análise da precipitação anual ficou nítido que a grande maioria dos anos ficaram próximos da média histórica de 1.500 mm, salvo os anos 1946, 1949, 1950, 1951 e 1963 que ficaram muito abaixo da média histórica, já os anos 1911, 1929, 1965, 1980, 1982, 1983 e 2009 apresentaram valores bem acima da média histórica.

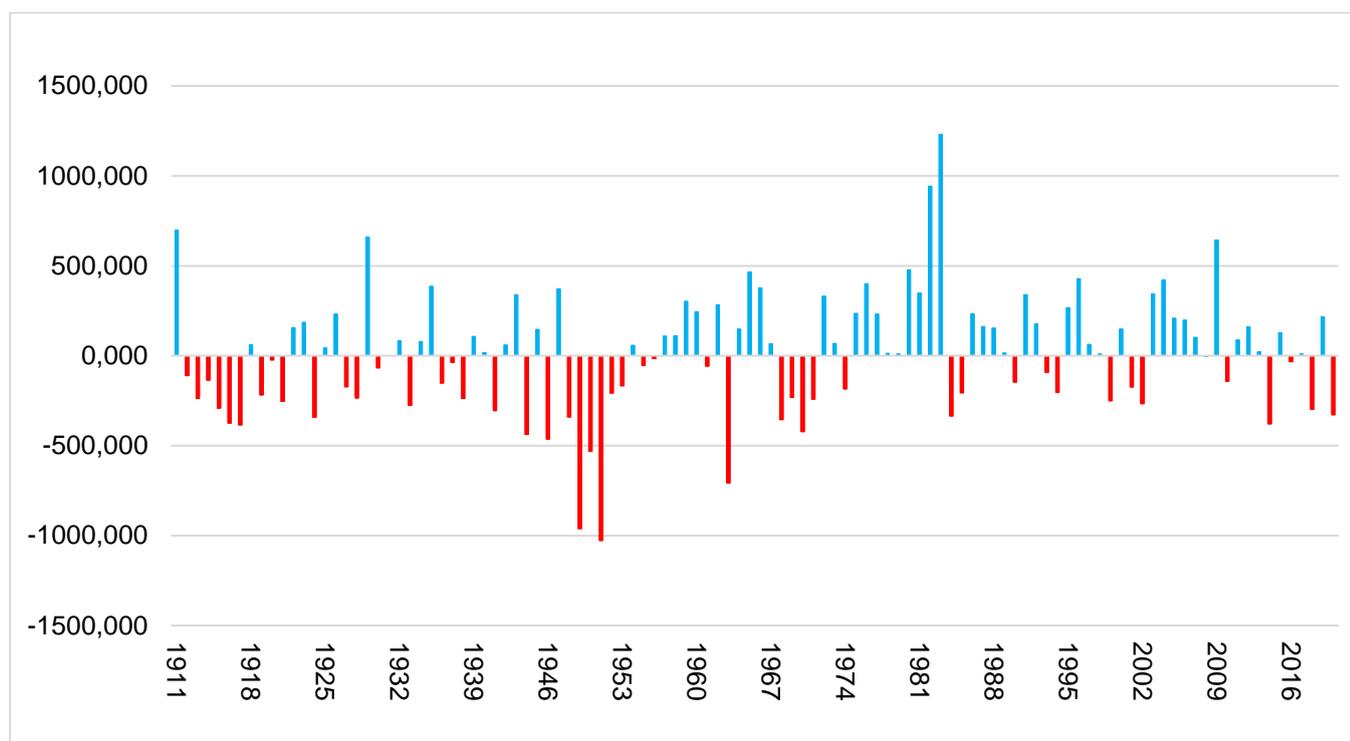
Gráfico 2 - Precipitação anual/média em Guaxupé-MG (1911 – 2020)



Fonte: Elaborado pelo autor

O desvio padrão da série histórica, apresentou 61 desvios positivos e 48 desvios negativos (Gráfico 3), lembrando que o ano de 1931 está nulo, pois não tem dados, já que não possui dados em nenhuma estação meteorológica do município. Os maiores desvios positivos se enquadraram nos anos 1911, 1929, 1965, 1980, 1982, 1983 e 2009, já os desvios negativos maiores se enquadraram nos anos 1946, 1949, 1950, 1951 e 1963, evidenciando possíveis eventos extremos nestes anos.

Gráfico 3 - Desvio em relação à média dos dados pluviométricos registrados no posto pluviométrico da ANA em (mm) - (1911 - 2020)



Fonte: Elaborado pelo autor.

Segundo o método do cálculo do desvio padrão, temos na Tabela 5, referente às precipitações de Guaxupé, uma maior predominância de anos habituais ou normais (N, NTC e NTS), totalizando 56 anos de 110 anos da série temporal.

No enquadramento das classes de anos excepcionais (TC, TS, S e C), temos as classes de extremamente chuvoso representadas pelos anos de 1911, 1929, 1965, 1980, 1982, 1983 e 2009, já as classes extremamente secas foram representadas pelos anos de 1946, 1949, 1950, 1951 e 1963. As classes de anos excepcionais totalizaram 53 anos da série temporal.

Tabela 5 - Classificação dos anos padrão do município de Guaxupé (1911 – 2020)

(Continua)

Anos	Total Anual (mm)	Média	Classes
1911	2153,2	1455,306	C
1912	1344,4	1455,306	NTS
1913	1217,6	1455,306	TS
1915	1163,3	1455,306	TS

Tabela 5 - Classificação dos anos padrão do município de Guaxupé (1911 – 2020)

				(Continuação)
Anos	Total Anual (mm)	Média	Classes	
1916	1080	1455,306	TS	
1917	1070,4	1455,306	TS	
1918	1516,8	1455,306	N	
1919	1237,2	1455,306	NTS	
1920	1431,7	1455,306	N	
1921	1200,9	1455,306	TS	
1922	1609,4	1455,306	NTC	
1923	1640,1	1455,306	NTC	
1924	1112,8	1455,306	TS	
1925	1498,9	1455,306	N	
1926	1687,3	1455,306	TC	
1927	1282,3	1455,306	NTS	
1928	1220,1	1455,306	TS	
1929	2114,5	1455,306	C	
1930	1387,6	1455,306	N	
1931	NULO	1455,306	NULO	
1932	1538,6	1455,306	NTC	
1933	1179,1	1455,306	TS	
1934	1534,7	1455,306	NTC	
1935	1840,9	1455,306	TC	
1936	1303,1	1455,306	NTS	
1937	1417	1455,306	N	
1938	1217,5	1455,306	TS	
1939	1561,7	1455,306	NTC	
1940	1471,7	1455,306	N	
1941	1149,7	1455,306	TS	
1942	1514,4	1455,306	N	
1943	1793,1	1455,306	TC	
1944	1017,3	1455,306	TS	
1945	1600,8	1455,306	NTC	
1946	991,5	1455,306	S	
1947	1826,4	1455,306	TC	
1948	1114,6	1455,306	TS	
1949	493,9	1455,306	S	
1950	923,7	1455,306	S	
1951	427,9	1455,306	S	
1952	1247,5	1455,306	NTS	
1953	1287,7	1455,306	NTS	
1954	1512,3	1455,306	N	
1955	1400,4	1455,306	N	
1956	1439	1455,306	N	
1957	1564,8	1455,306	NTC	
1958	1566,1	1455,306	NTC	
1959	1757,5	1455,306	TC	
1960	1699,2	1455,306	TC	

Tabela 5 - Classificação dos anos padrão do município de Guaxupé (1911 – 2020)

			(Continuação)
Anos	Total Anual (mm)	Média	Classes
1961	1397,2	1455,306	N
1962	1738	1455,306	TC
1963	747,8	1455,306	S
1964	1603	1455,306	NTC
1965	1921,6	1455,306	C
1966	1831,8	1455,306	TC
1967	1520,9	1455,306	N
1968	1099,8	1455,306	TS
1969	1222,5	1455,306	TS
1970	1033,1	1455,306	TS
1971	1213,1	1455,306	TS
1972	1785,7	1455,306	TC
1973	1523,2	1455,306	N
1974	1270,4	1455,306	NTS
1975	1689,6	1455,306	TC
1976	1855,8	1455,306	TC
1977	1685,8	1455,306	TC
1978	1467,5	1455,306	N
1979	1463,9	1455,306	N
1980	1932,7	1455,306	C
1981	1802,8	1455,306	TC
1982	2398,3	1455,306	C
1983	2685,5	1455,306	C
1984	1119,9	1455,306	TS
1985	1248,9	1455,306	NTS
1986	1688,5	1455,306	TC
1987	1617,8	1455,306	NTC
1988	1608,6	1455,306	NTC
1989	1470,2	1455,306	N
1990	1308,3	1455,306	NTS
1991	1794,5	1455,306	TC
1992	1632,1	1455,306	NTC
1993	1362,2	1455,306	NTS
1994	1251,4	1455,306	NTS
1995	1722,7	1455,306	TC
1996	1883,3	1455,306	TC
1997	1517,9	1455,306	N
1998	1465,4	1455,306	N
1999	1204,6	1455,306	TS
2000	1603,5	1455,306	NTC
2001	1281,3	1455,306	NTS
2002	1188,2	1455,306	TS
2003	1798,1	1455,306	TC
2004	1876,6	1455,306	TC
2005	1663,4	1455,306	NTC

Tabela 5 - Classificação dos anos padrão do município de Guaxupé (1911 – 2020)

Anos	Total Anual (mm)	Média	(Conclusão)
			Classes
2006	1651,9	1455,306	NTC
2007	1557,8	1455,306	NTC
2008	1450,7	1455,306	N
2009	2097,7	1455,306	C
2010	1312,4	1455,306	NTS
2011	1543,5	1455,306	NTC
2012	1614,7	1455,306	NTC
2013	1477	1455,306	N
2014	1076,1	1455,306	TS
2015	1583,2	1455,306	NTC
2016	1421,8	1455,306	N
2017	1464,2	1455,306	N
2018	1157,5	1455,306	TS
2019	1671	1455,306	NTC
2020	1127	1455,306	TS
S - Extremamente Seco			
TS - Tendente a Seco			
NTS - Normal levemente Tendente a Seco			
N - Normal			
NTC - Normal levemente Tendente a Chuvoso			
TC - Tendente a Chuvoso			
C - Extremamente Chuvoso			

Fonte: Elaborado pelo autor

Os números apontam para uma maior incidência da classe Normal (N) na série histórica, demonstrando um comportamento pluviométrico próximo do habitual, se aproximando da média anual da série histórica. As classes “Tendente a Chuvoso” e “Tendente a Seco”, apresentam um comportamento pertinente na série histórica, demonstrando que há um padrão de precipitação intermediária na área de estudo. As classes “Extremamente Seco” e “Extremamente Chuvoso” estão presentes em uma pequena quantia na série histórica, sendo os anos de 1946, 1949, 1950, 1951 e 1963, configurando como Extremamente Seco e os anos de 1911, 1929, 1965, 1980, 1982, 1983 e 2009, configurando como Extremamente Chuvoso. Na Tabela 6 está descrita a frequência das classes de precipitação da série histórica (1911 – 2020).

A Tabela 6 deixa visível o padrão da precipitação habitual ou normal (N), mostrando que os índices são bem próximos da média histórica anual, exposta na Tabela 6, no qual aponta que 22% é considerado ano padrão (N). As classes transitórias, correspondem as classes tendente a seco (TS) e tendente a chuvoso

(TC), preenchendo 47,27% da série histórica, restando para as classes extremas, (C) chuvosa e (S) seco o percentual de 10,90% na série histórica em análise.

Tabela 6 - Número de ocorrências das classes pluviométricas na série histórica no município de Guaxupé (1911 – 2020)

Classes	Nº de ocorrências	%	Posição
S	5	4,54	5 ^o
TS	22	20,00	1 ^o
NTS	14	12,72	4 ^o
N	22	20,00	1 ^o
NTC	20	18,18	2 ^o
TC	19	17,27	3 ^o
C	7	6,36	5 ^o
NULO	1	0,90	6 ^o

Fonte: Elaborado pelo autor

Os anos padrões foram selecionados diante dos anos que apresentaram maiores desvios (positivo ou negativo) durante a série histórica. Na Tabela 7 é apresentado os Anos Padrões que representam a série histórica de 110 anos para o município de Guaxupé.

Tabela 7 - Anos representativos das classes pluviométricas na série histórica no município de Guaxupé (1911-2020)

Período	CHUVOSO (1983)	NORMAL (1973)	SECO (1951)
anual	2.685,5	1.523,2	427,9

Fonte: Elaborada pelo autor

Podemos observar que as tabelas acima ajudam a sustentar a pesquisa, já que demonstram os números por meio de gráficos, classes hierárquicas e a representação das classes qualitativamente da pluviosidade.

5.2 TENDÊNCIAS DA PRECIPITAÇÃO POR MEIO DO RCLIMDEX NO PERÍODO 1970 A 2019

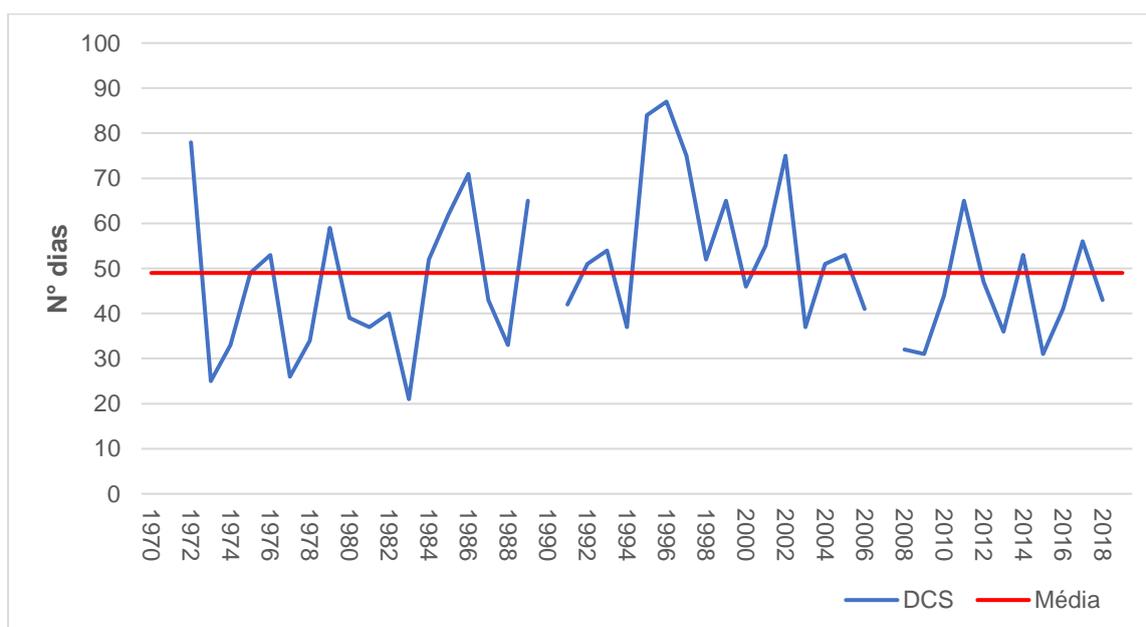
Por meio do software RCLimdex foi calculado os índices pluviométricos (Tabela 4), e neste subitem será discutido o comportamento da precipitação na ordem diária, o que possibilita ter uma leitura da intensidade e da frequência da precipitação no

município de Guaxupé entre os anos de 1970 a 2019. Os dados foram extraídos da estação pluviométrica do município de Guaxupé, por meio da plataforma HidroWeb, que tem como responsável a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA).

O software RClimdex possibilita a leitura do comportamento da precipitação no período chuvoso do Clima Tropical, que são entre os meses de outubro a março. O Clima Tropical gera ritmos de flutuações anuais na precipitação, inerentes a sazonalidade que caracteriza o Clima Tropical, logo influenciando no padrão pluviométrico das regiões tropicais.

O (Gráfico 4) mostra os dias consecutivos secos por meio do índice DCS, ou seja, quando a precipitação é <1 mm. Podemos observar que há uma tendência positiva para os dias consecutivos secos, o destaque fica para os anos de 1995 e 1996 que foram os mais extremos da série histórica exibindo um valor de 84 e 87 dias consecutivos secos, respectivamente. No entanto, é interessante salientar a tendência de diminuição dos dias secos entre os anos de 2006 a 2019, porém não é um comportamento significativo se comparado com toda a linha de tendência na série histórica analisada. O índice reforça a ideia de uma forte estiagem para a região, um fenômeno cada vez mais frequente nos dias atuais.

Gráfico 4 - DCS – Número de dias consecutivos secos em Guaxupé/MG (1970 – 2019)



Fonte: Elaborado pelo autor

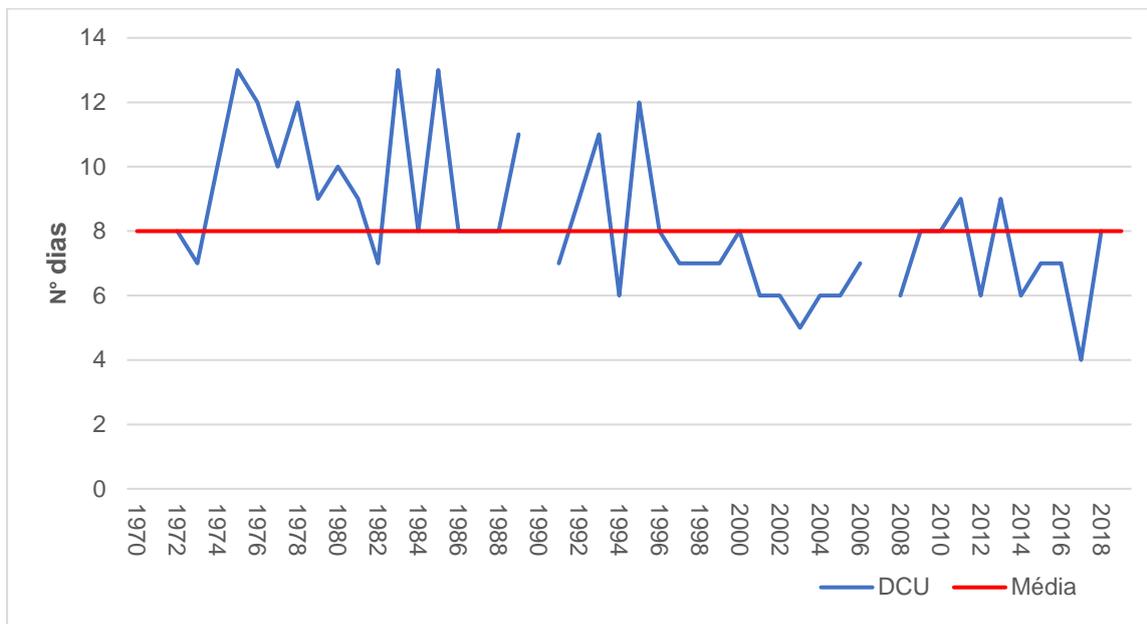
A média dos dias consecutivos secos para a estação pluviométrica é de 49 dias, tratando-se de 21 anos em que os dias consecutivos secos estiveram acima da média, totalizando 42%, já os anos em que a média foram abaixo da média é de 23 anos, totalizando 46% da série histórica, e os outros 6 anos restantes, 5 anos apresentaram falta de dados, que representa 10% dos anos, e um ano igualou a média da série histórica, que foi o ano de 1975, representando 2% da série analisada.

Para o índice DCU, que indica os dias consecutivos úmidos (Gráfico 5), nota-se uma tendência negativa, uma diminuição dos dias consecutivos úmidos na série histórica em análise, destacando-se os anos entre 1990 a 2010. Há de se destacar que os meses que apresentam mais dias consecutivos chuvosos são os meses entre outubro a março, resultado da sazonalidade característica do Clima Tropical.

A média dos dias consecutivos úmidos é de 8 dias, tratando-se de 16 anos em que os dias consecutivos úmidos estiveram acima da média, totalizando 32%, já os dias em que a média foi abaixo da média é de 19 anos, totalizando 38% da série histórica, e os outros 15 anos restantes, 5 anos apresentaram falta de dados, o que representa 10% dos anos, e 10 anos se enquadraram na média esperada de dias consecutivos úmidos, que representa 20% dos anos.

O (Gráfico 4) e o (Gráfico 5) apresentam grandes oscilações interanuais, demonstrando que há períodos que os índices estão acima da média e em outros momentos apresentam índices abaixo da média.

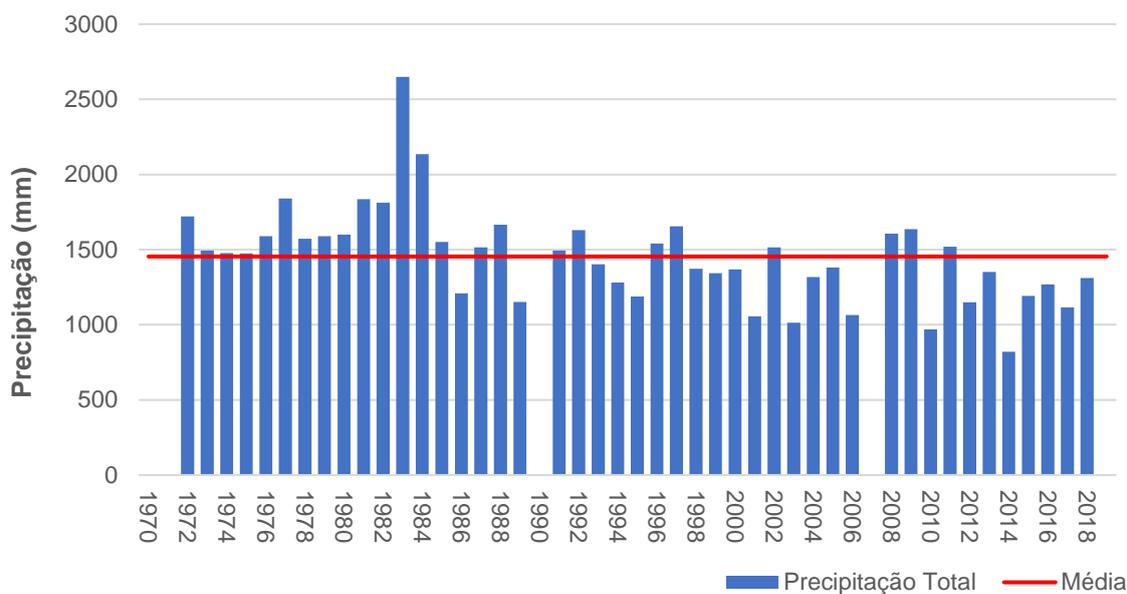
Gráfico 5 - DCU – Número de dias consecutivos secos em Guaxupé/MG (1970-2019)



Fonte: Elaborado pelo autor

Para o índice PRCPTOT (Gráfico 6), remete a precipitação total acumulada nos dias com precipitação superior a 1mm. Por meio desse índice podemos observar o comportamento anual da precipitação para a série histórica (1970-2019). O valor médio da precipitação anual para a série histórica foi de 1454,4 mm, e para tanto, é notável observar que 24 anos ficaram acima da média, totalizando 48% de representação na série histórica, já os anos com a precipitação abaixo da média é de 21 anos, o que representa 42% dos anos, e os outros 5 anos apresentaram falta de dados, totalizando 10% dos anos da série histórica.

Gráfico 6 - Precipitação total anual acumulada em Guaxupé/MG (1970 – 2019)



Fonte: Elaborado pelo autor

As flutuações anuais são evidentes nos dados da precipitação, demonstrando que há uma oscilação na distribuição de chuvas na série histórica durante os anos, ou seja, anos que apresentam valores acima da média ou abaixo da média. Dentro da escala desse índice é difícil enxergar quais meses foram mais chuvosos ou não, já que a escala é anual, portanto, pela sazonalidade do Clima Tropical, provavelmente as chuvas se concentraram entre os meses de outubro a março.

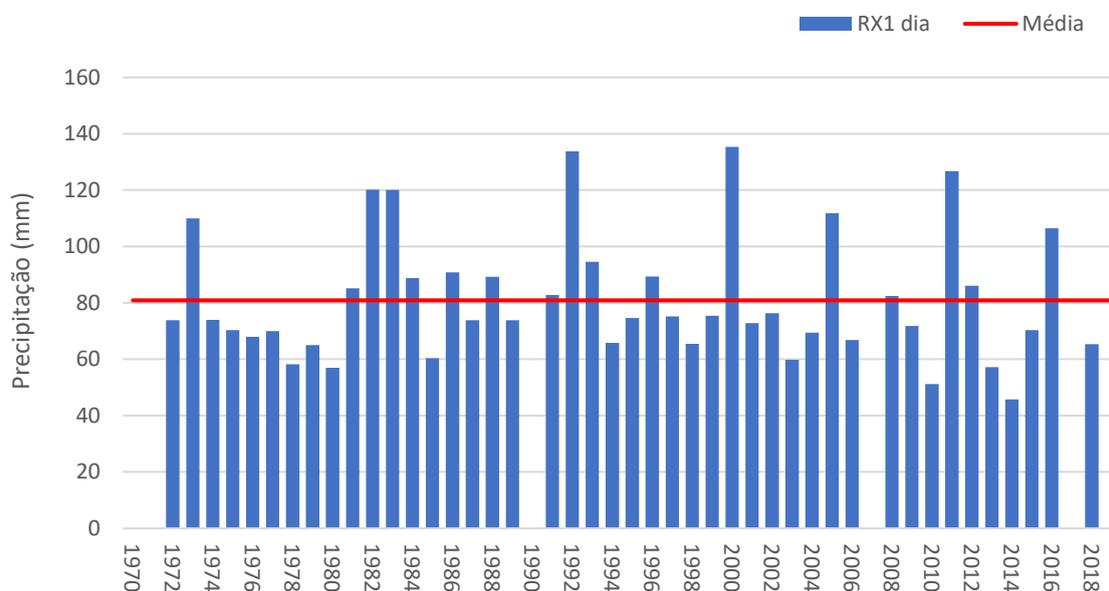
A tendência do índice PRCPTO é negativa, indicando que há uma diminuição dos totais pluviométricos durante os anos. O ano que apresentou o maior índice foi o ano de 1983 com um total pluviométrico de 2649,8 mm.

O índice RX1dia refere ao máximo acumulado em um dia de chuva, sendo considerado dia chuvoso valores de chuva acima ou igual a 1 milímetro. O cálculo possibilita compreender o valor máximo de chuva em um dia, de todos os meses e o valor máximo anual de cada ano da série histórica.

Ao averiguar o índice Rx1dia (Gráfico 7), observa-se tendência negativa, ou seja, a quantidade máxima de precipitação observada em um dia diminuiu, entretanto, se formos considerar a frequência com chuvas acima de 120 mm em 1 dia, é notável um aumento da precipitação entre o ano de 1992 e o ano de 2000, o que pode evidenciar 2 extremos de precipitação em 1 dia, e esses eventos extremos

aconteceram entre os meses de outubro a março, justamente no período sazonal que mais chove no Clima Tropical.

Gráfico 7 - RX1 dia – Valor máximo acumulado em um único dia anualmente em Guaxupé/MG (1970 – 2019)



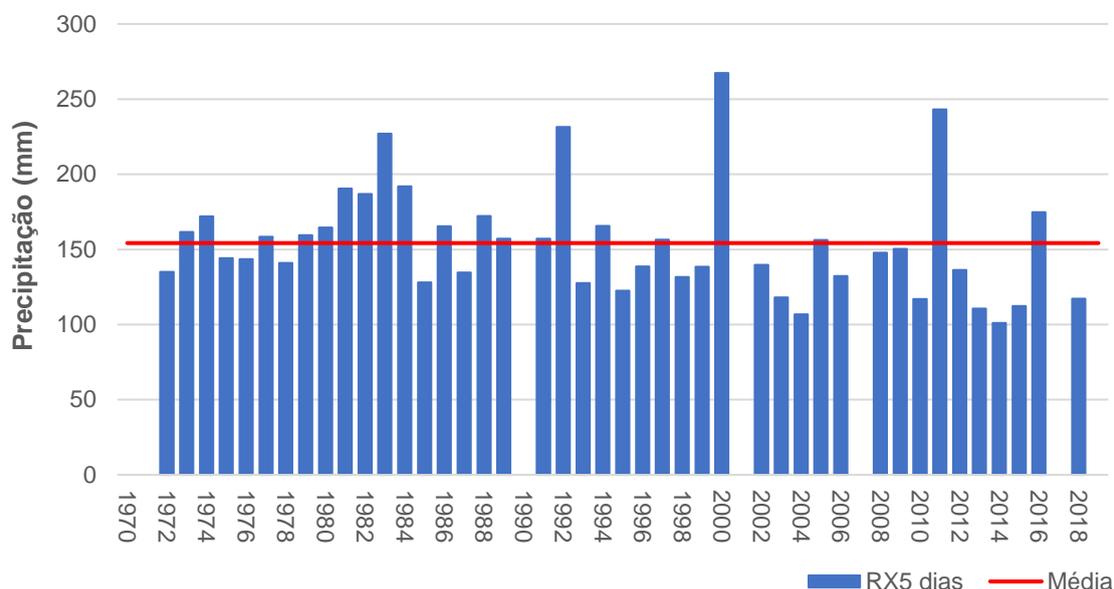
Fonte: Elaborado pelo autor

O valor médio do índice RX1dia foi de 80,9 mm, sendo estes preenchidos por 17 anos acima da média, totalizando 34%, já os anos abaixo da média totalizaram 27 anos, o que representa 54% dos anos da série histórica, e os outros 6 anos apresentaram falta de dados, totalizando 12% dos anos da série histórica. O valor mínimo de precipitação em um único dia foi de 45,8 mm, o que evidencia que ao menos choveu 45,8 mm em um único dia, que é um valor considerável e pode gerar danos nas localidades atingidas.

O índice RX5dias refere ao máximo acumulado em 5 dias de chuva. O cálculo possibilita compreender na escala mensal e anual o comportamento máximo das chuvas em 5 dias, logo sendo possível perceber a intensidade das chuvas.

Ao observar o índice Rx5dias (Gráfico 8), observa-se tendências negativas, ou seja, a quantidade máxima de precipitação observada em cinco dias diminuiu, entretanto, se formos considerar a frequência com chuvas acima de 250 mm em 5 dias teve um aumento no ano 2000, configurando assim a condição de ano extremo de precipitação, novamente esses eventos são mais comuns entre os meses de outubro a março, constituindo o período hidrológico.

Gráfico 8 - RX5 dias – Valor máximo acumulado em cinco dias anualmente em Guaxupé/MG (1970 – 2019)



Fonte: Elaborado pelo autor

Outro fator que corrobora para esses eventos extremos é a atuação da ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul), que é responsável por grandes períodos de chuvas ininterruptas, o que acaba gerando danos urbanos e rurais significativos.

O valor médio do índice RX5dias foi de 154,2 mm, sendo estes preenchidos por 20 anos acima da média, totalizando 40%, já os anos abaixo da média totalizaram 24 anos, o que representa 48% dos anos da série histórica, e os outros 6 anos apresentaram falta de dados, totalizando 12% dos anos da série histórica. O valor mínimo da série histórica foi de 101,1 mm, o que mostra que ao menos choveu 101,1 mm em 5 dias, que é um valor relevante e que pode levar a problemáticas no município, dentre elas, alagamentos e movimentos de massa.

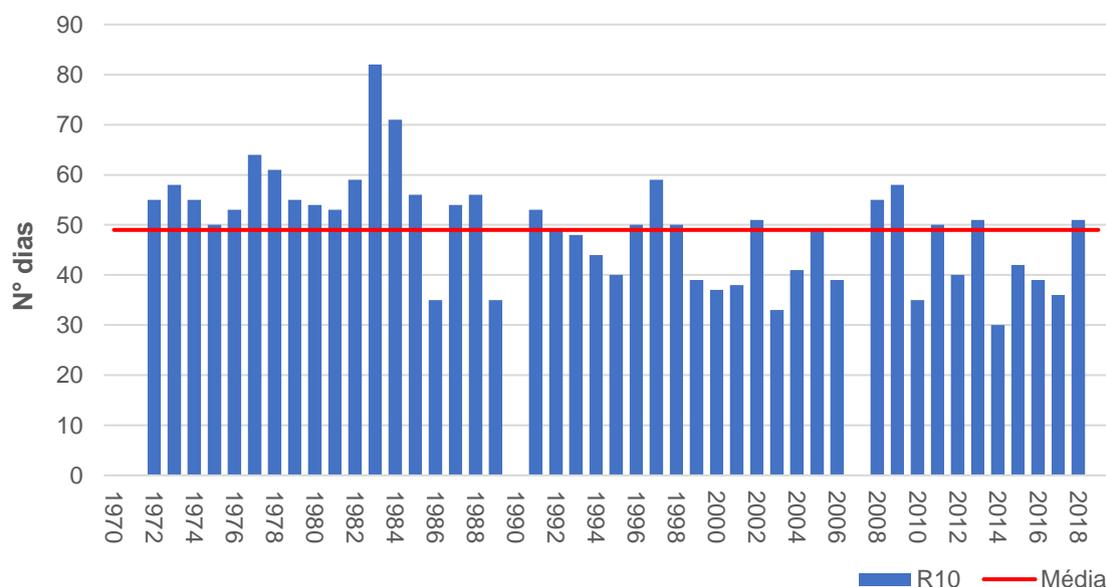
O índice Rnn apresenta o número de dias em que a precipitação esteve acima dos valores estipulados (10mm, 20mm, 34mm e 44mm). Os valores foram divididos entre precipitação habitual (R10mm e R20mm) e precipitação extrema (R34mm e R44mm), baseando-se no comportamento da série histórica em estudo.

A tendência do número de dias em um ano em que a precipitação foi superior a R10 mm (Gráfico 9), R20 mm (Gráfico 10), R34 mm (Gráfico 11) e R44 mm (Gráfico 12) apresentou uma tendência negativa significativa em todos os índices analisados,

e isso pode indicar um período muito grande com precipitação com índices abaixo da normalidade, o que pode levar a uma estiagem prolongada, e que pode refletir na agricultura da região, impactando principalmente a produção do café que é uma das maiores do Brasil, logo impactando na economia do país e gerando prejuízos.

O que fugiu do comportamento padrão foi o ano de 1983 que aparece com valores bem acima da média para os quatro índices, indicando que a precipitação se concentrou em vários dias, sendo 82 dias acima de 10mm, 49 dias acima de 20mm, 25 dias acima de 34 mm e 11 dias acima de 44 mm, isso demonstra que a distribuição de dias com precipitação habitual e extrema foram significativas.

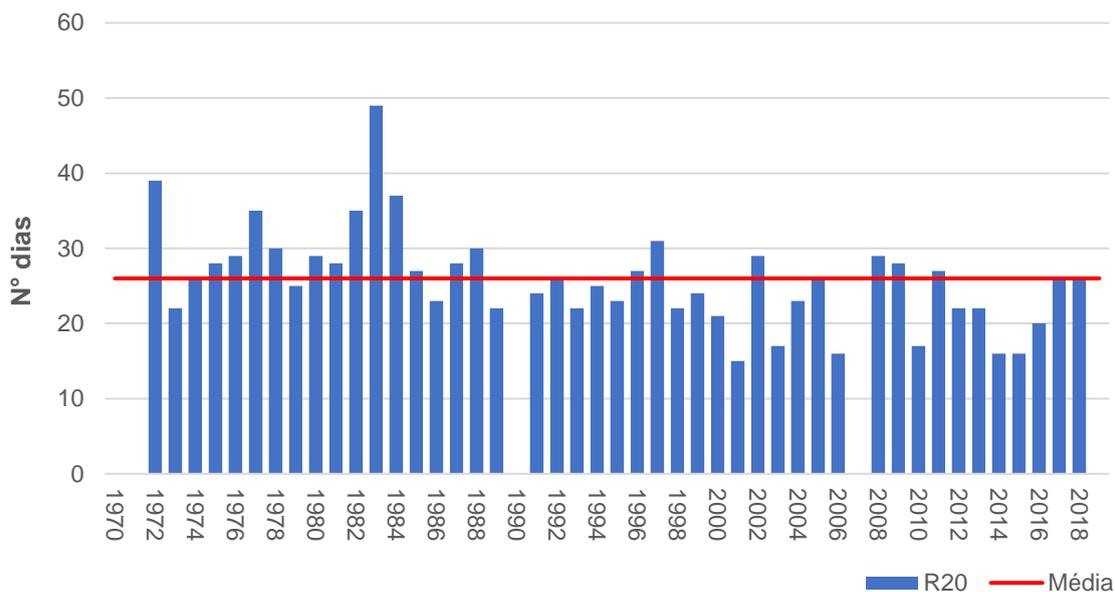
Gráfico 9 - R10 – Número de dias com chuvas acima de 10 mm anuais em Guaxupé/MG (1970 – 2019)



Fonte: Elaborado pelo autor

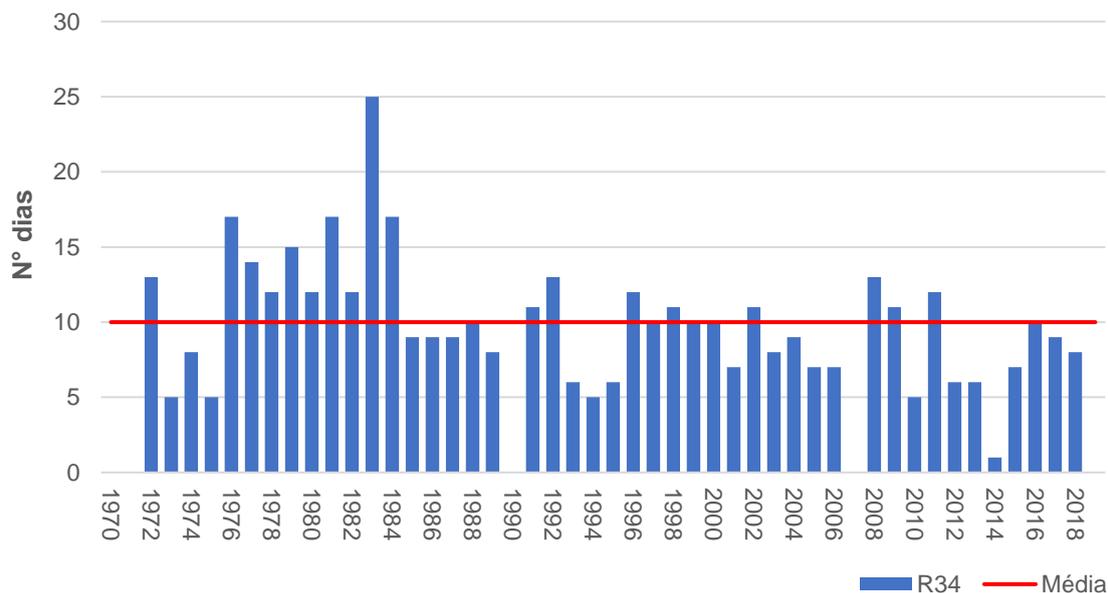
O índice R10MM apresenta um limiar médio de 49 dias, sendo 26 anos acima da média, os quais representa 52% dos anos, já os anos abaixo da média totalizam 17 anos, o que representa 34% dos anos, e os outros 7 anos restantes, 5 anos apresentaram falta de dados, o que representa 10% dos anos, e 2 anos se enquadraram na média esperada de número de dias com chuva acima de 10 mm anuais, que representa 4% dos anos.

Gráfico 10 - R20 – Número de dias com chuvas acima de 20 mm anuais em Guaxupé/MG (1970 – 2019)



Fonte: Elaborado pelo autor

Gráfico 11 - R34 – Número de dias com chuvas acima de 34 mm anuais em Guaxupé/MG (1970 – 2019)



Fonte: Elaborado pelo autor

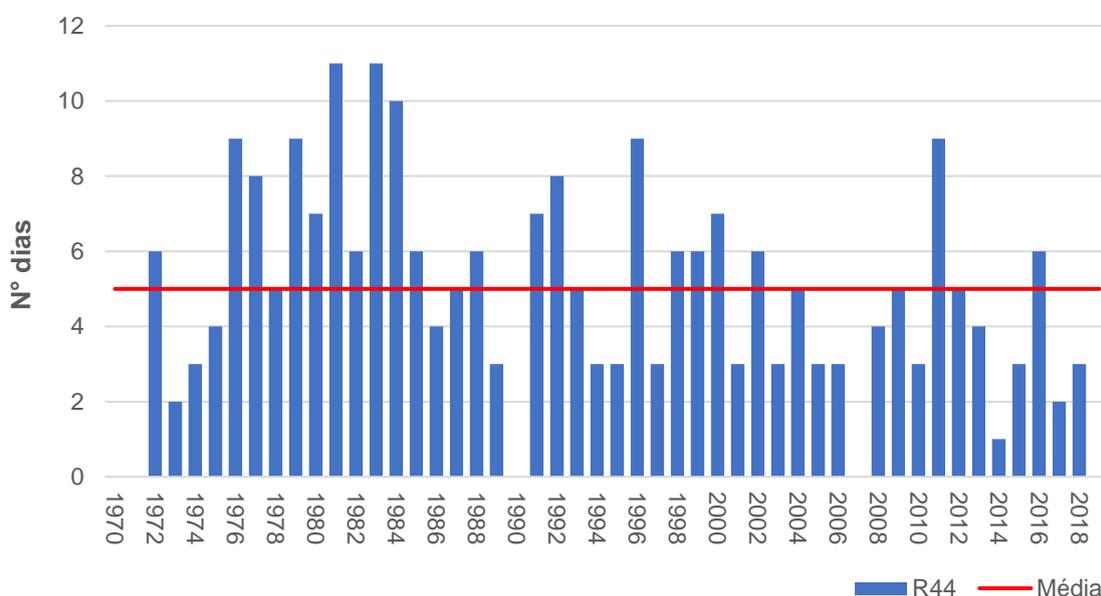
O índice R20MM apresenta um limiar médio de 26 dias, sendo 19 anos acima da média, os quais representa 38% dos anos, já os anos abaixo da média totalizam 21 anos, o que representa 42% dos anos, e os outros 10 anos restantes, 5 anos

apresentaram falta de dados, o que representa 10% dos anos, e 5 anos se enquadraram na média esperada de número de dias com chuva acima de 20 mm anuais, que representa 10% dos anos.

O índice R34MM apresenta um limiar médio de 10 dias, sendo 18 anos acima da média, os quais representa 36% dos anos, já os anos abaixo da média totalizam 22 anos, o que representa 44% dos anos, e os outros 10 anos restantes, 5 anos apresentaram falta de dados, o que representa 10% dos anos, e 5 anos se enquadraram na média esperada de número de dias com chuva acima de 34 mm anuais, que representa 10% dos anos.

O índice R44MM apresenta um limiar médio de 5 dias, sendo 20 anos acima da média, os quais representa 40% dos anos, já os anos abaixo da média totalizam 19 anos, o que representa 38% dos anos, e os outros 11 anos restantes, 5 anos apresentaram falta de dados, o que representa 10% dos anos, e 6 anos se enquadraram na média esperada de número de dias com chuva acima de 44 mm anuais, que representa 12% dos anos.

Gráfico 12 - R44 – Número de dias com chuvas acima de 44 mm anuais em Guaxupé/MG (1970 – 2019)



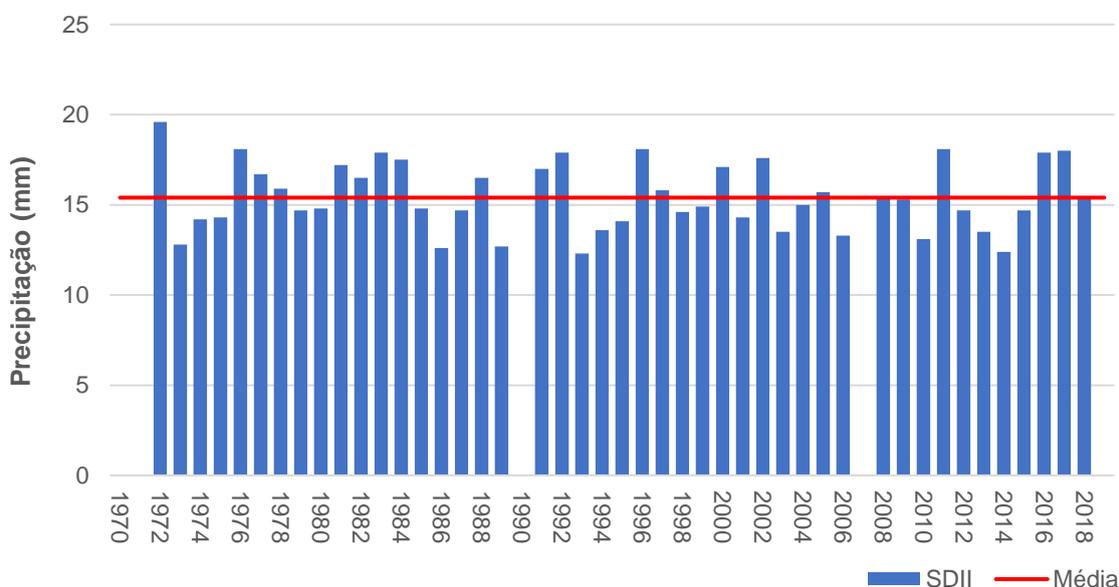
Fonte: Elaborado pelo autor

Neste aspecto, fica corroborada a percepção de que o cenário de mudanças climáticas vai manifestando uma reorganização da habitualidade atmosférica nos mais

diversos pontos do planeta, sendo a possível causa para a frequência que se observa nos aguaceiros e estiagens que assolam diversos lugares que antes não eram visitados por tais condições e prevalecia uma regularidade á qual a paisagem e sistemas de drenagem estavam adaptados.

O índice SDII é o total anual de chuvas acumulado dividido pelo número de dias úmidos (quando o dia esteve $\geq 1.0\text{mm}$) no ano. Para o índice simples de intensidade de chuva (Gráfico 13), observa-se uma tendência negativa, ou seja, a precipitação total anual está diminuindo ou o número anual de dias com precipitação está aumentando.

Gráfico 13 - SDII – Intensidade pluviométrica em dias chuvosos em Guaxupé/MG (1970 - 2019)



Fonte: Elaborado pelo autor

A intensidade pluviométrica atingiu um valor médio de 15,4 mm, ou seja, quando houve precipitação a média foi de 15,4 mm. Os valores da intensidade simples da precipitação podem ser correlacionados a outros índices, como o DCU, indicando que a distribuição da precipitação diária tem diminuído, o que pode explicar os dias com chuvas extremas nos índices Rx1dia e Rx5dias, ou seja, a precipitação tem se concentrado em períodos curtos e gerando um valor anormal de precipitação, o que ajuda em eventos extremos.

5.3 CONSIDERAÇÕES ACERCA DO PADRÃO CLIMÁTICO DE GUAXUPÉ-MG

Este subitem da dissertação assenta-se na leitura que é possível fazer quando os dados das tabelas e gráficos são analisados a partir daquilo que apresentam nos subitens 5.1 e 5.2 quando as metodologias de análise rítmica de Anos-Padrão e RCLimindex são desenvolvidas e oferecem uma descrição do padrão climático que se observa na área de estudo com base na série histórica considerada em seus cerca de 110 e 50 anos de extensão respectivamente.

Segundo as Tabelas 5 e 6 informam, o padrão climático da precipitação está estabelecido e referenciado pela média de 1454,4 mm que está fortalecida na predominância de anos identificados nas classes Normal, Normal Tendente a Seco e Normal Tendente a Chuvoso. Nelas estão abrigados 50,80% dos anos (56 em 110), enquanto as condições mais distantes da média dividem o restante de forma quase que igualitária, reforçando uma “órbita” ao redor da média (27 são Tendentes a Secos ou Secos alcançando 24,54% e 26 são Tendentes a Chuvoso ou Chuvoso atingindo a participação em 23,63%).

Pelo que os dados indicam, houveram períodos em que prevaleceram um perfil mais ou menos úmido, assim como médio; no entanto, a alternância segue-se evitando que a localidade se ressinta de uma condição extrema indesejada que venha a lhe causar pesados ônus em face da adequação que a paisagem sofreu por influência do padrão habitual estabelecido com sua média de 1454,4 mm.

O perfil expresso na série indica que a ocorrência de anos com índices abaixo da média prevaleceu na primeira metade do período, enquanto que os anos com pluviosidade acima da média apresentam maior presença na segunda metade apesar deste período contemplar os anos do novo século que são identificados como os mais susceptíveis às mudanças climáticas em curso no planeta.

No período que se inicia em 1946 e termina em 1951 observa-se uma condição diferenciada com quatro anos Secos e um Tendente a Seco, constituindo na seção da série mais preocupante pela baixa pluviosidade registrada. Em relação a isso, é interessante mencionar que há registro da ação do fenômeno *El Niño* em 1946, 1947 com intensidade moderada e fraca em 1951, assim como em 1963, favorecendo um ganho térmico que acentua os efeitos da redução de pluviosidade.

Obviamente abre-se campo para uma nova pesquisa que avalie a formação da ZCAS – Zona de Convergência do Atlântico Sul e bloqueios atmosféricos no Atlântico Sul em períodos com manifestação do fenômeno, buscando encontrar a origem possível dessa conjuntura atmosférica que promoveu a redução na pluviosidade da área.

Por seu turno, os períodos mais acentuadamente úmidos com anos Chuvoso ou Tendentos a Chuvoso a eles associados denunciam um distanciamento da anomalia que ocasiona ganho na pluviosidade sobre essa região do território brasileiro, pois, os períodos formados pelos anos 1911 – 1929 – 1934/35 – 1959/60 – 1965/66 – 1975/77 – 1980/83 – 2009 não sofrem influência do fenômeno *La Niña* com exceção dos anos de 1975 e 1976.

Interessante notar que os anos 1929, 1934, 1935 logo no início da série histórica analisada, são os únicos em que nenhuma das anomalias esteve atuante, sendo que os demais, com a exceção supracitada no parágrafo anterior, estavam sob a influência de *El Niño*.

Portanto, a salvo os anos 1975 e 1976, em todos os extremos identificados dentre os 110 anos considerados para análise nesse estudo, não há correlação com as anomalias que corriqueiramente são apontadas como responsáveis pelos ganhos de pluviosidade (*La Niña*) ou temperatura (*El Niño*) na região Sudeste do país que abriga a localidade de estudo – Guaxupé/MG.

Uma vez que a precipitação na região Sudeste se deve, sobretudo, ao processo frontogenético resultante do deslocamento das massas de ar que avançam desde a porção meridional da América do Sul em direção ao Trópico de Capricórnio buscando por vezes o Equador, ou então, daquela umidade advinda da região amazônica quando os alísios equatoriais do Atlântico adentram e se desviam na Cordilheira dos Andes, invertem sentido e se encontram com os alísios vindos do Atlântico Sul, formando um corredor aéreo de umidade denominado ZCAS; outras interferências nessas movimentações atmosféricas devem ser identificadas e analisadas para que fique estabelecida a origem das conjunturas que atuaram nos anos/períodos mencionados de menor ou maior pluviosidade na localidade.

Entrementes a isto, a seguir algumas considerações são tecidas acerca dos dados colhidos nas demais metodologias utilizadas para cálculos específicos como DCS – dias consecutivos secos, DCU – dias consecutivos úmidos, PRCPTOT – precipitação total, Rx – precipitação máxima ocorrida em 1 dia ou em 5 dias, Rnn –

precipitação considerada para dias úmidos, e, SDII – precipitação total dividida pelo número de dias úmidos.

Segundo é possível observar, em 1995 e 1996 ocorreram respectivamente 84 e 87 dias consecutivos secos, no entanto parece que houve uma diminuição nesses hiatos, sobretudo entre 2006 e 2019. Acontece que nestes anos de ápice, o clima da área de estudo estava sob a influência de *La Niña* com índices pluviométricos acima da média histórica de 1454,4 mm (respectivamente 1.722,7 mm e 1.883,3 mm).

Diante disto, percebe-se que o índice pluviométrico anual pode não fornecer todos os elementos presentes na questão hídrica de uma localidade ao longo de um ano, pois, a depender da atividade econômica e das características dos ecossistemas, chegar a quase 90 dias sem precipitação pode constituir situação de estresse que provoque perdas e desequilíbrios irremediáveis em alguns aspectos.

Em relação aos dias consecutivos úmidos, verifica-se uma diminuição entre 1990 e 2010. Neste período a sucessão das anomalias esteve manifesta com 1990/95 sob influência de *El Niño*, 1995/96 *La Niña*, 1997/98 *El Niño*, 1998/2001 *La Niña*, 2003 *El Niño*, 2005 *El Niño*, 2006 *La Niña*, 2007 *El Niño*, 2008/09 *La Niña*, 2010 *El Niño*. Novamente fica notória a necessidade de novas pesquisas serem realizadas para que sejam identificadas as causas dessa tendência.

O índice PRCPTOT também acusou na porção final da série histórica uma tendência de diminuição na precipitação total, com exceção em 1983 com pluviosidade da ordem de 2.649 mm com forte influência de *El Niño*. Mesmo que essa pequena, mas contínua diminuição da precipitação total tenha sido observada, a ação de *La Niña* não deixou de ocorrer, evidenciando que outros fatores pesam no comportamento da precipitação da área e precisam ser estudados em outras ações investigativas organizadas com esta finalidade.

Seguindo na análise, os cálculos de R1, R5, Rnn para 10 mm, 20 mm, 34 mm e 44 mm demonstraram um aumento de R1 e R5 em 1992 e 2000, anos em que respectivamente atuaram *El Niño* e *La Niña*. Com isso fica claro mais uma vez a independência destas ocorrências em relação a influência das anomalias, reforçando o entendimento que vai sendo construído desde a análise dos Anos-Padrão.

Se a chuva em um único dia e em cinco dias se manifesta dessa forma, as chuvas com 10 mm, 20 mm, 34 mm e 44 mm apresentam tendência decrescente de dias, partindo do ápice respectivo de 82 dias, 49 dias, 25 dias e 11 dias para um cenário com ligeira queda.

Isso acompanha o perfil apresentado nos demais resultados, reforçando uma tendência que apesar de tênue em relação a série histórica, sinaliza uma paulatina reorganização da precipitação sobre a localidade. Algo que fica corroborado no cálculo SDII que divide o índice pluviométrico anual pelos dias de chuvas efetivamente ocorridos independentemente da quantidade que foi precipitada.

Nesse aspecto, as análises rítmicas levadas a cabo sinalizam para uma conjuntura maior que parece estar em vias de se estabelecer na localidade estudada, mantendo-se próxima do padrão identificado quando considera-se o índice pluviométrico anual, mas, afastando-se lentamente dos patamares estabelecidos quando avalia-se a distribuição anual.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo desenvolvido no município de Guaxupé apresentou algumas dificuldades, principalmente na obtenção de dados de precipitação e no seu tratamento estatístico. Esse é um aspecto que dificulta o desenvolvimento das análises e o entendimento que poderia ser obtido a partir de tal ação. Esse aspecto parece persistir em conspirar contra o desenvolvimento científico nacional e precisa de urgente equacionamento, ainda que seja na organização de uma base nacional confiável a partir de anos mais recentes.

Outro ponto a se considerar diz respeito ao auxílio que as metodologias de reparação oferecem, pois, não fosse o emprego da ponderação proposta por Tucci (2001), boa parte dos dados que acompanham lacunas em seus respectivos anos seria perdida para as análises. Metodologias dessa natureza suprem deficiências estruturais, mas não asseguram a correção do problema, como foi possível observar no ano de 1931 que não teve como ser considerado na pesquisa pela ausência completa dos dados que possibilitassem a ponderação. As dificuldades ocasionadas pela falta de dados se repetiram no cálculo dos índices pluviométricos por meio do RClimdex, que representou 10% a 12% dos anos da série histórica por falta de dados mensais, diários ou anuais, que neste caso foram atribuídos com o valor -99.9, o qual indica falta de dados.

Não obstante a estes percalços, a análise quantitativa configura-se numa estratégia com eficiente potencialidade nos estudos da climatologia geográfica, já que através dela foi possível interligar os dados da precipitação aos gráficos, e com isso foi possível contextualizar o comportamento pluviométrico ao longo dos anos no município. Outro fator que auxiliou o presente estudo foi a utilização do software RClimdex, o qual favoreceu uma análise mais minuciosa dos dados diários, o que proporcionou o entendimento acerca do padrão climático da área em estudo, sobretudo, por afastar da predominância das análises o uso das médias, que via de regra, comprometem a realidade atmosférica de uma região.

A partir da classificação dos Anos Padrão da série histórica do município de Guaxupé-MG, foi possível considerar com base nas Tabelas 5, 6 e 7 que a habitualidade prevalece na série como um todo, pois a maioria dos anos situou-se nas classes Normal, Normal Tendente a Seco e Normal Tendente a Chuvoso, que aponta para um padrão habitual no município, ou seja, há uma ocorrência natural dos

processos climáticos e indica que os extremos de chuva ou de seca não são significativos.

Com base na análise das chuvas neste município, notou-se tendências negativas de precipitação para quase todos os índices pluviométricos, dentre eles: DCU, PRCPTOT, RX1dia, RX5dias, R10mm, R20mm, R34mm, R44mm e o SDII, o único índice que apresentou tendência positiva foi o índice DCS, justamente o que aponta para dias consecutivos secos, os quais mostram que com o passar dos anos a tendência é de aumento dos dias consecutivos secos, já os outros índices apontam para um padrão de diminuição do ritmo da precipitação na série histórica do município. Mesmo que a tendência seja negativa para os índices RX1dia e RX5dias, podemos observar episódios extremos da precipitação na série histórica, como foi o ano de 2000 com uma precipitação de 267,4 mm em apenas 5 dias ou os mais de 120 mm nos anos de 1992 e 2000, o que pode ter acarretado em enchentes e movimento de massa no município de Guaxupé-MG, problemáticas essas que atingem várias cidades no Brasil e no mundo, ocasionando em alguns momentos a fatalidade sobre vidas animais e humanas.

O clima Tropical dificulta o entendimento completo do ritmo das chuvas, já que é um clima que apresenta sazonalidades muito bem definidas, as quais geram flutuações interanuais nos gráficos, quando não ocorrem em associação à variabilidade da precipitação nos períodos hidrológicos (outubro, novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março); ou ainda sob a influência dos sistemas meteorológicos que agem na dinâmica do clima da região, como o ZCAS, *El Niño*, *La Niña* e a atuação de massas de ar.

As análises do comportamento da precipitação no município de Guaxupé-MG podem servir no futuro para estudos estratégicos da produção do café, apontando qual o período aconselhável para fazer o plantio desse fruto, além de se tornar possível estimar as tendências da chuva para os anos seguintes, auxiliando no planejamento a longo prazo.

A nível de ordenamento territorial municipal, o estudo pode ajudar na compreensão do ritmo das chuvas, podendo auxiliar na elaboração e implementação de políticas que visem a contenção de riscos oriundos de enchentes e movimentos de massa, pois os estudos climáticos possuem a capacidade de auxiliar na tomada de decisão do município frente as problemáticas do clima, desde que haja interesse do poder público em transformar estudos em planejamento.

Entre outros, estudos dessa natureza que constatarem uma perigosa tendência de dissociação entre o volume anual de precipitação e sua distribuição habitual ao longo do ano, podem municiar a coletividade de áreas situadas no contexto de conjunturas como essas a envidarem esforços no sentido de estabelecerem uma estrutura de armazenamento que possibilite o uso da água precipitada em demasia num período concentrado de dias, nos períodos de estiagem que conseqüentemente terão ampliados seus hiatos temporais.

Mais que isso, pode municiar projetos de redimensionamento da rede de drenagem para evitar alagamentos com seus prejuízos, bem como do sistema de abastecimento para que tenha área suficiente que acomode o excedente e disponibilize no momento adequado seu uso.

Antecipar-se às calamidades e mudanças torna-se necessário para o bem estar de toda coletividade humana, sobretudo em momentos de reorganização de ciclos naturais. Em razão disto, as mudanças climáticas participam dos principais debates científicos na atualidade.

Esse estudo procura inserir-se nesse processo buscando contribuir com a descrição do padrão climático de uma área de estudo e a identificação de possíveis alterações em sua habitualidade. Mesmo que seus resultados não sejam suficientes para assegurar que as mudanças climáticas estão efetivamente influenciando o ritmo da precipitação de Guaxupé-MG, aponta tendências que podem sinalizar para uma conjuntura futura que recobrirá maior aprofundamento dos elementos e variáveis que compõem o elenco de forças atmosféricas que manifestam os diferentes tipos de clima no planeta.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Hidroweb. Brasília, 2021. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/>. Acesso em: 20 mar. 2021.

ALBUQUERQUE, Monik Fernandes de; et al. - Precipitação nas mesorregiões do estado do Pará: climatologia, variabilidade e tendências nas últimas décadas (1978-2008). **Revista Brasileira de Climatologia**, [S.l.], v. 6, June 2010. ISSN 2237-8642. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/25606/17162>. Acesso em: 17 jul. 2021. doi:<http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v6i0.25606>.

ALVES, José Donizete. - Morfologia do cafeeiro. In: CARVALHO, C. H. S. (Ed.). - **Cultivares de café**. Brasília: Embrapa, 2007. 247p.

ANDRADE, Matheus Lima de. **Análise pluviométrica do município de poços de caldas – mg, usando da metodologia de anos padrão**. Orientador: Thomaz Alvisi de Oliveira. TCC (Graduação) – Curso de Geografia, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas, Poços de Caldas, 2019.

ANDRADE, Rogério Geraldo Ribeiro de. **A expansão da cafeicultura em Minas Gerais: da intervenção do Estado à liberalização do mercado**. 1994. 164f. Dissertação (Mestrado em Economia) - Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1994.

ANJOS, Rafael Silva; CANDEIAS, Ana Lucia Bezerra; NÓBREGA, Ranyére Silva. - Caracterização das chuvas através do satélite TRMM em Petrolândia-PE (Characteristics of rainfall through the TRMM satellite in Petrolândia-PE). **Revista Brasileira de Climatologia**, [S.l.], v. 18, oct. 2016. ISSN 2237-8642. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/44652>. Acesso em: 19 jul. 2021. doi:<http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v18i0.44652>.

APARECIDO, Lucas Eduardo de Oliveira. *et al.* - Análise climática para a região de Muzambinho-MG. In: Workshop de pós-graduação e pesquisa do Centro Paula Souza, 9, 2014, São Paulo. **Anais...** São Paulo: [s.n.], 2014. p. 97-104.

APARECIDO, Lucas Eduardo de Oliveira.; ROLIM, Glauco de Souza.; SOUZA, Paulo Souza - Flowering and harvest ing periods of macadamia walnut for areas of the southeastern coffee region. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, p. 165-173, 2014.

ARAÚJO, Anderson N.; GUETTER, Alexandre K. **Avaliação hidrológica da técnica CMORPH de estimativa de chuva por satélite sobre a bacia do Iguaçu**. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos (SBRH), 16, 2005, João Pessoa.

ARAÚJO, Jurema Maria Silva; MAIA, Adelena Gonçalves; NEVES, Josemir Araújo. - Uso dos índices PCP e PCD na determinação de regiões com precipitação pluvial homogênea (The use of PCP and PCD indices to determining precipitation homogeneous areas). **Revista Brasileira de Climatologia**, [S.l.], v. 17, dec. 2015. ISSN 2237-8642. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/38903>. Acesso em: 10 jul. 2021. doi:<http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v17i0.38903>.

ASSAD, Eduardo Delgado. et al. - Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.11, p.1057-1064, nov. 2004

ATAÍDE, Kleber Renato da Paixão.; LEDO, Ivanete Maia Dias.; OLIVEIRA, Maria da Graças Ribeiro de.; BEZERRA, Wagner de Aragão. - Avaliação da estimativa da temperatura de superfície obtida pelo sensor MODIS para o estado de Goiás. Natal, Brasil. In: **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 3495-3502.

Atlas Brasil. **Guaxupé, MG – IDHM.**
<http://www.atlasbrasil.org.br/perfil/municipio/312870#idhm-all>. Acesso em: 21 mai. 2021.

ÁVILA, Pâmela Lorena Ribeiro. - Análise da precipitação sazonal simulada utilizando o REGCM4 sobre o estado do Pará em anos de extremos climáticos. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S.l.], v. 14, oct. 2014. ISSN 2237-8642. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/36127>. Acesso em: 18 jul. 2021. doi:<http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v14i1.36127>.

BARBOSA, Vanessa Vasconcelos et al. - Influência da variabilidade climática na produção de leite na região semiárida do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S.l.], v. 23, nov. 2018. ISSN 2237-8642. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/58007>. Acesso em: 20 jul.2020. doi:<http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v23i0.58007>.

BARROS, Hugo Rogério.; LOMBARDO, Magda Adelaide. - A ilha de calor urbana e o uso e cobertura do solo em São Paulo-SP. **Revista Geosp – Espaço e Tempo (Online)**, São Paulo, v. 20, n. 1, p. 160- 177, 2016.

BIETO, J. A.; TALON, M. - **Fisiologia y bioquímica vegetal**. Madrid: Interamericana; McGraw-Hill, 1996. p.537-553.

BRASIL, Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra Brasileira**. Quarto levantamento, v. 3, safra 2016, n. 4. Brasília, dezembro 2016.

BRITTO, Fabiane Pereira; BARLETTA, Rodrigo; MENDONÇA, Magaly. - Regionalização sazonal e mensal da precipitação pluvial máxima no estado do Rio Grande do Sul: Influência do fenômeno El Niño Oscilação Sul. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S.l.], v. 2, dec. 2006. ISSN 2237-8642. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/25385>. Acesso em: 16 jul. 2021. doi:<http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v2i0.25385>.

CAMARGO, Ângelo Paes de.; CAMARGO, Marcelo Bento Paes de. - Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. **Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 1, p. 65-68, 2001.

CAMARGO, Angelo Paes de; PEREIRA, Antonio Roberto. - **Agrometeorology of the coffee crop**. Geneva: World Meteorological Organization, 1994. 96p.

CHRISTOFOLETTI, A. - Implicações climáticas relacionadas com as mudanças climáticas globais. **Boletim de Geografia Teórica**. Rio Claro, vol. 23, n. 45-46, p. 18-31, 1993;

CIIAGRO, Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas. **Zoneamento macro - Aptidão ecológica da cultura do café.** Disponível em: http://www.ciiagro.sp.gov.br/znmt_macro_9.html. Acesso em: 20 de fevereiro de 2017.

CONTI, Guilherme Nobel. - **Estimativa da precipitação através de técnicas de sensoriamento remoto: Estudo de caso para o estado do Rio Grande do Sul.** Dissertação de mestrado, IPHUFGRS, 2002.

COOXUPÉ. **Notícias Cooxupé.** 2027. Disponível em: <https://www.cooxupe.com.br/noticias/producao-de-cafe-aumenta-13-vezes-em-quase-50-anos-no-sul-de-minas>. Acesso em: 11 nov. 2021.

CUNHA, Davi Gasparini Fernandes; VECCHIA, Francisco. - As abordagens clássica e dinâmica de clima: uma revisão bibliográfica aplicada ao tema da compreensão da realidade climática - **Ciência e Natura**, UFSM, 29 (1): 137 - 149, 2007;

EMBRAPA. **Estudos socioeconômicos e ambientais.** 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/producao-dos-cafes-do-brasil-ocupa-area-de-182-milhao-de-hectares-dos-quais-145-milhao-sao-de-cafe-arabica-e-37599-mil-de-conilon>. Acesso em: 10 nov. 2021.

FARIAS, Heitor Soares; ALVES, Gabriela Fernandes Santos. - Caracterização espacial e temporal da precipitação na Costa Verde Fluminense - 2001 a 2016. **Geo UERJ**, [S.l.], n. 34, p. e40955, abr. 2019. ISSN 1981-9021. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/geouerj/article/view/40955>. Acesso em: 23 dez. 2019. doi:<https://doi.org/10.12957/geouerj.2019.40955>.

FREDERICO, Samuel - As cidades do agronegócio na fronteira agrícola moderna brasileira. **Caderno Prudentino de Geografia**, n. 33, v.1, p. 5-23, 2011;

GIRÃO, Osvaldo.; CORRÊA, Antonio Carlos de Barros.; GUERRA, Antonio José Teixeira. 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. 24, p. 238 – 263, 2008;

GUAXUPÉ. **A cidade: economia.** 2016. Disponível em: <http://www.guaxupe.mg.gov.br/cidade/economia>. Acesso em: 10 jun. 2021.

_____. **A cidade: localização.** 2016. Disponível em: <http://www.guaxupe.mg.gov.br/cidade/localizacao>. Acesso em: 11 jun. 2021.

MACEDO, Maria José Herculano; GUEDES, Roni Valter de Souza; SOUSA, Francisco de Assis Salviano - Monitoramento e intensidade das secas e chuvas na cidade de Campina Grande/PB. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S.l.], v. 8, june 2011. ISSN 2237-8642. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/25797/17217>. Acesso em: 18 jul. 2021. doi:<http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v8i0.25797>.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE-Cidades.** 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/guaxupe/panorama>. Acesso em: 18 de abr de 2021.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas.** 1999. Disponível em:

<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas> Acessado em: 21 de mar. 2021.

LEITE, Maysa de Lima; ADACHESKI, Patrícia Alves; VIRGENS FILHO, Jorim Sousa das - Estudo da variabilidade da precipitação pluvial em municípios da região Sul dos Campos Gerais, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S.l.], v. 6, june 2010. ISSN 2237-8642. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/25605/17161>. Acesso em: 17 JUL. 2021. doi:<http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v6i0.25605>.

LOPES, Marcio Nirlando Gomes. - Climatologia regional da precipitação no estado do Pará. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S.l.], v. 12, dec. 2013. ISSN 2237-8642. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/31402/21508>. Acesso em: 18 jul. 2021. doi:<http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v12i1.31402>.

MARTINS, E. et al. - Influência das condições climáticas na produtividade e qualidade do cafeeiro produzido na região do Sul de Minas Gerais. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 4, p. 499-506, out./dez. 2015

MCGREGOR, G. R. NIEUWOLT, S. - **Tropical climatology – an introduction to the climates of the low latitudes**. 2. ed. Chichester/England: John Wiley and Sons, 1998;

MENDONÇA, F. – **Aquecimento global e saúde: uma perspectiva geográfica-notas introdutórias**. Doutorado Interdisciplinar em Meio Ambiente e Desenvolvimento da UFPR, p. 207, 2003;

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. - **A dinâmica climática e as chuvas do Estado de São Paulo: estudo geográfico sob forma de atlas**. São Paulo: IGEOG, 1973.

_____. A frente polar atlântica e as chuvas de inverno na fachada sul-oriental do Brasil: contribuição metodológica à análise rítmica dos tipos de tempo no Brasil. Universidade de São Paulo USP - Instituto de Geografia. **Série Teses e Monografias**, n. 1, São Paulo, 1969.

_____. Da necessidade de um caráter genético à classificação climática. **Revista Geográfica**, São Paulo, Instituto Pan-Americano de Geografia e História. Rio Claro, 1962.

_____. Fatores climáticos na organização da agricultura nos países tropicais em desenvolvimento – conjecturas sobre o caso brasileiro. IGEOG-USP - **Climatologia**, n. 10, São Paulo, 1981.

_____. O Clima e a organização do espaço no Estado de São Paulo: problemas e perspectivas. São Paulo, **Série Teses e Monografias**, 28, USP/IGEOG, 1976.

NASCIMENTO, Diego. Tarley Ferreira; NETO, João Marques de Souza.; NUNES, Larissa Camilo Nunes - 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, p. 272-290, jan./jun. 2015.

NERY, Jonas Teixeira; CARFAN, Ana Claudia; PARIZOTTO, Tatiana Mascari. - Análise da precipitação pluvial na bacia do Paranapanema. **Revista Brasileira de**

Climatologia, [S.l.], v. 5, feb. 2017. ISSN 2237-8642. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/50480/31573>. Acesso em: 17 agost. 2020. doi:<http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v5i0.50480>.

NEVES, DANIEL GONÇALVES DAS, ET AL. - Modelagem climática regional durante dois anos de extremos de precipitação sobre o estado do Amapá: teste de sensibilidade aos esquemas convectivos. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 26, n. 4, p. 569 – 578, dez. 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbmet/v26n4/a07v26n4.pdf>. Acesso em: 02 jan. 2020.

NEVES, Gustavo Zen de Figueiredo. - A chuva no estado de Goiás e Distrito Federal: aspectos espaciais, temporais e dinâmicos. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S.l.], june 2019. ISSN 2237-8642. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/66147>. Acesso em: 21 jul. 2020. doi:<http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v0i0.66147>.

OGASHAWARA, I. - Análise rítmica e a climatologia geográfica brasileira. **Revista Eletrônica Georaguaiá**, Barra do Garças: UFMT, v.2, n.2, p.57-72, 2012.

OLIVEIRA, Thiago Alves et al. - Variabilidade pluviométrica no município de Juiz de Fora-MG no período de 1910-2018: investigação a partir da técnica do Box Plot. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S.l.], v. 26, apr. 2020. ISSN 2237-8642. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/70194>. Acesso em: 22 jul. 2021. doi:<http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v26i0.70194>.

PICINI, A. G. et al. - Desenvolvimento e teste de modelos agrometeorológicos para a estimativa de produtividade do cafeeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 58, n. 1, p. 157-170, 1999.

PINHEIRO, Gabriela Marques; DANNI-OLIVEIRA, Inês Moresco. - A tipologia pluviométrica de Bauru/SP. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S.l.], v.10, june 2012. ISSN 2237-8642. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/30586/19774>. Acesso em: 18 jul. 2021. doi:<http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v10i1.30586>.

PMGIRS – Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. Guaxupé, 2016. Disponível em: www.guaxupe.mg.gov.br/download. Acessado em 10 jun 2021

RIBEIRO, Arnaldo de Araujo; ZAVATTINI, João Afonso. - Análise têmporo espacial e regime das chuvas na região das missões, estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S.l.], v. 21, nov. 2017. ISSN 2237-8642. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/45154>. Acesso em: 19 jul. 2021. doi:<http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v21i0.45154>.

RUIZ-CÁRDENAS, R. - **A cafeicultura e sua relação com o clima**. Lavras. Dodesigns, 2015.

SALVADOR, Mozar Araújo de; SANTOS, Larissa Sayuri Futino Castro dos. - Análise da precipitação na cidade de São Paulo no período 1961-2009. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S.l.], v. 7, sep. 2010. ISSN 2237- 8642. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/25622/17168>. Acesso em: 17 jul. 2021. doi: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v7i0.25622>.

SANT'ANNA NETO, João Lima. - **As chuvas no Estado de São Paulo**. São Paulo. Tese (Doutorado em Geografia Física). Departamento de Geografia Física, Universidade de São Paulo, 1995, 200 p.

_____. - A tendência das chuvas no estado de São Paulo: uma contribuição aos estudos sobre as mudanças climáticas regionais nos últimos 100 anos. **Observatório Geográfico da América Latina**. p.1–10. Disponível em: <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal6/Procesosambientales/Climatologia/194.pdf>. Acesso em 01 jan. 2020

SANCHES, Rafael Grecco et al. - Influência da variabilidade climática na produção canavieira na microrregião de São Carlos/SP no período de 1994 a 2014. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S.l.], v. 25, out. 2019. ISSN 2237-8642. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/59157>. Acesso em: 12 jan. 2020. doi:<http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v25i0.59157>.

SANTOS, B. C.; SOUZA, P. H.; VECCHIA, F. A. S. - A caracterização da precipitação do ano hidrológico de 2013-2014 na região de São Carlos/SP e sua repercussão no espaço geográfico. **Revista Brasileira de Climatologia**. Paraná. v. 21, n. 0, 15 set. 2017. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/51505>. Acesso em: 10 jul. 2021.

SANTOS, J. W. M. C. - **Clima e produtividade de soja nas terras de cerrado do sudeste de Mato Grosso**. 2002. 388f. Tese (Doutorado em Geografia). Pós-Graduação em Geografia Física, FFLCH-USP, Universidade de São Paulo, 2002.

_____. – 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;

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**. Amazonas. Edição Especial 2, v. 1, n. 5, p. 262-270, 2012.

SILVA, Daniela Fernanda da; PRELA-PANTANO, Angélica; SANT' ANNA NETO, João Lima. - Variabilidade da precipitação e produtividade agrícola na região do médio Paranapanema, SP. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S.l.], v. 3, aug. 2008. ISSN 2237-8642. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/25431>. Acesso em: 17 jul. 2021. doi:<http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v3i0.25431>.

SILVA, Esmeraldo David da. - Estudo da precipitação no estado de Minas Gerais-MG. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S.l.], v. 13, june 2014. ISSN2237-8642. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/33345/22585>. Acesso em: 18 jul. 2021. doi:<http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v13i0.33345>.

SOUZA, Dálisson de Oliveira et al. - Frequência de ocorrência de precipitação pluviométrica em Montes Claros-MG. **Agrarian**, Dourados, v. 11, n. 42, p. 337- 342, nov. 2018. ISSN 1984-2538. Disponível em: <http://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/4175>. Acesso em: 08 jan. 2020. doi:<https://doi.org/10.30612/agrarian.v11i42.4175>.

SOUZA, Paulo Henrique.; SANTOS, Bruno Cesar - A variabilidade climática no sul de minas gerais e sua influência na produção cafeeira – um estudo de caso. **Rev.**

Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros - Seção Três Lagoas/MS, Três Lagoas, n. 18, ano 10, nov. 2013.

TAVARES, A. C. - Critérios de escolha de anos padrões para análise rítmica. **Geografia**, n.1, v.1, Rio Claro, abril 1976, p.79-87.

THOMAZIELLO, R. A. *et al.* - **Café arábica: cultura e técnicas de produção**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2000. 82p.

TUCCI, C. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: UFRGS, 2001. 943 p.

XAVIER, Teresinha de Maria Bezerra Sampaio.; SILVA, Jose de Fcitima.; REBELLO, Expedito Ronald Gomes. - Técnica dos Quantis e suas aplicações em Meteorologia, Climatologia, Hidrologia, com ênfase para as regiões brasileiras. Brasília: Ed. Thesaurus, 2002. 140p.

ZAVATTINI, J. A. - A produção brasileira em climatologia: o tempo e o espaço nos estudos do ritmo climático. **Terra Livre** 20: 65-100. São Paulo, 2003.