GUSTAVO ZEN DE FIGUEIREDO NEVES

**DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DAS CHUVAS NO ESTADO DE
GOIÁS E DISTRITO FEDERAL: Dinâmica e aplicações nos
estudos rítmicos.**

São Carlos
2018

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA
ENGENHARIA AMBIENTAL

GUSTAVO ZEN DE FIGUEIREDO NEVES

DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DAS CHUVAS NO ESTADO DE
GOIÁS E DISTRITO FEDERAL: Dinâmica e aplicações nos estudos
rítmicos.

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental, da Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Doutor em Ciências.

Área de concentração: Ciências da Engenharia Ambiental

Orientador: Prof. Assoc. FRANCISCO ARTHUR DA SILVA VECCHIA

São Carlos
2018

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Dr. Sérgio Rodrigues Fontes da
EESC/USP com os dados inseridos pelo(a) autor(a).

N511d Neves, Gustavo Zen de Figueiredo
DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DAS CHUVAS NO ESTADO DE
GOIÁS E DISTRITO FEDERAL: dinâmica e aplicações nos
estudos rítmicos / Gustavo Zen de Figueiredo Neves;
orientador Francisco Arthur da Silva Vecchia. São
Carlos, 2018.

Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação e Área
de Concentração em Ciências da Engenharia Ambiental --
Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de
São Paulo, 2018.

1. Clima. 2. Precipitação. 3. Variabilidade . 4.
Mudança. 5. Ritmo. 6. Centro Oeste. 7. Cerrado. 8.
Geografia. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato: Geógrafo **GUSTAVO ZEN DE FIGUEIREDO NEVES**

NEVES, G. Z. F. **Distribuição geográfica das chuvas no Estado de Goiás e Distrito Federal: Dinâmica e aplicações nos estudos rítmicos**. 2018. 215p. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018.

Data da Defesa: 16/03/2018

Comissão Julgadora:

Resultado:

Prof. Associado **Francisco Arthur da Silva Vecchia**
(Orientador)
(Escola de Engenharia de São Carlos/EESC)

Aprovado

Prof. Associado **Frederico Fabio Mauad**
(Escola de Engenharia de São Carlos/EESC)

Aprovado

Prof. Associado **Luis Antonio Bittar Venturi**
(Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas/FFLCH-USP)

APROVADO

Prof. Dr. **Vandoir Bourscheidt**
(Universidade Federal de São Carlos/UFSCar)

Aprovado

Dr. **Evandro Gaiad Fischer**
(Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental/CETESB)

APROVADO

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental:

Prof. Associado **Frederico Fabio Mauad**

Presidente da Comissão de Pós-Graduação:
Prof. Associado **Luis Fernando Costa Alberto**

**À minha família pela educação e
aos professores pela formação.**

Dedico

AGRADECIMENTOS

- Ao Prof. Associado Francisco Arthur da Silva Vecchia, pela amizade, diálogos filosóficos e orientações de pesquisa;

- Aos amigos do Núcleo de Climatologia: Grace, Guto, Elis Dener, Núria, Sanches, Brússolo, Perussi, Bruno, Maurício, Isabela, Diego, Bárbara, Thiago e os técnicos André e Betão;

- Ao Prof. Valdir Specian e família pela amizade, confiança e todo o apoio em Iporá-GO;

- Aos amigos e colegas da *Happy Family* Guto, Valdir, Fabrício, Erick, Eleri, Carlos, Renato, Ricardo, Fábio, Rafael e Matheus pelo convívio e companheirismo;

- Aos colegas da Universidade Estadual de Goiás e da Pós-Graduação, pela oportunidade do profícuo convívio acadêmico e de pesquisa;

- Aos amigos pesquisadores do Grupo de Estudos da Localidade, da FFCLRP/USP, pela aprendizagem e conhecimento;

- Aos colegas da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA) pela colaboração e parceria acadêmica;

- À minha família de Curitiba por ter compreendido minha ausência nos anos que se passaram e que virão;

- À família de Ribeirão Preto, pelo suporte e confiança para eu pudesse seguir em frente;

- À mulher da minha vida, Carla, por acompanhar-me nos momentos difíceis, pela atenção, dedicação e amor.

São Carlos, verão de 2018.

Cidade de Iporá-GO, vista para o 'Morro do Macaco', primavera de 2013. Fonte: Arquivo pessoal.

*"O tempo é um drama em eterna representação, do qual somos o auditório
fascinado.*

*Com a atmosfera inferior como palco, o ar e a água como personagens
principais, e as nuvens como indumentária, os atos do tempo são apresentados
continuamente em algum lugar ao redor do globo.*

*O texto é escrito pelo sol; a produção é dirigida pela rotação da Terra; e, como
nenhuma cena de teatro é representada duas vezes da mesma maneira, cada
episódio do tempo é interpretado com ligeira diferença, cada um assinalado por
um traço de personalidade".*

Clyde Orr Jr em "Entre a Terra e o Espaço" (1966).

RESUMO

NEVES, G. Z. F. **Distribuição geográfica das chuvas no Estado de Goiás e Distrito Federal: Dinâmica e aplicações nos estudos rítmicos**. 2018. 215p. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018.

O objetivo deste trabalho foi de compreender a distribuição espaço-temporal das chuvas no Estado de Goiás e o Distrito Federal, e suas principais características quali-quantitativas no período de 1975 a 2015. A metodologia baseou-se no levantamento do referencial teórico-metodológico; obtenção dos dados; espacialização dos postos e de séries temporais consistentes; tratamento estatístico, análise da distribuição mensal da precipitação, dos eventos de extremos climáticos e a identificação de “anos-padrão”. Elaborou-se a climatologia das frentes frias e a representação cartográfica da distribuição das chuvas anuais e sazonais na área de estudo. Os resultados observados apontam para uma variabilidade e irregularidade da distribuição das chuvas entre a região norte de Goiás e valores ligeiramente mais reduzidos no sentido sudoeste do Estado de Goiás. Os mecanismos de precipitação são impostos pela atuação dos sistemas atmosféricos intertropicais. Ressalta-se ainda interação do Planalto Central Brasileiro na participação das chuvas locais ocasionadas pelos efeitos termodinâmicos de superfície e dos aglomerados convectivos locais provocados pela Zona de Convergência do Atlântico Sul. Destacam-se a importância na atualização do conhecimento climático do Estado de Goiás e Distrito Federal e as possibilidades que se ampliam para um futuro próximo.

Palavras-chave: Clima; Precipitação; Variabilidade; Mudança; Centro-Oeste.

ABSTRACT

NEVES, G. Z. F. **Geographic distribution of rains in the State of Goiás and Federal District: Dynamics and applications in rhythmic studies**. 2018. 215p. Thesis (Doctoral Degree in Environmental Engineering Sciences), São Carlos School of Engineering, University of Sao Paulo, Sao Carlos, 2018.

The objective of this work was to understand the spatial-temporal distribution of rainfall in the State of Goiás and the Federal District, and its main qualitative and quantitative characteristics from 1975 to 2015. The methodology was based on the survey of the theoretical-methodological reference; obtainment the data; spatialization of stations and consistent time series; statistical treatment, analysis of the monthly distribution of precipitation, climatic extreme events and the identification of "standard years". The climatology of the cold fronts and the cartographic representation of the annual and seasonal rainfall distribution in the study area were elaborated. The observed results point to a variability and irregularity of the rainfall distribution between the northern region of Goiás and slightly lower values in the southwest direction. Precipitation mechanisms are imposed by the performance of the atmospheric systems equatorials and intertropicals. It is also worth mentioning the interaction of the Brazilian Central Plateau in the participation of the local rains caused by the thermodynamic effects of the surface and of the local convective agglomerates caused by the Convergence Zone of the South Atlantic. The importance of updating the climatic knowledge of the State of Goiás and District and the possibilities that amplify for the near future.

Keywords: Climate; Precipitation; Variability; Change; Midwest.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Ordenamento das quadriculas pela qualidade da série histórica.....	76
Tabela 2: Intervalos de classe de precipitação e intensidade correspondente.	81
Tabela 3: Total de dias estudados por mês na série temporal de 41 anos (1975-2015).	82
Tabela 4: Índices de extremos climáticos baseados em dados de precipitação.	83
Tabela 5: Dados da população do Centro-Oeste.	95
Tabela 6: Relação entre os dias analisados e os dias que representaram valores de chuvas para as 40 quadriculas, na série temporal 1975-2015.	125
Tabela 7: Intervalos de classe de precipitação e intensidade correspondente.	132
Tabela 8: Descrição dos transectos A, B, C e D na área de estudo e adjacências. ..	136
Tabela 9: Tendências dos oito índices de extremos de precipitação.....	139
Tabela 10: Quantificação das passagens frontais.....	155
Tabela 11: Relação e características dos postos pluviométricos da área de estudo.	208

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Distribuição das universidades e centros de pesquisas públicos em Goiás e Distrito Federal.	24
Figura 2: Matriz Monteiriana.	34
Figura 3: Classificação climática do território Brasileiro	39
Figura 4: Classificação climática do Brasil, segundo Nimer (1979).	40
Figura 5: Isoietas médias anuais para o Centro-Oeste do Brasil.....	41
Figura 6: Classificação climática da América do Sul.	43
Figura 7: Classificação climática do Brasil e as influências das massas de ar.	44
Figura 8: Tentativa de classificação climática do Estado de São Paulo.	45
Figura 9: Circulação atmosférica da Região Centro-Oeste do Brasil.....	47
Figura 10: Classificação climática para o Estado do Mato Grosso do Sul.	48
Figura 11: Mapa de tipologias climáticas do Rio Grande do Sul de base genética e dinâmica	49
Figura 12: Distribuição habitual das chuvas anuais na bacia hidrográfica do rio Paraná no período de 1976 a 2005.....	50
Figura 13: Pluviosidade média anual para os cerrados.....	52
Figura 14: Classificação climática de Köppen-Geiger para o Estado de Goiás e o Distrito Federal.	53
Figura 15: Síntese da participação dos sistemas atmosféricos no Mato Grosso.....	54
Figura 16: Normais climatológicas 1961-1990.	57
Figura 17: Precipitação média acumulada do Estado de Goiás e Distrito Federal.	58
Figura 18: Projeto Atlas Pluviométrico do Brasil – 1977 a 2006.	59
Figura 19: Regionalização de ciclos anuais de precipitação na América do Sul, divididos em 8 regimes.	64
Figura 20: Ilustração pictórica dos sistemas atmosféricos atuantes no verão na América do Sul.	65
Figura 21: Imagens de satélite.....	69
Figura 22: Cartas sinóticas.	70
Figura 23: Distribuição das 46 quadrículas que recobrem toda a área de estudo.	71

Figura 24: Redistribuição das 40 quadrículas que recobrem a área de estudo e a adição dos postos pluviométricos.....	72
Figura 25: Quadrículas e postos pluviométricos utilizados na pesquisa.....	75
Figura 26: Qualidade dos dados da série temporal 1975-2015.....	77
Figura 27: Rotina de acesso, aquisição e tratamento dos dados pluviométricos.....	79
Figura 28: Limites para variação do CV para a definição dos anos padrão.....	80
Figura 29: Escala coroplética com os intervalos de classe.....	81
Figura 30: Legenda da porcentagem mensal de precipitação e o mês mais seco.....	82
Figura 31: Localização dos transectos com base nas compartimentações geomorfológicas.....	84
Figura 32: Carta sinótica e morfologia do ciclone.....	86
Figura 33: Distribuição das estações meteorológicas no Estado de Goiás e DF.....	90
Figura 34: Área de cobertura dos radares meteorológicos sobre o Estado de Goiás e o Distrito Federal.....	92
Figura 35: Distribuição das estações pluviométricas no Estado de Goiás e DF.....	93
Figura 36: Total anual das 40 quadrículas da série histórica 1975-2015.....	104
Figura 37: Precipitação média mensal do período 1975-2015.....	107
Figura 38: Resultado da validação cruzada dos métodos IQD, KRIG e RMSE para a série temporal média de 1975-2015.....	109
Figura 39: Comparação do percentual mensal de precipitação para os meses de abril e outubro na área de estudo.....	127
Figura 40: Porcentagem de precipitação mensal da série temporal 1975-2015 para o estado de Goiás e o Distrito Federal.....	129
Figura 41: Porcentagem de precipitação para o trimestre J-J-A da série temporal 1975-2015 para o estado de Goiás e o Distrito Federal.....	131
Figura 42: Histogramas de frequência pluviométrica anual da série histórica 1975-2015.....	134
Figura 43: Localização dos transectos A, B, C e D e o perfil altimétrico correspondente.....	137
Figura 44: Índice de Rx1dia para os transectos A, B, C e D.....	140
Figura 45: Índice de Rx5dias para os transectos A, B, C e D.....	141

Figura 46: Índice de R50mm para os transectos A, B, C e D.	142
Figura 47: Índice de R95p para os transectos A, B, C e D.	143
Figura 48: Índice de R99p para os transectos A, B, C e D.	144
Figura 49: Índice de DCS para os transectos A, B, C e D.	146
Figura 50: Índice de DCC para os transectos A, B, C e D.	147
Figura 51: Índice de PRECPTOT para os transectos A, B, C e D.	148
Figura 52: Cartas sinóticas da Marinha do Brasil (A; B).	150
Figura 53: Cartas sinóticas da Marinha do Brasil (A; B; C; D).	153
Figura 54: Acumulado anual dos registros frontais na área de estudo.	156
Figura 55: Comparação de episódio da carta sinótica e imagem GOES em 12/05/2015.	157
Figura 56: Comparação de episódio da carta sinótica e imagem GOES em 14/06/1983.	158
Figura 57: Comparação de episódio da carta sinótica e imagem GOES em 14/11/1983.	159
Figura 58: Exemplo de validação cruzada dos métodos IQD e KRIG, RMSE e r^2 para o ano de 1975.	169
Figura 59: Teste de interpolação entre os métodos IQD e KRIG para 1975.	169
Figura 60: Ano Padrão Habitual – quadrimestre 2010.	177
Figura 61: Ano Padrão Chuvoso – quadrimestre 2009.	181
Figura 62: Ano Padrão Seco – quadrimestre 2015.	185
Figura 63: Pluviogramas de distribuição mensal de precipitação nos anos de 2009, 2010 e 2015.	188
Figura 64: Análise hierárquica por pares recíprocos da série temporal 1975-2015 ...	215

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Geologia e compartimentações topográficas do Estado de Goiás e do Distrito Federal.	101
Quadro 2: Total anual de precipitação 1975-2015.	111
Quadro 3: Precipitação total de Primavera 1975-2015.....	114
Quadro 4: Precipitação total de Verão 1975-2015.	117
Quadro 5: Precipitação total de Outono 1975-2015.	120
Quadro 6: Precipitação total de Inverno 1975-2015.	123
Quadro 7: Sobreposição das frentes frias anuais para o Estado de Goiás e o Distrito Federal.	161
Quadro 8: Distribuição dos coeficientes de variação anual (1975 - 2015) do Estado de Goiás e D. F.	164
Quadro 9: Distribuição dos coeficientes de variação por sazonalidade verão-primavera e outono-inverno (1975 - 2015) do Estado de Goiás e D. F.	167
Quadro 10: Coeficientes de variação da série temporal 1975-2015.	172

LISTA DE SIGLAS

'<' - Menor que

'>' - Maior que

'≤' Menor que

°C - Grau Celsius

A - Abril

A' - Agosto

AB - Alta da Bolívia

ANA - Agência Nacional de Águas

ASAS - Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul

BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa

CCM - Complexos Convectivos de Meso Escala

CDSA - Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido

CELG - Companhia Energética de Goiás

CEMADEN - Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais

CF - Convergência Frontal

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

CPTEC - Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos

CV - Coeficiente de Variação

D - Dezembro

DCC - Dias Consecutivos Chuvosos anuais

DCS - Dias Consecutivos Secos anuais

DECEA - Departamento de Controle do Espaço Aéreo

DF - Distrito Federal

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

ESSE - lés-sudeste

ETCCDMI - *Expert Team on Climate Change Detection, Monitoring and Indices*

F - Fevereiro

FAB - Força Aérea Brasileira

FF - Frente Fria

Ga - Bilhões de anos

GIBBS - *Global ISCCP B1 Browse System*

GO - Goiás

GOES - Geoestacionário

h - Horas

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IF GOIANO - Instituto Federal Goiano

IFG - Instituto Federal de Goiás

INE - Instabilidades de Norte-Nordeste

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

INW - Instabilidade de Norte e Noroeste

IPMET - Instituto de Pesquisas Meteorológicas

IQD - Inverso do Quadrado da Distância

IR - *Infrared*

ISCCP - *The International Satellite Cloud Climatology Project*

IT - Instabilidade Tropical

J - Janeiro

J' - Julho

J'' - Junho

JBN - Jatos de baixos níveis

Km² - Quilômetros quadrados

KRIG - Krigagem

M' - Maio

M - Março

m - Metros

m. a. n. m - Metros acima do nível do mar

Ma - Milhões de anos

MEA - Massa Equatorial Atlântica

MEC - Massa Equatorial Continental

MG - Minas Gerais

mm - Milímetros

MPA - Massa Polar Atlântica

MPV - Massa Polar Velha

MS - Mato Grosso do Sul

MTA - Massa Tropical Atlântica

MTA - Massa Tropical Atlântica

MTC - Massa Tropical Continental

N - Novembro

NCDC - National Climate Data Center

NE - Nordeste

NEB - Nordesde Brasileiro

NOAA - *National Oceanic and Atmospheric Administration*

NW - Noroeste

O - Outubro

OMM - Organização Meteorológica Mundial

PCD - Posto de Coleta de Dados

PR - Paraná

PRCPTOT - Precipitação Total Anual

Q - Quadrícula

r² - Coeficiente de determinação

R50mm - Número de dias, em um ano, com precipitação superior à 50 mm

R95p - Dias muito chuvosos anuais

R99p - Dias extremamente chuvosos anuais

REDEMET - Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica

RMG - Região Metropolitana de Goiânia

RMSE – *Root Mean Square Error*

ROL - Radiação de Onda Longa

Rx1dia - Quantidade máxima de precipitação em um dia

Rx5dias - Quantidade máxima de precipitação em cinco dias consecutivos

S' - Setembro

S - Sul

SAM - Sistema Amazônico

SAR - Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos

SE - Sudeste

SEGPLAN - Secretaria de Gestão e Planejamento do Estado de Goiás

SIMEHGO - Sistema de Meteorologia e Hidrologia de Goiás

SPC - Sistema Polar Continentalizado

T - Transecto

TAC - Tropical Atlântico Continentalizado

TCC - Tropical Continental Convectivo

TCS - Tropical Continental com Subsidência

UEG - Universidade Estadual de Goiás

UFG - Universidade Federal de Goiás

UNB - Universidade de Brasília

UNESP - Universidade Estadual Paulista

UTM – Universal Transversa de Mercator

VCAN - Vórtice Ciclônico de Altos Níveis

W - Oeste

WNW - Oeste-Noroeste

ZCAS - Zona de Convergência do Atlântico Sul

ZCIT - Zona de Convergência Intertropical

ZCOU - Zona de Convergência de Umidade

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	22
1.1 Estrutura da tese	25
1.2 Hipótese de trabalho	26
1.3 Objetivo Geral	27
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	28
2.1 A Escola Brasileira de Climatologia: antecedentes históricos à matriz 'Monteiriana'	29
2.2 Características pluviométricas e climáticas.....	35
2.2.1 O caráter Regional.....	35
2.2.2 O caráter dinâmico dos climas do Brasil.....	37
2.2.3 Sistemas atmosféricos e massas de ar atuantes.....	60
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	67
3.1 Materiais	67
3.1.1 Referencial teórico-metodológico.....	67
3.1.2 Obtenção dos dados.....	67
3.2 Métodos adotados.....	70
3.1.3 Espacialização dos postos e de séries temporais consistentes.....	70
3.1.4 Análise e manipulação dos dados	77
3.1.5 Tratamento estatístico	79
3.1.5.1 Anos-Padrão.....	79
3.1.5.2 Distribuição mensal da precipitação e pluviogramas	81
3.1.5.3 Índices de eventos climáticos extremos.....	83
3.1.6 Climatologia das linhas frontais	85
3.1.7 Dinâmica atmosférica e representação cartográfica	86
4 ÁREA DE ESTUDO	87
4.1 Os Cerrados.....	87
4.2 Rede de estações meteorológicas e pluviométricas na área de estudo .	88
4.3 Povoamento e urbanização	93
4.4 Compartimentações Geológicas do Estado de Goiás, Distrito Federal e adjacências	95
4.5 Geomorfologia e topografia do Estado de Goiás e Distrito Federal	97

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	102
5.1 Variabilidade anual das chuvas em Goiás e no Distrito Federal	102
5.2 Variabilidade sazonal das chuvas em Goiás e no Distrito Federal	112
5.3 Distribuição mensal da precipitação na área de estudo	124
5.4 Índices de extremos climáticos	135
5.5 Climatologia de linhas frontais sobre a área de estudo	149
5.6 A escolha dos anos-padrão	173
5.6.1 O ano-padrão habitual de 2010	173
5.6.2 O ano-padrão chuvoso de 2009	177
5.6.3 O ano-padrão seco de 2015	181
5.7 Curso anual das precipitações nos anos-padrões	185
6 CONCLUSÕES	190
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	195
APÊNDICE A	207
APÊNDICE B	214

1 INTRODUÇÃO

Os estudos sobre a dinâmica climatológica apresentam grandes lacunas no que tange à gênese e a distribuição das chuvas na região Centro-Oeste do Brasil. A vasta extensão territorial do Centro-Oeste, localizada na porção central do continente sul-americano, continua por merecer maiores e melhores análises climatológicas, principalmente por apresentar características específicas de circulação atmosférica em área de transição entre os climas tropicais continentais e os climas equatoriais continentais.

Sabe-se que a observação da distribuição das chuvas, durante um longo período, coloca em evidência as irregularidades do ritmo climático atual, pois permite constatar períodos muito chuvosos revezando-se com outros de severa estiagem. Tal distribuição deve ser analisada sob os aspectos quantitativo (diferentes volumes de precipitação) e qualitativo (padrões de distribuição pluviométrica e respectivos ritmos), sendo de suma importância para a explicação da natureza e cadência das atividades humanas Zavattini (2009, p. 12).

Segundo Conti (1975), o estudo da chuva é particularmente atraente, devido a dependência em que nos encontramos desse fenômeno, sendo um dos elementos climáticos mais importantes no que se refere à sobrevivência da sociedade humana.

Um dos fatores essenciais para manutenção da nossa sociedade, a produção de alimentos, está intimamente relacionado com distribuição das chuvas no espaço e no tempo cronológico. Além disso, as populações humanas podem experimentar situações variadas no que se refere à disponibilidade e distribuição das chuvas (secas e enchentes) que interferem e influenciam na organização espacial.

As pesquisas climatológicas no Brasil têm como base a considerável contribuição de Monteiro (1962, 1964, 1969, 1971, 2000) à Climatologia Geográfica Brasileira. Contudo, os estudos climáticos realizados nas últimas três décadas, principalmente aqueles relacionados à precipitação pluviométrica concentram-se apenas em algumas das regiões brasileiras, sobretudo nas regiões Sul, Sudeste, Norte e Nordeste (ZAVATTINI, 2000).

O processo de ocupação do Centro-Oeste, acelerado a partir da década de 1960 com a construção de Brasília e a implantação de rodovias, o crescente interesse agrícola pelo “cerrado” desde os anos 1970, a divisão do estado de Goiás e Tocantins e a maior dinamização econômica da chamada “marcha para oeste” trouxeram uma agressão ao ambiente, tornando fundamental o conhecimento de seus fatores naturais e antrópicos. Frequentemente, ele também se ocupa dos fatos climáticos correlatos (enchentes, estiagens, chuvas torrenciais, geadas), com destaque para as chuvas e suas implicações nas atividades humanas.

O Distrito Federal e, principalmente, o Estado de Goiás destacam-se no cenário agropecuário nacional e internacional pela alta capacidade de produção agrícola. A região é líder na produção graneleira nacional, sendo responsável por 45% da produção nacional em 2012. Só a safra da soja resultou em mais de 35 milhões de toneladas, ou 53% da produção total – segundo a Estatística da Produção Agrícola (IBGE, 2012). Além disso, a região é líder no abate bovino, com quase 40% do abate total em peso (IBGE, 2012).

Sua localização geográfica é estratégica do ponto de vista político para a integração interestadual e inter-regional. É limítrofe com os Estados de Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Tocantins, Bahia e o próprio Distrito Federal. Somado a isso, a região que oferta os acessos terrestres às regiões Norte e Centro-Oeste do Brasil. É considerada como o eixo de integração entre as demais regiões políticas e administrativas da Federação.

O Estado de Goiás e o Distrito Federal contam com uma variedade de Universidades e Institutos de pesquisas públicos, somando mais de 70 campi universitários e sedes de pesquisas, como a Universidade de Brasília (UnB), a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Universidade Federal de Goiás (UFG), Instituto Federal de Goiás (IFG) e Instituto Federal Goiano (IF Goiano) e Universidade Estadual de Goiás (UEG) (Figura 1).

Figura 1: Distribuição das universidades e centros de pesquisas públicos em Goiás e Distrito Federal.

Fonte: UFG, IFG, IF Goiano, UEG, UnB e EMBRAPA (2015). Sobre base cartográfica GGM/SIC (2006). Elaborado pelo autor (2018).

Ademais, a motivação da presente pesquisa justifica-se em razão deste autor ter atuado como docente da Universidade Estadual de Goiás, no campus universitário de Iporá (região Oeste do Estado de Goiás), nos cursos de Geografia e Ciências Biológicas, no biênio 2014-2015, coordenando o projeto de extensão universitária intitulado “*Monitoramento da estação meteorológica da UEG Iporá*” com o levantamento e tratamento de postos pluviométricos do Estado de Goiás, e supervisionando atividades discentes por meio de bolsas de iniciação científica concedidas pela Pró-Reitoria de Graduação (programa de ações extensionistas) da referida Universidade.

Assim, destacam-se a importância na atualização do conhecimento climático do Estado de Goiás e Distrito Federal e as possibilidades que se ampliam para um futuro próximo. Essas novas demandas e necessidades atreladas aos ramos econômicos, agropecuários, comerciais, serviços, crescimento da população urbana e rural conduzem a uma maior aproximação desses setores com institutos de pesquisa e ensino.

O estudo sobre a distribuição geográfica das chuvas na região central do Brasil poderá indicar uma variabilidade climática capaz de embasar e estimular novos estudos para regiões intertropicais brasileiras, alicerçada sobre o Planalto Central Brasileiro, tendo a paisagem como a síntese dos processos interativos do bioma de cerrado, dividindo três grandes bacias hidrográficas da América do Sul: Rio Paraná, Rio São Francisco e Rios Araguaia e Tocantins.

1.1 Estrutura da tese

A tese está estruturada em seis seções. A primeira apresenta a hipótese e os objetivos da pesquisa.

Na Seção 2 apresenta-se a revisão bibliográfica fundamental com a menção dos principais autores nas áreas de Climatologia Dinâmica e Meteorologia; outros trabalhos recentes colhidos em periódicos indexados nacionais e internacionais, como também teses e dissertações elaboradas nos principais centros de pesquisa e Programas de Pós-Graduação Brasileiros sobre a temática central em questão.

A Seção 3 discute-se a metodologia adotada para a realização do trabalho, detalhando os procedimentos adotados na pesquisa.

A Seção 4 exhibe um panorama sobre a área de estudo, ressaltando a importância das diferentes fisionomias do cerrado. Sinteticamente, ilustra-se a evolução da rede de observação e distribuição dos postos pluviométricos sobre a área de interesse, além dos aspectos geológicos e geomorfológicos de Goiás e Distrito Federal.

Na Seção 5, apresentam-se os resultados e discussões sobre o regime climático, seco e chuvoso, do centro-oeste do Brasil. Discute-se a distribuição espaço-temporal das chuvas nos períodos anual, semestral e a sazonalidade de verão, outono, inverno e primavera.

Soma-se ainda, o emprego de ferramentas estatísticas e geoestatísticas para avaliar a quantidade sazonal e mensal de precipitação e os índices climáticos extremos em diferentes compartimentações topográficas da área de estudo. Desenvolveu-se uma climatologia das linhas frontais sobre o estado de Goiás e Distrito Federal, com a escolha dos anos habituais e excepcionais, aos olhos do ritmo climático.

Na Seção 6, apresentam-se as conclusões da presente tese de doutoramento indicando a distribuição das chuvas e relações com as compartimentações topográficas, como também as diferentes intensidades de precipitação, índices climáticos, frentes frias e nos anos-padrões excepcionais e habituais.

1.2 Hipótese de trabalho

Os estudos realizados pela Climatologia Geográfica e Meteorologia sobre a distribuição pluviométrica são escassos no Centro-Oeste do Brasil, principalmente o Estado de Goiás e Distrito Federal.

Apesar de, nas últimas três décadas, o arcabouço teórico e metodológico ter passado por uma grande evolução sobre a realidade climática das regiões brasileiras, os trabalhos apresentam diferentes objetivos, escalas espaciais e temporais sobre a dinâmica das chuvas, tendo como base os estudos de Monteiro (1951, 1963, 1971); Strahler (1951); Nimer (1979, 1989); Zavattini (1990); Assad (1994); Sette (2000); Barros (2003); Steinke (2004); Vera et al (2006); Cavalcanti et al (2009); Reboita et al (2010); Cardoso et al (2014); Hiera (2016) e Nascimento (2016).

Diante de tais trabalhos, entende-se que a região Centro-Oeste do Brasil é o palco de transição e deslocamento de sistemas atmosféricos equatoriais, tropicais e, por vezes, extratropicais, tornando indispensável demonstrar a influência e a gênese das precipitações sobre um território tão heterogêneo. Portanto, como hipótese argumenta-se que a análise de séries temporais de precipitação consistentes seja capaz de oferecer subsídios sobre os diferentes regimes e variações das chuvas no tempo e no espaço, tanto para uma região de complexa compreensão climática, quanto pela variabilidade pluviométrica sazonal e anual.

1.3 Objetivo Geral

Compreender e estabelecer a distribuição espaço-temporal das chuvas no Estado de Goiás e o Distrito Federal, e as principais características qualitativas do fenômeno pluviométrico no período de 1975 a 2015.

Para garantir a validação desta hipótese foram propostos os seguintes **objetivos específicos**:

- Conhecer os aspectos climáticos regionais a partir da revisão da literatura específica;
- Adquirir, analisar e consistir os dados pluviométricos em séries temporais longas;
- Verificar o regime das chuvas em pontos selecionados da área de estudo;
- Definir os anos-padrões (seco, chuvoso e habitual) dentro do período de 1975 a 2015;
- Representar cartograficamente a distribuição espacial e temporal das chuvas no Estado de Goiás e Distrito Federal, por meio de ferramentas de mapeamento geoestatístico;

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

É inegável que o conhecimento humano sobre o clima passou e ainda vem passando por grandes e importantes transformações. Atualmente, com os incrementos e avanços da tecnologia, um vasto número de recursos tecnológicos é oferecido e pode ser utilizado em estudos e/ou pesquisas em diversos âmbitos da ciência, e a Climatologia Geográfica não fogem desta realidade.

A mera existência e sobrevivência da raça humana estão intimamente associadas à sua capacidade de adaptação frente aos fenômenos atmosféricos (PRADELA, 2014, p. 53).

Compreender a história do nascimento da Climatologia no Brasil é importante neste momento para que se possa entender o contexto em que foram feitos os estudos precursores dos climas no Brasil, seus objetivos, escalas e avaliar a sua validade para cada momento histórico.

É relevante, também como justificativa para a necessidade de um trabalho mais atualizado que supra as demandas atuais e preencha algumas lacunas, particularmente no que se refere a uma análise articulada dos elementos climáticos em escala regional. Chamamos atenção que para fazer este levantamento foram utilizadas as obras do Professor João Lima Sant'Anna Neto (2001, 2003 e 20015); a obra "A construção da Climatologia Geográfica no Brasil, lançada no início de 2015 pelo Professor Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro conjuntamente dos notórios Professores Francisco Mendonça, João Afonso Zavattini e João Lima Sant'Anna Neto.

A despeito de evidenciar um rigor bibliográfico e histórico da climatologia mundial e do Brasil, destacamos o trabalho de Pradella (2014) sobre o estudo e compreensão dos tipos de tempo e da climatologia ao longo dos séculos, mas por orientação da banca de qualificação da presente tese de doutoramento nos reservamos a ilustrar apenas a trajetória da climatologia brasileira, evitando perder a objetividade da revisão bibliográfica. Mais detalhes podem ser adquiridos em Neves, Gallardo e Vecchia (2017).

2.1 A Escola Brasileira de Climatologia: antecedentes históricos à matriz 'Monteiriana'

A climatologia no Brasil teve sua origem nas ciências naturais apoiada nas concepções humboldtianas e nos pressupostos sistemáticos de natureza regional. Esse enfoque esteve presente nas descrições detalhadas feitas por viajantes e naturalistas europeus que percorreram as terras brasileiras na primeira metade do século XIX (SANT'ANNA NETO, 2001).

O marco histórico para o nascimento da climatologia no Brasil foi a reorganização do Observatório Astronômico do Rio de Janeiro em 1871 e a criação da Repartição Central Meteorológica do Ministério da Marinha em 1888. A partir deste momento é que se inicia a fase científica das ciências atmosféricas no país (SANT'ANNA NETO, 2001, p. 51).

Observa-se que no final do século XIX e início do século XX não havia cursos superiores de Geografia no Brasil, que somente foram implantados em 1934 nas Universidades de São Paulo e do então Distrito Federal (RJ). Os estudos geográficos eram estabelecidos a partir dos modelos europeus. Três obras são consideradas pioneiras sobre climatologia do Brasil, foram: "*Esboço da Climatologia do Brazil*" de Henrique Morize (1889), "*O Clima do Brazil*" de Frederico Draenert (1896) e "*Metéorologie du Brésil*" de Delgado de Carvalho (1917). Essas obras têm o caráter do pioneirismo por tratarem do clima do Brasil em toda a sua extensão territorial, em busca de uma síntese e preocupações com a proposta de classificação, em sintonia com os pressupostos traçados por Hann (SANT'ANNA NETO, 2003; 2015):

Da obra de Hann advém a primeira definição de tempo e clima, que por décadas, foi utilizada como a conceituação dominante nos meios científicos mundiais. Hann assim os definia: 'Pela palavra clima queremos significar a sùmula dos fenômenos meteorológicos que caracterizam a condição média da atmosfera em qualquer lugar da superfície terrestre' (apud MORIZE, 1922, p.7). E para tempo, apresentava a seguinte definição: 'O que chamamos tempo é somente uma fase da sucessão dos fenômenos, cujo ciclo completo, reproduzindo-se com maior ou menor regularidade em cada ano, constitui o clima de qualquer localidade' (Ibidem, p. 11).

Nas primeiras décadas do século XX várias tentativas de se identificar os sistemas produtores dos tipos de tempo foram realizadas, contudo foram os estudos de Adalberto Serra (1938) e Leandro Ratisbona, a partir dos anos 1930, que ampliaram o conhecimento sobre a circulação atmosférica do continente sul-

americano, incorporando os novos paradigmas da meteorologia sinótica (Idem, 2001 e 2003):

Nesta mesma época, com a criação do Conselho Nacional de Geografia (IBGE), mais precisamente entre as décadas de 1940 e 1950, inicia-se uma das fases mais produtivas da climatologia brasileira, com os estudos de Fábio Soares Guimarães (1945), Gilberto Osório de Andrade (1952) e Salomão Serebrenick (1942) que produziram as primeiras obras de síntese sobre o clima do Brasil, no âmbito da ciência geográfica. Seus estudos foram, mais tarde, continuados por Lysia Bernardes (1951 e 1953) e resultaram na primeira classificação oficial dos climas regionais brasileiros (SANT'ANNA NETO, 2001, p. 52).

A partir dos anos 1960, a climatologia brasileira desdobra-se em três grandes setores da ciência: na Geografia, nas ciências agrônômicas e na Meteorologia. Esta secção se deve à necessidade de aprofundamento do estudo de seus elementos constituintes e a diversidade temática exigida pelo grau de desenvolvimento científico e tecnológico. Na Geografia, mais precisamente, a Climatologia adota o enfoque dinâmico, calcada no paradigma do ritmo:

No âmbito da Geografia, o enfoque dinâmico e suas relações com a organização do espaço é tratado nas obras de Linton de Barros (1957), de Edmon Nimer (1966), e, principalmente Carlos Augusto Figueiredo Monteiro (1962, 1964, 1969, 1971 e 1973), cuja interpretação dos novos paradigmas elaborados por Maximilien Sorre (1943) e na Crítica da abordagem de Pierre Pédélaborde (1959), propõe um novo paradigma para a climatologia Geográfica no Brasil, a partir da noção de ritmo (SANT'ANNA NETO, 2003, p. 7).

Com o fim da Segunda Guerra Mundial, inicia-se um movimento de renovação da Geografia, principalmente na França, onde são propostos novos paradigmas para a Climatologia que rompem com os conceitos de tempo e clima elaborados por Julius Hann. Max Sorre fundamenta sua crítica no caráter estático, separativo e descritivo da climatologia praticada até aquele momento. Na obra, *Traité de Climatologie Biologique et édicale*, Sorre aponta a insuficiência do conceito de clima elaborado por Hann:

Durante o último meio século, estivemos presos à definição de Hann, o estado médio da atmosfera sobre um lugar, mais exatamente 'o conjunto dos fenômenos meteorológicos que caracterizam a condição média da atmosfera em cada lugar da terra'. Esta definição é simples e cômoda. Ela marca bem o caráter local desta combinação de elementos meteorológicos que compõem o clima. Porém, é insuficiente sob dois pontos de vista. Corresponde a uma média, isto é, a uma abstração inteiramente destituída de realidade e conduz a um abuso das médias aritméticas para caracterizar os elementos do clima. Apresenta, em segundo lugar, um caráter estático, artificial, porque não menciona o desenvolvimento dos fenômenos no tempo. Ora, o ritmo é um dos elementos essenciais do clima (SORRE, 2006, p. 90).

A definição proposta por Sorre leva em consideração o fator tempo (duração). Para ele, clima constitui a série de estados atmosféricos sobre um determinado lugar em sua sucessão habitual.

Cada um desses estados caracteriza-se pelas suas propriedades dinâmicas e estáticas da coluna atmosférica, composição química, pressão, tensão dos gases, temperatura, grau de saturação, comportamento quanto aos raios solares, poeiras ou matérias orgânicas em suspensão, estado do campo elétrico, velocidade de deslocamento das moléculas, etc. É o que a linguagem comum designa sob o nome de tempo. A palavra tempo corresponde, portanto, a uma combinação complexa, na qual, conforme o caso, um ou outro dos elementos que acabamos de enumerar desempenham um papel preponderante. Dizemos que o tempo é quente, seco, chuvoso ou calmo. Porém, a temperatura, a pressão, o estado elétrico, etc. só podem ser isolados por um artifício de análise. A noção de tempo, e por consequência, a noção de clima, são noções sintéticas (Ibidem, p. 90).

Entre os estados atmosféricos que se sucedem, há os que se distanciam consideravelmente dos estados que se repetem em intervalos muito distanciados, não havendo nenhuma regra que permita lhes prever a ocorrência (...). Não se pode, racionalmente, fazê-los entrar na noção de clima; os valores correspondentes ao que se chamam em meteorologia extremos absolutos, devem ser manejados com muita discrição e prudência. Postos de lado esses extremos excepcionais, todos os outros, os extremos que se aproximam dos tipos médios, entram na definição de clima local.

Da mesma forma que o tempo - no sentido meteorológico - é um estado singular da atmosfera, o clima local é uma combinação singular, irreduzível. Não há talvez, no globo, dois pontos cujos climas sejam idênticos. Porém, a ação dos fatores do clima revela uma generalidade suficiente para que tenhamos praticamente o direito de considerar, sobre os climas locais, os climas regionais. A noção de clima regional é uma etapa do caminho da abstração. Pode-se, portanto, legitimamente, falar de climas regionais, ou, se quisermos, de regiões climáticas, e, dessa forma, somos levados a introduzir a ideia de limite climático, tão importante para a biogeografia. Essa ideia tem sido frequentemente concebida e utilizada sem espírito de medida. Não se encontra limite climático linear - se é que se encontra - a não ser em casos muito raros, como o de um obstáculo montanhoso normal ao sentido de propagação de influências climáticas. Regra geral, há zonas limites, manchas, onde se fazem e se desfazem combinações de elementos característicos de regiões climáticas em contato. Nessas zonas muito variadas, combinações fortuitas de fatores podem fazer reaparecer localmente um ou outro clima das vizinhanças em toda a sua pureza. (Ibidem, p. 90-91).

Para este autor, *“o ritmo exprime não mais a distância quantitativa dos valores sucessivos, mas o retorno mais ou menos regular dos mesmos estados”* (MONTEIRO, 1976, p. 26).

Pédelaborde, autor francês bastante importante nos estudos da Climatologia, compartilha do paradigma sorreano apenas na concepção

dinâmica, em que os elementos climáticos devem ser analisados em sua interação. Ressalta dizendo o que importa, é a maneira como este complexo manifesta-se, o quadro que ele realiza e a ação fisiológica que exerce. O que importa, também, são as condições atmosféricas que determinam este complexo (PÉDELABORDE, 1970).

Pédelaborde atribui “à escala regional o maior interesse para o geógrafo, pois ela realizaria o ‘máximo de generalidade compatível com o máximo de verdade concreta’, enquanto o clima local seria ‘um fato acidental que mascara as causas profundas’” (MONTEIRO, 1976, p.27).

Foi nesse contexto da escola francesa de Geografia que Maximilien Sorre, considerado como o que mais avançou em termos de formulações a partir da região como categoria de análise, propôs que a Geografia deveria estudar as formas pelas quais os homens organizam o meio, entendendo o espaço como sua morada (SANT’ANNA NETO, 2015, p. 43).

Sorre, ao propor uma revisão conceitual que substituísse as definições de tempo e clima a partir de parâmetros estatísticos médios, esclarecia:

As definições clássicas dão importância exagerada à noção de valores médios. Propusemos substituí-lo por uma fórmula mais diretamente usável pelos biólogos: o clima, num determinado local, é a série de estados da atmosfera, em sua sucessão habitual. E o tempo que faz nada mais é do que cada um desses estados considerado isoladamente. Essa definição reserva o caráter sintético da noção de clima, enfatiza seu aspecto local e, ao mesmo tempo, evidencia o caráter dinâmico do clima, introduzindo as ideias de variação e de diferenças incluídas nas de sucessão (Sorre, 1951, p. 32).

Esse conceito “sorreano” de clima partiria da concepção, proposta por Ward (1914), de totalidade dos tipos de tempo sobre um determinado lugar, porém, acrescentando esse conceito genético a noção de ritmo e de sucessão. Sorre não desconsiderava os valores médios, segundo ele seriam fundamentais para as análises de variabilidade climática, pois “*a ação de um fator não depende apenas de sua intensidade atual, mas do caráter mais ou menos repentino de sua aparição (limite diferencial), de sua frequência e de sua duração, características estas inclusas na ideia de variabilidade*” (Sorre, 1951).

Sant’Anna Neto (2015, p. 45) ressalta que o mais interessante das concepções sorreanas é que, sem ter realizado qualquer estudo empírico sobre a climatologia, sua obra se concentrou apenas na discussão teórica, contudo Sorre captou a essência do caráter dinâmico e genético do clima. Muitos

estudiosos consideram Max Sorre o mentor intelectual da climatologia eminentemente geográfica.

Na década de 1950, quando estagiou na França (Sorbone), Monteiro tomou conhecimento dos pressupostos teóricos de Sorre e as reflexões suscitadas por esse contato apareceram em seus primeiros trabalhos (MONTEIRO, 1962,1963,1964). Pouco antes, na França, Pierre Pédélaborde (1957,1959) propôs o método sintético das massas de ar, interessado na elaboração de um conjunto de técnicas que permitisse a definição dos tipos de tempo encarados em sua totalidade, demonstrando menor interesse pela questão do ritmo. Enquanto Pédélaborde se preocupava com a totalidade dos tipos de tempo, Monteiro se interessava mais pelo mecanismo do encadeamento sequencial desses tipos, ou seja, pelo ritmo.

Desta forma o autor elaborou um conjunto de procedimentos com a certeza de que o funcionamento do ritmo, analisado a partir do encadeamento dos tipos de tempo, na escala diária, seria a única estratégia possível de compreender os mecanismos atmosféricos e o papel do clima como fenômeno geográfico e suas interferências nas atividades humanas e nos arranjos espaciais (SANT'ANNA NETO, 2015) (Figura 2).

As fundamentações teóricas estabelecidas pelo autor pressupõem um conceito de ritmo como:

expressão da sucessão habitual dos tipos de tempo que conduz, implicitamente, ao conceito de habitual pois que há variações e desvios que geram diferentes graus de distorções até atingir padrões extremos. Saber o que se entende por ano seco e ano chuvoso conduz a uma lenta tarefa de revisão, até que se possa optar por uma norma mais conveniente aos nossos propósitos (Monteiro, 1971, p. 4).

Admite-se que “a primeira aproximação válida para este conceito de ritmo advém das variações anuais percebidas através das variações mensais” Monteiro, 1971. Contudo, não se chegaria a noção de ritmo, pois exige-se uma decomposição cronológica em unidades menores, em nível diário (até horário) para poder compreender a contínua sucessão dos estados atmosféricos.

Para Monteiro:

somente através da representação concomitante dos elementos fundamentais do clima em unidades de tempo cronológico pelo menos diárias, compatíveis com a representação da circulação atmosférica regional, geradora dos estados atmosféricos que se sucedem e constituem o fundamento do ritmo (Monteiro, 1971, p.9).

Figura 2: Matriz Monteiriana.

Fonte: Sant'Anna Neto (2015). Adaptado pelo autor (2018).

Esse conceito geográfico do clima, França (1946, p. 16) corrobora ao afirmar que:

para o geógrafo, as combinações dos elementos do clima devem ser encaradas apenas em face das condições da superfície de um lugar, as quais modificam as características e comportamento das massas de ar. São essas as condições que permitem à ocorrência de tipos de tempo, na sua sucessão habitual, que de acordo com Sorre, constituem a 'ambiência atmosférica' definida como clima.

Para Monteiro et al (2015), a fundamentação teórica da análise rítmica foi a grande contribuição que Monteiro trouxe à Geografia Brasileira, pois antes dela foram necessários séculos de desenvolvimento e evolução do pensamento e científico e tecnológico paralelo a concepção dos tipos de tempo, como apresentamos nas seções acima.

Sua grande validade, portanto, não requer o emprego de séries temporais (caso da totalidade dos tipos de tempo de Pédélaborde, 1957) ou de séries das normais climatológicas da Organização Meteorológica Mundial (OMM), pois as normais que não passam de médias aritméticas de diversos elementos meteorológicos não são capazes de retratar o tempo, nem o clima.

A potencialidade está no estudo dos anos-padrão representativos dos diferentes ritmos climáticos (habituais e excepcionais). Seu emprego é

fundamental na análise episódica, a partir da aplicação concreta de Sternberge, em 1949, no Vale do Paraíba, pois aprofunda o estudo dos tipos de tempo, acompanhando-os em sequência ininterrupta e associando-os às implicações espaciais práticas como chuvas torrenciais, deslizamento de encostas, ondas de frio ou de calor, etc. (ZAVATTINI, 2015, p. 174).

Finalmente, é possível afirmar que a escola brasileira de climatologia surgiu graças à postura emancipadora adotada por Monteiro nos anos de 1950, 1960 e 1970, servindo de base e estímulo para muitos estudos no Brasil e no exterior, como destacado por Zavattini (2015).

Todo esse roteiro de abordagem histórico pretendeu demonstrar os antecedentes que possibilitaram o surgimento de uma climatologia geográfica do Brasil.

2.2 Características pluviométricas e climáticas

2.2.1 O caráter Regional

Dentre os principais elementos do clima, um dos mais utilizados em estudos climatológicos diz respeito à pluviosidade, exaustivamente analisados do ponto de vista de sua distribuição temporal e espacial. Há também estudos voltados para a caracterização das chuvas correlacionando-as à ação das grandes massas de ar, o que garante melhor análise e verificação de sua gênese (ZANDONADI, 2013).

Sob o enfoque da climatologia regional de Pédélaborde (1970) que diversas classificações climáticas já foram formuladas, visando o entendimento também da dinâmica geral da atmosfera. Contudo, cabe trazermos à luz desta revisão e discussão o conceito de região como representação espacial e categoria de análise Geográfica.

Durante todo o século XX, os sucessivos paradigmas que dominaram a Geografia foram incorporados no debate regional. A região como objeto da geografia, promoveu a discussão de aspectos relativos aos objetos e métodos de estudo, a dicotomia entre Geografia Física e Humana e as visões de escalas gerais e regionais, posto que sua abordagem implicava determinadas formas de compreender a realidade. A trajetória do conceito de região, como se afirmou

anteriormente, definiu-se ao longo do tempo, amparada por duas ideias distintas: ela existe na realidade, enquanto objeto (espaço absoluto), ou ela existe na mente do pesquisador (espaço relativo) e deve ser definida por ele através de critérios preestabelecidos, configurando-se como resultado de um método (ROSSATO, 2011).

Na primeira ideia (espaço absoluto), as regiões existiam *a priori*. Consistiam num entorno vivencial instalado na percepção dos habitantes e, neste caso, os geógrafos deveriam descobri-la. Neste sentido, depois de identificado/definido seus limites, a região era estudada em detalhe, considerando a totalidade de seus aspectos físicos e humanos, chegando a grandes inventários que compunham as chamadas monografias geográficas regionais, que tiveram grande representatividade dada pela Geografia francesa de Paul Vidal de La Blache. Estes trabalhos consideravam a região como um objeto de estudo e privilegiavam os aspectos físicos como suporte das atividades humanas (BUZAI, 2004).

De Martonne, em sua obra denominada Tratado de Geografia Física (1964), define a região como a combinação e a interação das diversas categorias de fenômenos que se refletiam na elaboração de uma paisagem distinta, que surgia de modo objetivo e concreto.

Estudando a chamada Geomorfologia climática, o autor elaborou um modelo de classificação climático que tinha como ponto de partida os tipos de clima mais característicos e já estudado isoladamente. De forma descritiva, aglutinou as tendências climáticas locais em tipos regionais sem rigidez de delimitação (MONTEIRO, 1962).

Para Rossato (2011) a tradicional descrição geográfica passa a ter um novo significado. Essa passou a ser relacionada à classificação entendida como agrupamento de objetos em classes segundo semelhanças de suas propriedades, ou de suas relações. Como consequência desenvolveu-se a relação entre região e classe, já que qualquer descrição remete à necessidade de uma determinada ordem para se efetivar. *“Na classificação, os objetos semelhantes são reunidos em grupos; na regionalização, até recentemente, o método mais comum de delimitar regiões era pelo uso de isaritmas, assim talvez haja escapado à analogia óbvia com a classificação”* (GRIGG, 1974, p. 39).

Desta forma, classificar e regionalizar tornam-se sinônimo. Considerando a regionalização como método de investigação análoga à classificação, quando a classificação se baseia em indivíduos semelhantes, simplesmente agrupados em classes, está-se diante de uma região como modelo sintético (indução). Quando a classificação decorre da divisão de uma área em regiões, a fim de criar uma tipologia do fenômeno selecionado, está-se diante da região como modelo analítico (dedução) (ROSSATO, 2011, p. 25).

Regionalizar o clima para classificá-lo não é, entretanto, uma tarefa simples. Além dos problemas de cobertura das estações meteorológicas, período das séries e confiabilidade dos dados, existe a questão dos limites ou fronteiras climáticas.

As delimitações espaciais dos tipos climáticos constituem-se em expressões de parâmetros estatísticos, sendo que as fronteiras entre os diferentes domínios climáticos exprimem verdadeiras áreas de transição entre eles. Nessas áreas de transição, os elementos que compõem os climas possuem “uniformidade” menos expressiva, ou seja, sua maior variabilidade espaço-temporal dificulta a formação de tipos mais consolidados. (MENDONÇA & DANNI-OLIVEIRA, 2007, P. 115).

Concordamos com Rossato (2011, p. 28) quando afirma que os elementos mais utilizados são a temperatura e a precipitação pluviométrica, pois compõem séries mais longas e com maior cobertura espacial (especialmente a precipitação) e são indicadores climáticos primários, isto é, deles dependem os demais elementos.

No entanto, na classificação climática regional, além da escolha dos elementos climáticos, é imprescindível considerar os fatores geográficos do clima. Regionalmente, a latitude, o relevo/altimetria, a continentalidade, a maritimidade, e vegetação e a atividade humana exercem influência sobre a dinâmica dos elementos do clima.

2.2.2 O caráter dinâmico dos climas do Brasil

No método dinâmico/genético, baseado no paradigma sorreano, a dinâmica climática é dada pela análise dos vários tipos de tempo que deram origem àquelas médias. A variedade de tipos de tempo é identificada através da interpretação das cartas sinóticas do tempo diárias, associada à análise de dados meteorológicos. O método amparado no paradigma do ritmo apresenta

algumas variações: o método sintético das massas de ar e dos tipos de tempo elaborado por Pédélaborde, a classificação genética de Strahler e a análise rítmica de Monteiro (ROSSATO, 2011, p. 37).

De acordo com Nascimento, Luiz e Oliveira (2016), existem vários sistemas de classificação climática realizados para o território brasileiro. Henrique Morize (1889) se baseou nos conceitos de Köppen, utilizando médias anuais de temperatura e totais pluviométricos anuais para definir de maneira generalizada três tipos climáticos: equatorial, subtropical e o temperado, além de outros nove subtipos.

Décadas mais tarde, a obra de Delgado de Carvalho (1917) apresentou uma proposta de classificação climática para o Brasil com as seguintes tipologias: equatorial e subequatorial, tropical, subtropical e temperado, com oito subdivisões de acordo com as regiões do Brasil e sua morfologia.

Tem lugar de destaque a classificação climática de Afrânio Peixoto (1908), modificada em 1938 e 1942, elegendo três tipos climáticos: equatorial, tropical e temperado, onze subtipos de acordo com as regiões brasileiras e características de continentalidade, maritimidade e altitude.

Na mesma década de 1940, cabe ressaltar o trabalho “Ondas de frio na bacia Amazônica” de Serra e Ratisbona (1941). Os meteorologistas foram precursores na identificação dos fluxos polares que perpassaram o centro-oeste do Brasil e adentraram a Amazônia Meridional, e nas situações mais notáveis, ultrapassavam a linha do equador para o Hemisfério Norte.

Serra e Ratisbona (1942), caracterizaram as regiões de origem das massas de ar no continente sul-americano e sua descrição individualizada, elencando os principais fatores que determinam a modificação das propriedades das massas de ar segundo a natureza da superfície e a circulação.

Para Sette (2005), Adalberto Serra *“foi o pioneiro em realizar uma caracterização da circulação de superfície para o estado do Mato Grosso”,* o qual abrangia também Mato Grosso do Sul, denominando a Massa Equatorial Continental de *“deslocamentos dos sistemas da Amazônia, vindos de noroeste para o centro-oeste, muito frequente na estação das chuvas de primavera-verão”* (SERRA, 1948).

Os apontamentos descritos pelos autores foram alicerces para uma climatologia geográfica de base genética e de análise rítmica, pressupostos

elencados pelo Professor Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro, o qual tecemos uma discussão mais à frente nesta seção.

Utilizando-se dos critérios da classificação de Köppen, ou seja, a distribuição anual da temperatura e da precipitação, Bernardes (1951) apresentou uma proposta de classificação simplificada dos climas do Brasil, usualmente empregada em livros, enciclopédias e atlas geográficos. A classificação levou em conta cinco grandes unidades climáticas do Brasil, a considerar: equatorial, tropical zona equatorial, tropical nordeste oriental, tropical Brasil central e temperado (Figura 3).

Figura 3: Classificação climática do território Brasileiro

Fonte: IBGE. Disponível em <<http://biblioteca.ibge.gov.br>>. Acesso em 25 Dez 2017.

Para Nascimento, Luiz e Oliveira (2016), a proposição de classificação dos climas brasileiros realizada por Nimer (1979), se apoia na definição de gênese climática, alicerçada nos padrões de circulação atmosférica, o emprego de estatística descritiva com frequência de médias térmicas e a relação dos regimes

climáticos e a vegetação natural predominante. É utilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em diversos documentos oficiais (Figura 4).

Figura 4: Classificação climática do Brasil, segundo Nimer (1979).

Fonte: IBGE. Disponível em <<http://biblioteca.ibge.gov.br>>. Acesso em 25 Dez 2017.

Monteiro (1951), elaborou um dos estudos precursores das características climáticas do centro-oeste do Brasil chamado “Notas para o estudo do clima do centro-oeste brasileiro”. O importante documento fez parte da expedição do departamento de Geografia da USP, realizada em 1948, aos estados de Goiás, Mato Grosso, Minas Gerais e São Paulo.

Monteiro utilizou 23 estações meteorológicas das quais 6 encontravam-se em território goiano (Goiânia, Goiás, Pirenópolis, Luziânia, Formosa e Catalão) e analisou a região centro-oeste sob os aspectos climáticos de maneira

individualizada, como a circulação da atmosfera, os regimes térmicos, pluviais e fatores geomorfológicos, vegetais e sociais.

Sobre as características da distribuição das chuvas o autor afirma que a quantidade média varia entre 1000mm e 2000mm (Figura 5), sendo esta influenciada pelos fatores orográficos e duas estações bem definidas (seca e chuvosa). Classifica a região em dois tipos climáticos de acordo com os preceitos de Köppen, em: “savanas tropicais” com as menores altitudes e uma estação seca bem marcada e pluviosidade reduzida e do tipo “mesotérmico úmido”, que denuncia situações especiais de altitude e disposição do relevo, aliadas ao verão chuvoso e temperaturas médias elevadas.

Figura 5: Isoietas médias anuais para o Centro-Oeste do Brasil.

Fonte: Monteiro (1951).

Strahler constitui outro autor de destaque, já que propôs o que chamou de sistema climático explicativo descritivo. Segundo ele, as classificações climáticas mais satisfatórias são aquelas denominadas genéticas, uma vez que privilegiam a origem dos fenômenos, em detrimento de qualquer outro critério de classificação.

O autor lembra que o principal problema das classificações é a transição de um tipo de clima para outro, que não acontece de forma brusca, como representado, mas sim gradual. Outra questão seria restringir os tipos climáticos às zonas continentais, o que, segundo este autor, é incompleto, uma vez que os oceanos também apresentam tipos climáticos (STRAHLER, 1984).

Strahler também propôs tal classificação para a América do Sul e, conseqüentemente, abrangendo todo o território brasileiro. Monteiro (2000) utilizou muito bem essa classificação climática em sua obra, produzindo inclusive uma representação bastante didática, a qual é apresentada na Figura 6.

Numa análise mais detalhada das informações contidas na obra de Strahler (1951), percebe-se que predominam no Brasil dois grandes grupos climáticos sob a ação e influência das massas de ar (Figura 6). O primeiro grupo, ou “Grupo A”, é denominado de “Climas Controlados por Massas de Ar Equatoriais e Tropicais”, e o “Grupo B”, de “Climas Controlados por Massas de Ar Tropicais e Polares”. Estes dois grandes grupos climáticos são ainda subdivididos em outros cinco climas, a saber:

Climas Controlados por Massas de Ar Equatoriais e Tropicais

Clima Equatorial Úmido;

Clima Tropical;

Clima Tropical Tendente a Seco;

Clima Tropical Úmido.

Climas Controlados por Massas de Ar Tropicais e Polares

Clima Subtropical Úmido.

Figura 6: Classificação climática da América do Sul.

Fonte: Monteiro, 2000.

Na Figura 7 é possível visualizar ainda os trajetos principais que as massas de ar percorrem ao longo do território brasileiro, ambos descritos posteriormente por Monteiro (1962; 1963a; 1963b; 1964 e 2000), com base na classificação climática de Strahler, com o intuito de demonstrar as influências destes sistemas atmosféricos no clima do país.

Figura 7: Classificação climática do Brasil e as influências das massas de ar.

Fonte: Strahler (1951) e Monteiro (1963). Adaptado pelo autor (2018).

Dentre os estudos mencionados, cita-se o importante papel desempenhado por Monteiro (2000) em sua obra "A Dinâmica Climática e as Chuvas no Estado de São Paulo", na qual o autor analisa, geograficamente, as chuvas que caem sobre o referido Estado brasileiro e as associa à dinâmica atmosférica ali atuante.

Segundo Monteiro (2000) a faixa de transição climática que separa os climas das Zonas A e B (Figura 8), e que foi definida por Strahler (1951), é delineada de forma melhor. Por esta razão nota-se que a sua inflexão aponta, então, para o oeste do Estado de São Paulo, rumo às terras sul-mato-grossenses, quando, outrora, apontava para o noroeste do Estado do Paraná, rumo às terras paraguaias. De acordo com o Monteiro, apesar desta faixa de transição ser móvel devido ao dinamismo atmosférico, a mesma define dois grandes grupos climáticos chamados "Climas Zonais A e B".

Figura 8: Tentativa de classificação climática do Estado de São Paulo.

CLIMAS ZONAIS	CLIMAS REGIONAIS	FEIÇÕES CLIMÁTICAS INDIVIDUALIZADAS NOS CLIMAS REGIONAIS SEGUNDO AS UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS					
		LITORAL	PLANALTO ATLÂNTICO	VALE DO PARAÍBA	MANTIQUEIRA	DEPRESSÃO	PLANALTO OCIDENTAL
CONTROLOS POR MASSAS EQUATORIAIS E TROPICAIS	A1 CLIMAS ÚMIDOS DAS COSTAS EXPOSTAS AS MASSAS mT	I NORTE	I BACIA SUPERIOR DO PARAÍBA	III VALE DO PARAÍBA	IV SERRA (BORDA DO PLANALTO)		
	A2 CLIMAS TROPICAIS ALTERNADAMENTE SECOS E ÚMIDOS				C ON T R A F O R T E	V SETOR NORTE VI "PERCÉE DO TIETÊ	NORTE SERRA DE SÃO CARLOS VII SERRA DE BOTUCATU VIII OESTE IX SUDESTE
CONTROLOS POR MASSAS TROPICAIS E POLARES	B CLIMAS ÚMIDOS DA FACE ORIENTAL E SUB-TROPICAL DOS CONTINENTES CONTROLADO POR MASSA mT	II CENTRO II SUL	II BACIA PAULISTANA II BACIA DO PARANAPANEMA				

Fonte: Monteiro (2000). Adaptado pelo autor (2018).

Ao norte desta faixa de transição estão os climas controlados por massas equatoriais e tropicais, subdivididos em dois climas regionais. O primeiro é classificado como sendo de climas úmidos das costas expostas às massas tropicais marítimas, que agem, sobretudo, nas regiões do Litoral Norte do Estado; no Planalto Atlântico (Bacia superior do Paraíba); no Vale do Paraíba e na Serra da Mantiqueira (borda do Planalto). Já o segundo clima regional é marcado por climas tropicais, alternadamente secos e úmidos, cuja área de abrangência envolve a Serra da Mantiqueira (nos Contrafortes), a Depressão Periférica (setor Norte e “*Percée*” do Tietê) e o Planalto Ocidental (setores Norte e Oeste e Serras de São Carlos e Botucatu) (ZANDONADI, 2013).

No que se refere à circulação atmosférica, Edmon Nimer apresenta um mapa que representa a ação dos principais sistemas, que são denominados por ele de *Sistemas de Circulação Perturbada* (Figura 6). Apesar de verificadas nessas representações a falta de padrão de escala para os diferentes mapas, tal fato não comprometeu a verificação das principais características da circulação atmosférica no território Goiano e do Distrito Federal (PEREIRA PINTO, 2013).

Nota-se que Edmon Nimer considera que o Estado de Goiás e Distrito Federal recebe atuação de pouca intensidade do que ele chamou de Sistema de Circulação Perturbada oriundas do deslocamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Essa atuação é pouco intensa e se anula na Latitude entre a divisa dos Estados do Tocantins e Goiás. No que se refere à atuação dos sistemas originados na Amazônia, é apresentado o Sistema de Circulação Perturbada de W, que segundo o autor é caracterizado pela Massa Equatorial Continental e as chuvas geradas no seu interior por depressões denominadas linhas de instabilidade, atuante em toda a área de estudo.

Aos sistemas de Sul, Nimer (1989) denomina de Sistema de Circulação Perturbada de ‘S’ a Frente Polar Atlântica e considera a existência dos avanços Frontais em toda a bacia do Rio Paraná Oeste Goiano e em porções menores do território onde apresentam elevados gradientes altimétricos.

Nimer (1979), ressalta que os fatores geográficos de caráter estático como o relevo e a latitude conferem uma diferenciação térmica para a região, porém o mecanismo da dinâmica atmosférica suplanta uma marcha de homogeneidade regional da precipitação pluviométrica.

Uma década mais tarde Nimer (1989), descreve sobre a limitada atuação do relevo nos acumulados pluviométricos da região centro-oeste do Brasil. Para o autor *“a influência da topografia sobre a distribuição da precipitação ao longo do espaço geográfico da região centro-oeste é de tão pouca importância que não chega a interferir nas tendências gerais determinadas pelos fatores dinâmicos”*.

O autor descreve que a região centro-oeste possui uma área nuclear mais chuvosa ao norte do Estado do Mato Grosso, com totais pluviométricos superiores a 2.700mm, com valores decrescidos em direção a borda oriental da região. Logo, na área limítrofe aos Estados de Goiás e Minas Gerais, os totais pluviométricos chegam a 1.500mm, e para a capital federal, a pluviometria anual varia de 1.500mm e 1.700mm (Figura 9).

Figura 9: Circulação atmosférica da Região Centro-Oeste do Brasil.

Fonte: Nimer (1979). Adaptado de Mariano (2005, p. 53).

Zavattini (1990) desenvolveu, para o Estado do Mato Grosso do Sul, um estudo do ritmo de sucessão dos tipos de tempo e das chuvas a eles associadas. Selecionou três anos padrão (chuvoso, habitual e seco, respectivamente, 1983, 1984, 1985) e fez a análise em 10 pontos de observação distribuídos sobre Mato Grosso do Sul e arredores. Por meio da criação de gráficos de análise rítmica e da análise diária das cartas sinóticas, compreendeu dinâmica da precipitação

nesses anos, estando ela associada a diferentes fluxos da invasão polar que atingiram o Mato Grosso do Sul. Com os índices de participação das correntes atmosféricas, elaborou para o estado uma proposta de classificação climática de base genética, respeitando a morfologia e a pluviometria da área estudada (Figura 10).

Como resultado desta classificação, Zavattini divide o Mato Grosso do Sul em duas grandes regiões e define dois tipos de clima: climas tropicais alternadamente secos e úmidos (controlados por massas equatoriais e tropicais) na parte norte do estado e climas subtropicais úmidos (controlados por massas tropicais e polares) na porção sul. Cada classe apresenta internamente uma divisão, resultando, no total, em quatro subtipos definidos pela participação dos sistemas atmosféricos (ZAVATTINI, 1992).

Figura 10: Classificação climática para o Estado do Mato Grosso do Sul.

Fonte: Zavattini (1990), in Rossato (2011, p.43). Adaptado pelo autor (2018).

Rossato (2013) desenvolveu estudos climatológicos com o objetivo de atualizar o conhecimento da climatologia do Estado do Rio Grande do Sul por meio de uma classificação climática. A autora analisou dados históricos de 1970 a 2007, com a abordagem dinâmica e genética das massas de ar. Ao todo foram utilizadas trinta e sete estações meteorológicas automáticas e convencionais distribuídas em todo o Estado do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e países vizinhos como Argentina e Uruguai. Metodologicamente, a autora utilizou de ferramentas geoestatísticas, como técnicas de exploração multivariada. Sua proposta de classificação climática levou em conta fatores geomorfológicos e outras metodologias como a análise rítmica (Figura 11).

Figura 11: Mapa de tipologias climáticas do Rio Grande do Sul de base genética e dinâmica

Fonte: Rossato (2011). Adaptado pelo autor (2018).

Os tipos climáticos identificados para o Rio Grande do Sul são:

- Subtropical I - Pouco Úmido: Subtropical Ia - Pouco Úmido com Inverno Frio e Verão Fresco, e Subtropical Ib - Pouco Úmido com Inverno Frio e Verão Quente;
- Subtropical II: Medianamente Úmido com Variação Longitudinal das Temperaturas Médias;
- Subtropical III: Úmido com Variação Longitudinal das Temperaturas Médias;

- Subtropical IV – Muito Úmido: Subtropical IVa - Muito Úmido com Inverno Fresco e Verão Quente, e subtropical IVb - Muito Úmido com Inverno Frio e Verão Fresco (ROSSATO, 2011, p. 192).

Zandonadi (2009; 2013) ao abordar aspectos relativos à distribuição anual das chuvas ao longo da bacia hidrográfica do rio Paraná no período de 1976 a 2005, concluiu que do ponto de vista da variabilidade espacial, habitualmente as chuvas são mais volumosas no setor sul da bacia (Figura 12).

Figura 12: Distribuição habitual das chuvas anuais na bacia hidrográfica do rio Paraná no período de 1976 a 2005.

Fonte: Zandonadi, (2009, p. 22). Adaptado pelo autor (2018).

Nas palavras do referido autor:

Este padrão de comportamento se deve em grande parte a maior influência de Massas e Frentes Polares advindas do sul que, ao adentrarem a bacia com maior frequência, acarretam melhor distribuição anual e, portanto, maiores volumes acumulados de chuvas.

Valores anuais de chuvas mais elevados também foram verificados no setor norte/nordeste da bacia, porém, neste caso o padrão é menos habitual do que aquele registrado para o setor sul. Nesta região a influência das Massas e Frentes Polares ocorre com menor intensidade, porém, não de maneira isenta, dando lugar a Sistemas Tropicais e Equatoriais provindos do interior do país, que, por sua vez,

atuam com maior intensidade em determinados períodos do ano, principalmente no verão e na primavera, provocando chuvas torrenciais com grandes volumes precipitados em espaços de tempo reduzidos. Além disso, considera que esta área da bacia encontra-se num patamar de relevo mais elevado, o que concorre para maior ocorrência de chuvas orográficas (ZANDONADI, 2013, p. 22).

Outros estudos foram realizados nas décadas seguintes com objetivos diversos de compreender a produção agrícola do sudoeste Goiano (MARIANO, 2005); os sistemas sinóticos tropicais da América do Sul (VIRGI, 1981; CAVALCANTI, 1982; QUADRO e ABREU, 1994); a variabilidade, tendências e séries estatísticas termo-pluviométricas para Goiás e Distrito Federal ou regiões hidrográficas do Paraná, Tocantins e Araguaia (MESQUITA et al, 2009; ALVES e VECCHIA, 2011; COSTA et al, 2012; PENEREIRO et al, 2015; NASCIMENTO et al, 2015).

Possui destaque a obra de Eduardo Assad que caracterizou e regionalizou a precipitação para os cerrados brasileiros, intitulada “chuva nos cerrados: análise e espacialização”, publicada pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), em 1994. O autor analisou 107 postos pluviométricos (apenas 7 no Estado de Goiás e D.F.), em toda a extensão do bioma do cerrado brasileiro, somando 8 Estados da federação que possuíam séries temporais pluviométricas de 30 anos de consistência. Os padrões pluviométricos foram separados em cinco grupos de meses secos que correspondem as porções mais próximas do litoral (região leste dos cerrados) e aquelas mais interioranas ou continentais (regiões central e oeste dos cerrados).

Assad (1994) analisou por meio de estatística descritiva a frequência das precipitações, a probabilidade de ocorrência de veranicos, as chuvas extremas e, por fim, os dias prováveis de trabalho para sistemas agrícolas mecanizados (Figura 13).

Figura 13: Pluviosidade média anual para os cerrados.

Fonte: Assad (1994, p. 61). Adaptado pelo autor (2018).

Cardoso, Marcuzzo e Barros (2014), utilizaram a metodologia de classificação proposta por Köppen-Geiger (1928) e adaptada por Setzer (1966) para classificar os climas do Estado de Goiás e Distrito Federal.

Os dados de 104 postos pluviométricos foram analisados em uma série temporal de 10 anos. Os autores identificaram quatro tipos de clima para Goiás (temperado úmido; tropical com estação seca no inverno; clima de monção e temperado úmido com inverno seco e verão temperado), enquanto o Distrito Federal foi identificado apenas o clima do tipo tropical com estação seca no inverno (Figura 14).

Figura 14: Classificação climática de Köppen-Geiger para o Estado de Goiás e o Distrito Federal.

Fonte: Cardoso, Marcuzzo e Barros (2014, p. 53).

Outro importante trabalho é de Denise Maria Sette (2000), que estudou o holorrítmo e a gênese dos climas do cerrado no Estado do Mato Grosso. Mesmo tratando de estudo climatológico fora das cercanias do Estado de Goiás, a autora analisou a atuação dos sistemas atmosféricos e sua circulação na região central do Continente Sul Americano, cujos fenômenos em escala regional podem ser associados a circulação secundária em áreas centrais ou de fronteiras em todo o centro-oeste do Brasil.

A região do Brasil central possui características ímpares de climas continentais, em que *“uma das principais propriedades climatológicas desta realidade é estar justamente situada numa área de transição entre os climas tropicais continentais e equatoriais”* (SETTE, 2005, p.4), revestindo os cerrados e as florestas equatoriais.

A autora analisou o período hidrológico entre os anos de 1997 e 1998, na ocorrência de El Niño, e o ritmo pluvial do território mato-grossense em suas variações diárias, mensais, sazonais e anuais, definindo os principais sistemas atmosféricos e frentes atuantes na região: Instabilidades de Norte-Nordeste (INE), Sistema Amazônico (SAM); Instabilidade de Norte e Noroeste (INW); Tropical Continental Convectivo (TCC); Tropical Continental com Subsidiência (TCS), Convergência Frontal (CF); Tropical Atlântico Continentalizado (TAC); Sistema Polar Continentalizado (SPC); Frente Polar Atlântica (FPA), conforme a Figura 15.

Figura 15: Síntese da participação dos sistemas atmosféricos no Mato Grosso.

Fonte: Sette e Tarifa (2000), adaptado; (1) estação seca, (2) estação chuvosa. Adaptado pelo autor (2018).

A localização geográfica do Distrito Federal na região centro-oeste do Brasil também foi tema do estudo de Barros (2003) sobre a caracterização do ritmo climático. Por meio de dados pluviométricos de 28 estações meteorológicas e Normais Climatológicas, a autora caracterizou o regime climático e os anos habituais e excepcionais (1983 ano chuvoso; 1986 ano seco; 1988 ano habitual). Os resultados apontam que o período de estiagem no Distrito Federal ocorre nos meses de abril a setembro (outono-inverno), e as chuvas mais constantes ocorrem o período de outubro a março (primavera-verão).

Pinto (2012), estudou a distribuição das chuvas para o Estado do Tocantins entre os anos de 1975-2005. O autor levantou 66 postos pluviométricos e definiu os regimes habituais e excepcionais pluviométricos. Os resultados apontaram que para os anos secos os totais pluviométricos foram

reduzidos na área sul, limítrofe ao Estado de Goiás. Por outro lado, os anos habituais e chuvosos, as chuvas foram bem distribuídas por todo território.

A problemática sobre variabilidade e mudança climática e os impactos nos recursos hídricos para fins potáveis e na irrigação foi tema na pesquisa de Steinke (2004). A autora analisou dados em 6 estações meteorológicas entre os anos de 1965 a 2003 no Distrito Federal. Os resultados apontam que não foi identificada tendência significativa de mudança climática na área de estudo.

No quadro regional da dinâmica das massas de ar da região centro-oeste ou parte dela, merece destaque os estudos elaborados por Borsato e Souza Filho (2010), Hiera (2016) e Nascimento (2016).

Borsato e Souza Filho (2010) analisaram a participação dos sistemas atmosféricos e a posição dos sistemas frontais que atuaram na bacia hidrográfica do Paraná entre 1980 e 2003. Com base nos pressupostos da climatologia geográfica e do ritmo climático Monteiro (1971), os autores investigaram 23 anos de dados climáticos em um conjunto de estações meteorológicas distribuídas entre as cidades de Maringá-PR, Campo Grande-MS e Goiânia-GO.

Para a região de menor latitude da área de estudo, os autores apontam que a massa equatorial continental e a massa polar atlântica apresentam tendência de aumento de sua permanência na região. Como era de se esperar, os sistemas frontais diminuem sua atuação no sentido sul para norte. Entretanto, a massa equatorial continental possui maior influência e domínio no setor norte da bacia do Paraná, provocando quantidades mais elevadas de chuvas convectivas em Goiânia quando comparadas a Maringá e Campo Grande.

Hiera (2016), estudou o regime de chuvas e a influência do El Niño e La Niña na bacia hidrográfica do Paraguai 3, dentro dos limites territoriais brasileiros. A borda leste da área de estudo se encontra nas proximidades do sudoeste goiano, divisor topográfico entre o a referida bacia e o Rio Araguaia. O autor analisou 41 anos de dados pluviométricos em 6 localidades de MT e MS, como também a dinâmica atmosférica associada aos anos excepcionais e habituais. Os resultados revelam que os fenômenos de macro escala são responsáveis pela grande variação das chuvas na área de estudo.

Nascimento (2016), é a referência que nos trouxe maior proximidade com os objetivos e alguns métodos propostos na presente tese de doutorado, tendo como base a climatologia dinâmica (MONTEIRO, 1971). Por meio de imagens

de satélite o autor estimou a quantidade anual, mensal e diária das chuvas no Estado de Goiás e no Distrito Federal e os sistemas atmosféricos associados na formação das chuvas.

O autor sugere que a definição de anos-padrão, normalmente realizada no ano civil, deve ser analisada a partir do ano hidrológico, que para a região centro-oeste o calendário pluviométrico compreende o último trimestre de um determinado ano e os três primeiros meses do ano seguinte. O autor conclui que 88% das chuvas do período analisado (1998-2012) ocorrem entre outubro e março, e os volumes reduzidos dos 12% restantes se concentram entre junho, julho e agosto.

Outros estudos e publicações de órgãos e institutos governamentais também possuem informações sobre a distribuição pluviométrica. De acordo com as Normais Climatológicas do período de 1961 a 1990 produzidas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2015) o Estado de Goiás e Distrito Federal apresentam chuvas anuais médias em torno dos 1450 a 1650 mm na sua porção central. Já na região Noroeste os volumes pluviométricos médios de chuvas se concentram entre 1650 e 1850 mm. Nas porções Nordeste e Leste, nas proximidades do Distrito Federal, os valores são mais baixos, podendo variar desde os 1050 até aos 1250 mm (Figura 16).

A posição geográfica da referida localidade de estudo sob o efeito continental, a geomorfologia e a imposição da circulação atmosférica regional, inferem uma diversidade significativa ao regime de chuvas em toda a região em destaque. Contudo, é importante destacar que nesta metodologia apresentada foram utilizadas apenas doze estações automáticas ou postos pluviométricos, localizadas principalmente nas porções Leste, Sul e Central do Estado de Goiás e Distrito Federal (INMET, 2015).

Figura 16: Normais climatológicas 1961-1990.

Fonte: INMET (2015). Adaptado pelo autor (2018).

A Secretaria de Gestão e Planejamento do Estado de Goiás (SEGPLAN, 2012), elaborou o Atlas do Estado de Goiás que contém as médias pluviométricas para Goiás e Distrito Federal. Apesar do documento não ilustrar as metodologias adotadas com relação à quantidade de postos pluviométricos utilizados e ferramentas estatísticas, a Figura 17 ilustra que a área em destaque apresenta regiões bastante distintas quanto à distribuição de chuvas.

Nota-se que na região central, próximo a capital Goiânia, os valores pluviométricos variam de 1600 mm até 1800 mm, seguido pela região sudoeste, com volumes de chuva entre 1400 mm até 1200 mm. Boa parte do Estado de Goiás como a porção Leste e Norte e todo o Distrito Federal, apresentam valores pluviométricos que variam entre 1200 mm e 800 mm, sobretudo na região Nordeste.

Figura 17: Precipitação média acumulada do Estado de Goiás e Distrito Federal.

Fonte: SEGPLAN/GO, (2012). Adaptado pelo autor (2018).

O Serviço Geológico do Brasil - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) publicou em 2010 o Atlas Pluviométrico do Brasil, com ilustrações quantitativas anuais da distribuição de chuvas em todo o território nacional, no período de 1977 a 2006. Em 2015, houve a tentativa frustrada deste autor, via telefone e endereço eletrônico, em contatar os responsáveis do projeto para a obtenção dos dados, postos pluviométricos e principalmente, a metodologia utilizada para a geração dos mapas pluviométricos. Apesar do fato, ressalta-se que a quantidade pluviométrica para o Estado de Goiás e Distrito Federal é bastante distinta quando comparadas as ilustrações anteriores INMET e SEGPLAN-GO, o que pode estar relacionada com a quantidade e distribuição espacial dos postos pluviométricos e as ferramentas geoestatísticas utilizadas nas pesquisas anteriormente destacadas.

A Figura 18 revela que a porção Norte do Estado do Goiás apresenta volumes anuais de chuva que superam 2200 mm. A região Leste, próxima ao Distrito Federal também revela quantidades elevadas na ordem de 1600 mm até 1800 mm. E, a região Sul, situada na bacia hidrográfica do Rio Paraná, apresenta valores entre 1100 mm e 1400 mm.

Figura 18: Projeto Atlas Pluviométrico do Brasil – 1977 a 2006.

Fonte: CPRM (Serviço Geológico do Brasil, 2010). Adaptado pelo autor (2018).

Não menos importante, diversos trabalhos que versaram sobre a dinâmica climática e pluviométrica na região centro-oeste foram extensamente lidos e estudados, mas para não lançarmos mão de exageros na revisão de literatura, alguns destes estudos serão descritos de maneira menos detalhada nas próximas linhas.

Oliveira et al (2008); Costa et al (2012); Marcuzzo, Cardoso e Faria (2012); estimaram as chuvas intensas, analisaram a sazonalidade e espacialização da precipitação no Estado de Goiás e Distrito Federal e nos cerrados do centro-oeste do Brasil.

Melo (2000); Azevedo et al (2010) e Marcuzzo e Romero (2013) relacionaram a influência de fenômenos de macro escala como o El Niño e La Niña e a variabilidade pluviométrica em bacias hidrográficas, microrregiões ou em toda porção do território goiano.

Outros trabalhos analisaram a dinâmica climática em escala microrregional nas regiões goianas de Catalão (MARTINS, ASSUNÇÃO e MACHADO, 2008); em Quirinópolis (BARBOSA, et al, 2010), e no município de Itapuranga (OLIVEIRA e ASSUNÇÃO, 2010).

Nas escalas climáticas regional e sub-regional, destacam-se os trabalhos realizados na região nordeste do Estado de Goiás conhecida como Vão do Paranã (LUIZ, 1997); a variabilidade da precipitação no sudoeste de Goiás por Mariano, Santos e Scopel (2006); a intensidade e duração pluviométrica na bacia do rio Araguaia por Moura e Castro (2006); a dinâmica das chuvas de 1976 a 2005 no Rio dos Bois-GO (PIMENTEL e ASSUNÇÃO, 2008); a dinâmica climática no Parque Nacional das Emas (FERREIRA, et al, 2010); a distribuição da frequência mensal de chuvas para o oeste de Goiás (SPECIAN e VECCHIA, 2014); e o estudo de anos padrão para o Estado de Goiás (NASCIMENTO e DEUS, 2017).

2.2.3 Sistemas atmosféricos e massas de ar atuantes

Para os estudos e mapas apresentados pelos órgãos oficiais do Estado e da federação, entendemos que as informações são escassas e/ou os resultados são preliminares. Os mesmos carecem de detalhamento qualitativo quanto a série temporal e distribuição das estações meteorológicas, ou mesmo por não tornarem público os procedimentos e metodologias empregados.

Destacam-se os trabalhos de tipologias e feições climáticas de base genética e de caráter dinâmico das massas de ar, realizado pelos pesquisadores da climatologia geográfica que ao longo das últimas cinco décadas se debruçaram e dedicaram nessa área do conhecimento, que por si é pioneiro no Brasil, mas que ainda carece de estudos nas regiões tropicais, como mencionamos o Estado de Goiás, o Distrito Federal e áreas adjacentes.

Com base em levantamentos realizados nas obras de Monteiro (1963b), Nimer (1989), Baldo (2006), Vera et al (2006), Reboita et al (2010; 2012), Borsato (2016), foram elencadas as definições sobre cada um dos sistemas atmosféricos atuantes na região centro-oeste, e que por estar situada na posição central do continente sul-americano, acaba por receber a influência da quase totalidade das massas de ar existentes em território nacional. As mesmas são apresentadas na sequência:

Frente Polar atlântica (FPA): é um dos sistemas frontais mais importantes que se deslocam sobre o Brasil, pois é responsável pela geração de pluviosidade e mudanças de temperatura no Centro-Sul e, principalmente, na

região Sul. Sua atuação sempre resulta numa queda significativa da temperatura do ar, aumento da nebulosidade e da umidade relativa do ar e, conseqüentemente, na geração de precipitação pluviométrica. Desenvolvimento da FPA associada a Frente Polar: essa última, no continente sul-americano, compreende dois ramos (Atlântico e Pacífico), dotada de grande mobilidade, flutuando latitudinalmente com intensidade diferente no decorrer do ano, mas interferindo, indubitavelmente, na circulação intertropical.

A FPA, graças às condições geográficas da vertente atlântica da América do Sul, é particularmente móvel. Seu eixo principal pode ser localizado, medianamente, pela latitude do Rio da Prata. Sua potencialidade de avanço na zona intertropical é dada pelas suas condições de frontogênese, intimamente relacionada à Frente Polar Pacífica.

Quando a frontogênese na Frente Polar Pacífica é acentuada (graças à oposição que a Massa Polar Pacífica encontra no seu avanço para o norte pela posição mais próxima da fonte da Massa Tropical Pacífica) o desenvolvimento ciclogênético que daí decorre contribui para reforçar o acúmulo de ar frio na vertente atlântica. Isto se dá através de sucessivas oclusões, que extravasam o ar polar sobre os Andes Meridionais para a patagônia. Este reforço acentua as condições de frontogênese da FPA. Ao se iniciarem as primeiras ondulações no eixo desta frente (começo da ciclogênese), há uma definição dinâmica da Depressão do Chaco que desencadeia uma onda de calor do NW, reforçando as condições de frontogênese na FPA. Assim dinamizada, a FPA inicia seu avanço para o norte, podendo continuar, ao mesmo tempo, a evolução do seu sistema de ciclones. Nesta evolução, o contraste térmico (continente – oceano) do litoral, bem como o sistema orográfico, tem decidida influência. Como a canalização do ar frio é mais facilitada no corredor de planícies interiores do que na borda litorânea do Planalto Brasileiro, a disposição do eixo da FPA é, geralmente, orientada WNW – ESSE.

Durante o inverno os avanços da FPA são mais vigorosos. No verão a energia frontal é, geralmente, fraca, dificilmente se aproximando do Trópico de Capricórnio, avançando, em geral, até o Rio Grande do Sul. No outono, as condições de frontogênese ainda são fracas, mas, devido ao forte gradiente térmico, desenvolve acentuada ciclogênese (ondas frontais), quando os sistemas intertropicais, sendo bastante ativos, fazem-na regredir.

Massa Polar Atlântica (MPA): possui maior atividade no outono e inverno e tem sua origem associada ao Anticiclone Polar Atlântico. As características do tempo sob a atuação desse sistema são rápido declínio da temperatura e, conseqüentemente, maiores amplitudes térmicas, além de umidade relativa do ar muito baixa, céu limpo e claro, pressão atmosférica em elevação, tempo ensolarado e, dependendo das condições atmosféricas, pode-se registrar a ocorrência de geadas.

Massa Polar Atlântica Velha ou Tropicalizada (MPV): a atuação desta na área em estudo é percebida quando um sistema polar, depois de deslocar-se pelo continente, vai perdendo suas características originais, ou seja, é uma MPA modificada, alterada profundamente devido à permanência em latitudes mais baixas. A temperatura e a umidade começam a elevar-se gradativamente. Geralmente a PT encontra-se entre uma frente em frontólise nas latitudes baixas e uma nova frontogênese nas proximidades do rio da Prata.

Massa Tropical Atlântica (MTA): é originária do anticiclone semifixo do Atlântico Sul e atua constantemente nas regiões Leste, Sul e Centro-Oeste do Brasil. Devido ao seu sentido de circulação anti-horário penetra para o interior. Sua propriedade de origem é a de uma massa quente e úmida com tendência à estabilidade, promovendo temperaturas que variam entre 20°C e 30°C, ventos fracos a moderados de direção leste e sudoeste, céu claro ou parcialmente encoberto.

Massa Tropical Continental (MTC): tem sua origem vinculada à Depressão do Chaco ou resultante de anticiclone que precede a FPA, com atuação bem definida no verão, constituída de uma circulação ciclônica na superfície, de forte convergência. Entretanto, a baixa umidade relativa do ar associada à forte subsidência da alta superior, dificulta a formação de nuvens de convecção e trovoadas, sendo responsável, portanto, por tempo quente e seco. Os ventos predominantes são de oeste e noroeste. O tempo fica quente e abafado, a pressão permanece baixa, não ocorrem chuvas e a temperatura fica acima dos 30° C. Sua atuação contínua é responsável pelos veranicos, ou seja, 15 dias consecutivos ou mais sem chuvas, muito comuns na primavera e no verão.

Massa Equatorial Continental (MEC): tem sua fonte de origem na planície amazônica, tende a avançar para o interior do continente sul-americano

nos sentidos NW, SE e para ESSE, de acordo com a posição da FPA. Esse sistema se forma sobre o continente aquecido, onde dominam os ventos fracos, sobretudo no verão. Sua repercussão na área de estudo gera alta umidade relativa do ar, temperatura do ar acima de 30°C, queda na pressão atmosférica, ventos de direção norte, noroeste e oeste e instabilidade atmosférica.

Instabilidade Tropical, Linhas de Instabilidade ou Calhas Induzidas (IT): geralmente esse sistema atmosférico antecede a entrada de uma FPA. Este sistema é responsável pela formação de tempo instável, aumento na nebulosidade e na umidade relativa do ar, gerando um curto período de chuvas fortes, concentradas no tempo e no espaço.

Zona de convergência do Atlântico Sul (ZCAS): é um importante fenômeno na escala intra-zonal que ocorre durante o verão na América do Sul. Esse sistema atmosférico pode ser identificado na interpretação de composições de imagens de satélite com uma larga e extensa banda de nebulosidade de orientação NW/SE, estendendo-se desde o Sul da região amazônica até a região central do Atlântico Sul. Geralmente estaciona sobre a região Sudeste, sobre o Brasil Central, o Norte do Paraná e sobre o Sul da Bahia, permanecendo sobre essas regiões por mais de quatro dias.

Reboita et al (2010), descreveu os regimes de precipitação da América do Sul, separando-o em oito seguimentos pela similaridade visual dos gráficos apresentados no *Atlas Climático de Sudamerica*.

Conforme ilustra a Figura 19, a autora classificou a região Noroeste – Sudeste do Brasil como *R5*, sendo caracterizada por um período de alta precipitação e outro período seco, característico do sistema de monção. Assim, o intenso aquecimento radiativo da superfície da região centro-oeste desencadeia mecanismos de formação de nuvens e atividade convectiva.

Figura 19: Regionalização de ciclos anuais de precipitação na América do Sul, divididos em 8 regimes.

Fonte: Reboita et al, (2010), adaptado de *Atlas Climático de Sudamerica*. Destaque para o Estado de Goiás localizado na região R5. Adaptado pelo autor (2018).

A precipitação anual possui totais próximos a 1.500mm e os sistemas atmosféricos atuantes na região mais ao norte são providos da Amazônia e, em latitudes maiores sofrem a influência de sistemas extratropicais como frentes frias e linhas de instabilidade (VERA et al, 2006; REBOITA, et al, 2010).

Reboita et al (2012), relata que vários sistemas atmosféricos podem atuar na região denominada como R5, em diferentes períodos do ano. A ação

combinada entre alguns deles podem provocar variações significativas de tipos de tempo na região centro-oeste, incluindo o Estado de Goiás e cercanias. (Figura 20).

Figura 20: Ilustração pictórica dos sistemas atmosféricos atuantes no verão na América do Sul.

Fonte: Reboita et al, (2012). Destaque para o Estado de Goiás. Adaptado pelo autor (2018).

Os principais sistemas são: ventos alísios, jatos de baixos níveis (JBN) a leste dos Andes, anticiclone subtropical do atlântico sul (ASAS), convecção por aquecimento radiativo da superfície, Alta da Bolívia (AB), zona de convergência intertropical (ZCIT), circulação de brisa, linhas de instabilidades tropicais e pré-frontais, complexos convectivos de meso escala (CCMs tropicais), frentes, vórtice ciclônico de altos níveis (VCANs tropicais) e ciclones.

Nesta seção ilustramos alguns referenciais bibliográficos sobre a caracterização dos sistemas atmosféricos e a distribuição regional das chuvas em diferentes escalas, seja ela nacional, ou propriamente a delimitação do

Estado Goiano e Distrito Federal com adoção de diferentes metodologias e resultados para a mesma região em destaque.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 Materiais

3.1.1 Referencial teórico-metodológico

Para a realização deste trabalho, foram desenvolvidas seis etapas operacionais: 1- referencial teórico-metodológico; 2- obtenção dos dados; 3- espacialização dos postos e de séries temporais consistentes; 4- análise e consistência dos dados; 5- tratamento estatístico, sendo analisados a distribuição mensal da precipitação, eventos de extremos climáticos e a identificação de “anos-padrão”; 6- climatologia das frentes frias e a representação cartográfica da distribuição das chuvas anuais e sazonais.

Na etapa inicial desta tese foi construído o referencial teórico-metodológico, base desta pesquisa, a partir da leitura de autores da Geografia e da Climatologia, nacional e internacional. Dentre estas leituras, deu-se ênfase aos trabalhos de classificação climática e aqueles relacionados à variabilidade climática de recortes estaduais e bacias hidrográficas, ou em escala local ou regional. Como parte fundamental desta pesquisa também foram objetos de leitura obras relacionadas às técnicas estatísticas e geoestatísticas, essenciais para a análise dos dados coletados e produção dos mapas, além dos procedimentos técnicos relacionados aos estudos de climatologia, com enfoque para os trabalhos sobre clima regional e classificação climática.

3.1.2 Obtenção dos dados

Desde o início da presente tese, recorreu-se à diversas Instituições de cunho Federal, Estadual, Municipal e organizações particulares para a aquisição de séries temporais condizentes aos objetivos do trabalho, como o Sistema de Meteorologia e Hidrologia de Goiás (SIMEHGO), Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), os dados dos Postos de Coletas de Dados (PCD) pertencentes ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), concessionárias de produção e distribuição de energia elétrica nos Estados de

Goiás, Minas Gerais e Bahia e, principalmente, na Agência Nacional de Águas (ANA).

A série histórica utilizada para a análise climatológica foi escolhida a partir da disponibilidade de dados pluviométricos dessas redes, considerando-se que os mesmos abrangiam um período de registro bastante longo, cujo início era no ano de 1911, e que foram disponibilizados em sua grande maioria pela ANA, seja por meio de arquivos digitais ou através da *internet*.

Dentre as outras instituições supracitadas, apenas o INMET, por meio do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) dispôs de séries temporais homogêneas coletadas em estações meteorológicas convencionais.

Todo arranjo, verificação e escolha dos melhores postos com dados diários de chuvas, bem com a análise e seleção da série histórica e o tratamento estatístico dos dados de chuva referentes à série temporal definida para esta pesquisa foram realizados por meio do *software Excel* e *EditPlus*, para a confecção das ilustrações, gráficos e plotagem dos dados em forma de planilha.

Os sistemas atmosféricos e massas de ar atuantes na região centro-oeste foram interpretados e reconhecidos por meio de imagens de satélite da geração GOES. O acervo de imagens foi adquirido no sítio eletrônico do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE). As imagens anteriores a década de 2000 foram adquiridas por meio do sítio eletrônico do *The International Satellite Cloud Climatology Project* (ISCCP) B1 - *ISCCP Global ISCCP B1 Browse System* (GIBBS), pertencente a *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), que facilitaram visualmente e interpretação das cartas de superfície. Mais informações em Knapp (2008), Figura 21.

Figura 21: Imagens de satélite.

Fonte: CPTEC/INPE e Knapp (2008). Imagem GOES-12, IR 4, 12.01.2007, 23h00 (à esquerda); e GOES-2, IR, 05.05.1978, 18h00 (à direita). Adaptado pelo autor (2018).

Aliada às imagens de satélite, se utilizou às cartas de pressão ao nível do mar para a interpretação dos centros de ação dos sistemas atmosféricos. As cartas estão disponíveis no sítio eletrônico da Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil. Os arquivos anteriores ao ano de 2006, mais precisamente entre 1º de janeiro de 1975 até 31 de agosto de 2006, foram adquiridos por meio de solicitação formalizada para fins de pesquisa, e recebido em arquivo digital compactado.

Utilizaram-se às imagens e informações do Boletim Técnico de análises sinóticas elaborado diariamente pelo CPTEC/INPE (00h, 12h e 18h) para o território brasileiro. Não menos importante para confirmar os registros de décadas anteriores dos sistemas atmosféricos e características sinóticas mensais da América do Sul foram utilizadas às informações do Boletim de Monitoramento e Análise Climática (CLIMANÁLISE CPTEC/INPE).

Figura 22: Cartas sinóticas.

Fonte: Marinha do Brasil e CPTEC/INPE. Ilustração Carta de pressão ao nível do Mar 01.10.2008, 12h00 (à esquerda); Análise sinótica diária 01.10.2008, 12h00 (à direita).

As cartas de pressão e às imagens sinóticas dos boletins técnicos também foram empregados para interpretar e catalogar a trajetória preferencial dos ciclones extratropicais, com vistas a estabelecer espacialmente as áreas de maior ou menor frequência (periodicidade de ação), dos ramos frontais que adentraram especificamente o Estado de Goiás e o Distrito Federal. Mais detalhes na subseção a seguir.

3.2 Métodos adotados

3.1.3 Espacialização dos postos e de séries temporais consistentes

Inicialmente, utilizou-se como critério para a escolha dos postos a distribuição espacial em quadrículas de $1^\circ \times 1^\circ$ (Latitude por Longitude), em um mapa de escala de 1:200.000 (Figura 23), totalizando quarenta e seis quadrículas recobrendo toda a área de estudo do Estado de Goiás e o Distrito Federal. Tal medida foi tomada tendo em vista o fato de que a área de estudo é extensa e que a divisão em quadrículas facilitaria a análise por setores ou parcelas menores de áreas. Ao mesmo tempo, em caso de falha nos dados,

tornar-se-ia mais fácil a busca destes por meio do posto vizinho mais próximo ou o método de ponderação regional, dentro da mesma quadrícula (Figura 23).

Figura 23: Distribuição das 46 quadrículas que recobrem toda a área de estudo.

Organizado pelo autor (2018).

Por outro lado, percebeu-se que muitas quadrículas acabaram em áreas adjacentes ao território goiano, o que implicaria na busca por mais postos pluviométricos em microrregiões com escassa densidade de postos pluviométricos e estações meteorológicas oficiais. Diante do fato, a delimitação das quadrículas foi aumentada em 0,5', cobrindo um quadrilátero de 1°,5' x 1°, 5' (Latitude e Longitude), com aproximadamente 110 km² de extensão.

O emprego de quadrículas maiores que o proposto poderia tornar seu uso inviável, pois aumentaria em muito as distâncias entre os postos, já que a

distância é equivalente a mais de 110km de extensão. Baldo, (2006); Zavattini, (1990; 2009) e Zandonadi (2009; 2013), realizaram procedimentos semelhantes para a espacialização dos postos pluviométricos com resultados satisfatórios.

Após o redimensionamento das quadrículas na área de estudo, plotou-se a localização geográfica dos postos pluviométricos em operação pelos diversos institutos e organizações referidas anteriormente. Assim, a intenção selecionar um posto representativo para cada quadrícula que apresentasse boa qualidade nos dados da série histórica escolhida (Figura 24).

Figura 24: Redistribuição das 40 quadrículas que recobrem a área de estudo e a adição dos postos pluviométricos.

Na primeira etapa da pesquisa, foram levantados 253 postos espacializados pelos Estados de Goiás, Tocantins, Bahia, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e o Distrito Federal. Devido à existência de lacunas nas séries temporais quanto à distribuição espacial dos postos, procuramos eleger áreas do entorno do Estado de Goiás e o Distrito Federal tendo em vista que, em estudos climatológicos, não se devem respeitar rigorosamente as fronteiras político-administrativas.

Uma exaustiva etapa de organização e ‘garimpo’ de informações foi realizada nos primeiros 18 (dezoito!) meses da pesquisa de doutorado, uma vez que muitas informações se encontravam dispersas, apresentavam duplicidade de linhas, colunas ou incoerências nas datas.

As planilhas foram criadas para organizar os dados brutos, como também identificar e destacar possíveis inconsistências nas séries temporais.

Para facilitar a visualização e melhor interpretação das informações contidas nas planilhas utilizou-se o esquema de cor amarela para destacar a presença de falhas diárias e, em particular, o complemento dessas lacunas por dados existentes num posto vizinho ou aqueles que passaram por tratamento estatístico, tendo em vista o preenchimento de falhas que não ultrapassaram um terço de um mês inteiro, ou seja, dez dias em um determinado mês. Os períodos que apresentaram lacunas acima de dez dias os dados passaram por tratamento estatístico ou foram descartados.

Todas as técnicas elencadas acima foram utilizadas para escolher, ao menos, um posto pluviométrico com dados completos por quadrícula ou com boa série de dados que pudesse ter suas falhas preenchidas posteriormente, sendo capaz de representar, em linhas gerais, a pluviosidade ali ocorrida. E para se chegar à escolha do melhor posto em cada quadrícula, foram adotados os seguintes critérios:

a) Priorizou-se, em cada quadrícula, o posto pluviométrico com série temporal com o menor número de lacunas (ou falhas nos dados), localizado mais ao centro da área;

b) preenchimento das lacunas existentes quando as falhas não ultrapassavam 10 dias, substituindo-as com dados equivalentes de outros postos dentro da mesma quadrícula, independente da distância que se encontram um do outro e da posição que ocupam naquela quadrícula;

c) utilizou-se o método estatístico de ponderação regional (TUCCI e SILVEIRA, 2004), que tem como procedimento a utilização de dados de três ou mais estações pluviométricas que estejam dentro de um raio máximo de 150km, levando em consideração três premissas: a distância entre uma estação e outra; a qualidade da série histórica disponível da estação escolhida para preenchimento da falha e; a altitude e verossimilhança das características geográficas da área. Assim, para um posto Y que apresenta falha, esta foi preenchida com base na equação:

$$P_Y = \frac{\bar{P}_Y}{3} \left(\frac{P_{X_1}}{\bar{P}_{X_1}} + \frac{P_{X_2}}{\bar{P}_{X_2}} + \frac{P_{X_3}}{\bar{P}_{X_3}} \right) \quad (1)$$

onde: P_Y é a precipitação a ser estimada (mensal ou anual) para o posto Y; P_{X_1} , P_{X_2} e P_{X_3} são as precipitações correspondentes ao mês ou ano que se deseja preencher, observadas respectivamente nas estações vizinhas X_1 , X_2 e X_3 ; $\bar{P}_Y$ é a precipitação média do posto Y; e $\bar{P}_{X_1}$, $\bar{P}_{X_2}$ e $\bar{P}_{X_3}$ são as precipitações médias nas três estações circunvizinhas.

Tais procedimentos foram extensamente aplicados em estudos na área de hidrologia e da climatologia, tendo em vista os trabalhos desenvolvidos por Menardi Junior (2000), Boin (2000), Silva (2001), Tucci e Silveira (2004), Zavattini (2009), Souza (2012), Zavattini e Boin (2013), e outros.

Após etapa de organização e tratamento dos dados da série temporal, notou-se que, ao menos, um posto pluviométrico por quadrícula apresentava homogeneidade temporal, sendo a mesma delimitada no período de 1º de janeiro de 1975 até 31 de dezembro de 2015, totalizando 41 anos de dados.

Dentre todas as quadrículas, apenas a 23 (Q23) não apresentou o posto principal com a série temporal dentro da área, sendo necessário encontrá-lo há 30 quilômetros de distância fora dos limites da quadrícula, no Estado do Mato Grosso. As quadrículas Q17 e Q36 se localizam totalmente fora dos limites territoriais do Estado de Goiás ou do Distrito Federal, mas preferiu-se mantê-las na série de dados porque ambas apresentavam ótima consistência na série temporal, necessitando de pouca ou nenhuma inferência estatística para preenchimentos das falhas (Figura 25).

Figura 25: Quadrículas e postos pluviométricos utilizados na pesquisa.

Fonte: Base cartográfica IBGE (2010). Dados pluviométricos ANA (2016). Organizado pelo autor (2018).

As quadrículas e seus respectivos postos pluviométricos foram ordenados para reconhecer aqueles que possuíam a melhor qualidade e consistência de informações, ou seja, as séries históricas mais longas e a menor quantidade de dados faltosos em nível diário, mensal e anual. Ao todo, a série de dados apresentou um período igual ou superior a 37 anos de dados consistentes (legenda em cor vermelho) e os postos circunvizinhos com séries iguais ou superiores a 25 anos de consistência (legenda de triângulo, vide Figura 25).

A Tabela 1 apresenta o ordenamento das quadrículas cujos postos pluviométricos relevaram o nível de consistência e qualidade dos dados em séries temporais em: 41 anos sem falhas, representados por sete quadrículas; entre um mês ou até doze meses com dados faltosos, representados pela grande maioria da área de estudo, somando 21 quadrículas, sendo que muitos postos dentro nesse ordenamento apresentaram apenas alguns dias de ausência de dados pluviométricos; o terceiro e quarto ordenamento de dados com falhas apresentaram a mesma quantidade de quadrículas. Ao todo, 6 quadrículas possuíam falhas entre 12 e até 24 meses, e outras 6 quadrículas relevaram lacunas de dados acima de 24 meses, respectivamente.

Tabela 1: Ordenamento das quadrículas pela qualidade da série histórica.

Quadrículas sem falhas						
Q7	Q13	Q18	Q20	Q27	Q36	Q37
Quadrículas com até 12 meses com falhas						
Q8	Q9	Q12	Q14	Q15	Q16	Q17
Q19	Q21	Q22	Q24	Q25	Q26	Q28
Q30	Q31	Q32	Q33	Q34	Q35	Q39
Quadrículas com até 24 meses com falhas						
Q1	Q2	Q4	Q6	Q10	Q23	
Quadrículas acima de 24 meses com falhas						
Q3	Q5	Q11	Q29	Q38	Q40	

Fonte: Dados pluviométricos ANA (2016).

A Figura 26 apresenta a distribuição do ordenamento das quadrículas pela qualidade de suas séries históricas, representado pela cor verde as quadrículas sem falhas; pela cor azul as quadrículas com falhas de até 12 meses; as de cor amarelo representadas pelas quadrículas com falhas entre 12 e 24 meses, e as quadrículas em cor vermelho apresentaram falhas acima de 24 meses. Com isso, notou-se que em grande parte da área de estudo há o predomínio da qualidade dos dados com ausência de falhas, ou que representam apenas dias, semanas e até 12 meses de dados faltantes. Nos limites e fronteiras estaduais os dados revelaram a perda da qualidade na série temporal escolhida.

Figura 26: Qualidade dos dados da série temporal 1975-2015.

Fonte: Base cartográfica IBGE (2010). Dados pluviométricos ANA (2016).

3.1.4 Análise e manipulação dos dados

Como mencionado no item anterior, foram levantados de 253 postos. Deste total, 200 tiveram seus dados diários obtidos integralmente por meio da consulta ao *site* da ANA, via *internet*. Outros 53 postos adquiridos pelas seguintes Instituições: Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa

- BDMEP/INMET, com 40 postos; Sistema de Meteorologia e Hidrologia de Goiás – SIMEHGO, com 1 posto; Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido – CDSA, com 2 postos e, com as concessionárias ou autarquias de energia elétrica: Companhia Energética de Goiás – CELG, com 5 postos; Corumbá Concessões S.A., com 3 postos e, finalmente, Endesa Brasil, com 2 postos (mais detalhes no Anexo A deste documento).

As séries temporais mais longas fazem parte do conjunto de postos da ANA, como também foram aquelas que apresentaram a melhor qualidade dos dados. Em seguida, foram consideradas as séries temporais do INMET, pois algumas estações meteorológicas se localizam no mesmo município ou bem próximas aos postos pluviométricos da ANA. Infelizmente, não foi possível aproveitar os dados dos postos e estações das demais instituições citadas anteriormente, ora pela limitada série temporal e, principalmente, pela qualidade dos dados apresentados.

Para os dados disponibilizados pela ANA a rotina de acesso deu-se através do sítio eletrônico da entidade <<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/>>, em plataforma georreferenciada com o código do posto pluviométrico e outras informações como Estado, município, bacia hidrográfica e a série histórica. As informações foram organizadas no microcomputador em pastas correspondentes ao número atribuído às quadrículas e os arquivos foram exportados e salvos para análise e tratamento (Figura 27).

Em seguida, suprimiu-se as informações que não foram utilizadas em cada planilha, ordenando os dados cronologicamente, do mais antigo até o mais recente, e a verificação de quais colunas e células com ausência de dados seriam encaminhados para a rotina descrita no subitem 3.2.1 desta seção.

Após o preenchimento das falhas e organização dos postos pluviométricos nas respectivas quadrículas, passou-se para a etapa do tratamento estatístico, próximo subitem nesta seção.

Figura 27: Rotina de acesso, aquisição e tratamento dos dados pluviométricos.

Fonte: ANA (2018). Adaptado pelo autor (2018).

3.1.5 Tratamento estatístico

3.1.5.1 Anos-Padrão

Devido à grande série temporal e a quantidade de dados pluviométricos gerados, foi impraticável analisar todos os anos individualmente, definindo para esses casos a análise de anos-padrão.

Esta definição foi realizada a partir da comparação dos coeficientes de variação (CV) da precipitação pluviométrica dos totais anuais e sazonais em todas as 40 quadrículas para cada um dos 41 anos em análise, considerando o ano civil. Adotou-se a análise hierárquica de pares recíprocos (árvores de ligação) para classificar os anos-padrões tidos como habituais e excepcionais Monteiro (1976); Tavares (1976) e Sant'Anna Neto (1990) (Figura 28).

No tratamento estatístico dos dados foram calculados a média aritmética, o desvio padronizado e o coeficiente de variação das chuvas anuais para cada uma das 40 quadrículas obtidas da área de estudo dos períodos mensais, sazonais e anuais.

Os cálculos referidos serão feitos com as seguintes fórmulas:

$$\text{a) Média (x)} \quad \frac{\sum (x_i)}{N_i} \quad (2)$$

$$\text{b) Desvio Padrão (S)} \quad \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}} \quad (3)$$

$$\text{c) Coeficiente de Variação (CV)} \quad CV = (S/X)100 \quad (4)$$

em que: x são os dados climatológicos e N o número de observações.

Figura 28: Limites para variação do CV para a definição dos anos padrão.

Anos	Limite de variação do CV	Características
Ano seco – S	Valores inferiores a -30% em relação à média do período	Ano de precipitação excepcionalmente reduzida.
Ano habitual tendente a seco – HS	Entre -30% e -15%	Ano de pluviosidade ligeiramente reduzida, porém próxima às médias do período.
Ano habitual – H	Entre -15% e +15%	Ano de pluviosidade normal cujos totais situam-se dentro do desvio médio padrão.
Ano habitual tendente a chuvoso - HC	Entre +15% e +30%	Ano de pluviosidade ligeiramente elevada, porém próxima às médias do período.
Ano chuvoso – C	Valores superiores a +30% em relação à média do período.	Ano de pluviosidade excepcionalmente elevada.

Fonte: Sant'Anna Neto (1990) e Rossato (2011). Adaptado pelo autor (2018).

Combinando os totais pluviométricos da série temporal 1975-2015 os intervalos indicados estatisticamente foram escalonados com o auxílio de cores (tons de verde para valores frequentes / “anos habituais”; tons de azul para valores elevados / “anos chuvosos”; vermelho e amarelo para valores baixos / “anos secos”), e a elaboração de uma planilha com a organização das séries históricas das 40 quadrículas da área de interesse. Sua representação coroplética foi representada em 14 classes, separados por valores percentuais de 5% (Figura 29).

Após o ordenamento em intervalos de classe das séries temporais, foram confeccionados os cartogramas de pluviosidade anual, seguindo a mesma ordem e cores dos intervalos de classes das planilhas.

Figura 29: Escala coroplética com os intervalos de classe.

Classificação	Padrões Pluviométricos	Intervalos de Classe
Ano Seco	Extremamente Seco	< -30,01 %
	Muito Seco	-30 -25,01 %
	Seco	-25 -20,01 %
	Seco	-20 -15,01 %
	Tendente a Seco	-15 -10,01 %
Ano Normal	Habitual Levemente Seco	-10 -5,01 %
	Habitual	-5 -0,01 %
	Habitual	0 5 %
	Habitual Levemente Chuvoso	5,01 10 %
Ano Chuvoso	Tendente a Chuvoso	10,01 15 %
	Chuvoso	15,01 20 %
	Chuvoso	20,01 25 %
	Muito Chuvoso	25,01 30 %
	Extremamente Chuvoso	> 30,01 %

Fonte: Sant'Anna Neto (1990) e Zandonadi (2013). Adaptado pelo autor (2018).

3.1.5.2 Distribuição mensal da precipitação e pluviogramas

Outro seguimento estatístico-descritivo desta pesquisa foi a análise dos registros de precipitação diária e frequência mensal de precipitação. Para isso, utilizou-se como ferramenta os intervalos de classe de intensidade pluviométrica (mm). O valor mínimo foi considerado como 0,1mm, o intervalo de classe 5mm e o valor máximo variou conforme a quantidade precipitada, superior a 30mm (Tabela 2).

Tabela 2: Intervalos de classe de precipitação e intensidade correspondente.

Intervalo de precipitação (mm)	Intensidade da precipitação
(0,1 – 5 mm)	muito fraca
(5,0 – 10,0 mm)	fraca
(10,0 – 15,0 mm)	moderadamente fraca
(15,0 – 20,0 mm)	moderada
(20,0 – 25,0 mm)	moderadamente forte
(25,0 – 30,00 mm)	forte
(>30,0 mm)	muito forte

Fonte: Soriano e Galdino (2002).

Para Specian e Vecchia (2014), a análise permite verificar mensalmente o percentual de dias com ocorrência de precipitação em relação aos dias totais

da série temporal. Por meio de histogramas elaborados revelam a distribuição da precipitação e a frequência com o qual cada um dos intervalos de classe se repetiram. A Tabela 3 apresenta o total de dias por mês, extraídos da série temporal de 41 anos. Em síntese, para os meses com 31 dias somam-se 1271 dias. Para os meses com 30 e 28 dias, somam-se 1230 e 1158 dias, respectivamente. Considerou-se o cômputo dos anos bissextos da série temporal para o mês de fevereiro.

Tabela 3: Total de dias estudados por mês na série temporal de 41 anos (1975-2015).

J	F	M	A	M'	J'	J''	A'	S	O	N	D
1271	1158	1271	1230	1271	1230	1271	1271	1230	1271	1230	1271

Com vistas a representar as características do regime pluviométrico mensal no estado de Goiás e Distrito Federal, buscou-se o referencial de Schröder (1956), para a elaboração de pluviogramas. Estes são quadros que apresentam os percentuais mensais de participação no total anual da precipitação pluviométrica, ilustrando os aspectos e situações habituais e excepcionais em relação ao regime.

Por meio dos pluviogramas, obteve-se um quadro detalhado da distribuição das chuvas, representando o regime nas diferentes regiões da área de estudo. Destacam-se os meses recorrentemente mais úmidos e as variações interanuais entre os períodos de escassez e os meses transicionais entre o final do ciclo pluviométrico, o período seco e o início do calendário hídrico seguinte, chamado por Schröder (1956) de 'marcha da distribuição anual da precipitação'. Os mesmos foram elaborados para os anos considerados habituais e excepcionais de todas as quadrículas da área de estudo. Os intervalos de valores selecionados para a elaboração dos pluviogramas encontram-se na Figura 30.

Figura 30: Legenda da porcentagem mensal de precipitação e o mês mais seco.

Fonte: Schröder (1956), adaptado.

3.1.5.3 Índices de eventos climáticos extremos

Os índices de extremos climáticos foram utilizados nesta pesquisa baseado em dados diários de precipitação. Os índices foram sugeridos pela Equipe de Especialista em Detecção, Monitoramento e Índices de Mudanças Climáticas (*Expert Team on Climate Change Detection, Monitoring and Indices - ETCCDMI*), levando-se em conta dados de temperatura e precipitação.

Para o cálculo dos índices optou-se por utilizar o pacote computacional *RClimdex* (ZHANG e YANG, 2004). Os resultados gerados na saída do *RClimdex* forneceram análises estatísticas com tendência linear calculada pelo método de mínimos quadrados, nível de significância estatística da tendência (valor p), onde estes foram definidos como alta ($p \leq 0,05$) e boa ($p \leq 0,10$) significância estatísticas, coeficiente de determinação (r^2) e erro padrão de estimativa, assim como os gráficos das séries anuais.

Foram utilizados 8 dos 11 índices de extremos climáticos para precipitação, conforme ilustra a Tabela 4.

Tabela 4: Índices de extremos climáticos baseados em dados de precipitação.

ÍNDICES	DEFINIÇÃO	UNIDADES
Rx1dia	Quantidade máxima de precipitação em um dia	mm/dia
Rx5dias	Quantidade máxima de precipitação em cinco dias consecutivos	mm/dia
R50mm	Número de dias, em um ano, com precipitação superior à 50 mm	dias/ano
R95p	Dias muito chuvosos anuais	mm/ano
R99p	Dias extremamente chuvosos anuais	mm/ano
DCC	Dias Consecutivos Chuvosos anuais	dias/ano
DCS	Dias Consecutivos Secos anuais	dias/ano
PRCPTOT	Precipitação Total Anual	mm/ano

Fonte: Zhang e Yang, (2004). Adaptado pelo autor (2018).

O programa obedece aos seguintes procedimentos: 1) substitui todos os dados faltosos (codificados como -99,9) em um formato interno reconhecido pelo *software* R e 2) substitui todas as quantidades de precipitação diárias menores que zero por -99,9.

Estudos em regiões tropicais foram realizados por Dantas et al (2015), Nobrega et al (2015), Santos et al (2016), Santos e Oliveira (2017), entre outros.

Pela grande quantidade de dados e postos, optou-se por selecionar alguns conjuntos de dados pluviométricos localizados dentro de unidades geomorfológicas ou em transição, por meio de transectos, sendo esses o Rio Araguaia, Chapada dos Veadeiros - Vão do Paranã, Planalto do Distrito Federal e o transecto da Serra do Caiapó (Figura 31).

Figura 31: Localização dos transectos com base nas compartimentações geomorfológicas.

Fonte: IBGE (2010). Adaptado pelo autor (2018).

As unidades geomorfológicas e postos correspondem às seguintes quadrículas: Q5, Q10 e Q15 para transecto do Rio Araguaia; Q8, Q13, Q12 e Q11 para o transecto Chapada dos Veadeiros - Vão do Paranã; Q26, Q19, Q18 e Q17 para o transecto no Planalto do Distrito Federal, e o transecto da Serra do Caiapó sendo a Q22, Q28, Q34 e Q39.

3.1.6 Climatologia das linhas frontais

As cartas de pressão (Marinha do Brasil) e as imagens sinóticas dos boletins técnicos (INPE) também foram empregados para interpretar e catalogar a trajetória preferencial dos ciclones extratropicais, com vistas e estabelecer espacialmente as áreas de maior ou menor frequência (periodicidade de ação), dos ramos frontais que adentraram especificamente o Estado de Goiás e o Distrito Federal.

Para tanto, utilizou-se do sistema de informações geográficas *ArcGIS* para georreferenciamento das cartas sinóticas sobre a base cartográfica do Estado de Goiás e o Distrito Federal, e o desenho da simbologia frontal desde o centro do sistema de baixa pressão até o final do vórtice de nebulosidade (Figura 32).

O critério utilizado para a catalogação dos ciclones extratropicais foi a interpretação cartográfica da simbologia Frente Fria. Houveram situações em que no término do ramo frontal, as simbologias cartográficas apresentaram as seguintes características sobre a área de interesse: Cavado, Frente Quase-Estacionária, Frente Quente, Frente Oclusa e Frontólise. Diante de tais informações que poderiam divergir sobre a decisão de catalogar ou não a passagem frontal, adotou-se os seguintes critérios:

- 1-** Ciclones que passaram totalmente pela área, ou apenas parte dela, em alguma fase evolutiva de desenvolvimento ou decaimento;
- 2-** Ciclones que tiveram o seu decaimento na área de interesse, mesmo apresentando outras simbologias cartográficas no término do ramo frontal (descritas no parágrafo acima).

Mais detalhes estão descritos nos trabalhos de Streten e Troup (1973) e Felício (2007).

Figura 32: Carta sinótica e morfologia do ciclone.

Fonte: Marinha do Brasil e CPTEC/INPE, 26.07.2009, 12h00 e Streten Troup (1973). Carta de pressão ao nível do mar com o traço escuro sobre as simbologias “frente oclusa”, “frente quase-estacionária” e “frente fria” (1); Esquema pictórico da morfologia do ciclone em fase madura – comprimento de baixa pressão até o final do vórtice de nebulosidade (2).

3.1.7 Dinâmica atmosférica e representação cartográfica

Para o reconhecimento dos sistemas atmosféricos e massas de ar atuantes nos anos-padrão definidos, considerou-se as informações contidas nos Boletins Técnicos do CPTEC/INPE, como o periódico meteorológico CLIMANÁLISE e INFOCLIMA, para os anos dentro da habitualidade e os anos excepcionais, chamados de secos e chuvosos.

A interpolação dos cartogramas anuais, sazonais, mensais e pelo coeficiente de variação, foram elaborados por meio do programa *ArcGIS* na ferramenta de Krigagem Ordinária e o Inverso do Quadrado da Distância, pois são considerados, dependendo dos estudos, os mais adequados métodos de interpolação espacial para dados pluviométricos.

O programa de mapeamento *ArcGIS* também foi utilizado para georreferenciar os postos pluviométricos, delimitar a área de interesse por meio da representação setorizada das quadrículas.

4 ÁREA DE ESTUDO

A seguir, comenta-se sobre algumas características e elementos geográficos que revestem a área de estudo. Seja o emprego superlativo e de emergente atenção ao bioma cerrado, com a sua área central localizada no Estado de Goiás e no Distrito Federal.

A fim de considerar os aspectos climáticos de ordem prática, realizou-se um levantamento e espacialização das estações meteorológicas, cobertura dos radares meteorológicos e da rede de postos pluviométricos na área de interesse. Outras informações encontram-se descritas na revisão bibliográfica.

De ordem social, relata-se um breve histórico sobre as origens do povoamento, da rede urbana e algumas motivações de mobilidade e transformações espaciais dos últimos dois séculos.

Por fim, a contextualização de ordem natural, ilustra-se os principais revestimentos litológicos e compartimentações topográficas do Estado de Goiás e o Distrito Federal.

4.1 Os Cerrados

Para o Brasil, o Cerrado é estratégico. Além de sua importância nas discussões das questões hídricas, por conta de seus serviços ecossistêmicos, o cerrado é uma área de relevância para a conservação da biodiversidade do país.

O bioma Cerrado é reconhecido como a savana mais rica do mundo, abrigando uma flora com mais de 12.000 espécies. Grande diversidade de habitats, 250 espécies de mamíferos e a avifauna representa mais de 800 espécies (BRASIL, 2015).

Para Bastos e Ferreira (2010), o cerrado do Brasil central, tendo Goiás e o Distrito Federal como área nuclear, é reconhecido como ‘berço das águas’ devido a sua localização no Planalto Central Brasileiro, contribui para a formação de importantes bacias hidrográficas na América do Sul, sendo elas a Bacia Platina, Bacia do São Francisco, Bacia do Araguaia-Tocantins e Bacia Amazônica.

A referência ao bioma cerrado possui contexto plural pela diversidade de ambientes e subsistemas que o compõem, seja nas matas, florestas úmidas,

veredas, as matas secas e o cerrado propriamente dito. Essa pluralidade se revela também nos povos que coabitam esses ambientes, como índios, quilombolas, cerradeiros, agricultores, camponeses, sertanejos e operários, ao longo dos séculos.

A área de estudo localiza-se quase inteiramente neste bioma, abrangendo menos de 3% de sua área territorial em ambiente de Mata Atlântica. Limítrofe com os Estados de Minas Gerais, Bahia, Tocantins, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. O Estado de Goiás possui uma área territorial de 340.086 km² e população estimada em 6.778.000 milhões de habitantes (IBGE, 2017).

O Distrito Federal compreende uma área de 5.802 km², população estimada em 3 milhões de habitantes e faz divisa com o Estado de Minas Gerais de apenas 2 km, além do Estado de Goiás (IBGE, 2017).

4.2 Rede de estações meteorológicas e pluviométricas na área de estudo

Em relação ao Estado de Goiás, o assunto da falta de uma rede de coleta de postos pluviométricos foi abordado por Monteiro (1951), quando o autor conseguiu identificar apenas 6 estações espalhadas pelo Estado.

De meados do século passado para os dias atuais o número de estações aumentou, mas a integração entre as mesmas continua precária. Para facilitar a compreensão da realidade climática de cada espaço, segundo suas configurações de latitude, relevo e outros, são propostas divisões ou níveis de atuação de um determinado sistema atmosférico, facilitando o entendimento do "fato" climático de cada área, seja urbana ou rural. Nessa perspectiva costuma-se elencar uma série de escalas de abordagem do estudo do clima. A escala que atende as necessidades de entendimento local/regional dos processos climáticos é a escala sub-regional, segundo a classificação de Monteiro (1976).

Entre os elementos do clima, a precipitação pluviométrica e a temperatura ajudam a compreender a realidade climática de uma determinada região. Segundo Conti (1975), o estudo da chuva é particularmente atraente, devido a dependência em que nos encontramos desse fenômeno. Precipitação e temperatura podem oferecer respostas há muitas indagações de uma grande maioria de profissionais de diferentes áreas que estudam o meio físico, conforme descritos nos trabalhos de Santos (1993); Salami (1996) e Boin (2000). As

difficultades que se apresentaram na aquisição e manutenção de equipamentos, a confiabilidade das leituras dos aparelhos e a possibilidade de que, em alguns períodos, não poderia ser construída séries históricas pluviométricas por simples falta de recursos humanos para a coleta.

A pesquisa bibliográfica resultou no entendimento das dificuldades de pesquisadores brasileiros tem para organizar informações climáticas, seja com a rede incompleta e as falhas nas séries históricas. Dessa forma partiu-se para entender o funcionamento da rede de informações no Estado de Goiás e DF, quais os órgãos que possuem estações, onde estão instaladas e qual área de cobertura.

O Estado de Goiás e o Distrito Federal, assim como grande parte das outras unidades da federação, tem sua base econômica na agricultura. Para que a produção agrícola consiga atingir melhores níveis de produtividade é fundamental a observação das condições climáticas. O conhecimento das variações de temperatura, umidade, precipitação, níveis de radiação são intrínsecas para a produção.

No levantamento, ainda não completado, em 1951 existiam seis estações em todo o Estado (Monteiro, 1951), e com o passar das décadas vários órgãos de Estado de Goiás possuem estações e/ou postos meteorológicos e cada qual segue a algum sistema e ou interesse por uma área específica.

O Sistema de Meteorologia e Hidrologia do Estado de Goiás (SIMEHGO), conta com 23 PCD (Plataformas de Coletas de Dados - estações automáticas) instaladas e ativas, as informações coletadas são divulgadas e repassadas ao sistema (Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) CPTEC/INPE. O Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) possui 17 Plataformas de Coleta de Dados (PCD) instaladas, além de outras 15 estações convencionais. A EMBRAPA coleta dados em 32 estações e postos meteorológicos (particulares e públicos), além dos dados fornecidos pelas estações já citadas, dos sistemas SIMEHGO e INMET.

O INPE informa por meio do seu site a existência de 24 PCD, além daqueles já mencionados pelo sistema SIMEHGO. Existem ainda estações de altitude (INMET) e estações de outros de órgão de Estado em Brasília (geograficamente inserida em Goiás). No levantamento parcial contamos pelo menos 115 estações instaladas na área de estudo (Figura 33).

Figura 33: Distribuição das estações meteorológicas no Estado de Goiás e DF.

Fonte: INMET, CPTEC-INPE, SIMEHGO, EMBRAPA (2013). Elaborado pelo autor (2018).

Outro aspecto importante a ser considerado é a limitada cobertura da rede de radares meteorológicos alocados no Estado de Goiás, Distrito Federal, ou em outros Estados da federação.

Levantou-se (até janeiro de 2018), algumas informações sobre a quantidade e cobertura de radares sobre a área de estudo, sendo encontrado apenas sete radares com diferentes raios de alcance, cobertura, resolução de imagem e disponibilidade de acesso às mesmas.

O radar com a maior área de cobertura, na região centro-leste do Estado de Goiás, pertence ao Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) localizado em Gama-DF, de uso restrito do controle e vigilância do espaço aéreo. Possivelmente, é utilizado também para fins meteorológicos da Força Aérea Brasileira (FAB). Sua área de cobertura é de 400km.

Outro radar encontrado, porém, sem informações de operação é o mini radar instalado na cidade de Aparecida de Goiânia, na região metropolitana de Goiânia (RMG). Este, adquirido no início de 2016 em convênio entre a

concessionária de energia elétrica de Goiás (Celg Distribuição) e o Sistema de Meteorologia e Hidrologia de Goiás (SIMEHGO), para fins meteorológicos, possui área de cobertura de aproximadamente 120km. Foi adquirido para monitorar tempestades severas que atingem a RMG e as descargas elétricas da rede de energia da referida concessionária.

Os demais radares encontrados localizam-se fora dos limites territoriais de Goiás e do Distrito Federal. Três deles pertencem ao Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN). O de maior amplitude recobre uma área em toda faixa leste do Estado de Goiás, localizado na cidade de São Francisco-MG, e outro radar com cobertura entre o Distrito Federal e a divisa entre Goiás e Minas Gerais está alocado na cidade de Três Marias-MG. O terceiro radar localiza-se na cidade de Jaguari, no Estado do Mato Grosso do Sul, com cobertura parcial da região sudoeste do Estado goiano. Todos possuem um raio de 400km de alcance.

Por fim, os radares do Instituto de Pesquisas Meteorológicas (IPMET) da Universidade Estadual Paulista (UNESP), recobrem uma estreita faixa ao sul do Estado de Goiás. São radares para fins de monitoramento meteorológico instalados nas cidades de Presidente Prudente e Bauru, no Estado de São Paulo. Ambos abrangem 450km de raio de alcance a partir da instalação dos radares.

Como mencionado, a rede de observação e monitoramento meteorológico possui uma abrangência territorial limitada, privilegiada no setor leste do Estado de Goiás e em toda área do Distrito Federal. Contudo, muitos radares dispõem de informações escassas sobre o acervo de imagens em banco de dados, ou apresentam restrições para o seu pleno acesso ou utilização para fins de pesquisas.

Toda a extensão da região norte, oeste e sudoeste do Estado de Goiás, mais precisamente entre os limites estaduais do Tocantins e Mato Grosso, encontra-se desprovida da leitura dos radares meteorológicos em tempo real, a mercê das imagens de satélite geoestacionário (geração GOES) e instrumentação de superfície, como as estações meteorológicas.

A Figura 34 ilustra a cobertura dos radares meteorológicos sobre o Estado de Goiás e o Distrito Federal, encontrados na presente pesquisa.

Figura 34: Área de cobertura dos radares meteorológicos sobre o Estado de Goiás e o Distrito Federal.

Fonte: IPMET, DECEA, REDEMET, CEMADEN, CELG (2017). Elaborado pelo autor (2018).

No que tange a distribuição de postos pluviométricos automáticos e convencionais, a rede de aparelhos é mais densa, porém não distribuída de maneira uniforme e planejada sobre o território em questão.

No levantamento e quantificação dos postos pluviométricos, ao longo de várias décadas, observou-se que a Agência Nacional de Águas (ANA) reúne aproximadamente 230 postos no Estado de Goiás e Distrito Federal.

Notou-se uma evolução da quantidade de postos pluviométricos a partir da década de 1970 que se estendeu até a década de 2010 (ANA, 2013), intimamente ligada, sobretudo, no eixo de expansão e aglomeração populacional no centro-sul do Estado de Goiás e às cidades adjacentes da capital Federal. Todavia, a qualidade das informações encontradas é limitada, muitas vezes sem a disponibilidade das séries históricas nos sistemas eletrônicos (Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos - SAR/HidroWeb), e quando disponíveis, apresentam dados faltantes em seguidos semestres e anos.

Desta forma, o inventário ora apresentado pelas agências e organizações estaduais e federais revelam a desproporção espacial das estações automáticas, convencionais e dos postos pluviométricos alocados nos grandes centros urbanos e adjacências, sobretudo no Distrito Federal (Figura 35).

Figura 35: Distribuição das estações pluviométricas no Estado de Goiás e DF.

Fonte: ANA (2013). Elaborado pelo autor (2015).

4.3 Povoamento e urbanização

Foram tomados como referencial bibliográfico deste item apresentado a seguir, os estudos de Neto (1982, 2003, 2006 e 2008), importante historiador e estudioso sobre as relações socioespaciais do centro-oeste brasileiro e do Estado de Goiás.

Os principais fatores de povoamento do Estado de Goiás foram à corrida do ouro, no século XVIII, a agropecuária tradicional, no século XIX, a construção de rodovias de integração e da ferrovia, no início do século XX, e por fim, a intensificação dos projetos infra estruturais ligados a ciência, tecnologia e informação do campo e os complexos agroindustriais estrangeiros.

Com a colonização do Brasil a configuração territorial modificou-se ao longo dos séculos, seja pelo aparecimento de novas Capitânicas Hereditárias, o aumento da influência luso-brasileira no interior com diversas expedições

exploradoras, como as Entradas, Descidas e Bandeiras, e a emancipação política frente a Capitania de São Paulo.

O ciclo aurífero, em 1722, marcou a ocupação efetiva do território goiano. Todo garimpo transformou-se em povoado de itinerantes vindos de diversas partes do Brasil, provocando o verdadeiro El Dourado dos cerrados.

Após a decadência do ouro na década de 1820, a principal atividade econômica em Goiás foi o gado e os produtos agrícolas derivados, fazendo surgir núcleos urbanos nas regiões sudeste e sul do Estado. A produção agrícola era destinada aos centros econômicos de maior relevância no cenário nacional, como Minas Gerais e São Paulo e a autossuficiência das fazendas.

A prolongada ausência de fatores de povoamento mais estáveis fez com que a ocupação humana e urbana fosse irregular e descontínua. Mais de 85% da população residia em áreas rurais. Apenas no século XX houve, de fato, um esforço do governo central em aumentar o povoamento da região centro-oeste com a chegada da rodovia e a integração regional e a construção de estradas no Estado de Goiás, que por onde passavam provocaram profundas mudanças espaciais e sociais.

Na década de 1940 o Estado passou a intervir diretamente no povoamento do Brasil central pela política conhecida como “marcha para oeste”, com a adoção de investimentos em infraestrutura, rede elétrica, telecomunicações e agroindústrias. A revolução agrícola e o pacote de investimentos impulsionaram as relações intra e inter-regionais do Estado de Goiás com outros centros econômicos nacionais.

As transformações infra estruturais aliadas ao surgimento de dois aglomerados urbanos, Goiânia e Brasília, foram determinantes na configuração do sistema espacial e populacional do Estado de Goiás e o Distrito Federal. Goiânia passou a desempenhar importância estratégica pela posição central, unido às atividades agrícolas do sul e sudeste do Estado, a construção de cidades vizinhas e a demanda por mão-de-obra na infraestrutura urbana. Brasília lograva as funções de centro absorvedor da população, eixo rodoviário pelo Plano Rodoviário Nacional, significativo mercado consumidor decorrente das atividades administrativas de governo e repasses fiscais.

Formou-se uma ampla rede urbana concentrada na região centro-leste do Estado de Goiás, com a crescente mobilidade entre a capital federal, Brasília, a

cidade de Anápolis com função de polo industrial e estação aduaneira do interior. Possui destaque a criação dos centros urbanos de Luziânia, Aparecida de Goiânia e cidades satélites no Distrito Federal, com funções de movimento pendular, ou ‘cidades dormitórios’, como resultado de suas colocações na divisão regional do trabalho.

Com relação à demografia, a comparação dos dados dos dois censos demográficos mais recentes (2000 e 2010) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) permite constatar que a Região Centro-Oeste, entre 2000 e 2010, apresentou um crescimento perto de 26% em sua população, tendo a população urbana crescido cerca de 24% e a rural, 2%, sobretudo no Estado de Goiás e Distrito Federal (Tabela 5).

Tabela 5: Dados da população do Centro-Oeste.

		2000	Distribuição (%)	2010	Distribuição (%)	Variação (%)
MS	Urbana	1.747.106	84,1	2.097.238	85,6	20,0
	Rural	330.895	15,9	351.786	14,4	6,3
MT	Urbana	1.987.726	79,4	2.482.801	81,8	24,9
	Rural	516.627	20,6	552.321	18,2	6,9
GO	Urbana	4.396.645	87,9	5.420.714	90,3	23,3
	Rural	606.583	12,1	583.074	9,7	(3,9)
DF	Urbana	1.961.499	95,6	2.482.210	96,6	26,5
	Rural	89.647	4,4	87.950	3,4	(1,9)
Região	Urbana	10.092.976	86,7	12.482.963	88,8	23,7
	Rural	1.543.752	13,3	1.575.131	11,2	2,0
	Total	11.636.728		14.058.094		25,7

Fonte: IBGE, 2000 e 2010.

A rede urbana alocada no eixo Goiânia, Anápolis – Brasília apresenta um potencial de consumo considerável, tendo em vista que a população é superior a sete milhões de habitantes. Por outro lado, a ocupação populacional no interior do espaço geográfico goiano denota uma estagnação de muitos municípios com menos de 20 mil habitantes, apresentando funções dependentes dos aglomerados urbanos regionais e das atividades primárias, com a diminuição das suas populações.

4.4 Compartimentações Geológicas do Estado de Goiás, Distrito Federal e adjacências

Segundo os levantamentos de Lacerda Filho et al (1999) e CPRM (2008), a compartimentação geotectônica do Estado de Goiás e Distrito Federal reflete o estágio atual de conhecimento geológico da região, estabelecendo a arquitetura dos seus principais domínios litoestratigráficos. Para uma melhor compreensão da evolução geológica e geotectônica, a área de estudo divide-se em duas unidades maiores, sendo a Província do Tocantins, estruturada durante o ciclo brasileiro e Bacias Sedimentares Fanerozóicas, mais jovens que 540 Ma.

A Província do Tocantins é uma unidade tectônica desenvolvida durante a colagem orogênica brasileira que ocorreu na região central do Brasil, compreendendo três cinturões dobrados, denominados faixas Brasília, Araguaia e Paraguai, resultantes da colisão de três blocos continentais durante a amalgamação do Gondwana Oriental. A faixa Brasília predomina na maior parte do Estado de Goiás (CPRM, 2008).

Lacerda Filho et al (1999), sugerem que a Província do Tocantins pode ser compartimentada em terrenos em idades variadas aglutinados durante a orogênese brasileira e que compreendem as unidades arqueanas (3,8 Ga e 2,5 Ga) e paleoproterozóicas (2,3 Ga) de terrenos Granito-Greenstone e o *Rift* Intracontinental. Há também as faixas de dobramentos descritas anteriormente, o Arco Magmático de Goiás e coberturas cratônicas neoproterozóicas datadas em 1 Ga e 540 Ma. Tais unidades estão parcialmente revestidas pelas coberturas fanerozóicas (540 Ma), das Bacias do Paraná e Sanfranciscana e sedimentos quaternários da Bacia do Bananal, com idade de 1,6 Ma.

No Estado de Goiás, as unidades da Bacia do Paraná correspondem às do setor norte e incluem sequências da fase de extensão continental com a formação de *riffs*, seguida de sedimentação relacionadas a subsidências termais.

A Bacia Sanfranciscana compreende uma cobertura fanerozóica do Cráton do São Francisco, entre os Estados de Goiás, Bahia e Minas Gerais. Sua instalação ocorreu por reativações de antigas estruturas do embasamento e consiste em depressão norte-sul preenchida por sedimentos continentais associados com vulcanismo alcalino-ultrabásico.

A Bacia do Bananal é considerada uma das mais importantes bacias sedimentares intracratônicas da América do Sul, possuindo diversas unidades morfo-sedimentares datadas do Pleistoceno Médio ao Pleistoceno Superior

(240.000 até 2.300 anos), a noroeste do Estado de Goiás. A Formação Araguaia consiste em sedimentos arenosos com intercalações de sedimentos argilosos e níveis de cascalheiras, revestidos por camada de argila endurecida de planície de inundação que pode atingir mais de 6 metros de espessura (CPRM, 2008).

Em síntese, neste subitem apresentou-se os principais domínios litoestratigráficos do Estado de Goiás e Distrito Federal. A seguir, ilustra-se uma breve revisão das propostas de classificação do relevo para a região do Brasil central em unidades morfoestruturais e morfoesculturais.

4.5 Geomorfologia e topografia do Estado de Goiás e Distrito Federal

As unidades morfoestruturais do Estado de Goiás e Distrito Federal tiveram seu arcabouço teórico-descritivo revisados nos estudos de Casseti (1979); Projeto RADAMBRASIL, Folha SD.22 Goiás e SD.22 Goiânia, descritos por Mamade et al (1981 e 1983); a incorporação de subunidades do relevo por Nascimento (1991); a nova proposta de classificação do relevo brasileiro por Ross (1996); e relatórios técnicos da CPRM (1999).

Resumidamente, o Estado de Goiás (incluindo Tocantins, na época) e o Distrito Federal foram individualizados por três grandes unidades morfoestruturais, de acordo com Casseti (1979). Para o autor, dividem-se em maciços antigos, modelados por fenômenos denudacionais pretéritos, aplainados e retrabalhados no período Cenozóico (65 Ma), topograficamente configurados por planaltos e serras cristalinas, em menor extensividade.

A segunda morfoestrutura é denominada de bacias de sedimentação do período paleomesozóicas (251 Ma - 65 Ma) caracterizadas por planaltos escarpados de topos regulares, mesas, chapadões e estruturas monoclinais. As peneplanícies do Araguaia correspondem ao terceiro compartimento, aplainado e portador de platôs escalonados em diversos níveis (CASSETI, 1979).

Mamade et al (1981; 1983), no Projeto RADAMBRASIL, descrevem quatro principais unidades do relevo: o Planalto Central Goiano, os Planaltos e Chapadas da Bacia Sedimentar do Panará, o Planalto dos Guimarães e a Depressão do Araguaia. Para os autores, algumas dessas unidades compartimentam-se em unidades menores.

O Planalto Central Goiano compreende quatro subunidades: Planalto do Distrito Federal, Planalto do Alto Tocantins-Paranaíba, Planalto Rebaixado de Goiânia e as Depressões Intramontanas. Os Planaltos e Chapadões da Bacia Sedimentar do Paraná abrangem o Planalto Setentrional da Bacia do Paraná e o Planalto de Maracaju (MS).

O relatório técnico da CPRM (1999), também descreve as quatro unidades morfoestruturais do Projeto RADAMBRASIL, e complementa com um detalhamento mais aprofundado das características dos conjuntos do relevo em 20 subunidades, relacionadas principalmente com a morfoescultura e feições realçadas pelos processos erosivos e denudacionais em ambientes tropicais.

No domínio da geografia física, as amplitudes altimétricas e compartimentações geomorfológicas do Estado de Goiás e o Distrito Federal são amplamente conhecidas pelos trabalhos elaborados por Nascimento (1991) e Ross (1996).

Nascimento (1991) define cinco unidades e onze subunidades geomorfológicas, que a seguir estão descritas sinteticamente.

O Planalto Central Goiano ocupa uma rica variedade de rochas metamorfizadas, com topografia entre 400 a 1200m, possuindo quatro subunidades: o Planalto do Distrito Federal, constitui uma superfície de erosão antiga, com a parte mais elevada da referida unidade com cotas altimétricas de 1200m; seguida do Planalto do Alto Tocantins-Paranaíba apresenta superfícies de relevos elevados, entre 1000 e 1200; outra subunidade é a Depressão Intermontanas, com relevos residuais elevados de características de intermontana. Dominam as formas amplas e tabulares com altitudes em torno de 600m, mas que podem chegar a 750m. A última subunidade do Planalto Central Goiano situa-se na porção centro sul do Estado de Goiás. Possui amplitudes altimétricas entre 650 e 850m, com superfícies de planalto rebaixado e dissecado de relevos tabuliformes, conforme Nascimento (1991).

A segunda unidade é o Planalto Setentrional da Bacia do Paraná, subdividindo-se em Planalto do Rio Verde e Planalto de Caiapônia. A primeira localiza-se no reverso da cuesta do Caiapó com cotas altimétricas entre 650 a 1000 e outras compartimentações inferiores entre 350 a 650m. Abrange o Parque Nacional das Emas, a sudoeste do Estado. A segunda subunidade é o

Planalto de Caiapônia com superfícies dissecadas com altitudes entre 400 a 700m.

O Planalto do Divisor São Francisco-Tocantins compreende outras duas subunidades: Chapadão Central, localizado no Estado da Bahia, e os Patamares do Chapadão. A segunda subunidade também é conhecida como Serra Geral de Goiás, com cotas altimétricas entre 500 a 880m e notável variedade de formas incluindo a cárstica.

A quarta unidade compreende a Depressão do Tocantins, subdividida em Depressão do Maranhão-Santa Teresa localizada no Estado do Tocantins, e Vão do Paranã. Nesta, o termo 'vão' foi adotado para designar a depressão entre os relevos mais altos da terceira unidade geomorfológica, Chapadão Central e Planalto do Alto Tocantins-Paranaíba. O Vão do Paranã compreende altitudes entre 400 e 600m.

A unidade de superfícies menos acidentadas compreende a Depressão do Araguaia, subdividida em Depressão do Araguaia e a Planície do Bananal. A primeira possui regularidade altimétrica variando entre 200 a 300m na rede de drenagem do Rio Araguaia com sequência meandrante. Em seguida, a Depressão do Bananal acaba penetrando os Estados do Tocantins e do Mato Grosso, devido a sua grande extensão. É constituída por depósitos de aluviões e materiais inconsolidados arenosos e argilosos com superfícies de acumulação inundáveis e as grandes planícies fluviais (NASCIMENTO, 1991).

Para Ross (1996), as unidades do relevo que representam os domínios territoriais do Estado de Goiás e o Distrito Federal são descritos como Planaltos, Depressões e Planícies, sendo as respectivas unidades: Central Brasileiro, Planalto e Serras de Goiás-Minas, Planalto da Bacia do Paraná, Planalto de Rio Verde e Depressão do Tocantins-Araguaia.

A variedade de estudos apresentados nesta seção ilustra a evolução analítica das compartimentações morfoestruturais e morfoesculturais do modelado superficial goiano e do Distrito Federal, com diferentes processos e técnicas, cada qual em seu tempo.

Diante da breve revisão aqui apresentada, destaca-se a descrição de Nascimento (1991), com uma proposição de divisão mais específica das unidades e subunidades morfológicas da área de estudo.

Em contrapartida, os demais autores acabaram por apresentar características mais generalistas sobre a realidade da natureza geomorfológica da região, mas que não devem ser desmerecidos considerando-se o rigor metodológico, descritivo e pioneirismo de suas obras.

A seguir, o Quadro 1 apresenta as compartimentações geológicas, com os principais domínios tectono-estratigráficos, com base na classificação da CPRM (2008), e as unidades de compartimentação topográficas sinteticamente descritas por Nascimento (1991) e Ross (1996), adaptada de Nascimento (2016).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção, apresentam-se os resultados e discussões derivados dos objetivos propostos na presente pesquisa. Divide-se, sequencialmente, em exibir os tratamentos estatísticos elaborados, sendo analisada a distribuição mensal da precipitação da área de estudo, a identificação de “anos-padrão” segundo os desvios do coeficiente de variação e os cartogramas (anuais e sazonais) em forma de quadros. Há também os resultados dos eventos de extremos climáticos cujos postos pluviométricos foram escolhidos em algumas compartimentações geomorfológicas e unidades topográficas.

Apresenta-se, por meio de gráficos e ilustrações, a contagem das linhas frontais identificadas em toda a série temporal para a área de estudo e algumas discussões sobre as legendas das cartas da Marinha do Brasil e as dificuldades encontradas para interpretá-las.

5.1 Variabilidade anual das chuvas em Goiás e no Distrito Federal

A série histórica pluviométrica de 41 anos foi analisada individualmente e conjuntamente entre as 40 quadrículas. Na área de estudo, as características pluviométricas apresentaram as seguintes características:

a) Totais pluviométricos mais elevados na quadrícula Q8, superando 4000mm em dois dos 41 anos, e outros anos a altura pluviométrica ultrapassou valores de 3000mm. Apresentou grande variabilidade interanual e interdecadal;

b) A segunda quadrícula com valores pluviométricos elevados foi a Q14, que em alguns anos apresentou totais acima de 3200mm e irregularidades interanuais. Foi seguida da Q1, a NE do Estado de Goiás, com grande variabilidade interdecadal, porém, com uma maior regularidade na distribuição da série histórica;

c) Chuvas menos abundantes nas quadrículas a nordeste de Goiás, com valores médios de 1200mm nas quadrículas Q6, Q11 e Q17, localizadas nas proximidades do Chapadão Central Baiano;

d) Totais anuais mais regulares a oeste e sul do Estado de Goiás, principalmente nas quadrículas que fazem divisa com os Estados de Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e Mato Grosso (Q23, Q29, Q35, Q36, Q37, Q38, Q39 e Q40), com valores médios de 1550mm.

e) As regiões na facha sul e oeste do Estado de Goiás com totais anuais mais elevados que as regiões norte e leste, nos limites goianos entre o sul do Tocantins, oeste da Bahia e noroeste de Minas Gerais;

f) Os centros de maior adensamento populacional como Goiânia e adjacências do Distrito Federal com totais anuais de 1500mm e 1400m, respectivamente.

A Figura 36 revela a distribuição anual da série histórica das estações pluviométricas representativas das quadrículas, ilustradas em gráficos de barras, com a mesma escala de valores que varia de 0mm até 4000m.

Figura 36: Total anual das 40 quadrículas da série histórica 1975-2015.

Fonte: Dados pluviométricos (ANA, 2015); Base cartográfica (IBGE, 2010). Elaborado pelo autor (2018).

A fim de evitar generalizações pelos dados da média aritmética das chuvas, tomou-se a precaução de apresentar os valores médios da série histórica na tentativa de apontar possíveis tendências sazonais em realidades

geográficas distintas, devido a sua ampla área territorial. Tais valores, entretanto, devem ser analisados com certa restrição. Como bem comentou Zavattini (2009), “os valores médios sempre mascaram os extremos da variabilidade pluviométrica, sendo muito bons para apontar tendências, mas pouco úteis para retratar o ‘habitual’.

Diante do exposto, apresenta-se os valores médios mensais pluviométricos para a série temporal de 41 anos das 40 quadrículas. Sua representação está graduada de 0 a 400mm (todos os gráficos na mesma escala de valores), conforme a Figura 37, e abordam os seguintes aspectos:

a) Observou-se que as médias mensais mais expressivas se encontram na porção norte do Estado de Goiás. Na quadrícula 8, próximo ao Município de Campinaçu e adjacências do Lago Serra da Mesa, os valores de chuva superaram 400mm entre os meses de dezembro, janeiro e fevereiro;

b) No período chuvoso a sazonalidade média das chuvas superaram 300mm. Todavia, no período seco, as médias mensais limitaram-se em 30mm nos meses de junho, julho e agosto;

c) Nos meses de transição de períodos chuvosos e secos, houve a ocorrência de acumulados médios de chuva consideráveis para o norte do Estado de Goiás, superando 100mm;

d) A Q14, no Município de Pilar de Goiás, localizada nas proximidades do lago Serra da Mesa, a variação mensal pluviométrica para a série temporal foi semelhante à Q8, com significativos acumulados de chuva no período de verão;

e) A Q12, situada na região de maior altitude do Estado de Goiás, nas proximidades do Município de Alto Paraíso de Goiás e do Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, apresentou valores de chuvas modestos para uma compartimentação geomorfológica que supera 1600m de altitude. Contudo, levou-se em consideração a baixa latitude que se localiza, sobretudo por se tratar de valores médios analisados em quarenta e um anos;

f) Notou-se que toda a porção oeste do Estado de Goiás, nos cursos alto e médio do Rio Araguaia, as chuvas de primavera-verão são abundantes e superaram 300mm, sem o predomínio de mês seco;

g) Destacou-se também o extremo sul do Estado de Goiás, limítrofe aos Estados de Mato Grosso do Sul e Minas Gerais. Observou-se que a Q40 apresentou valores consideráveis de chuva no período de outubro a março, notável para uma região de gradientes altimétricos pouco expressivos e distante significativamente dos centros de ação da Massa Tropical Atlântica, mas que possivelmente, sofre a ação dos sistemas atmosféricos equatoriais (primavera-verão) e polares (inverno);

h) Em síntese, a região leste e nordeste no Estado de Goiás, divisa com o noroeste de Minas Gerais e oeste baiano, apresentaram as médias menos volumosas no semestre hidrológico outubro a março. Apesar disso, notou-se para toda a área de estudo um período pluviométrico seco-chuvoso bem definido.

Figura 37: Precipitação média mensal do período 1975-2015.

Fonte: Dados pluviométricos (ANA, 2015); Base cartográfica (IBGE, 2010). Elaborado pelo autor (2018).

Com vistas a representação espacial os dados pluviométricos na área de estudo, se elaborou os cartogramas de pluviosidade anual entre os anos de 1975 até 2015.

Para este fim, foram testados dois métodos de interpolação para avaliar a acurácia de precipitação em regiões geográficas extensas. Os métodos geoestatísticos utilizados foram o inverso quadrático da distância (IQD) e a krigagem (KRIG).

Para ambos os métodos foram utilizados os valores de precipitação anual média da série histórica no ano de 1975, como exemplo. Após a geração dos mapas, avaliou-se o erro médio quadrático (RMSE – *root mean square error*), cuja finalidade é medir a magnitude média dos erros estimados, sempre com valor positivo, e o coeficiente de determinação, medindo a proporcionalidade da variação total da variável dependente explicada pela variável independente.

Para Alves e Vecchia (2011), a krigagem pode ser um interpolador que apresenta estimativa exata ou suavizada, definindo o grau de dependência ou correlação espacial entre as amostras, mostrando possíveis tendências sugeridas pelos dados analisados.

Para os mesmos autores, o inverso quadrático da distância também é um interpolador tanto exato quanto suavizado. A influência do valor de cada ponto é inversamente proporcional à distância do nó na malha. Outras características são elencadas como a predeterminação do peso da amostra, a influência de pontos espacialmente distantes e também o efeito de mira ao redor dos pontos observados (ALVES e VECCHIA, 2011).

Com relação à validação cruzada da interpolação da série temporal de precipitação para o ano analisado, percebeu-se poucas diferenciações entre os dois métodos. Observou-se que o RMSE da validação cruzada, o método IQD apresentou os melhores resultados (189,00) que o KRIG (206,88). Logo, para o coeficiente de determinação, os resultados foram $r^2 = 0,17$ para IQD e $r^2 = 0,10$ para KRIG.

Contudo, a tendência nos gráficos não apresentou uma forte correlação entre a estimativa do interpolador e os valores reais das séries anuais, com coeficiente angular próximo de 0° , conforme revela a Figura 38. Para Anjos et al (2017), apesar de determinados interpoladores apresentarem RMSE menores que outros, não é significativo que o resultado final no mapa de precipitação seja necessariamente próximo do real.

Deste modo, o interpolador que demonstrou ser mais eficiente na representação espacial pluviométrica anual foi o método KRIG, pela suavização dos dados plotados, exibindo tendências gerais.

A influência do efeito de mira nas proximidades dos pontos somada a grande variabilidade espacial para o interpolador IQD, foram determinantes para a supressão desse método, nesta avaliação dos dados pluviométricos anuais. Os erros dos interpoladores podem estar associados com a limitada quantidade de postos pluviométricos (amostras) na extensa área de estudo.

Figura 38: Resultado da validação cruzada dos métodos IQD, KRIG e RMSE para a série temporal média de 1975-2015.

Elaborado pelo autor (2018).

Após a análise prévia dos dados e a escolha do interpolador com o melhor desempenho na representação espacial das chuvas, foram elaborados os 41 cartogramas da série temporal 1975-2015. Sumariamente serão destacadas as principais características observadas a seguir:

a) Em períodos de pluviometria elevada, as regiões que concentraram maiores valores foram as regiões noroeste e norte, embora a região da bacia do rio Araguaia também tenha apresentado ligeira concentração pluviométrica;

b) A década de 1970 apresentou uma concentração espacial pluviométrica maior na região norte do Estado de Goiás, com a redução gradual do volume em direção na porção centro-sul;

c) Não há regiões com tendências persistentes de concentração elevadas ou reduzidas de chuvas, ao contrário, ficou evidente a alternância espacial entre os anos e as décadas analisadas;

d) Em períodos secos, como apresentaram os anos de 1984, 1990, 1993, 2007 e 2015, os totais pluviométricos ficaram reduzidos em toda a borda leste do Estado de Goiás e no Distrito Federal, região caracterizada pelas superfícies topográficas mais acidentadas em toda a área de estudo. Neste cenário, as chuvas mais volumosas ficaram concentradas em pequenas localidades;

e) Em linhas gerais, predominou-se os totais pluviométricos entre 1200mm a 1700mm em grande parte do regime anual de chuvas;

f) Em anos considerados anômalos, a escassez apresentou classes pluviométricas inferiores a 1200mm até o mínimo do intervalo de classe de 730mm. Em períodos de abundância a quantidade de chuva estimada espacialmente superou 3000mm anuais.

O Quadro 2 exibe o total anual de precipitação para a série temporal analisada de 1975 a 2015. Os cartogramas estão dispostos do ano mais antigo até o mais recente, respectivamente da esquerda à direita.

Apresenta-se os intervalos de classes ordenados em 100mm para os maiores valores, e 80mm para as duas primeiras classes de valores pluviométricos inferiores. Utilizaram-se intervalos de classes iguais para a elaboração dos cartogramas.

Quadro 2: Total anual de precipitação 1975-2015.

Fonte: Dados pluviométricos Agência Nacional de Águas (2015). Base cartográfica IBGE (2010). Elaborado pelo autor (2018).

5.2 Variabilidade sazonal das chuvas em Goiás e no Distrito Federal

Para uma inferência mais acurada da pluviosidade no decorrer do ano, prosseguiu-se com a análise dos cartogramas sazonais para os períodos de primavera, verão, outono e inverno, respectivamente.

Adotou-se o mesmo método de interpolação espacial das chuvas dos períodos anuais para os sazonais (KRIG), cuja representação cartográfica, mais suavizada, demonstrou tendências gerais da precipitação regional comparado ao método do inverso quadrático da distância (IQD).

Os cartogramas do período sazonal de primavera permitiram visualizar as seguintes características:

a) As legendas sugerem que as chuvas de primavera apresentaram valores acima de 300mm, ilustrado apenas em alguns anos, na região do Vale do Paraná e o extremo sudeste da área de estudo com pluviometria no intervalo de classe entre 160mm – 290mm;

b) Em anos com volumes mais expressivos as chuvas se concentraram na região norte de Goiás, demonstrando a atuação da massa Equatorial Continental na manutenção do regime pluviométrico latitudinal do centro para o norte do Estado;

c) Os totais pluviométricos entre o intervalo de classe 450mm e 580mm se pronunciaram em grande parte da área de estudo, seguido do intervalo entre 590mm e 730mm, demonstrando uma grande capacidade de os totais pluviométricos serem elevados nos períodos considerados habituais;

d) Notadamente, os totais mais expressivos ocorreram nas primaveras de 1989 e 1992, com valores que superaram 1500mm e 1200mm em extensas regiões de Goiás, respectivamente;

e) As chuvas de valores menos abundantes foram identificadas na primavera dos anos de 1990 e 2015, respectivamente. As áreas centro-leste e nordeste de Goiás e Distrito Federal foram as mais afetadas pela escassez das chuvas nesses períodos;

f) Percebeu-se um nítido contraste entre as chuvas que regaram a maior parte da região norte em detrimento dos valores ligeiramente mais reduzidos no sentido sudoeste do Estado de Goiás, sendo delimitadas por compartimentações topográficas do Planalto Central Brasileiro e o Planalto de Rio Verde;

g) Demonstrou-se, pelos cartogramas, que a pluviometria no período sazonal de primavera é bastante irregular espacialmente, com elevada variabilidade interanual em toda a área de estudo.

O Quadro 3 apresenta os cartogramas de precipitação total do período de primavera da série temporal estudada entre 1975-2015. Ressalta-se que os intervalos de classes possuem valores idênticos para todos os mapas. Os cartogramas estão dispostos da esquerda para à direita, respectivamente do ano mais antigo ao mais recente.

Quadro 3: Precipitação total de Primavera 1975-2015.

Fonte: Dados pluviométricos Agência Nacional de Águas (2015). Base cartográfica IBGE (2010). Elaborado pelo autor (2018).

Após a elaboração e interpretação dos cartogramas para o período de primavera, deu-se sequência a confecção aos mapas de pluviosidade sazonal de verão, entre 1975-2015.

As principais características do comportamento e distribuição das chuvas sobre Goiás e o Distrito Federal são explícitas a seguir:

a) Os períodos de verão denotaram acumulados pluviométricos em maior quantidade quando comparados ao período de primavera. Em anos como 1980, 1983, 1985 e 2004 apresentaram revelaram expressivos valores pluviométricos de ordem superior a 1400mm;

b) Da mesma maneira, a frequência dos elevados valores no período de verão foi expressamente mais pronunciada que a primavera, evidenciando o forte regime pluviométrico no período de verão, principalmente na região noroeste do Estado goiano;

c) Em alguns cartogramas de anos chuvosos, a espacialização geográfica das classes pluviométricas mais volumosas tomou uma orientação de sentido noroeste sudeste no território goiano, oferecendo possíveis indícios da atuação do canal de umidade conhecido como zona de convergência de umidade (ZCOU), e caso permaneça estacionado por quatro dias seguidos, evolui para a zona de convergência do Atlântico Sul (ZCAS);

d) Percebeu-se que a porção nordeste do Estado de Goiás e também o Distrito Federal, apresentaram os menores volumes pluviométricos, comportamento pronunciado, inclusive, em anos chuvosos;

e) Os anos que apresentaram os menores acumulados pluviométricos ficaram evidentes em 1984, 1990, 2001, 2010 e 2015, com valores entre 450-580mm e 590-730mm em grandes extensões da área de estudo;

f) Em síntese, houve a predominância de totais pluviométricos no intervalo de classe de 590 e 730mm. Os acumulados pluviométricos tenderam a se

concentrar na porção noroeste do Estado e os volumes menos expressivos na região nordeste.

O Quadro 4 apresenta os cartogramas para o período de verão com intervalos de classe idênticos em todos os mapas. Deu-se preferência em manter a mesma escala de precipitação, em intervalos de classe, nos períodos de primavera e verão, revelando assim, sua variabilidade para o semestre chuvoso.

Quadro 4: Precipitação total de Verão 1975-2015.

Fonte: Dados pluviométricos Agência Nacional de Águas (2015). Base cartográfica IBGE (2010). Elaborado pelo autor (2018).

O período estacional de outono apresentou uma significativa mudança nos padrões pluviométricos quando comparado com as estações de primavera e verão. Não apenas o seu quantitativo pluviométrico se reduziu como também a distribuição geográfica sobre a área de estudo, ora mais concentradas em algumas compartimentações topográficas, e dispersas em outras.

Algumas considerações sobre o período de outono foram exibidas a seguir:

a) Houveram grandes contrastes de chuva em todo o período, com variações quantitativas na ordem de 20mm em anos de excepcional escassez (1999, 2000 e 2002), como também períodos de abundância com acumulados que superaram 300mm (1997 e 2009);

b) Tratando-se de um regime estacional de transição entre o período chuvoso para o seco, não ficou evidente um padrão homogêneo da distribuição geográfica das chuvas. Porém, com certa ressalva, notou-se que em boa parte da área de estudo alguns intervalos de classe foram recorrentes em vários anos, com valores de 61-80mm até 130-140mm;

c) Para os anos de 1977, 1978, 1995, 2006, 2009 e 2015, notou-se que a concentração de chuva se limitou na região norte ou nordeste do Estado de Goiás, reduzindo gradualmente os acumulados no sentido sudoeste. Essa distribuição espacial pode estar relacionada com os sistemas atmosféricos produtores de chuva no Nordeste Brasileiro (NEB), influenciando também nas cercanias do centro-oeste do Brasil;

d) Em contrapartida, nos anos de 1982, 1983, 1989, 1997, 2004 e 2012, observou-se uma variação da intensidade dos sistemas atmosféricos extratropicais que provocaram chuvas no sudoeste do Estado de Goiás, com invasões sobre as compartimentações topográficas do Planalto de Rio Verde, as Depressões Intramontanas e Relevos Residuais, até os patamares do Planalto Central Brasileiro;

e) Houveram anos que a participação dos sistemas produtores de chuvas se pronunciaram tanto na região norte quanto nas porções a sudoeste do Estado de Goiás, com totais pluviométricos reduzidos na faixa central entre Barra do Garças até Brasília (1978, 1979, 1981, 1986, 1990, 1991, 1994, 2004, 2014 e 2015);

f) Na comparação com outras estações, notou-se que o outono não é precedido por primaveras chuvosas, via de regra. Contudo, os anos de 1980, 1983, 1985, 1997 e 2004 apresentaram outonos com significativos acumulados pluviométricos precedidos de verões chuvosos;

g) Os anos de 1984 e 2015 tiveram chuvas reduzidas nas estações de primavera e verão, sendo sucedidos por outonos chuvosos, ocasionalmente com chuvas excepcionais entre os meses de abril e setembro, que marcam o término e o início do ciclo hidrológico em algumas regiões da área de estudo;

h) Em síntese, vigoraram as chuvas mais concentradas nas regiões norte e sul e uma carência nas porções oeste, central e leste do Estado de Goiás e do Distrito Federal.

A seguir, o Quadro 5 apresenta os cartogramas de pluviosidade para a estação de outono da série temporal de 1975-2015. Os intervalos de classes são homogêneos para todos os mapas, com variações entre 20mm até 301mm.

Quadro 5: Precipitação total de Outono 1975-2015.

Fonte: Dados pluviométricos Agência Nacional de Águas (2015). Base cartográfica IBGE (2010). Elaborado pelo autor (2018).

Em regiões tropicais, reconhecidamente, o trimestre mais seco dentre os períodos estacionais é o inverno. Via de regra, as médias apresentam valores pluviométricos elevados na primavera e verão, com decaimento das chuvas no outono e inverno.

Entretanto, quando o período sazonal é observado individualmente, numa escala temporal menor, acaba expondo padrões e tendências diferentes daqueles comumente observados nas médias aritméticas anuais.

A seguir, teceu-se algumas considerações sobre o inverno da série temporal 1975-2015:

a) Claramente, os invernos denunciaram uma participação mais ampla dos sistemas atmosféricos extratropicais, provocando acumulados pluviométricos na fachada sudoeste do território goiano, dentre os limites das Depressões Intermontanas e Relevos Residuais do Planalto de Rio Verde;

b) Nos anos de 1979, 1984, 1986, 1992, 1993, 2000 e 2009, as chuvas concentraram-se além dos referidos patamares topográficos, alcançando latitudes mais baixas da área de estudo, delimitadas regionalmente pelas compartimentações altimétricas mais proeminentes do relevo goiano.

c) A compartimentação topográfica do Chapadão Goiano e Vão do Paranã, divisa com o Estado da Bahia, expõem os limites dos reduzidos totais precipitados nos anos de 1977, 1979, 1992, 1994 e outros;

d) Nos invernos chuvosos, os valores mais elevados concentraram-se tanto na fechada norte/noroeste quanto nas regiões sul e sudoeste do Estado de Goiás. Em outros anos, como foram 1984, 1989, 1992, 1993, 2000 e 2009, a distribuição espacial da precipitação cobriu grande parte do centro e leste na área estudada;

e) Houveram anos em que os acumulados pluviométricos foram quase nulos em grande parte do território estudado, com valores entre 0-20mm (1975, 1981, 1988, 1994, 2004, 2007, 2010 e 2011), e em pequenas regiões que superaram de 40 até 60mm (1977, 1979, 1992, 1994 e 2009);

f) Alguns verões e primaveras antecederam invernos chuvosos. A título de exemplo, os anos de 1989, 1992, 2000 e 2009 apresentaram valores abundantes no semestre hidrológico e a manutenção dos sistemas produtores de chuvas também no período seco;

g) Os cartogramas apresentados para o período estacional de inverno apontaram que nos anos considerados excepcionalmente chuvosos e tendentes e chuvosos, tiveram a manutenção das chuvas no semestre considerado seco, como os meses de abril e setembro;

h) Ocasionalmente, o trimestre junho, julho e agosto (JJA), pode ter apresentado maior intensidade e frequência dos sistemas extratropicais com disponibilidade hídrica, ao ponto de terem provocado intensos acumulados de chuva nas latitudes do território goiano, como nos anos de 1978, 1979, 1984 e outros.

A seguir, exibem-se os cartogramas do período de inverno da série temporal 1975-2015. Padronizou-se a mesma escala para todos os mapas e a legenda apresenta intervalos de classe de 20mm, variando entre 0mm até 260mm, de acordo com o Quadro 6.

Quadro 6: Precipitação total de Inverno 1975-2015.

Fonte: Dados pluviométricos Agência Nacional de Águas (2015). Base cartográfica IBGE (2010). Elaborado pelo autor (2018).

Nesta seção apresentou-se os cartogramas de precipitação anuais e estacionais de primavera, verão, outono e inverno, na série temporal entre os anos de 1975 a 2015.

As cartas sazonais de pluviosidade foram esclarecedoras em apontar as excepcionalidades e irregularidades das chuvas, suas características quantitativas em determinados períodos e décadas, e qualitativas em outras, fornecendo indícios da sua espacialização.

Tais variações interanuais e interdecadais são delineadas pela atuação dos sistemas atmosféricos e, não menos importante, dos fatores topográficos para dispersar ou acumular as chuvas que recobriram as superfícies da referida área de estudo.

Na seção subsequente, apresenta-se os a distribuição das chuvas no período mensal.

5.3 Distribuição mensal da precipitação na área de estudo

Após a análise dos cartogramas anuais e sazonais de precipitação, foram elaborados os mapas de distribuição mensal das chuvas, inferindo com maior detalhe temporal na variação espacial da mesma.

Para isso, foi necessário estabelecer a relação do total de dias estudados na série temporal de 41 anos, separados nos 12 meses do ano, com o total de dias com chuvas registrados na mesma série (valores $>0,1\text{mm}$). Posteriormente a organização dos dados, chegou-se ao percentual de chuvas por mês com o total de dias estudados.

Em linhas gerais, pelo extenso volume de dados apresentado, percebeu-se que os meses de primavera-verão compõem os valores mais acentuados de precipitação, e nos mais reduzidos estão no trimestre junho, julho e agosto.

Uma característica interessante do ponto de vista mensal das chuvas é que os meses de transição entre março-abril e setembro-outubro, apresentaram comportamentos irregulares das chuvas, seja no prolongamento do período chuvoso ou mesmo no atraso no ciclo hidrológico seguinte.

A Tabela 6 apresenta a relação dos meses do ano e a somatória de dias chuvosos da série histórica, organizado para todas as quadrículas da área de estudo.

Tabela 6: Relação entre os dias analisados e os dias que representaram valores de chuvas para as 40 quadrículas, na série temporal 1975-2015.

Mês	Total dias	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
J	1271	584	611	561	674	560	720	688	879	752	681
F	1158	515	552	480	590	475	598	589	788	648	577
M	1271	511	508	505	502	499	496	624	788	651	487
A	1230	323	329	255	320	246	385	392	491	386	286
M	1271	92	97	56	111	80	115	160	120	105	80
J	1230	11	14	8	14	15	21	33	34	26	14
J	1271	5	8	6	8	10	8	14	8	18	18
A	1271	9	9	5	21	24	21	40	31	31	22
S	1230	65	90	90	109	122	116	165	172	144	108
O	1271	250	321	259	387	321	373	442	468	384	269
N	1230	493	500	405	570	457	666	661	748	612	449
D	1271	571	585	545	680	564	742	727	880	738	618
Mês	Total dias	Q11	Q12	Q13	Q14	Q15	Q16	Q17	Q18	Q19	Q20
J	1271	592	702	800	738	715	698	567	618	761	700
F	1158	475	592	655	555	586	518	368	458	627	599
M	1271	545	587	660	535	590	505	468	524	671	544
A	1230	300	328	390	319	310	220	234	274	414	303
M	1271	108	122	107	95	104	64	92	95	128	84
J	1230	29	34	20	23	32	22	29	31	42	27
J	1271	17	19	13	13	21	18	17	17	28	17
A	1271	22	31	45	33	31	23	29	40	51	39
S	1230	92	124	160	153	141	121	99	115	210	151
O	1271	324	403	442	380	371	298	324	344	418	345
N	1230	585	620	685	565	572	501	595	606	648	563
D	1271	641	661	790	679	672	620	727	701	788	675
Mês	Total dias	Q21	Q22	Q23	Q24	Q25	Q26	Q27	Q28	Q29	Q30
J	1271	806	775	806	730	745	916	735	782	805	526
F	1158	677	649	669	576	570	769	639	661	697	301
M	1271	679	606	624	617	629	806	628	649	685	352
A	1230	331	269	333	370	308	421	334	311	343	169
M	1271	108	95	142	136	96	157	117	134	149	74
J	1230	42	31	56	37	33	66	40	56	61	24
J	1271	28	25	33	32	25	43	28	37	34	21
A	1271	36	39	52	50	47	72	46	62	67	31
S	1230	186	166	220	192	187	241	190	193	201	106
O	1271	386	316	369	409	397	506	388	395	409	203
N	1230	620	529	565	695	615	760	581	564	590	409
D	1271	767	750	686	816	778	935	683	753	767	516

Continua...

Mês	Total dias	Q31	Q32	Q33	Q34	Q35	Q36	Q37	Q38	Q39	Q40
J	1271	740	647	671	737	737	793	639	555	647	737
F	1158	584	514	580	691	679	604	540	451	508	628
M	1271	613	542	557	722	680	666	492	444	506	644
A	1230	292	270	287	417	379	366	224	215	243	344
M	1271	137	109	130	192	168	167	119	132	172	185
J	1230	49	45	54	79	59	68	70	67	77	71
J	1271	35	30	43	44	34	64	47	55	62	62
A	1271	70	45	63	85	69	71	53	68	81	78
S	1230	203	172	204	220	222	238	177	181	217	222
O	1271	393	321	357	401	387	428	295	270	332	393
N	1230	583	508	549	555	542	670	436	408	445	481
D	1271	775	658	680	698	708	839	615	488	625	630

Fonte: Dados pluviométricos Agência Nacional de Águas (2015). Elaborado pelo autor (2018).

Em seguida, o conjunto de dados foi novamente organizado em quadrículas e foram elaborados os mapas de porcentagem de precipitação mensal utilizando o método de interpolação KRIG. Alguns aspectos do comportamento mensal das chuvas são exibidos a seguir:

a) Os valores percentuais mais elevados foram registrados nos meses de dezembro e janeiro, seguidos dos meses de fevereiro, novembro e março, estabelecendo um regime marcante da precipitação na região centro-oeste do Brasil;

b) Em tais meses chuvosos, não há uma distribuição espacial homogênea dos percentuais pluviométricos, tendo em vista que os valores ficaram mais concentrados nos postos pluviométricos ao norte e no centro-sul do Estado, representativos dos limites geográficos das quadrículas Q8 e Q26;

c) Todavia, existem indicativos de possível interferência orográfica nos acumulados pluviométricos situados nas compartimentações topográficas do Planalto Central Brasileiro e a nordeste do Estado de Goiás, sobretudo no mês de novembro;

d) Reconheceu-se ainda, no mês de março, que a região sudoeste do território goiano, nos patamares do Planalto de Rio Verde, concentrou

percentuais pluviométricos mais elevados que outras áreas de feições do relevo menos acidentadas;

e) Os meses de outubro e abril, período de transição entre o início e término do calendário hidrológico, apresentaram os percentuais pluviométricos mais semelhantes, tanto em quantidade quanto na espacialidade de seus valores. Notou-se que os picos mais acentuados estão localizados em compartimentações topográficas acima de 1000m, como é o caso do Planalto Central Brasileiro e os Chapadões de Goiás (Q8 e Q26). A Figura 39 ilustra as semelhanças em seus valores percentuais distribuídos nas quadrículas. A linha na cor azul representa o mês de abril (A'), e a linha vermelha representa o mês de outubro (O).

Figura 39: Comparação do percentual mensal de precipitação para os meses de abril e outubro na área de estudo.

Fonte: Dados pluviométricos da ANA (2016). Elaborado pelo autor (2018).

f) Os meses de maio e setembro possuem características espaciais semelhantes, com valores percentuais entre 6% e 20%, ilustrados na porção sudoeste e sul do Estado de Goiás, recebendo a influência dos sistemas extratropicais capazes de deflagrar episódios pluviométricos com valores reduzidos;

g) O trimestre junho, julho e agosto distingue-se dos demais períodos por apresentar o menor percentual de chuvas mensais, com valores inferiores a 10%. Ressalta-se que os meses de junho e agosto possuem dois padrões definidos. Ao norte é predominantemente seco, e ao sul, menos seco.

A Figura 40 apresenta os cartogramas mensais de precipitação (período chuvoso e período seco), em intervalos homogêneos de 5%.

Figura 40: Porcentagem de precipitação mensal da série temporal 1975-2015 para o estado de Goiás e o Distrito Federal.

Fonte: Dados pluviométricos Agência Nacional de Águas (2016). Elaborado pelo autor (2018).

Na figura anterior os intervalos estavam escalonados em limites de 5%, mas acabaram por esconder detalhes do trimestre seco. Analisou-se detalhadamente o período seco reorganizando o intervalo de classe do percentual de precipitação, arrefecendo a escala de valores para intervalos de 0,5%, que acabou oferecendo importantes características:

a) Os acumulados pluviométricos na ordem de 4,1% até 6,5% concentraram-se nas porções mais ao sul e sudoeste do Estado goiano;

b) Nos meses de junho e agosto a intensidade dos sistemas produtores de chuva, possivelmente os extratropicais, apresentam maior capacidade de transpor as compartimentações topográficas do Planalto Central Brasileiro, recobrando áreas ao norte e a leste do Distrito Federal;

c) Os sistemas extratropicais alcançaram latitudes menores no mês de agosto, ofertando indicativos de seus episódios intensos no período de inverno no trópico brasileiro, capazes de provocar esparsos acumulados de chuva;

d) Notadamente, o mês de julho apresentou com maior nitidez os contornos dos percentuais pluviométricos, definindo a área central como limite dos acumulados que superaram o Planalto de Rio Verde, mas que não conseguiram vencer as elevadas barreiras orográficas do Planalto Central Brasileiro, na região do Distrito Federal e adjacências;

e) Os percentuais pluviométricos situados a sudoeste do Estado de Goiás, dão indicativos da intensificação de seus valores pelo fenômeno de chuva orográfica no período de inverno. Contudo, os mapas apresentados foram interpolados pelo método que privilegia a suavização espacial dos dados, passíveis de erros pela esparsa quantidade de amostras, podendo não representar a realidade dos dados *in situ*.

Os mapas do trimestre seco foram interpolados pelo método KRIG. Os intervalos de classe estão ordenados em igual valor, na Figura 41.

Figura 41: Porcentagem de precipitação para o trimestre J-J-A da série temporal 1975-2015 para o estado de Goiás e o Distrito Federal.

Fonte: Dados pluviométricos ANA (2016).

Na sequência da análise dos dados, calculou-se o registro de dias chuvosos por meio da intensidade pluviométrica, atribuindo valores em intervalos de classe para os 12 meses do ano. O valor mínimo foi considerado como 0,1mm e o máximo foi de 40mm, tendo em vista a grande variação da quantidade e intensidade de chuvas que incide sobre o centro-oeste brasileiro.

Os dados foram separados em oito intervalos de classe de 5mm cada, variando entre intensidade de chuva muito fraca, moderada e excepcionalmente forte.

A Tabela 7 apresenta os intervalos de classe e a intensidade correspondente (SORIANO e GALDINO, 2002).

Tabela 7: Intervalos de classe de precipitação e intensidade correspondente.

Intervalo de precipitação (mm)	Intensidade da precipitação
(0,1 – 5 mm)	muito fraca
(5,0 – 10,0 mm)	fraca
(10,0 – 15,0 mm)	moderadamente fraca
(15,0 – 20,0 mm)	moderada
(20,0 – 25,0 mm)	moderadamente forte
(25,0 – 30,0 mm)	forte
(30,0 – 35,0 mm)	muito forte
(35,0 – 40,0 mm)	excepcionalmente forte

Fonte: Soriano e Galdino (2002). Adaptado pelo autor (2018).

Devido à grande quantidade de dados gerados para os 41 anos da série temporal, tornou-se inviável expor os resultados para todas as 40 quadrículas da área de estudo.

Optou-se por apresentar apenas um conjunto de dados que pudesse, em síntese, representar regionalmente o comportamento mensal dos dias chuvosos e sua intensidade correspondente.

Foram escolhidas sete quadrículas distribuídas em diferentes regiões do Estado de Goiás e o Distrito Federal, que exibiram resultados distintos de intensidade pluviométrica ao longo dos 12 meses do ano.

Algumas considerações sobre os resultados apresentam-se a seguir:

a) Observou-se para as quadrículas situadas na região centro-sul da área de estudo, que a intensidade de chuva prevalecente foi entre 0,1mm e 5,0mm, indicando que os sistemas atmosféricos produtores de chuva provocaram precipitações muito fracas;

b) Seguidamente, nas respectivas quadrículas, identificaram-se as classes de fraca a moderada, com valores de 5,0mm até 20,0mm, ocorrendo principalmente no semestre chuvoso;

c) As maiores intensidades de precipitação também foram observadas para as quadrículas da região centro-sul, na faixa de forte a excepcionalmente forte,

entre os valores de 25,0mm a 40,0mm, alcançando quantidade superior a 20 dias por mês no período chuvoso de novembro a março.

d) A Q36 apresentou a maior quantidade de dias chuvosos para a intensidade fraca, com registros acima de 300 dias nos meses de dezembro, janeiro e março. O período seco apresentou acumulados de intensidades fraca até moderadamente fraca;

e) Por outro lado, para as quadrículas localizadas em latitudes menores da área de interesse, notou-se que a intensidade de precipitação variou de muito fraca, fraca e moderadamente fraca, entre os intervalos de 0,1mm até 15,0mm;

f) Para as quadrículas Q1, Q5 e Q14, o comportamento pluviométrico não ultrapassou mais que 150 dias de chuvas para os intervalos de intensidade de fraca até moderadamente fraca;

g) Nas regiões norte e sudoeste do Estado de Goiás, notou-se que a ocorrência de chuvas “moderadamente fraca” foi elevada. Os valores apresentados superaram mais de 150 dias nos meses de janeiro, fevereiro e dezembro, com chuvas entre 5,0mm e 10,0mm. Tais resultados indicam a atuação dos sistemas equatoriais e outros mecanismos atmosféricos de verão em provocar acumulados pluviométricos sobre a bacia do Rio Araguaia e região norte do Estado de Goiás.

O emprego do método de análise da intensidade de precipitação foi relevante por ilustrar as características das chuvas ao longo dos meses, principalmente para séries temporais longas, acima de 30 anos. Revelou-se importante para indicar a ação dos mecanismos de precipitação sobre extensas áreas geográficas possuidoras de regimes de chuvas secos e chuvosos.

A Figura 42 exibe os sete histogramas dispostos regionalmente sobre o Estado de Goiás nas áreas centro-norte (Q1, Q5 e Q14), e nas porções leste, oeste e sul (Q17, Q22, Q34 e Q36). Os histogramas apresentam escalas iguais para o registro de dias chuvosos.

Figura 42: Histogramas de frequência pluviométrica anual da série histórica 1975-2015.

Fonte: Dados pluviométricos ANA (2016); Base cartográfica EMBRAPA (2015). Elaborado pelo autor (2018).

5.4 Índices de extremos climáticos

Estudos sobre extremos climáticos possuem uma ampla aplicação em regiões do Brasil, principalmente para a bacia hidrográfica do Paraná, o Nordeste Brasileiro e a região da Amazônica, como demonstraram os estudos de Dantas et al (2015), Nobrega et al (2015), Zandonadi et al (2015), Santos et al (2016), Santos e Oliveira (2017), entre outros.

Um dos programas utilizados para observação de tendências dos regimes climáticos é o *script* RClimdex (*software* R), desenvolvido pelo *National Climate Data Center* (NCDC) da *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA).

Foram utilizados 8 dos 11 índices de extremos climáticos para precipitação, conforme comentado na Tabela 4, na seção 3.1.5.3.

Para os índices empregados, o programa forneceu os seguintes resultados: tendência linear anual calculada pelo método de mínimos quadrados; nível de significância estatística da tendência (valor *p*); coeficiente de determinação (r^2) e erro padrão de estimativa, como também os gráficos das séries temporais de 41 anos.

Quatro transectos foram selecionados levando-se em consideração a boa qualidade das séries pluviométricas que serviram como dados de entrada do programa de índices pluviométricos, obedecendo o controle de qualidade do programa.

Considerou-se também as compartimentações topográficas da área de estudo e adjacências, como os Estados do Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais. Os postos pluviométricos, representando as quadrículas, localizam-se em unidades do relevo goiano e compartimentações topográficas descritas com base nos estudos de Nascimento (1991).

Os transectos situam-se em uma ou mais compartimentações geomorfológicas possuidoras de consideráveis desníveis altimétricos, ressaltando assim, sua variabilidade pluviométrica interanual provocada pela atuação dos sistemas atmosféricos e a interação com os elementos abióticos do relevo terrestre, como as barreiras montanhosas do Planalto Central Brasileiro.

A Tabela 8 apresenta as características de cada transecto considerando a altitude, em metros acima do nível do mar, a distância inicial e final, em quilômetros, e a respectiva descrição das unidades e subunidades do relevo.

Tabela 8: Descrição dos transectos A, B, C e D na área de estudo e adjacências.

Transecto	Quadrícula	Altitude (m)	Distância (km)	Compartimentação Topográfica
A	Q5	202	276	Depressão do Bananal
	Q10	247		Depressão do Araguaia
	Q15	284		Depressão do Araguaia
B	Q8	658	318	Depressão do Alto Tocantins
	Q13	566		Depressões Interioranas
	Q12	1025		Chapadões Goiano
	Q11	774		Patamares do Chapadão
C	Q26	870	328	Planalto Rebaixado de Goiânia
	Q19	932		Planalto do Distrito Federal
	Q18	940		Planalto do Distrito Federal
	Q17	524		Pto. Alto Tocantins-Paranaíba
D	Q22	362	396	Depressões Interioranas
	Q28	684		Planalto de Caiapônia
	Q34	742		Planalto de Rio Verde
	Q39	445		Depressões Interioranas

Fonte: Base cartográfica (IBGE, 2010); Nascimento (1991). Elaborado pelo autor (2018).

Ilustrou-se, por meio da Figura 43, a localização geográfica dos transectos A, B, C e D, identificados pelas quadrículas representativas dos respectivos postos pluviométricos, e a indicação de um perfil transversal altimétrico para cada transecto.

Desta forma, o transecto “A” e seu perfil transversal situam-se no canto superior esquerdo; o transecto “B” e o perfil transversal apresentam-se no lado superior direito; o transecto “C” e o respectivo perfil estão dispostos à direita, no lado inferior; e o transecto “D”, está disposto no canto inferior esquerdo.

Os círculos de cor vermelha indicam a localização dos postos pluviométricos no mapa e nos perfis altimétricos.

Figura 43: Localização dos transectos A, B, C e D e o perfil altimétrico correspondente.

Fonte: Sobre base cartográfica EMBRAPA (2015); Google (2018). Elaborado pelo autor (2018).

Em síntese, teceu-se alguns comentários a respeito das tendências apresentadas pelos oito índices empregados:

a) Observou-se que o índice de dias consecutivos secos (DCS) apresentou tendências positivas para todos os transectos. Por outro lado, o índice de dias consecutivos chuvosos (DCC) indicaram redução da precipitação anual em todos os postos pluviométricos;

b) O índice de precipitação total anual (PRCTOT) apresentou tendências negativas em todos os postos do transecto B, na região oeste de Goiás, indicados também pelos cartogramas apresentados no *Quadro 2*. Outros transectos também apresentaram tendências negativas do índice anual de chuvas;

c) Os índices de dias muito chuvosos anuais (95p) e dias extremamente chuvosos anuais (99p) exibiram alternâncias de tendências positivas e negativas nos transectos. Para o transecto A, houve um aumento dos dois índices na Q5, e redução da tendência para a Q10. Nos transectos B e C, para quase todas as quadrículas as tendências foram negativas, exceto para a Q11, localizada nos Patamares do Chapadão, e para a Q26, localizada no Planalto Rebaixado de Goiânia;

d) Para os dias com precipitação superior à 50mm por ano (R50mm), destacaram-se os valores com tendências negativas nos transectos B e C, nas respectivas quadrículas Q8, Q13, Q12, Q19, Q18 e Q17. A região da Depressão do Araguaia apresentou índices com tendências positivas na Q5 e Q15, como também na região sudoeste do Estado goiano, com valores positivos na Q34 e Q39;

e) Os resultados para o índice de quantidade máxima de chuvas em cinco dias consecutivos (RX5dias), indicaram redução dos acumulados para os transectos B e C. Todavia, para o transecto A as quadrículas Q5 e Q10 ilustraram tendências positivas. No sudoeste goiano, o transecto D, apenas a Q28 no Planalto de Caiapônia, apresentou tendência negativa dos valores;

f) O índice de quantidade máxima de precipitação em um dia (RX1dia), apresentou valores foram de tendência negativa na Depressão do Araguaia, no transecto A. Todas as quadrículas do transecto B indicaram tendências negativas. Por sua vez, o transecto C apresentou tendências positivas, exceto para a Q18, no Planalto do Distrito Federal. Na região sudoeste, entre as Depressões Interioranas e os Planaltos de Caiapônia e de Rio Verde, as tendências foram negativas para a Q22 e Q28, e positivas para a Q34 e Q39.

Os resultados dos índices utilizados para os quatro transectos estão apresentados na Tabela 9, indicando o sinal da tendência e o seu nível de significância estatística (alta), ao nível de 5% ($p \leq 0,05$), e com significância estatística ao nível de 10% ($p \leq 0,10$).

Tabela 9: Tendências dos oito índices de extremos de precipitação.

T*	Q*	RX 1dia (mm/dia)	RX5dias (mm/dia)	R50mm (dias/ano)	R95p (dias/ano)	R99p (dias/ano)	DCC (dias/ano)	DCS (dias/ano)	PRCTOT (mm/ano)
A	Q5	0,102	0,216	0,09	5,972	0,145	-0,002	0,154	1,749
	Q10	-1,235	1,273	-0,105	-6,099	-3,507	-0,06	0,935	-3,637
	Q15	-0,338	-0,498	0,014	0,521	-0,382	-0,095	1,08	-4,344
B	Q8	-0,012	-1,132	-0,08	-3,589	-1,047	-0,26	0,872	-9,153
	Q13	-0,56	-1,475	-0,181	-12,008	-3,229	-0,232	1,511	-12,649
	Q12	-0,196	-1,884	-0,119	-9,946	-2,97	-0,119	0,774	-15,209
	Q11	-0,115	-0,262	0,022	0,397	-1,035	-0,058	0,58	1,526
C	Q26	0,367	-0,087	0,033	2,304	0,707	-0,054	0,878	-1,403
	Q19	0,041	-0,388	-0,048	-1,788	-0,934	-0,003	1,031	-4,571
	Q18	-0,005	-1,344	-0,026	-1,121	-0,435	-0,153	0,465	0,32
	Q17	0,427	-0,021	-0,025	-0,821	0,437	-0,073	0,89	-9,183
D	Q22	-0,089	0,39	-0,144	-5,694	-2,445	-0,002	0,328	1,465
	Q28	-1,367	-1,714	-0,145	-13,197	-5,504	-0,021	0,197	-18,15
	Q34	0,412	0,231	0,017	1,376	1,957	-0,22	0,521	-3,29
	Q39	0,717	0,237	0,029	1,615	0,374	-0,021	0,086	-1,73

Obs: Os valores em negrito correspondem às tendências com significância estatística ao nível de 5% ($p \leq 0,05$) (alta) e os valores em cinza correspondem às tendências com significância estatística ao nível de 10% ($p \leq 0,10$). Legenda: Transecto (T*), Quadrícula (Q*).

O volume de dados gerados foi sintetizado por meio da ilustração de gráficos anuais para todos os oito índices de extremos climáticos. Os gráficos estão organizados de acordo com os transectos A, B, C e D, exibindo os valores dos índices correspondentes às quadrículas de cada transecto.

O índice de quantidade máxima de precipitação em um dia (Rx1dia mm/dia), apresentou os seguintes aspectos:

a) Acumulados consideráveis para todos os transectos, superando em grande parte o valor de 100mm, com destaque para o transecto A, Q15, acima de 180mm/dia; transecto B, Q8, com 160mm/dia; transecto C, Q26, com valores próximos a 160mm/dia; e o transecto D, na Q22 e Q28, com picos acima de 160mm/dia;

b) Os valores mínimos foram de 40mm/dia em todos os transectos, exceto para a Q28 (transecto D), com valores nulos no ano de 2013.

A Figura 44 exibe os gráficos para o índice “Rx1dia”, abaixo.

Figura 44: Índice de Rx1dia para os transectos A, B, C e D.

Fonte: Dados pluviométricos ANA, (2015). Elaborado pelo autor (2018).

Os resultados anuais do índice de quantidade máxima de precipitação em cinco dias consecutivos (Rx5dias mm/dia), foram descritos a seguir:

a) Acumulados superiores a 50mm/dia em todos os transectos, e valores médios de 175mm, aproximadamente;

b) Notáveis acumulados nos transectos A (Q15), com pico de 375mm; transecto B notou-se uma frequência elevada de alturas pluviométricas que superaram 400mm para a Q8; no transecto C (Q26 e Q18), com valores superiores a 250mm e 300mm, respectivamente; para o transecto D os acumulados foram percebidos em todas as quadrículas (Q22, Q28, Q34 e Q39), com valores de 250mm.

A seguir, a Figura 45 exibe os resultados do índice Rx5dias. Os gráficos estão em diferentes escalas (mm).

Figura 45: Índice de Rx5dias para os transectos A, B, C e D.

Fonte: Dados pluviométricos ANA, (2015). Elaborado pelo autor (2018).

Um indicador de chuvas intensas anuais é o índice do número de dias com precipitação superior à 50mm em um dia (R50mm dias/ano). As considerações encontram-se a seguir:

a) O transecto A, em todas as quadrículas, apresentou valores acima de 10 dias com chuvas acima de 50mm, alcançando 14 dias para a Q5, na Planície do Bananal, à noroeste do Estado de Goiás. Outros valores acima de 10 dias foram observados nos transectos C e D.

b) Os valores mais elevados foram indicados para o transecto B, nas quadrículas Q8 e Q12, com mais de 25 dias de chuvas intensas, respectivamente.

A Figura 46 revela os resultados do índice R50mm. Os gráficos não possuem a mesma escala (mm).

Figura 46: Índice de R50mm para os transectos A, B, C e D.

Fonte: Dados pluviométricos ANA, (2015). Elaborado pelo autor (2018).

O índice de dias muito chuvosos anuais (R95p mm/ano), ou seja, a soma da precipitação total em um ano, quando $PRECPTOT > 95p$, apresentou os seguintes aspectos:

a) Valores acima de 800mm e 700mm para os transectos A e C, (Q5 e Q26), respectivamente. Para os transectos B e C, os acumulados superaram 2000m e 1200m, nas quadrículas Q8, Q12 e Q28, respectivamente;

b) Exceto para os valores mencionados anteriormente, os demais transectos apresentaram-se com patamares semelhantes, entre 200mm e 500mm em grande parte dos registros ilustrados pelas quadrículas. Os acumulados mais elevados foram observados para o transecto B.

Abaixo, a Figura 47 exibe os resultados do índice R95p. Ressalta-se que os gráficos não apresentam a mesma escala (mm).

Figura 47: Índice de R95p para os transectos A, B, C e D.

Fonte: Dados pluviométricos ANA, (2015). Elaborado pelo autor (2018).

Para os dias extremamente chuvosos anuais (soma da PRECPTOT > 99p em um ano), observou-se os seguintes resultados:

a) O maior valor foi encontrado para o transecto B (Q8), com mais de 1270mm, seguido do transecto D (Q22 e Q28), com acumulados superiores a 600mm e 750mm, respectivamente;

b) Para os transectos A e C, encontrou-se picos pluviométricos elevados, destacando-se a Q5 com totais aproximados de 500mm. Por outro lado, as quadriculas localizadas na região sudoeste do Estado de Goiás, apresentaram uma frequência maior de dias extremamente chuvosos, com valores entre 240mm e 360mm, respectivamente.

A Figura 48 apresenta os gráficos para o índice R99p, com diferentes valores na escala (mm).

Figura 48: Índice de R99p para os transectos A, B, C e D.

Fonte: Dados pluviométricos ANA, (2015). Elaborado pelo autor (2018).

O índice de dias consecutivos secos (DCS dias/ano) apresentou os seguintes aspectos, descritos a seguir:

a) No transecto A, localizado nas menores latitudes da área de estudo, notou-se que a concentração de dias secos é mais elevada em detrimento das

outras regiões. Destacam-se a Q5 a Q10, com mais de 50 dias consecutivos sem precipitação anualmente;

b) O transecto B apresentou os valores mais elevados de dias consecutivos sem chuvas, superando 175 dias sem chuvas para a Q11, seguida da Q8, Q13 e Q12 com valores acima de 140 dias;

c) O transecto C, exibiu picos acima de 160 dias e mínimos de 35 dias. Todavia, notou-se que houve um ligeiro aumento dos valores mínimos a partir da década de 1990;

d) O transecto D apresentou os valores menos acentuados em sua série de dados. Notou-se que o máximo de dias sem chuvas ocupou uma faixa média aproximada de 100 dias para todas as quadrículas, e o máximo de 150 dias com ausência de chuva;

e) Na região norte e oeste, houveram mais de 150 dias sem chuvas. Por outro lado, a região sul revelou apenas 25 dias sem chuvas, indicando a participação mais intensa dos sistemas atmosféricos nas regiões sul, sudoeste e central do Estado de Goiás.

A Figura 49 revela os resultados do índice de dias consecutivos secos para os quatro transectos.

Figura 49: Índice de DCS para os transectos A, B, C e D.

Fonte: Dados pluviométricos ANA, (2015). Elaborado pelo autor (2018).

Apresenta-se, a seguir, a síntese das observações para o índice de dias consecutivos chuvosos (DCC dias/ano):

a) A quadrícula Q8, no transecto B, apresentou as maiores concentrações de dias consecutivos com chuva, superando 40 dias em cinco anos da série temporal. Outra quadrícula de relevante expressão é a Q22, do transecto D, cujo resultado superou 50 dias consecutivos com chuva;

b) Para os demais transectos, destacam-se as quadrículas Q10 e Q15 (transecto A), com picos de 29 dias consecutivos chuvosos;

c) Para o transecto C, destacou-se a Q19, localizada no Distrito Federal, com valores acumulados acima de 20 dias;

d) Ademais, os transectos exibiram resultados semelhantes na faixa de 10 dias seguidos com chuvas. Destacou-se a quadrícula Q11 do transecto B, com uma variabilidade menos discrepante quando comparada com a Q8. A Q39, do transecto D, apresentou resultados semelhantes com a Q11.

A seguir, ilustra-se a Figura 50 com os resultados do índice de DCC.

Figura 50: Índice de DCC para os transectos A, B, C e D.

Fonte: Dados pluviométricos ANA, (2015). Elaborado pelo autor (2018).

O último índice apresentado nesta seção é de precipitação total (PRECPTOT mm/ano), cujos resultados mostram-se abaixo:

a) Os maiores acumulados anuais foram observados para o transecto B, quadrícula Q8, superando 4200mm. Porém, a Q11 exibiu acumulados muito abaixo da realidade pluviométrica da área de estudo. Seus valores mínimos chegaram a 600mm anuais;

b) Como característico de um regime pluviométrico tropical, nos demais transectos os totais precipitados apresentaram valores semelhantes entre 800mm e 2800mm anuais;

c) As diferentes realidades geográficas ilustradas nos transectos apontaram uma ampla variabilidade interanual e interdecadal das chuvas. Ora com totais pluviométricos elevados como no regime equatorial, e períodos de totais reduzidos, próximos dos índices do semiárido nordestino.

A Figura 51 apresenta os resultados do PRECPTOT por meio de gráficos, destacando que as escalas (mm) possuem valores diferentes.

Figura 51: Índice de PRECPTOT para os transectos A, B, C e D.

Fonte: Dados pluviométricos ANA, (2015). Elaborado pelo autor (2018).

Nesta seção, apresentou-se oito índices de extremos climáticos, segmentados em transectos, para o Estado de Goiás e o Distrito Federal.

Considerou-se as diferentes localidades da área de estudo e seu revestimento geomorfológico para a escolha das quadrículas que seriam utilizadas nas análises dos índices.

Os índices apontaram diferentes tendências de regimes de precipitação, de seca, de intensidade diária e acumulados anuais.

Observou-se que mais da metade das tendências não apresentaram níveis de significância estatística, sobretudo pela qualidade dos dados pluviométricos e a espacialidade muito dispersa das estações em superfície.

Os resultados apresentados por meio de quatro transectos não revelam a realidade de eventos climáticos extremos para a região de Goiás, Distrito Federal e adjacências, ofertando apenas indicativos de sua variação espaço temporal.

Ressalta-se que a ferramenta é útil para indicar tendências de eventos extremos em climatologia, mas deve ser empregada para séries temporais

longas e de alta qualidade nos dados, somando-se as características dos fenômenos climáticos de macro escala e teleconexões associadas.

5.5 Climatologia de linhas frontais sobre a área de estudo

A localização do Estado de Goiás e do Distrito Federal denota um regime climático marcante ao longo dos meses do ano, com uma sazonalidade úmida e outra seca. Contudo, acaba por revelar aspectos específicos dos climas continentais e equatoriais justamente por situar-se em uma região de transição entre sistemas equatoriais e tropicais.

Todavia, chama-se a atenção para as características dos sistemas atmosféricos extratropicais que em situações específicas, possuem participação significativa na sucessão dos tipos de tempo nas regiões tropicais, interagindo espacialmente e temporalmente com as diferentes fisionomias e elementos que compõem os ecossistemas do domínio do Cerrado.

De acordo com Monteiro (1968), a Frente Polar é dotada de grande mobilidade, avançando sobre o corredor de planícies interiores do Planalto Central Brasileiro. No inverno, quando as condições de frontogênese são mais frequentes, notadamente atinge o norte do Estado do Mato Grosso e o litoral da Bahia, alcançando latitudes ainda mais baixas como os Estados do Acre e Recife.

Sabidamente, é na estação de inverno que ocorre com maior frequência o avanço dos sistemas polares sobre as regiões intertropicais, chegando no interior do continente sul-americano os fenômenos frontológicos e as perturbações dos centros de alta pressão, provocando diferenças térmicas bastante opostas àquelas encontradas no período úmido de primavera-verão, constituindo ondas de frio.

A Frente Polar Atlântica possui interferência na faixa intertropical com fundamental importância nas condições do tempo em todas as regiões brasileiras, participando da circulação regional como “*regulador*” dos estados atmosféricos durante o ano inteiro, inclusive no período de verão (SERRA, 1948; MONTEIRO, 1963b).

Diante do exposto, cabe esclarecer que a pretensão inicial desta seção foi de quantificar a atuação geral dos avanços frontais sobre a área de interesse

como forma de reconhecer o ritmo atmosférico que pudesse ser traduzido em episódios pluviométricos.

Em parte, tais constatações foram apresentadas na síntese descritiva dos registros de dias chuvosos e sua intensidade precipitada, na seção 5.3. Não obstante, a atuação dos sistemas atmosféricos foi descrita sumariamente na próxima seção 5.6, e a escolha dos anos-padrão que representaram as condições habituais e excepcionais sobre o Estado de Goiás e o Distrito Federal.

A presente seção objetivou-se compreender a evolução das Frentes Frias sobre a área de estudo, a fim de estabelecer espacialmente as áreas de maior ou menor frequência (periodicidade de ação), dos ramos frontais que adentraram especificamente o Estado de Goiás e o Distrito Federal.

Como ilustrado no subitem 3.1.6, realizou-se a observação direta das cartas de pressão ao nível do mar (cartas sinóticas) fornecidas pela Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil, compreendendo o período de 1º de janeiro de 1975 até 31 de dezembro de 2015. Para o complemento de eventuais ausências diárias das cartas, utilizou-se as imagens do satélite GOES nos horários de 00h00 e 12h00 (UTM), compreendendo os respectivos horários de observação das cartas da Marinha do Brasil.

Cabe destacar previamente algumas considerações a despeito da análise das linhas frontais sobre a área de interesse, que recorrentemente trouxeram dificuldades para a sua interpretação e catalogação.

Inicialmente, há de se destacar a evolução da ciência cartográfica como técnica e arte de elaborar cartas, mapas ou a representação do estrato geográfico, sobretudo nos últimos quatro decênios com o emprego sistemático dos sensores orbitais.

Da mesma forma, a elaboração das cartas sinóticas publicadas pela Marinha do Brasil acompanhou o enriquecimento de detalhes cartográficos e elementos de simbologia meteorológica internacional. Todavia, no exercício de observar diretamente as cartas, notou-se informações dúbias e até mesmo a ausência de elementos básicos e fundamentais para sua interpretação.

A título de exemplo, ilustra-se na Figura 52 duas cartas sinóticas entre as décadas de 1970 e 1980, com a referência de data de publicação incompleta (à direita, na data 19/10/1979), e apresentando informações limitadas das isóbaras

Figura 52: Cartas sinóticas da Marinha do Brasil (A; B).

sobre o continente sul-americano e o território brasileiro (à esquerda, em 03/11/1988).

Fonte: Marinha do Brasil (adaptado).

Em outras oportunidades, as simbologias apresentaram-se distintas da cartografia padrão, exemplificada na Figura 52, quadro 'A' na representação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), na data de 06/10/1981.

Percebeu-se para a mesma data, a inserção da simbologia com dois traços paralelos, conhecida aos olhos de hoje como zona de convergência. Contudo, não se sabia ao certo qual fenômeno estava sendo representado, seja pela simples ausência da comunicação cartográfica padronizada por meio de um quadro de simbologias anexo às cartas sinóticas, ou um documento oficial de acesso aberto, além das competências militares e operacionais aos navegantes.

Chama-se a atenção que a simbologia de 'convergência' foi identificada em várias épocas do ano, como explicitado na mesma Figura 53, quadro 'B' em 31/07/2000. Em situações como essa recorreu-se à outras informações que pudessem subsidiar a análise das cartas, conferindo a interpretação e análise dos sistemas atmosféricos pelas imagens de satélite GOES.

Na mesma ilustração revelou-se a alteração da 'marca d'água' antigamente inserida na parte inferior direita das cartas sinóticas, e posteriormente alocada sobre o noroeste da América do Sul, recobrimdo grande parte da Amazônia.

Notou-se, principalmente após a década de 1990, a redução de algumas informações elementares para a interpretação acurada da atuação dos sistemas atmosféricos continentais e aqueles que participam sobre a região centro-oeste do Brasil.

Observou-se, comumente, que as informações sinóticas passaram a ser transmitidas com um nível de detalhamento muito maior na área conhecida internacionalmente como METAREA V (dividida em dez subáreas adjacentes à costa brasileira com o Oceano Atlântico), do que a face continental, com escassos elementos cartográficos, situação da referida Figura 53 nos quadros 'C' e 'D' nas seguintes datas 13/02/2002 e 03/06/2003.

Ademais, os diferentes aspectos das cartas sinóticas ao longo das décadas ilustram a evolução do detalhamento cartográfico com a adoção de cores, as escalas de análise e a incorporação visual da Península Antártida no extremo sul do quadro 'D'.

Figura 53: Cartas sinóticas da Marinha do Brasil (A; B; C; D).

Fonte: Marinha do Brasil (adaptado).

A observação das cartas sinóticas levou em consideração o número de passagens frontais sobre o Estado de Goiás e o Distrito Federal. O volume de dados foi organizado em planilhas e quantificado em períodos mensais e anuais.

Algumas observações estão descritas a seguir:

a) O decênio 1975-1984 revelou acúmulos de passagens frontais na ordem de 0 a 5, reconhecidas no mês de outubro de 1975 com intensa atividade frontal. O ano de 1983 acumulou 27 registros ao longo do ano. Notou-se que no ano seguinte um forte bloqueio da passagem frontal refletiu nos três primeiros meses de 1984, denotando os menores valores anuais para a década;

b) Para o decênio 1985-1994 observou-se uma redução do total anual das frentes, com valores mais elevados em 1992 e 1989 com a intensificação das atividades extratropicais no segundo semestre dos referidos anos. Ao contrário, nos anos de 1985 e 1988 o total anual somou-se em 19 vezes, exibindo limitada intensidade dos sistemas frontais no período de inverno e ligeiro aumento entre a transição inverno-primavera;

c) Na década seguinte, 1995-2004, notou-se uma atividade anual ainda menor que os dois primeiros decênios. Apenas para o ano de 1999 o volume catalogado alcançou 22 frentes, com atividades nulas nos meses de fevereiro e abril, persistindo 4 registros no mês de novembro. Os anos de 1995, 1998, 2001 e 2004 o registro das atividades frontológicas não superaram 16 acumulados anuais. Percebeu-se que a atuação extratropical foi irregular para todos os meses com ação limitada principalmente no inverno;

d) O último período compreendeu os anos de 2005-2015, exibindo uma recuperação da atividade frontal na área de estudo. Em 2009 e 2013, registrou-se os acumulados mais significativos com a passagem de 25 frentes regularmente distribuídas entre os períodos chuvosos e secos. Por outro lado, os anos de 2008 e 2015 denotaram apenas 17 e 18 passagens frontais, respectivamente. Os registros apontaram uma restrita atuação dos sistemas extratropicais nos meses de inverno e no verão.

e) No mesmo período de 2005-2015, atentou-se para limitada atuação e registro das frentes frias no mês de junho, seguidamente apresentando valores atípicos para o período invernal.

A Tabela 10 apresenta a catalogação mensal e anual dos dados, a seguir.

Tabela 10: Quantificação das passagens frontais.

Mês/ Ano	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
J	2	1	1	2	2	1	1	2	1	0
F	1	1	1	1	0	1	0	0	2	0
M	1	0	2	2	0	0	1	1	2	0
A	2	2	3	2	1	1	2	2	2	3
M	2	2	2	1	2	1	0	3	3	1
J	3	2	1	1	1	2	3	1	3	1
J	3	2	1	1	2	2	1	3	2	3
A	1	2	1	1	1	3	2	2	2	3
S	0	2	4	4	3	2	2	2	3	1
O	5	2	4	4	1	1	2	2	3	1
N	3	3	2	2	3	2	3	2	2	1
D	2	3	1	1	2	3	2	2	2	3
Total anual	25	22	23	22	18	19	19	22	27	17
Mês/ Ano	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
J	2	2	0	1	0	0	2	1	1	4
F	1	1	0	1	0	1	2	1	0	0
M	0	2	1	0	1	1	0	2	1	3
A	2	1	1	3	2	2	1	2	2	1
M	2	1	2	2	0	1	3	2	2	2
J	1	0	2	1	1	2	3	2	1	1
J	0	1	2	1	2	2	1	2	1	1
A	3	3	3	1	4	1	2	3	2	0
S	2	1	2	1	3	3	2	2	4	1
O	1	3	2	4	3	3	3	3	1	1
N	3	3	3	3	3	3	4	3	3	4
D	2	3	2	1	4	2	0	1	2	2
Total anual	19	21	20	19	23	21	23	24	20	20
Mês/ Ano	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
J	0	2	1	1	2	1	0	2	1	0
F	1	2	1	1	0	1	1	1	0	2
M	3	2	1	1	2	2	1	1	4	3
A	1	2	1	2	0	0	1	2	2	1
M	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1
J	1	2	1	1	3	0	2	0	1	1
J	0	1	1	0	2	2	1	1	1	2
A	1	1	2	1	1	2	0	1	2	2
S	2	2	1	2	2	1	2	2	3	2
O	1	2	3	3	3	3	2	0	2	3
N	2	2	3	2	4	2	1	2	1	1
D	3	2	2	1	2	3	4	3	2	2
Total anual	16	21	19	16	22	18	16	16	20	20

Continua...

Mês/ Ano	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
J	1	2	3	1	2	0	2	3	3	1	1
F	1	1	1	1	1	0	1	1	3	1	2
M	1	1	1	1	2	3	2	4	2	1	2
A	1	2	2	2	1	1	2	2	2	2	3
M	2	3	2	1	2	3	2	1	1	3	3
J	0	0	0	0	1	1	1	2	1	2	1
J	3	1	3	1	2	1	1	2	2	2	1
A	2	1	1	2	3	0	2	0	3	0	0
S	2	3	1	2	3	2	2	2	2	2	2
O	2	3	3	1	4	3	3	1	2	2	2
N	2	2	3	1	2	5	2	3	3	3	0
D	3	2	3	4	2	2	4	3	1	2	1
Total anual	20	21	23	17	25	21	24	24	25	21	18

Fonte: Marinha do Brasil.

A Figura 54, exibe graficamente os registros anuais da passagem dos sistemas frontais sobre o Estado de Goiás e o Distrito Federal. Notou-se que a atuação do referido sistema não possui tendências claras de diminuição ou aumento da sua frequência.

Em síntese, sua interação com outros sistemas intertropicais coloca em evidência a grande variabilidade interanual e interdecadal, com períodos seguidamente mais ativos, e outros mais limitados sobre as menores latitudes.

Figura 54: Acumulado anual dos registros frontais na área de estudo.

Fonte: Marinha do Brasil. Elaborado pelo autor (2018).

Foi criado um catálogo climatológico das atividades dos ciclones considerando o ano civil somando os 41 anos de estudo (1975-2015). Ao todo, foram observadas e interpretadas 20.085 cartas sinóticas (apenas da Marinha

do Brasil), sendo que no período de 1975-2001 havia a disponibilidade de cartas sinóticas apenas às 12h00 (uma por dia), e a partir do ano de 2002 até o final da série de 2015, a Marinha do Brasil dispunha de duas cartas diárias, sendo às 00h00 e 12h00.

Algumas considerações a respeito dos avanços frontais estão colocadas a seguir:

a) Comumente, a passagem do ciclone extratropical foi registrada com maior frequência para as regiões sudoeste e sul do Estado de Goiás. Embora a passagem dos sistemas frontais tenha sido percebida no Distrito Federal e na face oriental de Goiás, próxima a divisa com o Estado de Minas Gerais;

b) Em muitos episódios, o término da banda frontal tinha como raio de alcance o território goiano e o Distrito Federal, atingindo com mais intensidade os Estados adjacentes de Mato Grosso do Sul, São Paulo e Minas Gerais. Todavia, no comparativo com a imagem de satélite GOES, notou-se que a banda frontal se estendia além do Estado de Goiás, chegando a alcançar os Estados de Rondônia e Mato Grosso (Figura 55). Via de regra, o desenho adotado manteve-se idêntico ao traço estabelecido geograficamente nas cartas sinóticas da Marinha do Brasil;

Figura 55: Comparação de episódio da carta sinótica e imagem GOES em 12/05/2015.

Fonte: Marinha do Brasil e CPTEC/INPE (2015). Adaptado pelo autor (2018).

c) Em outros episódios observou-se a linha frontal muito bem demarcada atravessando o continente sul-americano desde o centro depressionário localizado no Oceano Atlântico até o término da linha frontal nos Estados do Acre e Rondônia. Todavia, pela imagem de satélite GOES, a banda de nebulosidade apresentou-se discreta, com nebulosidade esparsa (Figura 56).

Figura 56: Comparação de episódio da carta sinótica e imagem GOES em 14/06/1983.

Fonte: Marinha do Brasil e CPTEC/INPE (2015). Adaptado pelo autor (2018).

d) Outra característica marcante a respeito da banda de nebulosidade foi a típica orientação predominante no sentido sudoeste-noroeste, com o centro depressionário localizado no Oceano Atlântico ou acompanhando o litoral brasileiro, e o ramo final do sistema frontal sobre o Estado de Goiás. Em alguns episódios o centro de baixa pressão esteve posicionado em latitudes menores do Oceano Atlântico, fazendo com que o arranjo da banda frontal ficasse perpendicularmente posicionado à costa, no sentido leste-oeste, semelhante à mencionada Figura 55, quadro 'B', no dia 12/05/2015;

e) Houveram episódios que o centro depressionário esteve localizado sobre o continente, entre as regiões no Uruguai, Paraguai ou sul do Brasil, com o

decaimento do ramo da banda frontal na orientação sul-norte (formato de vírgula), promovendo acumulados pluviométricos na região oeste e sudeste do Estado de Goiás e Alto Araguaia (Figura 57).

Figura 57: Comparação de episódio da carta sinótica e imagem GOES em 14/11/1983.

Fonte: Marinha do Brasil e Knapp (2008). Adaptado pelo autor (2018).

Com a observação direta do grande volume de cartas sinóticas e as imagens de satélite, que em certos casos trouxeram dificuldades na interpretação dos sistemas atmosféricos continentais, levantou-se algumas inquietações a respeito da acurácia das cartas sinóticas frente às imagens de satélite, exclusivamente para a finalidade apresentada nesta seção.

É certo que a avaliação subjetiva realizada pelos experientes observadores da Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil seja mais fiel que as interpolações ou dados extraídos de modelagem para prognóstico de tempo, quando muitas vezes não refletem a realidade devido à natureza altamente dinâmica dos anticiclones e outros sistemas atmosféricos.

Contudo, merece atenção especial as informações de cartografia meteorológica na face continental, que em muitas oportunidades sequer houve

menção das isóbaras presentes no território brasileiro, dificultando a análise e catalogação da ocorrência dos anticiclones na área de estudo.

A despeito da quantidade dos eventos frontais sobre o Estado de Goiás e o Distrito Federal, cabe ressaltar que foi apresentado nesta seção uma discussão preliminar, não confirmatória e finalizada, na esperança que outros desdobramentos e motivações floresçam no porvir. Merece a investigação de outros elementos alicerçados não somente na avaliação subjetiva do desenhista e do pesquisador, mas também em dados de superfície para se saber as seguintes características:

a) O número de passagens frontais pela área de interesse e sua comparação com dados de precipitação, pois dependendo da localização geográfica no continente, o ramo frontal pode demonstrar ausência de chuvas. Quantas frentes frias traduziram-se em chuvas sobre o Estado de Goiás e o Distrito Federal?;

b) Aos olhos da variação térmica, é importante analisar a sequência de passagens frontais e as temperaturas mínimas registradas, caracterizando a intensidade e a duração do ar polar sobre latitudes tropicais no continente sul-americano, tanto para a produção agrícola quanto para avaliar o impacto e repercussão nas atividades humanas. Quais os meses do ano apresentaram ondas de frio severas além do período de inverno?

c) Somada as duas características fundamentais descritas anteriormente, não menos importante é o registro histórico da pressão atmosférica em estações de superfície, sendo muitas vezes o elemento confirmatório da atuação e intensidade dos sistemas de alta pressão que invadem a região centro-oeste.

Ademais, apresenta-se no Quadro 7 a sobreposição das linhas frontais que tiveram a passagem ou o decaimento da banda nebulosa sobre o Estado de Goiás e o Distrito Federal. Ressalta-se que o quadro a seguir ilustra uma primeira aproximação das trajetórias preferenciais dos ciclones extratropicais, sujeitando-se a alterações e modificações futuras.

Quadro 7: Sobreposição das frentes frias anuais para o Estado de Goiás e o Distrito Federal.

Fonte: Diretoria de Hidrografia e Navegação – Marinha do Brasil (1975-2015). Elaborado pelo autor (2018).

5.1 Os “anos-padrão” da série temporal 1975-2015

Na impraticável tarefa de analisar qualitativamente os 41 anos da série temporal em voga, considerou-se as proposições de Monteiro (1971) para avaliar as irregularidades e descontinuidades do ritmo climático, alternadas em períodos ou episódios secos, normais e chuvosos.

Para a escolha dos ‘anos-padrão’, mensurou-se os desvios padronizados e os coeficientes de variação da série temporal. Desta maneira, o ano escolhido como habitual foi aquele que representou os totais anuais mais próximos à média calculada dentre as 40 quadrículas. Por outro lado, os anos que apresentaram notáveis desvios foram representantes dos períodos extremos.

Organizou-se uma planilha com os valores dos coeficientes de variação anual para cada quadrícula, somando todos os 41 anos analisados. A representação dos coeficientes foi ordenada em escala coroplética para sintetizar a apresentação do volume de dados.

O conjunto de informações disposto no Quadro 8, revela alguns indicativos dos desvios pluviométricos a seguir:

a) Apesar da variabilidade anual não apontar tendências significativas, visualmente, notou-se que os anos de 1984, 1990 e 2015 apresentaram coeficientes de variação inferiores a 30% em várias quadrículas;

b) Da quadrícula Q1 até a Q20, predominou-se uma frequência maior de anos padrões “extremamente secos”, ao contrário das quadrículas dispostas na porção à direita da planilha das quadrículas Q21 a Q40, cujos coeficientes foram percebidos em menor frequência;

c) É possível que as quadrículas alocadas nas regiões centro e norte da área estudo sofram maior influência dos desvios negativos pluviométricos quando comparados com as quadrículas situadas ao sul do Estado de Goiás;

d) Os anos de 1983 e 1989 apresentaram uma quantidade elevada de coeficientes de variação positivos, com anos padrões habituais, tendentes a chuvosos e chuvosos;

e) A quadrícula Q4, situada em sua maior parte no Estado do Tocantins, revelou os menores coeficientes de variação da série histórica. Ao todo, 14 anos foram representados pelo ano padrão “extremamente seco”;

f) Por outro lado, a Q40, localizada nos limites estaduais entre Goiás e Mato Grosso do Sul, apresentou maior regularidade dos coeficientes de variação, sem períodos excepcionalmente secos ou chuvosos;

g) Em síntese, predominou-se em grande parte da série temporal e espacial, o ano padrão normal, com desvios percentuais que variaram entre 0% até 10%, negativo ou positivo, desde o “habitual levemente seco até o “habitual levemente chuvoso”.

As colunas representam as quadrículas, da esquerda para a direita Q1 a Q40, e as linhas ilustra a série temporal de 1975 até 2015, em intervalos de classe de precipitação.

Quadro 8: Distribuição dos coeficientes de variação anual (1975 - 2015) do Estado de Goiás e D. F.

Fonte: Dados pluviométricos ANA (2013).

Classificação	Padrões Pluviométricos	Intervalos de Classe
Ano Seco	Extremamente Seco	< -30,01 %
	Muito Seco	-30 -25,01 %
	Seco	-25 -20,01 %
	Seco	-20 -15,01 %
	Tendente a Seco	-15 -10,01 %
Ano Normal	Habitual Levemente Seco	-10 -5,01 %
	Habitual	-5 -0,01 %
	Habitual	0 5 %
	Habitual Levemente Chuvoso	5,01 10 %
Ano Chuvoso	Tendente a Chuvoso	10,01 15 %
	Chuvoso	15,01 20 %
	Chuvoso	20,01 25 %
	Muito Chuvoso	25,01 30 %
	Extremamente Chuvoso	> 30,01 %

Em seguida, o volume de dados foi segmentado em períodos sazonais de primavera-verão e outono-inverno, a fim de exibir os episódios habituais e excepcionais ao longo da série temporal, muitas vezes ocultos na planilha de coeficiente de variação anual.

Analiticamente, o Quadro 9 apresentou as seguintes peculiaridades:

a) O período de primavera-verão revelou desvios percentuais mais acentuados quando comparado com a sazonalidade de outono-inverno, denotando episódios com excessos ou escassez pluviométrica;

b) Os outonos e invernos apresentaram uma clara tendência de normalidade, com variações percentuais entre os intervalos “levemente secos”, “habitual” e “levemente chuvosos”. Foram raros os episódios que exibiram desvios positivos ou negativos muito acentuados;

c) Os anos de 1984 e 2015, considerados “extremamente secos”, apresentaram irregularidades negativas menos acentuadas no período estacional de primavera-verão, com valores dentro dos intervalos “tendente a seco” e “seco” na maior parte das quadrículas. Todavia, as chuvas foram mais abundantes no período de outono-inverno nos referidos anos, ofertando indicativos da atuação dos sistemas atmosféricos extratropicais;

d) Para os anos considerados “chuvosos” e “excepcionalmente chuvosos”, como em 1983 e 1989, poucas quadrículas apresentaram os mesmos patamares muito elevados. Comumente, o período de primavera-verão denotou características habituais ou tendentes a chuvosas. Os desvios foram mais percebidos no período de outono-inverno com valores positivos, fugindo da normalidade;

e) Percebeu-se que as quadrículas situadas a leste da área de estudo (Q17, Q18, Q24 e Q30), refletiram em maior quantidade os desvios percentuais negativos para a estação de primavera-verão, quando comparadas com outras regiões. Possíveis indicativos é ocorrência de bloqueios atmosféricos

intensificados pelo Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) nos domínios geográficos no centro-oeste brasileiro, Distrito Federal e adjacências;

f) As quadrículas alocadas no sul/sudoeste da área de estudo (Q34, Q35, Q36, Q37, Q38, Q39 e Q40), apresentaram tendências mais próximas da habitualidade nos períodos de primavera-verão, com desvios negativos não inferiores do padrão “seco”.

Da mesma maneira que foi apresentada para o período anual, a organização das informações está disposta da esquerda para à direita (Q1 a Q40), em colunas representando as quadrículas. A série temporal de 1975 até 2015 está representada em linhas, em intervalos de classe com os respectivos coeficientes de variação.

O Quadro 9 exhibe os períodos sazonais de verão-primavera, na parte superior, e outono-inverno, na parte inferior.

Quadro 9: Distribuição dos intervalos de classe "Anos Padrão" por quadrimestre (1975 - 2015) Estado de Goiás e D. F.

Fonte: Dados pluviométricos ANA (2013).

Classificação	Padrões Pluviométricos	Intervalos de Classe
	Extremamente Seco	< -30,01 %
Ano Seco	Muito Seco	-30 -25,01 %
	Seco	-25 -20,01 %
	Seco	-20 -15,01 %
	Tendente a Seco	-15 -10,01 %
	Habitual Levemente Seco	-10 -5,01 %
Ano Normal	Habitual	-5 5 %
	Habitual Levemente Chuvoso	5,01 10 %
	Tendente a Chuvoso	10,01 15 %
	Chuvoso	15,01 20 %
Ano Chuvoso	Chuvoso	20,01 25 %
	Muito Chuvoso	25,01 30 %
	Extremamente Chuvoso	> 30,01 %

Na escolha dos anos-padrões, empregou-se a técnica de análise hierárquica por pares recíprocos, cujo princípio é o agrupamento dos coeficientes de variação que continham maior proximidade de valores dentro da árvore de ligação, definindo os conjuntos considerados 'normais', de ocorrência mais frequente, e aqueles agrupados em situações excepcionais, secas ou chuvosas, menos frequentes (Anexo B).

Sequencialmente, os anos de 1982, 1983, 2009, 1997 e 2013 foram representantes dos períodos excepcionalmente chuvosos. Os anos considerados mais próximos da normalidade foram 1975, 1979, 1999, 1979 e 2010, respectivamente. E, os anos-padrão escolhidos como excepcionalmente secos foram 2015, 1984, 2012, 1990 e 2007.

A fim de espacializar os percentuais desvios pluviométricos sobre a área de estudo, elaborou-se para cada ano, os mapas de coeficientes de variação. Para tal, testou-se dois métodos geoestatísticos para avaliar quais apresentariam os resultados mais satisfatórios espacialmente.

As características e as principais propriedades dos interpolares IQD e KRIG foram discutidas no subitem 5.1. Avaliou-se o cruzamento dos valores do RMSE para aferir o alcance médio dos erros estimados, apontando valores positivos, além do coeficiente de variação.

Para o teste dos métodos, utilizou-se os valores dos coeficientes de variação do ano de 1975 como exemplo.

Na validação cruzada da interpolação para o ano de 1975, observou-se que o RMSE do método IQD apresentou os melhores resultados (25,52) que o KRIG (27,67). Logo, para o coeficiente de determinação, ambos os resultados foram satisfatórios, com valores de $r^2=0,07$ para IQD, e $r^2=0,10$ para KRIG.

A tendência nos gráficos não apresentou uma forte correlação entre a estimativa do interpolador e os valores reais do ano de 1975, com coeficiente angular próximo de 0° , conforme revelou a Figura 58.

Figura 58: Exemplo de validação cruzada dos métodos IQD e KRIG, RMSE e r^2 para o ano de 1975.

Elaborado pelo autor (2018).

O teste que demonstrou melhores resultados foi o inverso quadrático da distância, com RMSE inferior ao KRIG. Outra importante consideração foi a influência do efeito de mira nas proximidades dos pontos amostrais, exibindo variações espaciais mais próximas da realidade apresentada para as irregularidades espaciais dos coeficientes de variação.

Visualmente, notou-se que o interpolador IQD representou com mais eficiência quando comparado com o KRIG. Nesse caso, a característica de suavização do método KRIG prejudicou a distribuição dos dados mais próxima da realidade. Todavia, os erros apresentados pelos interpoladores devem-se a limitada quantidade de postos pluviométricos na área de estudo (Figura 59).

Figura 59: Teste de interpolação entre os métodos IQD e KRIG para 1975.

Elaborado pelo autor (2018).

Após a avaliação dos métodos de interpolação, foram elaborados os mapas de coeficientes de variação para cada ano da série temporal de 1975 até 2015.

A escala coroplética foi dividida em 14 classes, separadas por valores percentuais de 5%, como descrito na Figura 29. Seguiu-se a mesma ordem para as cores apresentadas anteriormente, nos Quadros 8 e 9, da presente seção.

A representação geográfica dos coeficientes de variação apresentou algumas semelhanças com o Quadro 8, mas revelam outras características descritas a seguir:

a) Visualmente, os anos excepcionalmente chuvosos foram identificados em 1980, 1983 e 1993, diferente do apresentado pelas árvores de ligação da análise hierárquica por pares recíprocos. Atribui-se isso, possivelmente, mais aos desvios percentuais acentuados estimados na construção das árvores de ligação, do que sua distribuição geográfica inferida pelos erros do método estatístico;

b) Os desvios negativos mais acentuados foram identificados nos anos de 1984, 1990 e 2015, refletindo mais fielmente a realidade apresentada pelo dendograma;

c) Espacialmente, os anos chuvosos tenderam a se concentrar nas regiões norte, nordeste e sudoeste de Goiás. Todavia, sem um padrão rígido definido. A posição e orientação dos principais sistemas atmosféricos, sobretudo no período de primavera-verão, abarcaram a região centro-oeste, e em muitos episódios, o Estado de Goiás e Distrito Federal por inteiro, provocando uma grande variação da distribuição geográfica da precipitação;

d) Os anos tendentes a secos, secos e extremamente secos também se apresentaram nas porções nordeste e leste da área de estudo, afetando ainda as áreas centrais e ao sul do Estado goiano;

e) Observou-se que o coeficiente de variação na faixa habitual esteve presente em grande parte da série anual em todas as regiões da área de estudo,

intercalados com intervalos percentuais ligeiramente superiores e inferiores a 10%, revelando uma frequência constante do padrão habitual na maioria da série temporal.

Ilustra-se, no Quadro 10, a série anual dos coeficientes de variação entre 1975 até 2015. Os intervalos de classe estão idênticos para todos os mapas confeccionados.

Quadro 10: Coeficientes de variação da série temporal 1975-2015.

Fonte: Dados pluviométricos Agência Nacional de Águas (2015). Base cartográfica IBGE (2010). Elaborado pelo autor (2018).

5.6 A escolha dos anos-padrão

Após a elaboração dos quadros analíticos dos desvios percentuais de precipitação anual, semestral e sazonal, passou-se a escolha dos períodos que representaram as condições climáticas mais próximas da habitualidade e excepcionalidade no Estado de Goiás e o Distrito Federal.

Para a escolha dos anos-padrão, considerou-se os anos que apresentaram a maior gama de informações disponíveis para a análise sintética dos sistemas atmosféricos atuantes na área de estudo, como boletins técnicos e sinóticos do CPTEC/INPE, cartas sinóticas da Marinha do Brasil, imagens de satélite GOES e outros.

Desta maneira, elegeu-se os períodos mais recentes da série temporal, sendo eles: o “ano-padrão habitual” de 2010; o “ano-padrão chuvoso” de 2009, e o “ano-padrão seco” de 2015. Os mesmos estão inclusos na sequência da análise hierárquica por pares recíprocos, ilustrada no início da presente seção, constituindo os anos de tendências mais significativas dos desvios habituais e excepcionais das chuvas em 41 anos.

5.6.1 O ano-padrão habitual de 2010

Ilustrou-se, de maneira sintética, a análise dos principais sistemas atmosféricos influentes nas condições do tempo para o ano-padrão habitual em 2010, tendo como referência as informações do CLIMANÁLISE (2010), e observações a respeito das variações percentuais pluviométricas nos períodos sazonais de verão, outono, inverno e primavera, a seguir:

a) O período de verão caracterizou-se por totais pluviométricos reduzidos nas regiões noroeste e central da área de estudo. Nos meses de janeiro e fevereiro os principais acumulados de chuvas foram associados a atuação da Alta da Bolívia (AB) e efeitos termodinâmicos de convecção por aquecimento radiativo da superfície. A intensificação dos Jatos de Baixos Níveis (JBN) influenciou o aumento pluviométrico com a entrada de umidade equatorial na região do oeste goiano;

b) Entre os meses de fevereiro e março, a atuação do Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN) provocou acumulados pluviométricos significativos para a região leste do Estado de Goiás e o Distrito Federal. A formação da Zona de Convergência de Umidade (ZCOU) por três dias trouxe instabilidades à região nordeste de Goiás;

c) Para o mês de março configuram-se dois episódios de Zona de Convergência do Atlântico Sul, com totais superiores à média histórica. Associada às áreas de convergência de nebulosidade, a atuação do VCAN provocou acumulados na região sudeste de Goiás. E o posicionamento da AB trouxe instabilidades no sul do Estado de Goiás;

d) Pelo catálogo das frentes frias apresentação na seção 5.5 apenas no mês de março houve a participação de sistemas frontais no sudoeste de Goiás;

e) No período de outono, notou-se que as chuvas permaneceram com variações percentuais habituais, ligeiramente reduzidas na região centro-sul de Goiás. Os acumulados pluviométricos estiveram associados à atuação frontal avançando até a região leste do Distrito Federal, com a tropicalização da massa Polar Atlântica (Polar Velha) no ramo leste de Goiás;

f) O posicionamento da AB no sul do Estado do Pará marcou a redução significativa de chuvas no Estado de Goiás, exceto para o extremo norte e nordeste nos limites do Tocantins e Bahia, influenciados pela atuação de ZCAS sobre a região norte do Brasil, no mês de abril;

g) O mês de maio revelou o avanço de sistemas anticiclônicos provocando o fenômeno de *friagem* em toda a região sul de Goiás, com temperaturas reduzidas no Planalto Central Brasileiro, incluindo o Distrito Federal. Ao todo, catalogou-se 3 passagens da linha frontal com baixa disponibilidade hídrica, relatado na seção 5.5;

h) O mês de junho caracterizou-se por limitados acumulados pluviométricos devido a atuação do Anticiclone Subtropical da América do Sul e atividade extratropical típica, com baixo potencial pluviométrico, denotando valores

reduzidos de umidade relativa do ar. Contabilizou-se a entrada de apenas um sistema extratropical sobre o Estado de Goiás e o Distrito Federal;

i) O período de inverno é historicamente marcado pelos menores volumes de chuva do ano, sobretudo nos meses de julho e agosto devido a influência do ASAS, com as variações percentuais de chuva quase nulas;

j) Outro aspecto apontado pelo Boletim CLIMANÁLISE (2010), foi a influência do fenômeno La Niña que evidenciou sinais reduzidos de chuva em áreas adjacentes ao Estado de Goiás, elevação das temperaturas e baixa umidade do ar relativa na região do Distrito Federal, Goiânia e Aragarças (INMET, 2010);

k) O mês de agosto caracterizou-se pela atuação de duas massas de ar frio na segunda semana do mês, reduzindo as temperaturas nas regiões sudoeste, central e compartimentações mais elevadas do Planalto Central Brasileiro. Predominou-se como o mês mais seco do ano sem registros pluviométricos em todas as quadrículas da área de estudo;

l) O período de transição de inverno-primavera caracterizou-se pelo domínio do ASAS em grande parte da área de estudo. A redução de chuvas foi sentida principalmente a leste do Estado de Goiás e imediações do Distrito Federal, acumulando mais de 115 Dias Consecutivos Secos, de acordo com o índice DCS, ilustrado no subitem 5.4 *Índices de extremos climáticos*;

m) No final do mês de setembro as chuvas retornaram ao sul do Estado motivadas pela incursão de sistemas frontais e Linhas de Instabilidade. Foram catalogadas 3 passagens frontais sobre a área de estudo;

n) A primavera apontou desvios percentuais elevados nas regiões noroeste sudeste de Goiás, incluindo o oeste do Distrito Federal. As chuvas foram provocadas pelos efeitos termodinâmicos de superfície, a elevada atuação dos sistemas frontais alinhados com a formação de convergência de umidade no mês de outubro;

o) O mês de novembro foi marcado pela atuação sistemas frontais reforçando a formação de zonas de convergência no Estado de Goiás e o Distrito Federal, totalizando três episódios de ZCAS;

p) Por fim, o mês de dezembro apresentou valores pluviométricos inferiores à média da série histórica. Os acumulados pluviométricos foram provocados pela atuação da AB e a convecção por aquecimento radiativo da superfície. No final do mês houve a formação da ZCAS influenciando os acumulados pluviométricos sobre as regiões centro-norte de Goiás.

Ademais, a Figura 60 ilustra os desvios percentuais de pluviosidade para o Estado de Goiás e o Distrito Federal. Os quadros foram organizados para os trimestres de verão, outono, inverno e primavera de 2010.

Ressalta-se ainda que os mapas sazonais foram confeccionados pelo método de interpolação espacial inverso quadrático da distância (IQD), por ter apresentado os resultados mais satisfatórios de validação cruzada, como exposto no início da presente seção.

Os coeficientes de variação estão organizados em intervalos de classe de 5%, obedecendo a mesma escala para os quatro períodos.

Figura 60: Ano Padrão Habitual – quadrimestre 2010.

Fonte: Dados pluviométricos Agência Nacional de Águas (2015). Base cartográfica IBGE (2010).
Elaborado pelo autor (2018).

5.6.2 O ano-padrão chuvoso de 2009

Apresentou-se a análise dos principais sistemas atmosféricos influentes nas condições do tempo para o ano-padrão chuvoso de 2009, tendo como referência as informações do CLIMANÁLISE (2009), e observações a respeito

das variações percentuais pluviométricas nos períodos sazonais de verão, outono, inverno e primavera. As principais observações foram pontuadas a seguir:

a) No trimestre de verão, observou-se uma irregularidade espacial das chuvas sobre a área de estudo. Houve uma concentração mais elevada dos desvios percentuais nas porções sul e central do Estado de Goiás, e um ligeiro declínio dos valores na região centro-norte, incluso o Distrito Federal;

b) Para o mês de janeiro, configuram-se dois episódios de ZCAS, favorecendo a ocorrência de acumulados pluviométricos pontuais, associada a circulação da AB, provocando instabilidades no extremo sul do Estado goiano;

c) Para o mês de fevereiro prevaleceram condições semelhantes ao mês anterior, com a formação de ZCAS na segunda quinzena do mês associada a atuação da AB no Mato Grosso e do VCAN no interior do NEB. Identificou-se a passagem de uma linha frontal sobre o sul do Estado de Goiás;

d) O mês de março exibiu uma recuperação dos totais pluviométricos que estavam reduzidos nos meses anteriores. A atividade mais intensa dos sistemas frontais contribuiu para a caracterização da ZCAS em dois episódios do referido mês. O posicionamento do VCAN nas adjacências do Estado de Goiás, foi favorável à formação de áreas de instabilidade provocando elevados valores pluviométricos;

e) O período de outono foi marcado pelos elevados valores de coeficientes de variação em todo o Estado, destacando-se à região nordeste de Goiás, incluso o Vão do Paranã até o Distrito Federal. Nessas porções os desvios percentuais ficaram entre 10% a 20%. Em outras regiões do Estado os acumulados ficaram dentro da habitualidade positiva de 0% a 5%;

f) Na primeira quinzena do mês de abril notou-se formação de um episódio de ZCAS, a manutenção da AB conjuntamente com aglomerados convectivos

locais na área de estudo. A atividade do VCAN na região do NEB provocou acumulados de chuva no leste de Goiás;

g) O mês de maio ficou marcado pelo avanço de dois sistemas frontais sobre o sudoeste do Estado de Goiás. Os acumulados pluviométricos mais significativos foram pontualmente localizados na região norte do Estado, na divisa com o Tocantins. Prevaleceu a atuação da ASAS na maior parte do mês;

h) Em junho, os poucos episódios pluviométricos ocorreram devido à incursão de sistemas frontais no sul de Goiás, provocando o fenômeno de friagem nas latitudes mais elevadas do Planalto Central Brasileiro. Com a tropicalização da mPA notáveis temperaturas foram registradas no centro-norte da área de estudo, com baixos valores de umidade relativa do ar;

i) O período de inverno caracterizou-se pela nulidade de chuvas na maior parte do Estado de Goiás e o Distrito Federal. A atividade extratropical no trimestre denotou acumulados pluviométricos mais expressivos na região sul de Goiás;

j) No mês de julho contabilizou-se a passagem de duas linhas frontais posicionadas no centro-sul do Estado goiano. O baixo acumulado pluviométrico e estabilidade atmosférica promoveu o temperaturas elevadas e baixa umidade para o Planalto Central Brasileiro;

k) O mês de agosto ficou caracterizado pelo aumento da atividade extratropical no centro-oeste do Brasil, contabilizando três passagens frontais sobre o Estado de Goiás. As baixas temperaturas derivadas das ondas de frio atingiram com mais intensidade as compartimentações topográficas do sudoeste goiano (Planalto de Rio Verde e Caiapônia) e o Planalto Central Brasileiro. A estabilidade pós-frontal elevou os valores térmicos principalmente na região noroeste de Goiás;

l) O período de transição entre o final do inverno e o início da primavera apresentou uma intensa atividade dos sistemas atmosféricos na região de estudo. O mês de setembro totalizou três entradas de frentes frias que

provocaram acumulados pluviométricos no sul de Goiás. O aumento da umidade sobre o centro-oeste foi favorecido pela atividade da AB e pela convecção por aquecimento radiativo da superfície;

m) A primavera foi o período mais chuvoso em 2009 superando a média histórica em várias regiões do Estado. Notou-se intensificação dos avanços frontais pelo ramo continental que acabaram alinhados ao corredor de umidade em grande parte do centro-oeste. Ao longo do mês de outubro caracterizou-se a formação de três episódios de ZCAS, provendo acumulados notáveis na região norte de Goiás;

n) No início de novembro houve a manutenção da ZCAS iniciada no mês de outubro provocada pela grande intensidade dos fluxos dos JBN, o escoamento anticiclônico da AB associados aos efeitos termodinâmicos locais. Durante o referido mês houve a configuração de um episódio de ZCAS, apenas;

o) Finalmente, o ano-padrão chuvoso de 2009 encerrou-se com a manutenção da atividade da AB sobre o oeste do Brasil e o aumento da participação do VCAN no interior do NEB provocando notáveis valores pluviométricos para o mês de dezembro. Ademais, a ZCAS configurou-se em duas oportunidades durante o mês, distribuindo as chuvas por todo o Estado de Goiás e o Distrito Federal, principalmente na região oeste, na bacia do Rio Araguaia. Evidenciou-se que o trimestre de primavera foi o que concentrou o maior volume de chuvas do período analisado, denotando valores acima de 15% dos coeficientes de variação nas regiões sudoeste e sul de Goiás e o leste do Distrito Federal.

A Figura 61 ilustra a sazonalidade de verão, outono, inverno e primavera para o ano-padrão chuvoso de 2009. Os coeficientes de variação estão organizados em intervalos de classe de 5%, obedecendo a mesma escala para os quatro períodos.

Figura 61: Ano Padrão Chuvoso – quadrimestre 2009.

Fonte: Dados pluviométricos Agência Nacional de Águas (2015). Base cartográfica IBGE (2010). Elaborado pelo autor (2018).

5.6.3 O ano-padrão seco de 2015

A despeito do ano excepcionalmente seco de 2015, apresentou-se os principais aspectos da circulação atmosférica anômala para os quatro trimestres do ano:

a) A estação de verão predominou-se por um longo período de anomalias negativas de precipitação. Notou-se que os coeficientes de variação apresentaram desvios negativos em amplas regiões do Estado de Goiás e o Distrito Federal, exceto para o sudeste na divisa com Minas Gerais;

b) A circulação atmosférica para o mês de janeiro foi atípica devido a atuação mais ampla do ASAS dentro do continente, limitando e comprimindo a atividade da AB. Após a segunda quinzena do mês houve um deslocamento do centro do anticiclone para o Oceano Atlântico favorecendo os primeiros acumulados pluviométricos significativos do mês. Configurou-se, na última semana de janeiro, um episódio de ZCOU que agiu boa parte da área de estudo;

c) No mês de fevereiro houve o reestabelecimento das condições habituais de circulação atmosférica no período de verão com o término do bloqueio provocado pelo ASAS. Configuraram-se dois episódios de ZCAS entre a segunda e terceira semana do mês, alimentada pela participação ampla da AB no continente e o VCAN no interior do NEB. Identificou-se outros três episódios de ZCOU sobre o continente com o aumento da precipitação na bacia do Rio Araguaia e o sudoeste goiano;

d) O mês de março marcou o final do período de verão com um episódio de ZCAS nutrindo a porção sul do Estado de Goiás com acumulados pluviométricos dentro da média histórica. Houve a configuração de outros dois episódios de ZCOU sobre a o Planalto Central Brasileiro e fachada leste do Estado de Goiás e o Distrito Federal;

e) No período de outono predominou um padrão climatológico anômalo, com desvios percentuais de precipitação positivos superiores a 10% em amplas regiões do Distrito Federal e Goiás, exceto para o sul do Estado que apresentou padrões pluviométricos habituais.

f) Entre os meses de março e abril a manutenção da AB no centro do continente favoreceu a configuração de episódios de ZCOU, alimentadas pela maior atuação extratropical sobre o sul do Estado de Goiás, provendo

aglomerados convectivos nos setores leste e nordeste de Goiás. Notou-se prolongamento do período chuvoso até o final do mês de abril;

g) O início do mês de maio exibiu padrões anômalos para o período de outono, sem o predomínio do bloqueio atmosférico. Persistiu a atuação de convergência de umidade iniciada no mês anterior. Associou-se à atividade da AB na região norte do Brasil, denotando acumulados pluviométricos no setor norte e noroeste de Goiás. Registrou-se a passagem de bandas de nebulosidade de origem frontal. Na segunda quinzena de maio houve a atuação mais ampliada do ASAS sobre o centro do continente, aumentando os valores de temperatura;

h) O mês de junho apresentou valores inibidos de chuva, com atuação da passagem frontal sobre o setor sudeste de Goiás. Via de regra, o ASAS ampliou sua participação por toda a extensão do Estado, exceto para o sudoeste de Goiás;

i) O período de inverno apresentou-se dentro da habitualidade climática do regime seco, característico para a região centro-oeste do Brasil. Observou-se, no mês de julho, a passagem de um sistema frontal provocando acumulados pluviométricos inexpressivos na região sudoeste de Goiás. Houve ampla participação do ASAS por toda a área de estudo, impedindo o avanço de outros sistemas frontais;

j) O mês de agosto revelou o período de maior estiagem em todo o Estado de Goiás e o Distrito Federal, com a atuação plena do ASAS por todo o centro-oeste do Brasil. Não foi registrada a passagem de linhas frontais sobre a área de estudo;

k) O período de primavera denotou valores de precipitação abaixo da climatologia esperada. Os desvios percentuais de precipitação apresentaram irregularidades em grande parte da área de estudo, principalmente sobre os eixos leste-nordeste e centro-norte, com valores inferiores a 15%;

l) O mês de setembro foi caracterizado pela ampla participação do bloqueio atmosférico do ASAS sobre o continente, provocando temperaturas elevadas e

baixa umidade relativa do ar. Todavia, na segunda quinzena do mês registrou-se a passagem de duas frentes frias, a segunda na retaguarda da primeira, rompendo a situação de bloqueio no extremo sul do Estado de Goiás;

m) Outubro apresentou características de temperaturas elevadas devido a manutenção da atividade anticiclônica sobre a área de estudo, com forte atuação sobre o oeste do Estado de Goiás, nas imediações da bacia do Araguaia. De forma tardia, apenas na última semana do mês, os mecanismos de precipitação atuaram, configurando uma ZCOU sobre a faixa norte do Estado;

n) No mês de novembro persistiram as condições de déficit de chuvas nos setores noroeste do Estado de Goiás. Na região sul registrou-se acumulados pluviométricos providos pela passagem frontal. No final do mês a intensificação do JBN associada à circulação anticiclônica da AB provocou acumulados pluviométricos pontuais na região nordeste de Goiás;

o) Ao término do trimestre de primavera, o mês de dezembro apresentou irregularidades de pluviosidade negativa, persistindo quadro de déficit de chuvas exibido para o mês de novembro. O posicionamento do ASAS a noroeste de Mato Grosso e a atuação do VCAN no Oceano Atlântico, inibiram os mecanismos de precipitação em todo o Estado de Goiás, denotando acumulados pluviométricos anômalos para o período de primavera.

A Figura 62 ilustra a sazonalidade de verão, outono, inverno e primavera para o ano-padrão excepcionalmente de 2015. Os coeficientes de variação estão organizados em intervalos de classe de 5%, obedecendo a mesma escala para os quatro períodos.

Figura 62: Ano Padrão Seco – quadrimestre 2015.

Fonte: Dados pluviométricos Agência Nacional de Águas (2015). Base cartográfica IBGE (2010). Elaborado pelo autor (2018).

5.7 Curso anual das precipitações nos anos-padrões

Com vistas a representar as características do regime pluviométrico mensal no Estado de Goiás e Distrito Federal, buscou-se o referencial de Schröder (1956), para a elaboração de pluviogramas anuais de precipitação.

Estes são quadros que apresentam os percentuais mensais de participação no total anual da precipitação pluviométrica, ilustrando os aspectos e situações habituais e excepcionais em relação ao regime, ora predominante úmido, ora seco.

Por meio dos pluviogramas, obteve-se um quadro detalhado da distribuição das chuvas, representando as variações espaciais e temporais nas diferentes regiões da área de estudo.

A seguir, descreveu-se sinteticamente a 'marcha da distribuição anual da precipitação' (SCHRÖDER, 1956) para os três anos representativos do período habitual e excepcional chuvoso e seco, 2010, 2009 e 2015, respectivamente.

a) O ano-padrão habitual de 2010 apresentou uma distribuição mensal de precipitação característica da região centro-oeste do Brasil. Marcadamente, o calendário hidrológico exibindo percentuais mensais de chuva acima de 15%;

b) Outro aspecto do período chuvoso foi a maior concentração dos valores percentuais mensais acima de 25% nos meses de novembro e dezembro nas quadrículas localizadas na porção norte da área de estudo, implicando a grande atuação de sistemas convectivos no trimestre de verão;

c) A redução dos volumes percentuais é percebida entre os meses de abril e maio com valores pluviométricos inferiores a 10%;

d) O padrão característico de inverno é notado pelos inexpressivos valores percentuais acumulados nos meses de maio, junho e julho. No mês de agosto registrou-se o período mais seco do ano com ausência total de chuva frontais;

e) O tímido retorno do ciclo hidrológico inicia-se em setembro, apresentando valores inferiores a 3% de chuvas. Todavia, o mês seguinte é provido de percentuais mais elevados para a região norte e noroeste do Estado, revelando um 'atraso' das chuvas em outras localidades;

f) No ano-padrão chuvoso de 2009, observou-se uma regularidade da distribuição pluviométrica mensal em grande parte da área de estudo. As

quadrículas situadas no sul do Estado de Goiás não apresentaram inverno seco, revelando precipitações mensais na ordem percentual de 0,1% até 0,7%. A rigor, o mês de julho foi considerado o período mais seco na maioria das quadrículas localizadas no centro-norte da área de estudo;

g) Os meses do calendário chuvoso apresentaram percentuais mensais moderados, com valores entre 12% a 24%, e uma quantidade menor de acumulados mensais superiores a 25%;

h) O ano-padrão seco de 2015 revelou características anômalas aos dois anos referidos anteriormente. As concentrações pluviométricas mensais foram observadas entre os meses de fevereiro e março, ao contrário dos meses habitualmente chuvosos de novembro e dezembro;

i) Logo no mês de março observou-se uma redução severa dos percentuais mensais de chuva em algumas quadrículas, seguida de uma recuperação dos acumulados no mês de abril;

j) O período seco exibiu percentuais pluviométricos anômalos para os meses de junho, julho e agosto. Em algumas quadrículas situadas na porção sudoeste de Goiás não houve mês seco, revelando as irregularidades das perturbações frontais no inverno habitualmente seco;

k) Outra constatação importante foi o retorno antecipado do período chuvoso no mês de setembro para todas as quadrículas da área de estudo. Porém, apresentou limitados valores percentuais na sequência do regime úmido em outubro, novembro e dezembro;

A seguir, a Figura 63 ilustra os três pluviogramas representativos da distribuição mensal das chuvas nos anos-padrões de 2010, 2009 e 2015, respectivamente habitual, chuvoso e seco.

Em síntese, o ano habitual apresentou uma distribuição mensal das chuvas dentro dos padrões do regime climatológico. O ano chuvoso apresentou uma distribuição pluviométrica regular em todos os meses, sem notáveis acumulados em um ou dois meses. O ano seco revelou irregularidades notáveis da distribuição espaço-temporal das chuvas com acumulados pluviométricos posterior ao habitual, e o retorno antecipado do regime úmido no mês de setembro.

Cabe destacar a impossibilidade de realizar a análise rítmica (MONTEIRO, 1971) para os três anos mencionados. Justifica-se a supressão dessa metodologia pela ampla irregularidade e disponibilidade de dados meteorológicos de superfície no Estado de Goiás e o Distrito Federal.

Raras foram as estações do INMET com disponibilidade de dados de temperatura, pressão atmosférica, direção e velocidade do vento, radiação solar, cobertura de nuvens, umidade do ar relativa, e outros elementos que pudessem agregar condições mínimas para a realização adequada da análise diária das massas de ar sobre a área de estudo.

Somada às constantes irregularidades dos dados, que acarretaria em um longo período de análise e consistência dos dados, leva-se em conta os limitados prazos impostos pelo Programa de Pós-Graduação para a defesa da presente tese, optando-se pela supressão dessa etapa que permanecerá com as páginas abertas, a serem concluídas no porvir.

6 CONCLUSÕES

O objetivo central desta tese foi de compreender e estabelecer a distribuição espaço-temporal das chuvas no Estado de Goiás e Distrito Federal e as principais características quantitativas e qualitativas no período de 1975 a 2015.

Para isso, discorreu-se de algumas conclusões estruturadas nos resultados analisados, nos métodos de pesquisa e nas possibilidades de investigações futuras.

Sobre a distribuição espacial das chuvas e as compartimentações topográficas foram constatados os seguintes aspectos:

Os anos que apresentaram volumes mais expressivos, as chuvas se concentraram na região norte de Goiás, demonstrando a atuação da massa Equatorial Continental na manutenção do regime pluviométrico latitudinal do norte para o centro do Estado de Goiás.

Não há regiões com tendências persistentes de concentração elevadas ou reduzidas de chuvas, ao contrário, ficou patente a alternância pluviométrica entre os anos e as décadas analisadas.

Há um nítido contraste entre as chuvas que regaram a maior parte da região norte em detrimento dos valores ligeiramente mais reduzidos a sudoeste do Estado de Goiás, sendo delimitadas por compartimentações topográficas do Planalto Central Brasileiro e o Planalto de Rio Verde.

A porção nordeste do Estado de Goiás e também o Distrito Federal apresentaram os menores volumes pluviométricos, comportamento observado, inclusive, em anos chuvosos.

Observou-se uma variação da intensidade dos sistemas atmosféricos extratropicais que provocaram chuvas no sudoeste do Estado de Goiás, com invasões sobre as compartimentações topográficas do Planalto de Rio Verde, as Depressões Intramontanas e Relevos Residuais, até os patamares do Planalto Central Brasileiro.

Os invernos denunciaram uma participação mais ampla dos sistemas atmosféricos extratropicais, provocando acumulados pluviométricos na fachada

sudoeste do território goiano, dentre os limites das Depressões Intermontanas e Relevos Residuais do Planalto de Rio Verde.

Cabe destacar a possibilidade futura de trabalhos voltados para a identificação de chuvas orográficas nas compartimentações topográficas mais elevadas e declividades acentuadas da área de estudo. A intensificação de acumulados pluviométricos em escala topoclimática pode revelar importantes contribuições sobre a dinâmica das chuvas locais, muitas vezes não percebidas pelas médias mensais e totais anuais, considerando-se a rarefeita distribuição dos postos pluviométricos e estações meteorológicas.

Sobre a porcentagem mensal de chuvas, intensidade de precipitação e índices de extremos climáticos conclui-se que:

Os meses de outubro e abril, período de transição entre o início e término do calendário hidrológico, apresentaram percentuais pluviométricos semelhantes, tanto em quantidade quanto na espacialidade de seus valores. Notou-se que os picos mais acentuados estão localizados em compartimentações topográficas acima de 1000m, como é o caso do Planalto Central Brasileiro e os Chapadões de Goiás.

Nos meses de junho e agosto a intensidade dos sistemas extratropicais, apresentaram maior capacidade de transpor as compartimentações topográficas do Planalto Central Brasileiro, recobrando áreas ao norte e a leste do Distrito Federal.

Observou-se que na região centro-sul da área de estudo a intensidade de chuva prevalecente foi entre 0,1mm e 5,0mm, indicando que os sistemas atmosféricos produtores de chuva apresentam intensidade de precipitação muito fraca. As maiores intensidades de precipitação também foram observadas para a região centro-sul, com intensidades de precipitação entre forte a excepcionalmente forte, ocupando mais de 20 dias com chuvas no trimestre DJF.

O índice de dias consecutivos secos (DCS) apresentou tendências positivas para todos os transectos. Por outro lado, o índice de dias consecutivos chuvosos (DCC) indicou uma redução da precipitação anual em todos os postos pluviométricos.

Há grande variabilidade espacial entre os valores de dias consecutivos secos, revelando acumulados superiores a 170 dias no leste de Goiás e Distrito Federal. A região sudeste indica um índice menor de dias secos consecutivos de aproximadamente 40 dias.

As diferentes realidades geográficas ilustradas nos transectos apontaram uma ampla variabilidade interanual e interdecadal das chuvas. Ora com totais pluviométricos elevados como no regime equatorial, e períodos de totais reduzidos, próximos dos índices do semiárido nordestino.

Recomenda-se a utilização de imagens de radar meteorológico e imagens de satélite de alta resolução para identificar os efeitos locais dos aglomerados convectivos com grande capacidade de precipitação, sejam eles derivados da ZCAS, Instabilidades Tropicais, Alta da Bolívia ou dos efeitos termodinâmicos de superfície.

As imagens de radar cobrem parcialmente os domínios territoriais do Estado de Goiás, favorecendo as regiões mais habitadas e os centros urbanos do eixo Goiânia, Anápolis e Distrito Federal. Todavia, as imagens de satélite da geração GOES são ferramentas importantes para caracterizar sistemas atmosféricos de meso-escala, como apontado por Nascimento (2016).

Sobre a climatologia das frentes frias e os ‘anos-padrão’ conclui-se que:

A ocorrência do ciclone extratropical foi registrada com maior frequência para as regiões sudoeste e sul do Estado de Goiás, embora a passagem dos sistemas frontais tenha sido percebida no Distrito Federal e na face oriental de Goiás, próxima à divisa com o Estado de Minas Gerais.

Necessita-se de estudos mais aprofundados sobre o comportamento e migração do anticiclone sobre latitudes menores do continente sul-americano, considerando-se a sua natureza dinâmica e grande capacidade de mobilidade também nas regiões intertropicais. O canal frontal depressionário possui grande suscetibilidade para a formação de nebulosidade, que em alguns episódios podem trazer acumulados pluviométricos no Planalto Central Brasileiro.

Os mecanismos de precipitação do Estado de Goiás e do Distrito Federal são impostos, principalmente, pela participação dos sistemas atmosféricos equatoriais como a Alta da Bolívia altamente dependente da intensidade,

posicionamento do Jato de Baixos Níveis e a atuação conjunta do Vórtice Ciclônico de Altos Níveis no Nordeste do Brasil. No período de inverno participam com maior intensidade os sistemas extratropicais quando possuem capacidade de romper o bloqueio atmosférico do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul.

Ressalta-se ainda a participação das chuvas locais ocasionadas pelos efeitos termodinâmicos de superfície derivados da intensidade da Radiação de Onda Longa (ROL) que incide sobre extensas áreas no setor noroeste de Goiás, que é pouco discutida nos trabalhos sobre a participação convectiva no centro-oeste do país.

Sequencialmente, os anos de 1982, 1983, 2009, 1997 e 2013 foram representativos dos períodos excepcionalmente chuvosos. Os anos considerados mais próximos da normalidade foram 1975, 1979, 1999, 1979 e 2010. Os anos-padrão escolhidos como excepcionalmente secos foram 2015, 1984, 2012, 1990 e 2007.

Possivelmente, os referidos anos tiveram a influência direta de fenômenos de macro-escala e de anomalias no padrão de circulação atmosférica, merecendo estudos específicos no futuro sobre os volumes de precipitação e os padrões de circulação atmosférica. Tais elementos podem ser relacionados com os efeitos do regime de Monção, fenômenos de teleconexões e suas influências sobre a América do Sul, como também em escalas temporais intrassazonal (Oscilação Madden Julian), interanual (El Niño – Oscilação Sul) e muldecadal (Oscilação do Pacífico e Atlântico).

Finalmente, a presente pesquisa ilustrou por diferentes métodos de análise a complexidade de se reconhecer e estabelecer a distribuição espacial e temporal das chuvas, sendo palco central do extenso continente sul-americano, à mercê da atuação dominante ou transicional dos sistemas atmosféricos do país. Tal complexidade revela-se nas poucas obras que tratam sobre a climatologia e à meteorologia do Centro-Oeste do Brasil e, de maneira específica, o Estado de Goiás e Distrito Federal, nas últimas décadas.

A hipótese, testada por meio de diversos métodos, foi alicerçada pela análise de séries temporais de precipitação consistentes e, validada, por reconhecer diferentes elementos da variabilidade do fenômeno pluviométrico no tempo e no espaço do Estado de Goiás e o Distrito Federal.

A ousadia ao escolher uma extensa área de estudo e uma série temporal superior a quatro décadas denota o ineditismo proposto nesta investigação que está ancorada nos procedimentos, ferramentas e técnicas largamente empregadas pela Climatologia Geográfica e a Meteorologia, abrindo caminhos para investigações no porvir.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, E. D. L. VECCHIA, F. Análise de diferentes métodos de interpolação para a precipitação pluvial no Estado de Goiás. **Acta Sciencitarium**. Maringá, v.33, n.2, p.193-197, 2011. DOI: 10.4025/actascihumansoc.v33i2.13815

ANA – Agência Nacional de Águas. **Sistema de Informações Hidrológicas**. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/mapainicial/pgMapaL.asp>>. Acesso em: 10 jun. 2015.

ANA – Agência Nacional de Águas. **Evolução da Rede Hidrometeorológica na Região Hidrográfica do Tocantins Araguaia, São Francisco e Paraná**. Texto disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/infohidrologicas/rhtocantinsaraguaia.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2013.

ANJOS, R.S; CANDEIAS, A. L. B.; NÓBREGA, R. S. Mapeamento da Precipitação Estimada e Observada no Semiárido Pernambucano e sua relação com a modelagem de dados espaciais. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, n69/3, p. 447-462, Mar/2017.

ASSAD, E. D. (Coord.). **Chuvas no cerrado: análise e espacialização**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados – Brasília: EMBRAPA-CPAC, 1994, 423p.

AZEVEDO, M. C. X.; CARMO, F. D.; BARBOSA, M. C. A influência do el niño/la niña na alta bacia do rio vermelho 1981 a 1998. **IX Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**. Fortaleza-CE. 2010.

BALDO, M. C. **Variabilidade pluviométrica e a dinâmica atmosférica na bacia hidrográfica do rio Ivaí – PR**. 2006 (Doutorado em Geografia), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Presidente Prudente. 172 p.

BASTOS, L. A.; FERREIRA, I. M. Composições fitofisionômicas do bioma cerrado: estudo sobre o sistema de vereda. **Espaço em Revista**. vol. 12 nº 1 jan/jun. 97-108, 2010.

BARBOSA, G. R. OLIVEIRA, S. M.; MENDES, P. C.; RIBEIRO, A. G. Distribuição espacial das chuvas e balanço hídrico na microrregião de Quirinópolis-GO. **IX Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**. Fortaleza-CE. 2010.

BARROS. J. R. **A chuva no Distrito Federal: o regime e as excepcionalidades do ritmo**. (Dissertação) Mestrado em Geografia. IGCE, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro-SP, 2003.

BERNARDES, L. M. C. Clima do Brasil. **Boletim Geográfico Brasileiro**, 1951, v. 9, n. 103, p. 727-739.

BOIN, M. N. **Chuvas e erosões no oeste paulista: uma análise climatológica aplicada**. Tese (Doutorado em Geociências), UNESP, Presidente Prudente-SP, 2000.

BORSATO, V. A.; SOUZA FILHO, E. E. A participação dos sistemas atmosféricos atuantes na bacia do rio Paraná no período de 1980 a 2003. **Revista Brasileira de Climatologia**. Ano 6 – v.7, 2009. doi <10.5380/abclima.v7i0.25636>.

BORSATO, V. A. **A dinâmica climática do Brasil e massas de ares**. 1.ed. Curitiba-PR: CRV, 184p. 2016.

BRASIL. **Centro de Hidrografia da Marinha - Serviço Meteorológico Marinho**. Disponível em: <<http://www.mar.mil.br/dhn/chm/meteo/prev/cartas/cartas.htm>>. Acesso em: jun 2015.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Mapeamento do uso do solo e cobertura do cerrado**. Projeto TerraClass Cerrado. Brasília: MMA, 2015. 67p.

BUZAI, G. D. **Evolución del concepto de región ante la emergencia del ciberespacio**. Elementos para un debate. Disponível em: <http://www.eListas.net/lista/humboldt>. Acessado em: 24/06/2015.

CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J. R. Classificação climática Köppen-Geiger para o Estado de Goiás e o Distrito Federal. **ACTA Geográfica**, Boa Vista, v.8, n.16, jan./mar. de 2014. pp.40-55. doi <10.5654/actageo2014.0004.0016>

CAVALCANTI, I. A. **Um estudo sobre as interações entre os sistemas de circulação de escala sinótica e circulações locais**. INPE 2494 TDL/097. 1982.

CAVALCANTI, I. F. A; FERREIRA, N. J; SILVA, M. G. A. J; & DIAS, M. A. F. S. **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos. 463 p. 2009.

CARVALHO, C. D. de. **Météorologie du Brésil**. Londres: John Bale, Sons & Danielson, 1917.

CASSETI, V. **Síntese analítica das bases físicas do Estado de Goiás**. (Coleção Estudos Goianos, 1). Goiânia: Fundação INDUR, 1979.

CLIMANÁLISE. **Boletim de Monitoramento e Análise Climática**. v25, JAN-DEZ, CPTEC/INPE, Cachoeira Paulista-SP, 2010.

CLIMANÁLISE. **Boletim de Monitoramento e Análise Climática**. v24, JAN-DEZ, CPTEC/INPE, Cachoeira Paulista-SP, 2009.

CONTI, J. B. (1975). **A circulação Secundária e o Efeito Orográfico na Gênese das Chuvas: o exemplo do ENE Paulista**. USP/Inst. de Geografia, série teses e monografias, nº 18, 82 p.

COSTA, H. C. et al. Espacialização e sazonalidade da precipitação pluviométrica do Estado de Goiás e Distrito Federal. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v.1, p.87-100, 2012.

COSTA, H. C.; MARCUZZO, F. F. N.; FERREIRA, O. M.; ANDRADE, L. R. Espacialização e Sazonalidade da Precipitação Pluviométrica do Estado de Goiás e Distrito Federal. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v.01, p.87-100, 2012.

CPRM. Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais. **Geologia do Estado de Goiás e Distrito Federal**. (Orgs.): MOREIRA, M. L. O.; MORETON, L. C.; ARAÚJO, V. A.; LACERDA FILHO, J. V. L; COSTA, H. F. C. Escala 1:500.000. Goiânia: CPRM/SIC - FUNMINERAL, 2008.

CPRM. Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais - Serviço Geológico do Brasil. **Atlas Pluviométrico do Brasil** (2010). Acesso em 10.12.2015. Disponível em <<http://www.cprm.gov.br/publique/Hidrologia/Mapas-e-Publicacoes/Atlas-Pluviometrico-do-Brasil-1351.html>>.

CPTEC/INPE – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. **Imagens de satélite**. 2015. Disponível em: <<http://sinda.crn2.inpe.br/PCD>>. Acesso em: jun 2015.

DANTAS, L. G.; SANTOS, C. A. C.; OLINDA, R. A. Tendências anuais e sazonais nos extremos de temperatura do ar e precipitação em Campina Grande-PB. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 30, n. 4, 423 - 434, 2015. DOI: <<http://dx.doi.org/10.1590/0102-778620130088>>.

DE MARTONNE, E. **Tratado de Geografia Física**. 7ª ed. Barcelona: Editorial Juventud, S.A., 1964. 511p.

DRAENERT, F. M. **O clima do Brazil**. Rio de Janeiro: Typographia Carlos Schmidt, 1896.

EMBRAPA MONITORAMENTO POR SATÉLITE. **Brasil em relevo**. Disponível em: <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/conteudo/relevo/justificativa.htm>. Acessado em 18 de novembro de 2015.

FELICIO, R. A. **Climatologia dinâmica da Antártida: ciclones extratropicais que atuaram nos verões e invernos de 2001 a 2006 na região da península Antártica**. Tese (Doutorado em Geografia Física), Departamento de Geografia – FFLCH – USP, 660pp., 2007.

FERREIRA, A. B.; MORAIS, C. F.; CASAGRANDE, F.; ROSA R. Análise climática do Parque Nacional das Emas - Bacia do Rio Corrente-GO. **IX Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**. Fortaleza-CE. 2010.

FRANÇA, A. **Estudo sobre o Clima da Bacia de São Paulo**. Tese de Doutorado, USP-DG, 1946.

GRIGG. Regiões, Modelos e Classes. In: CHORLEY e HAGGATT (orgs). **Modelos Integrados em Geografia**. Rio de Janeiro: Livros técnicos e científicos Editora S.A. e editora da universidade de São Paulo, 1974. P. 23-66.

HANN, J. Handbook of Climatology, Part I. **General Climatology**. The MacMillan Company, Londres, 1903.

HIERA, M. D. **A Influência de Fatores Climáticos de Macro Escala (El Niño e La Niña) no Regime das Chuvas na Bacia Hidrográfica Paraguai 3**. 191f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá-PR. 2016.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE Cidades – População estimada 2017**. Disponível em <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/df/panorama>>. Acesso em 03 de dezembro de 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico 2010**. Disponível em: <<https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default.shtm>>. Acesso em 03 de dezembro de 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola 2012**. Disponível em <https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/default.shtm> Acesso em 25 de março de 2015.

INFOCLIMA. **Boletim de informações climáticas do CPTEC/INPE**. a22, n.1-12, CPTEC/INPE, Cachoeira Paulista-SP, 2015. Disponível em <<http://infoclima1.cptec.inpe.br/>>. Acesso em 16 Jan 2018.

INMET Instituto Nacional de Meteorologia – **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. 2015. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Aceso em: jun-dez 2015.

KNAPP, K. R. Scientific data stewardship of International Satellite Cloud Climatology Project B1 global geostationary observations. **Journal of Applied Remote Sensing**, 2, 023548, 2008. doi:10.1117/1.3043461

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928.

LACERDA FILHO, J. V.; REZENDE, A.; SILVA, A. **Geologia e recursos minerais do Estado de Goiás e Distrito Federal**. Escala 1:500.000. Goiânia: CPRM, (Conv. CPRM/METAGO S.A./UnB), 1999.

LUIZ, G. C. Análise da distribuição pluviométrica e as consequências para o processo de uso e ocupação do solo - região vale do paranã-GO. **Boletim Goiano de Geografia**. IESA/UFG. v.17, nº1. jan-jul, 1997.

MAMEDE, L.; NASCIMENTO, M. A. L. S.; FRANCO, M. S. Geomorfologia. In: **PROJETO RADAMBRASIL**. Folha SD.22 Goiás. (Levantamento de Recursos naturais, 25), Rio de Janeiro, 1981.

MAMEDE, L.; ROSS, J. L. S.; SANTOS, L. M. NASCIMENTO, M. A. L. S. In: **PROJETO RADAMBRASIL**. Geomorfologia da Folha SE.22 Goiânia (Levantamento de Recursos naturais, 31), Rio de Janeiro, 1983.

MARCUZZO, F. F. N.; CARDOSO, M. R. D.; FARIA, T. F. Chuvas no Cerrado da região Centro-Oeste do Brasil: análise histórica e tendência futura. **Ateliê Geográfico**. Goiânia-GO v. 6, n. 2 p.112-130, 2012.

MARCUZZO F. F. N.; ROMERO, V. Influência do El Niño e La Niña na precipitação máxima diária do Estado de Goiás. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.28, n.4, 429 - 440, 2013.

MARIANO, Z. F. **A importância da variável climática na produtividade da soja no Sudoeste de Goiás**. (Tese) Doutorado em Geografia. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Presidente Prudente-SP, 2005.

MARIANO, Z. F.; SANTOS, M. J. Z.; SCOPEL, I. Variabilidade das precipitações na microrregião sudoeste de Goiás (Período 1979-2003). **VII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**, Rondonópolis-MT. 2006.

MARINHA DO BRASIL. Centro de Hidrografia e Navegação. Serviço Meteorológico Marinho. **Cartas de Pressão ao Nível do Mar**. Acervo eletrônico de 1969-2016 (reservado).

MARTINS, A. P.; ASSUNÇÃO, W. L.; MACHADO, M. P. **VIII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**. Alto Caparaó-MG. p.155-172. 2008.

MESQUITA, W. O. et al. Precipitações máximas diárias esperadas para as regiões central e sudoeste de Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. v.39, n.2, p.73-81, 2009.

MELO, M. L. Impacto do fenômeno el niño sobre a região centro-oeste do Brasil. **XI Congresso Brasileiro de Meteorologia**. Rio de Janeiro-RJ. p.3251-3254. 2000.

MENARDI JUNIOR, A. **Regime e ritmo das chuvas na bacia do rio Piracicaba: variações e impactos**. Rio Claro, SP: Tese (Doutorado em Geociências), UNESP, 2000, 291p.

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

MONTEIRO, C. A. F. Notas para o estudo do clima do Centro Oeste Brasileiro. In: Rev. **Brasileira de Geografia**, n. 01. Rio de Janeiro, janeiro março, 1951.

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

MONTEIRO, C. A. F. Sobre a análise geográfica de sequências de cartas de tempo: pequeno ensaio metodológico sobre o estudo do clima no escopo da Geografia. **Revista Geográfica**, Rio de Janeiro, v. 31, n. 58, p. 169-179. 1963a.

MONTEIRO, C. A. F. **O Clima da Região Sul. Geografia Regional do Brasil – Região Sul**. Rio de Janeiro, v. 1, p. 117-169. 1963b.

MONTEIRO, C. A. F. Sobre Um Índice de Participação das Massas de Ar e suas Possibilidades de Aplicação à Classificação Climática. **Revista Geográfica** 61, Instituto Panamericano de Geografia e História, Rio de Janeiro, 1964.

MONTEIRO, C. A. F. Análise Rítmica em Climatologia – problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. **Climatologia** 1, USP/IG, São Paulo, 1971.

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

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e clima urbano**. USP/Igeog., São Paulo, 181p. 1976.

MONTEIRO, C. A. F.; SANT'ANNA NETO, J.; MENDONÇA, F.; ZAVATINI, J. A. **A construção da climatologia geográfica no Brasil**. 1. ed. Campinas: Alinea, v. 1. 194p. 2015.

MORIZE, H. **Esboço da climatologia do Brazil**. Rio de Janeiro: Observatório Astronômico, 1889.

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

NASCIMENTO, D. T. F.; LUIZ, G. C.; OLIVEIRA, I. J. Panorama dos sistemas de classificação climática e as diferentes tipologias climáticas referentes ao Estado de Goiás e ao Distrito Federal (Brasil). **Élisée, Revista de Geografia UEG – Porangatu**, v.5, n.2, p.59-86, jul./dez. 2016.

NASCIMENTO, D. T. F. **Chuvas no Estado de Goiás e no Distrito Federal a partir de estimativas por satélite e circulação atmosférica**. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Estudos Socioambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016.

NASCIMENTO, D. T. F.; DEUS, R. M. M. Estudo comparativo da definição de anos-padrão do regime habitual e excepcional das precipitações a partir do ano civil e do ano hidrológico. **XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física**

Aplicada. Campinas-SP, p.1697-1706. 2017. doi <10.20396/sbgfa.v1i2017.2262>.

NASCIMENTO, M. A. L. Geomorfologia do Estado de Goiás. **Boletim Goiano de Geografia**. v. 12, n. 1, p. 01-22, jul. 1991. DOI: <10.5216/bgg.v12i1.4371>.

NETO, A. T. Formação territorial: considerações sobre alguns aspectos geográficos, históricos e políticos. **Boletim Goiano de Geografia**. 2 (2):137-163. Julh./ dez. 1982. DOI <10.5216/bgg.v2i02.8565>.

NETO, A. T. Evolução histórica e geográfica das fronteiras do Estado de Goiás. **Observatório Geográfico de Goiás**. Universidade Federal de Goiás. (Texto relativo ao quarto capítulo da tese do autor, defendida na Université Paris VII, em julho de 1975). 2003.

NETO, A. T. Anotações sobre o espaço geográfico goiano-tocantnense. **Observatório Geográfico de Goiás**. Universidade Federal de Goiás. (Texto mimeo gentilmente cedido pelo autor). 2006.

NETO, A. T. Pequena história da agropecuária goiana: (o ouro acabou? Viva o boi!/o ouro se foi? Chegou o boi!). **Observatório Geográfico de Goiás**. Universidade Federal de Goiás. (Texto mimeo gentilmente cedido pelo autor). 2008.

NEVES, G. Z. F.; GALLARDO, N. P.; VECCHIA, F. A. S. A Short Critical History on the Development of Meteorology and Climatology. **Climate**, 5, 23. 2017. doi <10.3390/cli5010023>.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979 (Série Recursos Naturais e Meio Ambiente).

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1989. 421p.

NOBREGA, R. S.; FARIAS, R. F. L.; SANTOS, C. A. C. Variabilidade temporal e espacial da precipitação pluviométrica em Pernambuco através de índices de extremos climáticos. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.30, n.2, 171 - 180, 2015. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-778620130624>.

OLIVEIRA, L. F.; ANTONINI, J. C.; GRIEBELER, N. P. Estimativas de chuvas intensas para o Estado de goiás. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.28, n.1, p.22-33, jan./mar. 2008.

OLIVEIRA, A. G.; ASSUNÇÃO, W. L. Caracterização da duração das estações secas e chuvosas no município de Itapuranga-GO. **IX Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**. Fortaleza-CE. 2010.

PÉDELABORDE, P. Introduction a l'étude scientifique du climat. Paris: **Société d'édition d'enseignement supérieur**, 1970. 246p.

PENEREIRO, J. C. et al. Identificação de tendências sazonais dos regimes climático e hidrológico na bacia hidrográfica dos rios Tocantins e Araguaia, Brasil. **Revista Geografia Acadêmica**. v.9, n.1, 2015.

PINTO, P. H. P. Abordagem preliminar sobre a distribuição espacial das chuvas no Estado do Tocantins: anos padrão do período de 1975-2005. **Revista GeoNorte**, v. 2, p. 876-886, 2012.

PINTO, P. H. P. **As chuvas no Estado do Tocantins: distribuição geográfica e gênese das variações rítmicas**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro-SP, 2013.

PIMENTEL, M. R. S.; ASSUNÇÃO, W. L. Análise dinâmica da variação térmica e pluviométrica na microrregião do vale do rio dos bois-GO, no período de 1976-2005. **VIII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**. Alto Caparaó-MG. p.123-140. 2008.

PRADELLA, H. L. **A construção do conceito de “tipos de tempo” entre os séculos XVII e XXI, no âmbito das Ciências Atmosféricas**. 2014. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

QUADRO, M. F. L.; ABREU, M. L. Estudos de episódios de Zonas de Convergência do Atlântico Sul sobre a América do Sul. **Anais II. Congresso Brasileiro de Meteorologia**, 8:620-623. Belo Horizonte-MG. 1994.

RAMOS, D. R. M. e CASTRO, S. S. Análise preliminar da intensidade e duração das pluviosidades na Alta Bacia do rio Araguaia nos Estados de Goiás e Mato Grosso. **VII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**, Rondonópolis-MT. 2006.

REBOITA, M. S.; GAN, M. A.; ROCHA, R. P; AMBRIZZI, T. Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.25, n.2, 185-204, 2010.

REBOITA, M. S.; KRUSCHE, N. AMBRIZZI, T. ROCHA, R. P. Entendendo o Tempo e o Clima na América do Sul. **TERRÆ DIDÁTICA**. 8(1):34-50, 2012.

ROSSATO, M. S. **Os Climas do Rio Grande do Sul: variabilidade, tendências e tipologia**. 2011. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Porto Alegre, RS 2011.

ROSS, J. L. S. **Geografia do Brasil**. São Paulo: EDUSP, 1996.

SALAMI, L. N. B. P. (1996). **Estudo das Influências Climáticas e Antropogênicas nas Características físico-químicas no Rio Monjolinho**. São Carlos. Dissertação (Mestrado). EESC/USP, 135 p.

SANT'ANNA NETO, J. L. **Ritmo Climático e a Gênese das Chuvas na Zona Costeira Paulista**. 1990. Dissertação (mestrado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

SANT'ANNA NETO, J. L. Por uma geografia do Clima. Antecedentes históricos, paradigmas contemporâneos e uma nova razão para um novo conhecimento. **Terra Livre**, São Paulo, nº.17,p.49-62,2ºsemestre/2001.

SANT'ANNA NETO, J. L. A Gênese da climatologia no Brasil: o despertar de uma ciência. **Geografia**, Rio Claro, v. 28, nº. 1, p. 5-27, jan./abr. 2003.

SANT'ANNA NETO, J. L. As matrizes da construção da climatologia geográfica brasileira. In: MONTEIRO, C. A. F; MENDONÇA, F. A.; SANT'ANNA NETO J. L.; ZAVATTINI, J. A. (Org.). **A construção da climatologia geográfica no Brasil**. 1ed.Campinas: Alinea, v. 1, p. 7-78, 2015.

SANTOS, M. J. Z. Tendências das Chuvas no Nordeste Paulista e Problemas Ligadas com as Pesquisas em Climatologia Agrícola. **Boletim de Geografia Teorética**. Rio Claro, vol. 23, nº 45 - 46 (volume especial) pp. 39 – 48, 1993.

SANTOS, C. A. C.; MELO, M. M. M.; BRITO, J. I. B. Tendências de Índices de Extremos Climáticos para o Estado do Amazonas e suas Relações com a TSM dos Oceanos Tropicais. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 1, 1-10, 2016. DOI: <<http://dx.doi.org/10.1590/0102-778620130001>>.

SANTOS, C. A. C.; OLIVEIRA, V. G. Trends in Extreme Climate Indices for Pará State, Brazil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, n. 1, 13-24, 2017. DOI: <<http://dx.doi.org/10.1590/0102-778632120150053>>.

SCHRÖDER, R. Distribuição e curso anual das precipitações no Estado de São Paulo. **Bragantia**, 15(único), 193-250. 1956. doi: <10.1590/S0006-87051956000100018>.

SEGPLAN. Secretaria de Estado de Gestão e Planejamento de Goiás. Instituto Mauro Borges de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos. **Atlas do Estado de Goiás**. Goiânia: 98p. (2012). Acesso em 10.12.2015. Disponível em <http://www.sieg.go.gov.br/RGG/Atlas_IMB_2014/avulsos/1.6_Precipitacao_Pluviometrica_2012.pdf>.

SERRA, A.; RATISBONNA, L. **As massas de ar na América do Sul**. Serviço de Meteorologia do Ministério da Agricultura, Rio de Janeiro. 59p. 1942.

SERRA, A. Previsão do Tempo. **Boletim geográfico**. IBGE, Rio de Janeiro. 1948.

SERRA, A.; RATISBONNA, L. Ondas de Frio na Bacia Amazônica. Serviço de Meteorologia. Ministério da Agricultura (1941). In.: **Boletim Geográfico: IGBE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, Rio de Janeiro, nº 26, ano III, 1945, p. 172-206.

SETTE, D. M. e TARIFA, J. R. O holorítmo e a gênese dos climas no Mato Grosso– Brasil, In: **IV Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**, Rio de Janeiro, RJ. 2000.

SETTE, D. M. **O Holorritmo e as Interações Trópico-Extratropical na Gênese do Clima e as Paisagens do Mato Grosso**. (Tese) Doutorado em Geografia Física (FFLCH), Universidade de São Paulo. p.394, 2000.

SETTE, D. M. Os climas do cerrado do centro oeste. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, dez. 2005. doi <doi.org/10.5380/abclima.v1i1.25225>.

SETZER, J. **Atlas Climático e Ecológico do Estado de São Paulo**. Comissão Interestadual da Bacia Paraná-Uruguaí, 1966. 61p.

SILVA, C. A. **Variabilidade das chuvas na bacia do rio Corumbataí e implicações no consumo e na qualidade das águas no município de Rio Claro (SP)**. Rio Claro, SP: Dissertação (Mestrado em Geociências), UNESP, 2001, 242p.

SORIANO, B. M. A.; GALDINO, S. Análise da distribuição da frequência mensal de precipitação para a Sub-região de Nhecolândia, Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brasil. EMBRAPA – **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, nº 34, 22p. 2002.

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

SORRE, M. **Objeto e Método da Climatologia**. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, v. 18, p. 89-94, 2006. doi: <10.7154/rdg.v0i18.72>.

SOUZA, E. C. A. M.; SILVA, C. A.; BEREZUK, A. G. **Chuvas na bacia hidrográfica do rio ivinhema-ms no período de 1974-2003**. Revista Geonorte, v.1, n.5, p.451-465, 2012.

SPECIAN, V.; VECCHIA, F. Distribuição da frequência mensal da precipitação para região Oeste de Goiás: comparação entre dois postos pluviométricos. **Ateliê Geográfico** - Goiânia-GO, v. 8, n. 1, p.200-214, abr/2014. DOI: <10.5216/ag.v8i1.22126>.

STEINKE, E. T. **Considerações sobre variabilidade e mudança climática no Distrito Federal, suas repercussões nos recursos hídricos e informação ao grande público**. Tese (Doutorado), publicação ECO.TD, Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 196p. 2004.

STRAHLER, A. H. **Physical geography**. New York: John Wiley & Sons. 1951

STRAHLER, A. H. **Geografía Física**. Barcelona: Ediciones Omega S. A., 1984. 767p.

STRETEN, N. A., TROUP, A. J. **Quart. Journal Royal Meteorological Society**, 99, pp.56-72, 1973.

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

TUCCI, C. E. M.; SILVEIRA, A. L. L. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Editora UFRGS/ABRH, 3ª Ed. 2004, 943p.

VERA, C.; HIGGINS, W.; AMBRIZZI, T.; AMADOR, J.; GARREAUD, R.; GOCHIS, D.; GUTZLER, D.; LETTENMAIER, D.; MARENGO, J.; MECHOSO, C. R.; NOGUES-PAEGLE; SILVA DIAS, P. L; ZHANG, C. Toward a Unified View of the American Monsoon Systems. **Journal of Climate**, v. 19, p. 4977-5000, 2006.

VIRGI, H., A preliminary study of summertime tropospheric circulation patterns over South America estimated from cloud wins. **Mon. Weather Rev.**, 109, 549-610. 1981.

WARD, R. DeC. The Importance of Field-Work in the Study of Climates. **Proceedings of the American Philosophical Society**, vol. 64, No. 1, pág. 64-77, 1925.

ZANDONADI, L. **As Chuvas na Bacia do Paraná: aspectos temporais, espaciais e rítmicos**. 2009. (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro. 136 p.

ZANDONADI, L. **As chuvas na bacia hidrográfica do Rio Paraná, Brasil: Um estudo do ritmo climático e algumas considerações sobre a vazão hídrica**. 2013. Tese (Doutorado em Geografia). Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 221p.

ZAVATTINI, J. A. **A Dinâmica Atmosférica e a Distribuição das Chuvas no Mato Grosso do Sul**. 1990. (Doutorado em Geografia), Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1990.

ZAVATTINI, J. A. Dinâmica Climática no Mato Grosso do Sul. **Geografia, AGETEO**, Rio Claro, 17(2): 65-91, 1992.

ZAVATTINI, J. A. **As chuvas e as massas de ar no Estado de Mato Grosso do Sul: estudo geográfico com vista à regionalização climática**. São Paulo: Editora UNESP; 2009. 212p.

ZAVATTINI, J. A.; BOIN, M. N. **Climatologia Geográfica: teoria e prática de pesquisa**. 1. ed. Campinas - SP: Alínea Editora, 2013. v. 1. 150p.

ZAVATTINI, J. A. Dinâmica Atmosférica e Análise Rítmica: a contribuição do brasileiro Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro à França de Pédelaborde e à Itália de Pinna. In: MONTEIRO, C. A. F; MENDONÇA, F. A.; SANT'ANNA NETO

J. L.; ZAVATTINI, J. A. (Org.). **A Construção da Climatologia Geográfica no Brasil**. 1ªed.Campinas (SP): Editora Alínea, v. 1, p. 167-192, 2015.

ZHANG, X., YANG, F. RClimDex (1.0) User Guide. **Climate Research Branch Environment Canada. Downsvievw** (Ontario, Canada), 2004, 22p.

APÊNDICE A

Tabela 11: Relação e características dos postos pluviométricos da área de estudo.

CÓD	NOME	ESTADO	RESPONSÁVEL	LAT	LONG	ALTITUDE (m)
1246007	ALTO HORIZONTE	BA	ANA	-12,41	-46,13	630
1245015	RODA VELHA	BA	ANA	-12,77	-45,94	761
1345002	CASA REAL	BA	ANA	-13,02	-45,63	750
1346007	FAZENDA PRAINHA (FAZ.ANTAS)	BA	ANA	-13,31	-46,06	824
1345004	SÃO JOSÉ DO OESTE	BA	ANA	-13,70	-45,89	889
1346006	FAZENDA PLANALTO	BA	ANA	-13,75	-46,14	947
1345003	BEBEDOURO	BA	ANA	-13,77	-45,55	700
1346009	PASSAGEM FUNDA	BA	ANA	-13,96	-46,10	850
1445006	TROPEIRO VELHO	BA	ANA	-14,08	-45,86	890
1445004	TOMIX	BA	ANA	-14,33	-45,40	869
1445005	COBA	BA	ANA	-14,59	-45,87	810
1250000	FAZENDA PIRATININGA	GO	ANA	-12,82	-50,34	254
1350000	BANDEIRANTES	GO	ANA	-13,69	-50,80	276
1446004	SÍTIO D'ABADIA	GO	ANA	-14,80	-46,25	767
1546005	CABECEIRAS	GO	ANA	-15,80	-46,92	900
1847006	TRÊS RANCHOS	GO	ANA	-18,36	-47,78	703
1848007	CORUMBAZUL	GO	ANA	-18,24	-48,86	547
1951001	ITAJÁ	GO	ANA	-19,14	-51,53	436
1852000	APORÉ	GO	ANA	-18,97	-51,93	533
1552000	BARRA DO GARÇAS	GO	ANA	-15,89	-52,23	299
1350000	BANDEIRANTES	GO	ANA	-13,69	-50,80	276
1350002	SÃO MIGUEL DO ARAGUAIA	GO	ANA	-13,33	-50,20	328
1350001	RIO PINTADO (FAZ.PONTAL)	GO	ANA	-13,53	-50,19	200
1349001	NOVO PLANALTO	GO	ANA	-13,24	-49,50	286
1349003	ENTRONCAMENTO SÃO MIGUEL	GO	ANA	-13,10	-49,20	345
1349002	PORANGATU	GO	ANA	-13,41	-49,16	363
1348000	CAMPINAÇU	GO	ANA	-13,79	-48,57	683
1348003	TROMBAS	GO	ANA	-13,51	-48,75	391
1349000	ESTRELA DO NORTE	GO	ANA	-13,87	-49,07	467
1448005	PALMEIRINHA	GO	ANA	-14,02	-48,61	542
1349000	ESTRELA DO NORTE	GO	ANA	-13,87	-49,07	647
1347001	PONTE PARANÃ	GO	ANA	-13,43	-47,14	363
1346004	CAMPOS BELOS	GO	ANA	-13,04	-46,78	638
1346000	SÃO DOMINGOS	GO	ANA	-13,40	-46,32	665
1346005	SÃO VICENTE	GO	ANA	-13,55	-46,47	475
1346002	FAZENDA INGAZEIRO	GO	ANA	-13,69	-46,57	527
1346001	NOVA ROMA (FAZ.SUCURI)	GO	ANA	-13,74	-46,88	637
1447000	ALTO PARAÍSO DE GO	GO	ANA	-14,13	-47,51	1197
1447001	FLORES DE GO	GO	ANA	-14,45	-47,05	200
1447002	SÃO JOÃO D'ALIANÇA	GO	ANA	-14,71	-47,52	1009
1448004	MOQUEM - FAZENDA VAU DA ONÇA	GO	ANA	-14,55	-48,17	555
1448001	NIQUELÂNDIA	GO	ANA	-14,48	-48,46	568
1548001	MIMOSO	GO	ANA	-15,06	-48,17	687
1548011	FAZENDA MARAJÁ	GO	ANA	-15,54	-48,55	666

CÓDIGO	NOME	ESTADO	RESPONSÁVEL	LAT	LONG	ALTITUDE (m)
1547039	RIBEIRÃO SANTA RITA	GO	ANA	-15,59	-47,33	900
1547040	RIBEIRÃO JACARÉ	GO	ANA	-15,64	-47,36	874
1547044	RIO PRETO	GO	ANA	-15,73	-47,32	874
1547041	RIBEIRÃO EXTREMA	GO	ANA	-15,83	-47,41	867
1547042	RIO JARDIM	GO	ANA	-15,90	-47,46	861
1547043	CÓRREGO LAMARÃO	GO	ANA	-15,97	-47,48	866
1647009	RIO SÃO BERNARDO	GO	ANA	-16,04	-47,41	869
1547080	FAL-UNB	GO	ANA	-15,95	-47,94	1066
1547081	CÓRREGO TAQUARA	GO	ANA	-15,91	-15,91	1000
1547032	ANA SEDE	GO	ANA	-15,82	-47,95	1150
1548000	BRAZLÂNDIA (QUADRA 18)	GO	ANA	-15,67	-48,22	1200
1548020	ÁGUAS LINDAS	GO	ANA	-15,74	-48,31	1142
1648001	PONTE ANÁPOLIS - BRASÍLIA	GO	ANA	-16,08	-48,51	1087
1548003	PIRENÓPOLIS	GO	ANA	-15,85	-48,95	790
1649009	OURO VERDE DE GO	GO	ANA	-16,22	-49,20	1078
1649004	GOIANÁPOLIS	GO	ANA	-16,52	-49,02	900
1649022	GOIÂNIA - SUREG/GO	GO	ANA	-16,70	-49,26	798
1649012	TRINDADE	GO	ANA	-16,66	-49,49	777
1749005	PIRACANJUBA	GO	ANA	-17,29	-49,03	766
1749009	CROMÍNIA	GO	ANA	-17,28	-49,38	691
1749004	PONTALINA	GO	ANA	-17,52	-49,44	500
1749003	MORRINHOS	GO	ANA	-17,73	-49,12	792
1748004	MARZAGÃO	GO	ANA	-17,98	-48,67	633
1849016	PONTE MEIA PONTE	GO	ANA	-18,34	-49,61	500
1749002	JOVIÂNIA	GO	ANA	-17,81	-49,63	500
1850001	FAZENDA ALIANÇA	GO	ANA	-18,10	-50,03	447
1850003	MAURILÂNDIA	GO	ANA	-17,98	-50,34	500
1850002	QUIRINÓPOLIS	GO	ANA	-18,50	-50,52	443
1851000	CACHOEIRA ALTA	GO	ANA	-18,91	-50,85	440
1951000	CANASTRA	GO	ANA	-19,10	-51,15	400
1851002	ITARUMÃ	GO	ANA	-18,76	-51,35	424
1851001	CAMPO ALEGRE	GO	ANA	-18,52	-51,09	670
1851005	SERRANÓPOLIS	GO	ANA	-18,30	-51,96	690
1852001	FAZENDA FORMOSO	GO	ANA	-18,41	-52,53	715
1851004	POMBAL	GO	ANA	-18,09	-51,50	645
1751002	BENJAMIN BARROS	GO	ANA	-17,70	-51,89	732
1752006	BOM JARDIM	GO	ANA	-17,72	-52,17	705
1752003	PONTE DO CEDRO	GO	ANA	-17,58	-52,60	690
1752002	FAZENDA SÃO BERNARDO	GO	ANA	-17,69	-52,98	750
1753002	FAZENDA BABILÔNIA	GO	ANA	-17,35	-53,09	699
1651000	CAIAPONIA	GO	ANA	-16,95	-51,80	713
1652003	DOVERLÂNDIA	GO	ANA	-16,72	-52,32	500
1652001	PONTE BRANCA	GO	ANA	-16,77	-52,84	380
1751004	MONTIVIDIU	GO	ANA	-17,36	-51,08	744
1750008	FAZENDA PARAÍSO	GO	ANA	-17,47	-50,77	680

CÓDIGO	NOME	ESTADO	RESPONSÁVEL	LAT	LONG	ALTITUDE (m)
1750004	PONTE RODAGEM	GO	ANA	-17,33	-50,68	554
1750003	PONTE RIO VERDÃO	GO	ANA	-17,54	-50,56	500
1750000	BARRA DO MONJOLO	GO	ANA	-17,73	-50,18	461
1850003	MAURILÂNDIA	GO	ANA	-17,98	-50,34	500
1749000	EDÉIA (ALEGRETE)	GO	ANA	-17,34	-49,93	500
1749001	FAZENDA BOA VISTA	GO	ANA	-17,11	-49,69	558
1649001	ARAGOIÂNIA	GO	ANA	-16,91	-49,45	800
1649022	GOIÂNIA - SUREG/GO	GO	ANA	-16,70	-49,26	798
1649012	TRINDADE	GO	ANA	-16,66	-49,49	777
1649010	PALMEIRAS DE GO	GO	ANA	-16,80	-49,93	500
1750001	FAZENDA NOVA DO TURVO	GO	ANA	-17,08	-50,29	509
1750013	PARAUNA	GO	ANA	-16,95	-50,45	675
1649006	INHUMAS	GO	ANA	-16,35	-49,50	747
1649009	OURO VERDE DE GO	GO	ANA	-16,22	-49,20	1078
1649000	ANICUNS	GO	ANA	-16,47	-49,94	605
1650003	TURVÂNIA	GO	ANA	-16,61	-50,13	700
1649007	ITABERAÍ	GO	ANA	-16,03	-49,80	726
1550004	FAZENDA PACIÊNCIA	GO	ANA	-15,91	-50,13	474
1650001	CÓRREGO DO OURO	GO	ANA	-16,30	-50,56	569
1650000	CACHOEIRA DE GO	GO	ANA	-16,67	-50,65	766
1650002	ISRAELÂNDIA	GO	ANA	-16,32	-50,91	406
1651001	IPORÁ	GO	ANA	-16,43	-51,08	602
1651003	SÃO FERREIRA	GO	ANA	-16,31	-51,47	361
1651002	PIRANHAS	GO	ANA	-16,42	-51,82	356
1652000	BOM JARDIM DE GO	GO	ANA	-16,21	-52,17	402
1551002	PERES	GO	ANA	-15,89	-51,85	299
1551001	MONTES CLAROS DE GO	GO	ANA	-15,94	-51,36	400
1550000	ITAPIRAPUA	GO	ANA	-15,82	-50,61	343
1551003	SANTA FÉ	GO	ANA	-15,77	-51,10	400
1550002	TRAVESSÃO	GO	ANA	-15,54	-50,70	450
1549003	JARAGUÁ	GO	ANA	-15,76	-49,34	607
1549009	URUANA	GO	ANA	-15,50	-49,69	560
1549002	ITAPURANGA	GO	ANA	-15,56	-49,94	646
1550001	JEROAQUARA	GO	ANA	-15,37	-50,50	400
1549001	GOIANÉSIA	GO	ANA	-15,33	-49,12	662
1549004	NOVA AMÉRICA	GO	ANA	-15,02	-49,89	800
1449000	PILAR DE GO	GO	ANA	-14,76	-49,58	765
1449002	SANTA TEREZINHA DE GO	GO	ANA	-14,43	-49,72	400
1450001	MOZARLÂNDIA (CHAC. FOGUEIRA)	GO	ANA	-14,74	-50,58	400
1450000	LAGOA DA FLECHA	GO	ANA	-14,33	-50,73	200
1449003	CRIXAS	GO	ANA	-14,53	-49,96	378
1449001	PORTO URUAÇU	GO	ANA	-14,56	-49,14	572
1250001	SANTO ANTÔNIO DO LEVERGER	MT	ANA	-12,29	-50,97	205
1251002	VILA BERRANTE	MT	ANA	-12,81	-51,02	214
1853000	FAZENDA TAQUARI	MT	ANA	-17,81	-53,29	845

CÓDIGO	NOME	ESTADO	RESPONSÁVEL	LAT	LONG	ALTITUDE (m)
1753000	ALTO ARAGUAIA	MT	ANA	-17,30	-53,22	659
1653004	ALTO GARÇAS	MT	ANA	-16,94	-53,53	564
1653005	CAFELÂNDIA DO LESTE	MT	ANA	-16,67	-53,45	546
1652001	PONTE BRANCA	MT	ANA	-16,77	-52,84	380
1653002	GUIRATINGA	MT	ANA	-16,35	-53,76	485
1653000	TESOURO	MT	ANA	-16,08	-53,55	389
1552001	GENERAL CARNEIRO	MT	ANA	-15,71	-52,75	366
1552006	PINDAÍBA	MT	ANA	-15,04	-52,24	291
1351000	TRECHO MÉDIO	MT	ANA	-14,09	-51,70	232
1652002	TORIXOREU	MT	ANA	-16,20	-52,55	307
1951003	FAZENDA PINDORAMA	MTS	ANA	-19,39	-51,61	458
1951004	ARVORE GRANDE	MTS	ANA	-19,23	-51,88	734
1852002	INDÁIA GRANDE	MTS	ANA	-19,00	-52,59	570
1953004	PORTO DE PEDRAS	MTS	ANA	-19,05	-53,02	465
1852003	CIDADE CHAPADÃO GAUCHO	MTS	ANA	-18,69	-52,59	721
1953004	PORTO DE PEDRAS	MTS	ANA	-19,05	-53,02	465
1853004	COSTA RICA	MTS	ANA	-18,55	-53,14	635
1853005	COLÔNIA FIGUEIRÃO	MTS	ANA	-18,68	-53,64	392
1546011	PIRATINGA	MG	ANA	-15,03	-46,29	785
1546010	FAZENDA CARVALHO	MG	ANA	-15,52	-46,28	970
1546001	BURITIS - JUSANTE	MG	ANA	-15,62	-46,41	560
1546000	ARINOS - MONTANTE	MG	ANA	-15,92	-46,11	492
1646004	FAZENDA O RESFRIADO	MG	ANA	-16,50	-46,66	560
1646003	SANTO ANTÔNIO DO BOQUEIRÃO	MG	ANA	-16,53	-46,72	540
1646001	UNAÍ	MG	ANA	-16,35	-46,89	560
1647008	FAZENDA LIMEIRA	MG	ANA	-16,21	-47,23	640
1746017	FAZENDA POÇÕES	MG	ANA	-17,04	-46,82	850
1746007	PONTE DA BR-040 - PARACATU	MG	ANA	-17,50	-46,58	560
1746019	FAZENDA CÔRREGO DO OURO	MG	ANA	-17,61	-46,86	560
1747005	GUARDA-MOR	MG	ANA	-17,77	-47,10	1000
1746018	FAZENDA LIMOEIRO	MG	ANA	-17,92	-47,01	600
1846015	VAZANTE	MG	ANA	-18,01	-46,91	650
1846023	LAGAMAR	MG	ANA	-18,18	-46,80	630
1847011	PONTE VICENTE GOULART - JUSANTE	MG	ANA	-18,30	-47,12	742
1847008	COROMANDEL	MG	ANA	-18,47	-47,19	820
1847003	ABADIA DOS DOURADOS	MG	ANA	-18,49	-47,41	784
1847000	MONTA CARMELO	MG	ANA	-18,72	-47,52	880
1847001	ESTRELA DO SUL	MG	ANA	-18,74	-47,69	461
1847007	CASCALHO RICO	MG	ANA	-18,58	-47,88	810
1848010	ARAGUARI	MG	ANA	-18,65	-48,21	900
1948006	FAZENDA LETREIRO	MG	ANA	-18,99	-48,19	800
1848009	XAPETUBA	MG	ANA	-18,86	-48,58	919
1848006	TUPACIGUARA	MG	ANA	-18,60	-48,69	920
1848004	FAZENDA CACHOEIRA	MG	ANA	-18,70	-48,78	793
1848008	BRILHANTE	MG	ANA	-18,49	-48,90	920

CÓDIGO	NOME	ESTADO	RESPONSÁVEL	LAT	LONG	ALTITUDE (m)
1849006	AVANTIGUARA	MG	ANA	-18,77	-49,07	700
1948014	PONTE BR-153 (FAZ. NOSSA SENHORA APARECIDA)	MG	ANA	-19,04	-49,04	680
1849000	ITUIUTABA	MG	ANA	-18,94	-49,46	563
1949006	PONTE DO PRATA	MG	ANA	-19,04	-49,70	450
1849026	PONTE BR-365 (FAZ. BOA VISTA)	MG	ANA	-18,89	-50,00	450
1849002	IPIAÇU	MG	ANA	-18,69	-49,95	450
1950011	PONTE SÃO DOMINGOS	MG	ANA	-19,21	-50,66	390
1950012	UNIÃO (VILA UNIÃO)	MG	ANA	-19,53	-50,33	512
1950018	LIMEIRA DO OESTE	MG	ANA	-19,55	-50,57	500
1950017	PORTO ALENCASTRO	MG	ANA	-19,66	-51,00	510
1249003	BARREIRA DO PEQUI	TO	ANA	-12,10	-49,95	208
1249005	SANDOLÂNDIA	TO	ANA	-12,53	-49,93	229
1249001	ARAGUAÇU	TO	ANA	-12,93	-49,83	295
1249004	PRAIA ALTA	TO	ANA	-12,42	-49,59	205
1249000	ALVORADA	TO	ANA	-12,48	-49,12	293
1248001	COLONHA	TO	ANA	-12,39	-48,71	264
1248003	PALMEIRÓPOLIS	TO	ANA	-13,04	-48,41	435
1247005	FAZENDA SANTA RITA	TO	ANA	-12,59	-47,49	340
1247002	RIO DA PALMA (FAZ. CHUVA MANGA)	TO	ANA	-12,42	-47,20	322
1247000	CONCEIÇÃO DO TO	TO	ANA	-12,23	-47,32	407
1246001	AURORA DO NORTE	TO	ANA	-12,71	-47,32	464
32336	Barragem Cachoeira Dourada	GO	CDSA	-18,30	-49,29	400
32337	Cachoeira Dourada Jusante	GO	CDSA	-18,30	-49,32	400
32019	Montante Goiano	GO	CELG	-16,36	-49,16	700
32022	UHE - Rochedo Montante	GO	CELG	-17,11	-49,07	586
32021	UHE - Rochedo Barramento	GO	CELG	-17,23	-49,13	605
32018	UHE - Sao Domingos Barramento	GO	CELG	-13,24	-46,20	590
32020	UHE - Sao Domingos Montante	GO	CELG	-13,22	-46,15	700
31709	AHE Corumba III Jusante	GO	Consortio Empreendedor Corumba III	-16,47	-47,56	735
31708	Fazenda Palmital	GO	Consortio Empreendedor Corumba III	-16,18	-48,05	863
31704	Luziania	GO	Corumba Concessões S.A.	-16,19	-48,10	820
31029	Itumbiara Montante	MG	ENSESA	-18,30	-49,14	444
32335	Centralina Montante	MG	ENSESA	-18,31	-49,13	440
86651	Luis Eduardo Magalhaes-A404	BA	INMET	-12,15	-45,82	761
86719	Chapada Gaucha-A548	BA	INMET	-15,3	-45,61	873
86718	Buritis-A544	BA	INMET	-15,52	-46,43	894
86692	Posse-A017	GO	INMET	-14,08	-46,36	830
86691	Alto Paraíso de Goiás-A024	GO	INMET	-14,13	-47,52	1265
86709	Aragarças-A013	GO	INMET	-15,9	-52,24	327
86730	Caiaponia-A023	GO	INMET	-16,96	-51,81	740

CÓDIGO	NOME	ESTADO	RESPONSÁVEL	LAT	LONG	ALTITUDE (m)
86777	Catalão-A034	GO	INMET	-18,15	-47,92	901
86737	Cristalina-A036	GO	INMET	-16,78	-47,61	1211
86711	Gama (Ponte Alta)-A046	GO	INMET	-15,93	-48,13	990
86713	Goianesia-A022	GO	INMET	-15,22	-48,99	667
86734	Goiania-A002	GO	INMET	-16,64	-49,22	727
86712	GO-A014	GO	INMET	-15,93	-50,14	513
86731	Ipora-A028	GO	INMET	-16,42	-51,14	610
86689	Itapaci-A015	GO	INMET	-14,97	-49,53	551
86774	Itumbiara-A035	GO	INMET	-18,4	-49,19	491
86752	Jatai-A016	GO	INMET	-17,92	-51,71	670
86736	Luziânia-A012	GO	INMET	-16,26	-47,96	1001
86751	Mineiros-A026	GO	INMET	-17,56	-52,59	713
86670	Monte Alegre de GO-A032	GO	INMET	-13,25	-46,89	551
86755	Morrinhos-A003	GO	INMET	-17,74	-49,1	751
86690	Niquelandia-A004	GO	INMET	-14,46	-48,48	664
86732	Parauna-A027	GO	INMET	-16,96	-50,42	679
86756	Pires do Rio-A033	GO	INMET	-17,3	-48,28	757
86753	Rio Verde-A025	GO	INMET	-17,78	-50,96	780
86773	São Simão-A011	GO	INMET	-18,96	-50,63	492
86735	Silvânia-A037	GO	INMET	-16,67	-48,61	952
86709	Aragarças-A013	GO	INMET	-15,9	-52,24	327
86750	Alto Taquari-A934	MT	INMET	-17,84	-53,28	862
86749	Alto Araguaia-A909	MT	INMET	-17,33	-53,22	753
86686	Água Boa-A908	MT	INMET	-14,01	-52,21	440
86792	Paranaíba-A710	MTS	INMET	-19,69	-51,18	408
86791	Cassilândia-A742	MTS	INMET	-19,12	-51,72	495
86772	Chapadão do Sul-A730	MTS	INMET	-18,8	-52,6	821
86771	Costa Rica-A760	MTS	INMET	-18,49	-53,17	727
86757	Guarda-Mor-A546	MG	INMET	-17,56	-47,19	997
86776	Uberlândia-A507	MG	INMET	-18,91	-48,25	875
86775	Ituiutaba-A512	MG	INMET	-18,95	-49,52	540
86650	Paranã-A010	TO	INMET	-12,61	-47,87	285
86649	Peixe-A018	TO	INMET	-12,01	-48,54	251
32360	Anápolis	GO	SIMEGO	-16,22	-48,56	900

Elaborado pelo autor (2015).

APÊNDICE B

Figura 64: Análise hierárquica por pares recíprocos da série temporal 1975-2015