



**CLASSIFICAÇÃO DOS TIPOS DE TEMPO EM BELO HORIZONTE – MG  
OUTONO DE 2023**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**  
**PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

Jaqueline Da Consolação Silva

**CLASSIFICAÇÃO DOS TIPOS DE TEMPO EM BELO HORIZONTE - MG**

Belo Horizonte

2023

Jaqueline Da Consolação Silva

## **CLASSIFICAÇÃO DOS TIPOS DE TEMPO EM BELO HORIZONTE – MG**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Geografia.

Área de concentração: Análise ambiental

Linha de pesquisa: Geografia física

Orientador: Prof. Dr. Carlos Henrique Jardim.

Belo Horizonte

2023

S586c  
2023

Silva, Jaqueline da Consolação.

Classificação dos tipos de tempo em Belo Horizonte - MG [manuscrito] /  
Jaqueline da Consolação Silva. – 2023.

120 f., enc. il. (principalmente color.)

Orientador: Carlos Henrique Jardim.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de  
Geociências, 2023.

Área de concentração: Análise Ambiental.

Linha de pesquisa: Geografia física.

Bibliografia: f. 117-120.

1. Tempo (Meteorologia) – Teses. 2. Climatologia urbana – Teses. 3. Circulação  
atmosférica – Teses. 4. Belo Horizonte (MG) – Clima – Teses. I. Jardim, Carlos  
Henrique. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Geociências. III.  
Título.

CDU: 551.58(815.1)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
COLEGIADO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

### FOLHA DE APROVAÇÃO

"CLASSIFICAÇÃO DOS TIPOS DE TEMPO EM BELO HORIZONTE - MG"

JAQUELINE DA CONSOLAÇÃO SILVA

Dissertação de Mestrado defendida e aprovada, no dia 27 de abril de 2023, pela Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais, constituída pelos seguintes professores:

**Carlos Henrique Jardim**

IGC/UFMG

**Wellington Lopes Assis**

IGC/UFMG

**Emerson Galvani**

USP

Belo Horizonte, 27 de abril de 2023.



Documento assinado eletronicamente por Emerson Galvani, Usuário Externo, em 28/04/2023, às 18:28, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por Carlos Henrique Jardim, Professor do Magistério Superior, em 28/04/2023, às 21:25, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por Wellington Lopes Assis, Professor do Magistério Superior, em 29/04/2023, às 10:16, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufmg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador 2264783 e o código CRC 819840BC.

Em memória do Klaus.

"Porque nos sonhos entramos num mundo inteiramente nosso. Deixe que mergulhe no mais profundo oceano, ou flutue na mais alta nuvem".

Alvo Dumbledore

## **AGRADECIMENTOS**

Registro aqui os mais sinceros agradecimentos à minha família, razão de todo meu viver. Mamãe, Papai, Ziele, Roni e Gustavo, obrigada por tudo e por tanto, sem vocês eu nada seria.

Agradeço ao Wellerson, por todo companheirismo, amor e incentivo durante essa jornada. Obrigada por acreditar em mim.

Ao Prof. Carlos Jardim, obrigada por todos os ensinamentos, paciência e incentivo para que eu pudesse concluir a pós graduação.

Aos meus amigos, obrigada por estarem comigo e dividirem momentos bons ou ruins. Agradeço especialmente ao Felipe Ladislau, Daniel Barreto, Gabriel Nascimento, Marina Rozendo, Natália Oliveira, Clara Rocha e Linda Guimarães por permanecerem comigo do princípio ao fim dessa fase.

Aos meus pets, Klaus, Frida, Fred e Elijah, mesmo que vocês não leiam, saibam que foram pequenos motores para que eu jamais desistisse.

Ao professor Emerson Galvani, obrigada por toda contribuição para o desenvolvimento da pesquisa e pelo respeito do início ao fim desse ciclo.

A Capes, obrigada pela bolsa de mestrado concedida durante 27 meses.

A UFMG, obrigada pela educação pública e de qualidade que me foi ofertada durante 10 anos da minha vida, mesmo diante de tanto sucateamento.

A Deus, obrigada por toda compaixão e força que me é concedida diariamente.

## RESUMO

A compreensão da dinâmica atmosférica e sua interação com fatores de superfície, em diferentes escalas espaço-temporais, influencia diretamente nas condições de tempo meteorológico e na organização climática local. Os efeitos dessa interação aparecem na variação dos atributos climáticos e podem impactar positiva ou negativamente as atividades humanas e processos naturais. O objetivo da presente pesquisa foi estabelecer uma classificação dos tipos de tempo representativos da realidade climática local onde se instala a área urbana de Belo Horizonte, tomando por base o ano de 2020 (ano chuvoso). Os procedimentos metodológicos incluíram o (1) levantamento de fontes bibliográficas e de dados meteorológicos, (2) organização e tratamento estatístico de dados de estações meteorológicas automáticas e convencional (INMET), (3) análise de cartas sinóticas (Marinha do Brasil) e imagens de satélite meteorológico (DSA/INPE), (4) aplicação da análise rítmica como metodologia básica de análise de integração multiescalar e (5) classificação dos tipos de tempo. O resultado da pesquisa consistiu na criação/classificação de 18 tipos de tempo que foram divididos em 3 macro categorias, indicativas do estado geral da atmosfera sobre Belo Horizonte, com tipos de tempo classificados como instáveis, estáveis e transitórios.

Palavras-chave: tipo de tempo; ritmo climático; análise rítmica; circulação atmosférica; Belo Horizonte.

## **ABSTRACT**

The understanding of atmospheric dynamics and its interaction with surface factors, at different spatiotemporal scales, directly influences meteorological weather conditions and local climate organization. The effects of such interactions appear in the variation of climatic attributes and can positively and negatively impact human activities and natural processes. The objective of this research proposal is to establish a classification of weather types that are representative of the local climate reality where the urban area of Belo Horizonte is located, with reference to the year 2020 (rainy year). The methodological procedures will include (1) survey of bibliographic sources and meteorological data, (2) organization and statistical analysis of data from automatic and conventional meteorological stations (INMET), (3) analysis of synoptic charts (Marinha do Brasil) and images collected from meteorological satellite (DSA/INPE), (4) application of rhythmic analysis as a basic methodology for analysis of multi-scale integration, and (5) classification of types of time. The result of the research consisted in the creation/classification of 18 types of time that were divided into 3 macro categories, indicative of the general state of the atmosphere over Belo Horizonte, with weather types classified as unstable, stable and transient.

Keywords: type of time; climate rhythm; rhythmic analysis; atmospheric circulation; Belo Horizonte.

## LISTA DE FIGURAS

|   |     |
|---|-----|
| Figura 1 - Imagem de satélite e carta sinótica representando a atuação do ASAS...   | 28  |
| Figura 2 - Imagem de satélite e carta sinótica representando a atuação da mPa. .... | 29  |
| Figura 3 - Imagem de satélite e carta sinótica representando a atuação da ZCAS...   | 30  |
| Figura 4 - Imagem de satélite e carta sinótica representando a atuação da ZCOU. .   | 32  |
| Figura 5 - Expansão da mancha urbana de Belo Horizonte. ....                        | 38  |
| Figura 6 - Localização geográfica de Belo Horizonte. ....                           | 40  |
| Figura 7 - Hidrografia de Belo Horizonte. ....                                      | 41  |
| Figura 8 - Mapa hipsométrico de Belo Horizonte. ....                                | 42  |
| Figura 9 - Climograma do município de Belo Horizonte. ....                          | 44  |
| Figura 10 - Variações de ETP e ETR ao longo do ano. ....                            | 46  |
| Figura 11 - Variações de deficiência e excedente hídrico ao longo do ano. ....      | 46  |
| Figura 12 - Balanço hídrico mensal em Belo Horizonte (1991 - 2020). ....            | 47  |
| Figura 13 - Tipos de frentes. ....  | 55  |
| Figura 14 - Fluxograma de etapas da pesquisa. ....                                  | 61  |
| Figura 15 - Gráfico de análise rítmica. ....  | 65  |
| Figura 16 - Síntese sinótica. ....  | 66  |
| Figura 17 - Gráfico de análise rítmica. ....  | 67  |
| Figura 18 - Síntese sinótica. ....  | 68  |
| Figura 19 - Gráfico de análise rítmica. ....  | 69  |
| Figura 20 - Síntese sinótica. ....  | 70  |
| Figura 21 - Gráfico de análise rítmica. ....  | 73  |
| Figura 22 - Síntese sinótica. ....  | 74  |
| Figura 23 - Gráfico de análise rítmica. ....  | 75  |
| Figura 24 - Síntese sinótica. ....  | 76  |
| Figura 25 - Gráfico de análise rítmica. ....  | 77  |
| Figura 26 - Síntese sinótica. ....  | 78  |
| Figura 27 - Gráfico de análise rítmica. ....  | 81  |
| Figura 28 - Síntese sinótica. ....  | 82  |
| Figura 29 - Gráfico de análise rítmica. ....  | 83  |
| Figura 30 - Síntese sinótica. ....  | 84  |
| Figura 31 - Gráfico de análise rítmica. ....  | 85  |
| Figura 32 - Síntese sinótica. ....  | 86  |
| Figura 33 - Gráfico de análise rítmica. ....  | 90  |
| Figura 34 - Síntese sinótica. ....  | 91  |
| Figura 35 - Gráfico de análise rítmica. ....  | 92  |
| Figura 36 - Síntese sinótica. ....  | 93  |
| Figura 37 - Gráfico de análise rítmica. ....  | 94  |
| Figura 38 - Síntese sinótica. ....  | 95  |
| Figura 39 - Subcategorias de tipos de tempo. ....                                   | 97  |
| Figura 40 - Participação dos sistemas atmosféricos em BH. ....                      | 99  |
| Figura 41 - Participação dos sistemas atmosféricos ao longo do ano de 2020. ....    | 100 |
| Figura 42 - Sucessão temporal dos sistemas atmosféricos. ....                       | 101 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 43 - Carta sinótica e imagem de satélite representativa do tipo de tempo 01. | 106 |
| Figura 44 - Carta sinótica e imagem de satélite representativa do tipo de tempo 01. | 106 |
| Figura 45 - Carta sinótica e imagem de satélite representativa do tipo de tempo 03. | 107 |
| Figura 46 - Carta sinótica e imagem de satélite representativa do tipo de tempo 04. | 107 |
| Figura 47 - Carta sinótica e imagem de satélite representativa do tipo de tempo 05  | 108 |
| Figura 48 - Carta sinótica e imagem de satélite representativa do tipo de tempo 06. | 108 |
| Figura 49 - Carta sinótica e imagem de satélite representativa do tipo de tempo 07. | 109 |
| Figura 50 - Carta sinótica e imagem de satélite representativa do tipo de tempo 08. | 109 |
| Figura 51 - Carta sinótica e imagem de satélite representativa do tipo de tempo 09. | 110 |
| Figura 52 - Carta sinótica e imagem de satélite representativa do tipo de tempo 10. | 110 |
| Figura 53 - Carta sinótica e imagem de satélite representativa do tipo de tempo 11. | 111 |
| Figura 54 - Carta sinótica e imagem de satélite representativa do tipo de tempo 12. | 111 |
| Figura 55 - Carta sinótica e imagem de satélite representativa do tipo de tempo 13. | 112 |
| Figura 56 - Carta sinótica e imagem de satélite representativa do tipo de tempo 14. | 112 |
| Figura 57 - Carta sinótica e imagem de satélite representativa do tipo de tempo 15. | 113 |
| Figura 58 - Carta sinótica e imagem de satélite representativa do tipo de tempo 16. | 113 |
| Figura 59 - Carta sinótica e imagem de satélite representativa do tipo de tempo 17. | 114 |
| Figura 60 - Carta sinótica e imagem de satélite representativa do tipo de tempo 18. | 114 |

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1 - Organização das escalas espaço-temporais do clima. ....                 | 22 |
| Tabela 2 - Dados utilizados para cálculo do balanço hídrico.....                   | 45 |
| Tabela 3 - Desvio padrão, média e limites de anos secos e chuvosos. ....           | 52 |
| Tabela 4 - Precipitação anual e distribuição dos anos habituais, secos e chuvosos. | 52 |
| Tabela 5 - Dados utilizados na pesquisa e recorte temporal.....                    | 53 |
| Tabela 6 - Macro categorias de tipos de tempo. ....                                | 97 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|       |   |
|-------|---|
| AB    | Alta da Bolívia                                   |
| APC   | Anticiclônico Polar Continental                   |
| APO   | Anticiclônico Polar Oceânico                      |
| ASAS  | Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul          |
| ATO   | Anticiclônico Tropical Oceânico                   |
| BC    | Baixa do Chaco                                    |
| BH    | Belo Horizonte                                    |
| DC    | Depressionários Continentais                      |
| CCM   | Complexos Convectivos de Mesoescala               |
| F     | Frontais  |
| FPA   | Frente Polar Atlântica                            |
| GOES  | Geostationary Operational Environmental Satellite |
| IBGE  | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística   |
| INMET | Instituto Nacional de Meteorologia                |
| INPE  | Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais         |
| IR    | Infravermelho                                     |
| LI    | Linha de Instabilidade                            |
| MG    | Minas Gerais                                      |
| MPA   | Massa Polar do Atlântico                          |
| MTA   | Massa Tropical Atlântica                          |
| RJ    | Rio de Janeiro                                    |

|      |                                       |
|------|---------------------------------------|
| SDC  | Sistema depressionário continental    |
| SFA  | Sistema frontal atlântico             |
| SPA  | Sistema polar atlântico               |
| SP   | São Paulo                             |
| STA  | Sistema tropical                      |
| SSM  | Sistemas Convectivos de Mesoescala    |
| ZCAS | Zona de Convergência do Atlântico Sul |
| ZCIT | Zona de Convergência Intertropical    |
| ZCOU | Zona de Convergência de Umidade       |

## SUMÁRIO

|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 1.    | INTRODUÇÃO .....   | 16  |
| 2.    | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....                    | 20  |
| 2.1   | As escalas do clima.....   | 20  |
| 2.2   | Tipos de tempo - quantificação e classificação.....                    | 23  |
| 2.3   | Ritmo climático e análise rítmica.....                                 | 25  |
| 2.4   | Dinâmica atmosférica regional e local .....                            | 26  |
| 2.4.1 | Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) .....                  | 27  |
| 2.4.2 | Massa Polar do Atlântico Sul (mPa) .....                               | 28  |
| 2.4.3 | Zona de Convergência Do Atlântico Sul (ZCAS) .....                     | 29  |
| 2.4.4 | Zona de Convergência de Umidade (ZCOU).....                            | 31  |
| 2.4.5 | Sistemas Frontais.....   | 32  |
| 2.4.6 | Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM) .....                         | 35  |
| 3.    | CARACTERIZAÇÃO DE BELO HORIZONTE .....                                 | 37  |
| 3.1   | Localização, aspectos físicos e históricos da área de estudo .....     | 37  |
| 3.1.1 | Formação e crescimento da mancha urbana de Belo Horizonte.....         | 37  |
| 3.1.2 | Localização e aspectos físicos.....                                    | 39  |
| 3.2   | Características climáticas de Belo Horizonte.....                      | 44  |
| 4.    | PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....                                      | 50  |
| 4.1   | Estações meteorológicas presentes na pesquisa.....                     | 50  |
| 4.2   | Definição do recorte temporal de estudo .....                          | 51  |
| 4.3   | Levantamento das fontes de dados bibliográficos e meteorológicos ..... | 53  |
| 4.4   | Organização de dados e tratamento estatístico.....                     | 54  |
| 4.5   | Análise sinótica e de imagens de satélite .....                        | 54  |
| 4.6   | Aplicação da análise rítmica.....                                      | 56  |
| 4.7   | Classificação dos tipos de tempos.....                                 | 57  |
| 4.7.1 | Os tipos de tempo presentes na pesquisa.....                           | 59  |
| 4.8   | Fluxograma.....  | 61  |
| 5.    | ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....                               | 62  |
| 5.1   | - PARTE I - ANÁLISE SINÓTICA.....                                      | 62  |
| 5.1.1 | Análise sinótica para meses de verão .....                             | 62  |
| 5.1.2 | Análise para meses de outono.....                                      | 71  |
| 5.1.3 | Análise para meses de inverno .....                                    | 79  |
| 5.1.4 | Análise para meses de primavera.....                                   | 87  |
| 5.2   | - PARTE II - CLASSIFICAÇÃO DOS TIPOS DE TEMPO .....                    | 96  |
| 5.2.1 | Subcategorias de Tipos de Tempo .....                                  | 102 |
| 5.2.2 | Interações meio ambiente e tipos de tempo .....                        | 105 |

|   |     |
|---|-----|
| 5.2.3 Imagens de satélite e cartas sinóticas representativas de cada tipo de tempo..... | 105 |
| 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....   | 115 |
| REFERÊNCIAS .....   | 117 |

## 1. INTRODUÇÃO

A busca por conhecimento e entendimento do meio em que está inserido acompanha o ser humano desde suas mais antigas formas de vida em grupo, seja por meio da proximidade de fontes de água e alimento ou pelo fato de estar sujeito às “boas condições de tempo” para desenvolver a agricultura. Sant’anna Neto (2002) descreve que no Brasil, o conhecimento acerca do clima surgiu por meio do empirismo dos indígenas que habitavam o país e, posteriormente, por visitantes, colonizadores e naturalistas que relataram e descreveram o clima por onde passaram.

Com o passar do tempo, com o desenvolvimento e crescimento das cidades, torna-se cada vez mais necessário compreender a dinâmica climática e sua repercussão espacial, assim como os seus impactos positivos ou negativos, visto que, estas diferentes condições (de tempo atmosférico e clima) implicam diretamente na vida do ser humano e em suas formas de organização em sociedade. Entender as diversas ações do clima na realidade em que as pessoas estão inseridas é também uma forma de melhorar a relação sociedade-natureza.

Para além do impacto, o clima é também fonte e controlador de recursos naturais. As atividades ligadas à agricultura são um bom exemplo, dada a necessidade de bons períodos de chuva para a manutenção de reservatórios de água, solos apropriados para o cultivo (também influenciados pela ação do clima), e a sua fragilidade perante a episódios extremos de frio ou seca. O principal resultado dessa atividade é a produção de alimentos, fato que insere o ser humano novamente para o contexto de interação com o clima.

Sant’anna Neto (2002), ao refletir sobre a variabilidade climática, chama a atenção para a irregularidade de ocorrência de alguns fenômenos climáticos em relação a outros (tomando como exemplo a chuva e a temperatura) e destaca que reconhecer a distribuição dos registros (de elementos do clima) bem como os mecanismos que os definem (sua gênese) é desafiador.

Sorre (1934) discorre sobre os diferentes estados atmosféricos e suas especificidades e destaca que, em cada instante dado e em cada ponto do globo, a atmosfera é uma

combinação singular que tem pouca chance de se reproduzir de uma maneira perfeitamente idêntica – em escala local. Tarifa (1973) afirma que a observação diária, e até mesmo horária dos fenômenos atmosféricos permite uma vivência sensorial e real dos estados de tempo, e que a metodologia de análise episódica de estados atmosféricos valida-se na aplicabilidade de estudos para a compreensão de fenômenos e atmosféricos que ocorrem pontualmente, “mas de repercussão vital nas atividades do homem, o que aumenta a importância geográfica da análise” (TARIFA, 1973, pág.3).

Nesse contexto, a classificação dos tipos de tempo é significativa na medida em que acena com a possibilidade de quantificar a participação de determinados eventos climático-meteorológicos num dado período, associados às condições favoráveis (ou não) para ocorrência de eventos como núcleos de calor, picos de baixo valor de umidade relativa do ar, concentração de poluentes atmosféricos e enchentes. Todos esses eventos ocorrem ou podem ocorrer a qualquer momento. No entanto, sua repercussão pode ser intensificada ou atenuada conforme as condições de tempo, disso decorre a necessidade de qualificar (identificar e caracterizar) e quantificar os tipos de tempo, representativos de cada realidade climática local.

Tanto nas áreas urbanas quanto nas áreas rurais e naturais são diversas as situações de impactos negativos que, no caso das cidades, são agravados pela ausência de estruturas físicas que comportem fenômenos como chuvas intensas ou grandes períodos de seca, que causam alagamentos e desabastecimento/acionamento de água, respectivamente. Monteiro (1971), utilizando exemplo da chuva, reforça a ideia de que um mesmo evento meteorológico pode causar diferentes impactos, a depender do meio em que ocorrem:

Tomando por base de discussão as chuvas, que se revestem de importância fundamental, forçosamente teremos de considerá-la, em termos quantitativos, sob diferentes ângulos. Um dado teor de chuvas tem um sentido específico para uma dada paisagem agrária. Os organismos urbanos, em função de suas dimensões e atividades, apresentam outras exigências. (MONTEIRO, 1971, pág. 10)

Dessa forma, entender as características e a recorrência de fenômenos climático-meteorológicos, em conjunto com as características locais é de fundamental

importância para a mitigação dos impactos causados por eles, conforme anteriormente citado. Diversas produções científicas tratam do assunto, como as discussões propostas por Jardim (2012; 2015), onde são abordados casos de episódios extremos e que impactaram diretamente a sociedade, quando estes mesmos recursos poderiam ter sido aproveitados e os impactos atenuados.

## **Objetivos**

O objetivo desta pesquisa é estabelecer uma classificação dos tipos de tempo representativos da realidade climática local de Belo Horizonte, tomando por base o ano de 2020.

## **Questões ou premissas que orientam a pesquisa**

Conforme discussão de Sorre (1934), os tipos de tempo respondem por uma categoria intermediária (local) entre a atuação da massa de ar ou sistema atmosférico, de abrangência espacial regional ou de mesoescala, em interação com fatores locais de superfície, principalmente a topografia (e uso do solo, secundariamente). Por outras palavras, a massa de ar pode ser uniforme em termos de atuação em todo o estado de Minas Gerais, mas sua repercussão local em Belo Horizonte é diferenciada (comparativamente a outras realidades locais), em função dos fatores que modulam sua atuação em superfície.

Diante desse contexto, a definição das categorias de tipos de tempo em Belo Horizonte exigirá o desdobramento de dois aspectos básicos, um de entrada no sistema climático (gênese) e outro de saída (repercussão local em tipos de tempo):

(1) A identificação e caracterização regional das massas de ar, de forma contínua e encadeada temporalmente, responde pelo aspecto relativo à gênese dos tipos de tempo;

(2) A caracterização e explicação das variações locais dos atributos atmosféricos, também em sucessão temporal-cronológica, acompanhando a evolução temporal-

meteorológica através da compreensão de seu ritmo, responde pela componente de repercussão (ou impacto) na forma de tipos de tempo.

Esta pesquisa está estruturada de uma introdução seguida de quatro capítulos, referindo-se a I – Revisão bibliográfica, II – Caracterização da área de estudo, III – Procedimentos metodológicos e IV – Resultados.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 As escalas do clima

Ao trabalhar com temas relacionados ao clima, uma das mais importantes tarefas consiste em definir a escala espaço-temporal correta de abordagem para o tema que será tratado. Conforme descrevem Mendonça e Danni-Oliveira (2007, pág. 22), “a escala climática diz respeito à dimensão, ou ordem de grandeza, espacial (extensão) e temporal (duração), segundo a qual os fenômenos climáticos são estudados”.

Conti (1995), chama a atenção para as diversas grandezas escalares (temporais e espaciais) que podem envolver análises climáticas com duração de dias, anos ou até mesmo décadas, onde torna-se necessário definir o objetivo e a escala de abordagem de determinado fenômeno. Neste sentido, há uma reflexão acerca da hierarquização do fenômeno climático em diferentes níveis, destacando ainda que o desdobramento de unidades de grandeza em unidades menores provoca o surgimento de variáveis que irão influenciar no fenômeno climático de maneira mais significativa. Conti (1995, pág. 1) destaca ainda que:

“existe uma superposição, ou melhor, uma interação entre fatores e elementos estruturais de uma determinada ordem de grandeza com outros novos elementos e ordem de grandeza imediatamente inferior e assim sucessivamente, até alcançarmos as menores unidades possíveis junto ao próprio solo”.

Monteiro (1976), em seus diversos trabalhos demonstra preocupação com a abordagem sistêmica e escalar em análises ambientais. Nunes (1998) apud Lima (2009) destaca que em pesquisas climatológicas, a escala de abordagem é um dos pontos mais importantes, visto que, a partir da escala será possível definir área, recorte temporal e técnicas adequadas para o desenvolvimento de pesquisas em climatologia, bem como o alcance de objetivos propostos por ela.

Lima (2009), destaca, ainda, a necessidade de passagem por diversos níveis escalares para realizar determinados tipos de pesquisas, principalmente na climatologia, e, neste momento de definição escalar, existe dificuldade em delimitar uma escala de trabalho que seja representativa da realidade e do objeto de estudo.

Ribeiro (1993), ao propor um sistema taxonômico, reforça a importância do entendimento da extensão e duração de fenômenos atmosféricos, bem como a necessidade de sua hierarquização, apontando três níveis escalares para a abordagem climática, sendo o nível macroclimático, o mesoclimático e o microclimático. Para alcançar as definições acerca da escala de abordagem climática o autor apresenta critérios norteadores utilizados, sendo eles:

a) São consideradas escalas superiores aquelas mais próximas do nível planetário e escalas inferiores aquelas mais próximas dos indivíduos habitantes da superfície da Terra; b) As combinações de processos físicos interativos numa escala superior resultam em modificações sucessivas no comportamento da atmosfera nas escalas inferiores; c) As combinações particulares de processos físicos nas escalas inferiores possuem limitada repercussão nas escalas superiores; d) O grau de dependências da radiação extra-terrestre na definição climática é maior nas escalas superiores, enquanto que a influência dos elementos da superfície, inclusive a ação antrópica, vai-se tornando mais pronunciada na medida em que se atingem as escalas inferiores; e) Quanto mais extenso o resultado de determinada combinação, maior será o tempo de sua permanência, sendo o inverso igualmente verdadeiro; f) A extensão de uma determinada combinação na atmosfera resulta num atributo tridimensional sendo, portanto, volumétrica a noção de extensão, em Climatologia, e tendo como limite superior o próprio limite da atmosfera terrestre (RIBEIRO, 1993).

A primeira escala de grandeza proposta por Ribeiro (1998) diz respeito ao nível macroclimático, que representa a escala onde ocorre a interação entre elementos como a radiação solar, movimentos de rotação e translação da Terra e a própria curvatura de planeta. O segundo nível, o mesoclimático, representa a escala onde ocorre interação entre a energia disponível no ambiente e aspectos locais, como a vegetação ou elementos urbanos, por exemplo. E por fim, o terceiro nível apresentado é o microclimático, onde ocorre “interação entre os sistemas ambientais particulares na modificação dos fluxos de energia, umidade, massa e momentum” (RIBEIRO, 1993, pág. 288).

Para além dos níveis escalares de interação climática, Ribeiro (1993) e Conti (1995) propõem ordens de grandeza temporo-espacial para o clima, criando uma decomposição escalar que tem início no clima zonal, passa pelos climas regional, local e topoclima, e, por fim, chega ao microclima. A tabela (1) abaixo exemplifica as escalas do clima:

Tabela 1 - Organização das escalas espaço-temporais do clima.

| Ordem de grandeza | Subdivisões                             | Escala horizontal     | Escala Vertical | Temporalidade das variações mais representativas | Exemplificação espacial                                      |
|-------------------|---|-----------------------|-----------------|--|--|
| Macroclima        | Clima zonal                             | > 2.000 km            | 3 a 12 km       | Algumas semanas a vários decênios                | O globo, um hemisfério, oceano, continente, os mares, etc.   |
| Mesoclima         | Clima regional, clima local e topoclima | 2.000 km a 10 km      | 12 km a 100 m   | Várias horas a alguns dias                       | Região natural, montanha, região metropolitana, cidade, etc. |
| Microclima        |   | 10 km a alguns metros | Abaixo de 100 m | De minutos ao dia                                | Bosque, uma rua, uma edificação/casa, etc.                   |

Fonte: Mendonça, Danni-Oliveira, 2007, p.23.

O clima zonal, com base no descrito pelos autores, é produzido pela distribuição latitudinal da radiação, a curvatura da superfície e inclinação do planeta, com a atuação de fatores como a latitude, longitude, distância dos oceanos e a rotação da terra. A escala zonal se estende de 1.000 a 5.000 km horizontalmente e abrange toda a atmosfera, assim como os fenômenos da circulação geral, como por exemplo a ZCIT (Ribeiro 1993 e Conti 1995).

A segunda ordem de grandeza refere-se ao clima regional, que ocorre no interior de um clima zonal, estando condicionado a modificação da circulação geral da atmosfera por fatores em superfície como altitude, distribuição dos continentes, forma e orientação do relevo e cobertura vegetal. O clima regional possui extensão horizontal de 150 a 2.500 km, e se limita a fenômenos que ocorrem abaixo da troposfera, como frentes e massas de ar, por exemplo (Ribeiro 1993 e Conti 1995).

O clima local se configura a partir de alterações ocorridas dentro do clima regional, sejam elas de ordem fisiográfica através de tipos de solo, vegetação, relevo, ou de ordem antrópica, como construções urbanas, que alteram a cobertura do solo ou a composição da atmosfera, por exemplo. Esta escala se estende de 15 a 150 km, horizontalmente, e verticalmente está condicionado à Camada Limite Planetária (1.200-2.000 m) (Ribeiro 1993 e Conti 1995).

O topoclima deriva de alterações ocorridas no âmbito do clima local, no que diz respeito à rugosidade do terreno, fato que provocará diferentes níveis de energia (radiação) recebidos durante o dia. Nesta escala a variação horizontal estará condicionada à forma do relevo (de 0,5 a 5 km) e a extensão vertical será de 5 a 100 m de altura (Ribeiro 1993 e Conti 1995).

Por fim, a última grandeza temporo-espacial é o microclima, entendido como o nível escalar que mais se aproxima dos indivíduos, através da “magnitude das trocas gasosas e energéticas entre as feições ou estruturas particularizadas (inclusive objetos, plantas e animais) dispostas na superfície da Terra e o ar que as envolve” (RIBEIRO, 1993, p. 292). A extensão horizontal de microclimas, dependerá da composição da superfície que o origina, dessa forma, uma extensão espacial para a definição de um microclima, segundo Ribeiro (1993), poderá ser obtida por meio do balanço de energia.

## **2.2 Tipos de tempo - quantificação e classificação**

Considerando, ainda, a definição de escalas temporo-espaciais adequadas para estudos em climatologia, o recorte cronológico para realização de pesquisas torna-se outro importante aspecto. Na presente pesquisa, a escala temporal de análise está diretamente ligada com o conceito de tipo de tempo e seus desdobramentos, conforme descrito a seguir.

As condições de tempo, conforme já citado, mudam diariamente a depender das características do sistema atmosférico atuante naquele dado momento. Essas constantes mudanças de tempo foram alvo de pesquisas e algumas delas serão de fundamental importância para embasar teórica e cientificamente este trabalho.

Ao longo dos anos 1960 o Professor Carlos Monteiro deu início a discussões sobre a classificação de tipos de tempo e ritmo climático de forma pioneira no Brasil, onde foram publicados ensaios com apontamentos importantes para o estudo e classificações do clima.

Em trabalho publicado no ano de 1964, Monteiro discute a existência de classificações climáticas e os problemas que ocorrem em torno delas, principalmente no que diz respeito à escala correta de abordagem do fenômeno climático, fato que entra em conflito com princípios fundamentais da metodologia geográfica. Ao citar classificações que reúnem o clima em grupos de climas zonais, Monteiro destaca que “na escala zonal não se consegue mais do que vastas generalizações guiadas pela incontestável influência da latitude sobre a insolação e, conseqüentemente, sobre o elemento temperatura” (MONTEIRO, 1964, pág. 60).

Ainda de acordo com o autor, deve-se considerar os componentes vertical e horizontal, representados pelo comportamento térmico da atmosfera e pela influência exercida por fatores geográficos na individualização da atmosfera, respectivamente, para então alcançar um nível regional de classificação climática. Monteiro afirma ainda que a escala local não pode ser tomada como ponto de partida para as classificações climáticas, pois a articulação de climas locais dentro dos climas regionais foi feita por meio de análise quantitativa e ficam presos a variações de fatores locais, não permitindo a obtenção de resultados de síntese significativos. Para alcançar o nível regional é necessária análise qualitativa dos elementos do clima e de suas variações dentro de um intervalo de tempo. “A análise qualitativa é, assim, obtida pela consideração do ritmo, já que a preocupação geográfica deve ser a sucessão habitual dos estados atmosféricos” (MONTEIRO, 1964, pág. 61).

Em 1972, Tarifa e Monteiro publicaram trabalho que objetivou analisar, de maneira sequencial, o balanço de energia em Presidente Prudente - SP em diferentes tipos de tempo, contribuindo para uma definição de realidade climática local. No trabalho, os autores entendem o tipo de tempo como a menor unidade possível da circulação atmosférica secundária, chegando à análise horária de dados de elementos climáticos. Os tipos de tempo ocasionam diferentes quantidades de entrada de energia no sistema, daí o entendimento de balanço de energia por tipo de tempo (TARIFA e MONTEIRO, 1972).

Os autores destacam, ainda, que o pequeno intervalo temporal de estudo (1 ano) exigiu uma decomposição cronológica para níveis de constatação horários de variação de elementos climáticos de episódios mais complexos. Isto por meio do

desdobramento dos sistemas em subsistemas, como por exemplo o desdobramento da Frente Polar Atlântica em Frente Polar Atlântica com atuação direta, Repercussão da Frente Polar Atlântica e Frente Polar Aquecida.

Tarifa (1973, p.3) afirma que a observação diário/horária dos fenômenos atmosféricos permite uma experiência real dos diferentes estados do tempo a partir da variação de elementos de superfície, o que possibilita conhecimento acerca da circulação regional do ar, e complementa que “a extensão no tempo e no espaço dos fatos locais no contexto regional são tarefas essenciais do método geográfico”. No mesmo trabalho o autor reforça a importância da análise geográfica do clima por meio de análises episódicas (diárias) e que contribuem para a compreensão de fenômenos atmosféricos de ocorrência restrita, mas de repercussão vital nas atividades do ser humano.

Essa questão foi retomada posteriormente pelo mesmo autor em parceria com Moraes *et al.* (1977) em pesquisa aplicada ao estudo do clima local da cidade de São Paulo, quando foram definidas tipologias de tipos de tempo, sendo 05 famílias (anticiclônicos, polar e depressionários) e 11 tipos (polar, tropical, continental, chuvoso, ciclônico, encoberto etc.). Desde que esse estudo foi concebido, avançou-se pouco em termos de classificação dos tipos de tempo, optando-se por um nível de classificação menos específico associado às características dos sistemas atmosféricos ou massas de ar. Em trabalho semelhante, Oliveira (2016) quantificou os sistemas atmosféricos responsáveis pela gênese e ritmo de chuvas em bacia hidrográfica entre os estados de MG e RJ, destacando a atuação da ZCAS e de Linhas de instabilidade na ocorrência de chuva.

### **2.3 Ritmo climático e análise rítmica**

Por muito tempo o clima foi tratado como um fenômeno estático e consequência de um conjunto de médias. Uma clássica definição para o clima o reduz a médias atmosféricas sob um determinado ponto da superfície, fato que diverge de todo o seu dinamismo e variabilidade naturais, como a própria circulação atmosférica (BORSATO e MENDONÇA, 2015).

Conforme apontado por Carlos Monteiro (1969) “o ritmo é a essência do clima”, e os ensaios produzidos por ele durante a década de 1960, conforme já mencionado, foram importantes também para o desenvolvimento de análises climatológicas, principalmente aquelas que levam em consideração o dinamismo do clima. Uma importante contribuição foi a metodologia de análise rítmica, elaborada no ano de 1971 e amplamente utilizada até os dias atuais. A abordagem rítmica do clima leva em consideração a variação dos seus elementos de forma concomitante, onde a abordagem alcançará o nível geográfico quando a análise dos tipos de tempo ocorrer de forma sequencial (MONTEIRO, 1969). Tarifa (2002) complementa o entendimento de ritmo climático com a proposta de “sucessão” do tempo, com base nos conceitos de duração e sequência que por fim, serão base para o ritmo do clima.

O autor, em 1971, registra a necessidade de “decomposição cronológica” do ritmo climático, onde a escala horário-diária é a menor delas. A partir da variação dos elementos do clima em escala diária é possível identificar os tipos de tempo que se sucedem, isto com base nos efeitos da circulação em nível regional. O autor destaca, também, que a análise rítmica, quando detalhada ao nível de tempo, oferece parâmetros para avaliar diferentes problemas geográficos de uma região. Isto através do entendimento da gênese do fenômeno climático e sua interação com elementos e fatores do clima.

Deve-se destacar, na abordagem apresentada, o aspecto relativo à “singularidade”, ou seja, que não se repete. Apesar de ocorrer padrões passíveis de representação na forma de modelos gerais, como a circulação geral atmosférica, existem aspectos que são específicos de uma dada localidade influenciada, sobretudo, pelo relevo, vegetação e, eventualmente, pelas modificações introduzidas pela ocupação humana, como discute Azevedo (2001) sobre a interferência no ritmo climático local pela cidade de São Paulo e Jardim e Silva (2016) sobre aspectos do clima urbano de Belo Horizonte.

#### **2.4 Dinâmica atmosférica regional e local**

A região sudeste do Brasil, conforme apontado por Sant’Anna Neto, 2005, caracteriza-se como uma das mais diversificadas, em termos climáticos, das regiões brasileiras.

O autor justifica tal fato devido às características geográficas do estado, como a sua localização latitudinal e longitudinal, altimetria e formas de relevo.

Nas palavras de Ayoade (1998), a circulação atmosférica resulta da soma de dois componentes, que são o movimento da atmosfera em relação à superfície terrestre e o movimento do planeta em torno de seu eixo (rotação). São consideradas também duas dimensões para a interação atmosfera e superfície - a vertical e a horizontal. No primeiro caso, a movimentação atmosférica pode ocorrer em larga escala ou em pequena escala, a depender de seu alcance espacial e tempo cronológico de duração, e, no segundo caso, existem quatro fatores que irão controlar esta movimentação, sendo a força do gradiente de pressão, a força de Coriolis, a aceleração centrípeta e a força de fricção.

O autor descreve que a causa fundamental para a movimentação atmosférica, seja ela vertical ou horizontal, está no desequilíbrio de radiação, umidade e *momentum* entre baixas ou altas latitudes e entre atmosfera-superfície do planeta. São considerados, ainda, fatores que compõem o meio, como as diferentes superfícies (oceânica ou continental), a topografia e as correntes oceânicas.

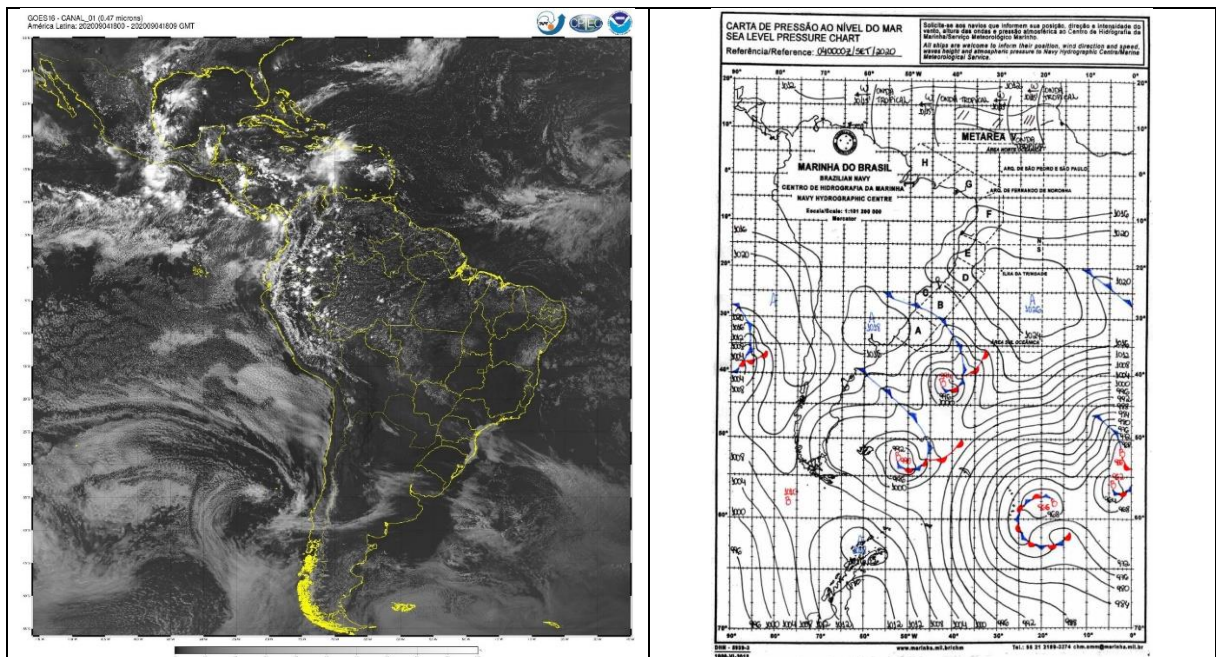
Abreu (1998) descreve que o estado de Minas Gerais se encontra em uma zona de transição climática devido à sua localização geográfica e a influência de fenômenos meteorológicos advindos de latitudes médias e tropicais. O contexto de inserção do estado permite a existência de duas estações bem definidas, sendo uma seca - de abril a setembro, e outra chuvosa - de outubro a março. Os sistemas atmosféricos que atuam no decorrer do ano e imprimem modificações em Belo Horizonte estão descritos a seguir.

#### **2.4.1 Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS)**

O Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul - ASAS é um sistema de alta pressão, semifixo e formado em regiões subtropicais, próximo dos 30° de latitude. O ASAS exerce influência durante todo o ano na região sudeste do Brasil e, conseqüentemente, em Belo Horizonte. Em meses de inverno o ASAS bloqueia a entrada de sistemas frontais ocasionando a ocorrência de inversões térmicas e

adensamento da poluição, principalmente em grandes centros urbanos, como é o caso da capital mineira. Já em meses de verão o anticiclone contribui com o transporte de umidade para níveis mais baixos da atmosfera, especialmente ao longo da ZCAS (BASTOS e FERREIRA, 2000). A figura (1) abaixo representa a atmosfera sob atuação do ASAS, em que, o seu centro de ação está representado pela letra “A”.

Figura 1 - Imagem de satélite e carta sinótica representando a atuação do ASAS.



Fonte: INPE, 2021.

#### 2.4.2 Massa Polar do Atlântico Sul (mPa)

Conforme descrevem Borsato e Mendonça (2002), a Massa Polar do Atlântico - mPa é um sistema anticlinal de alta pressão, com seu centro de origem próximo da Patagônia. A mPa é causadora de tempo estável, exceto em sua região frontal que causa instabilidade temporal devido às características de descontinuidade térmica das frentes.

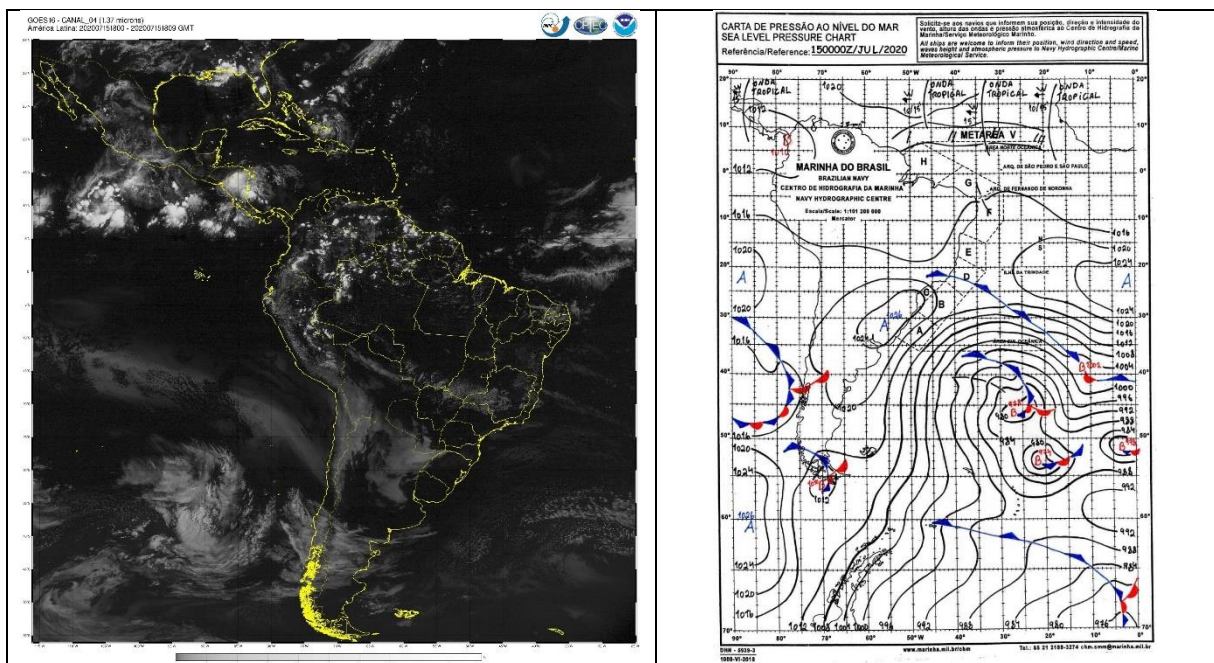
Em Minas Gerais sua atuação é mais incisiva em meses de inverno, devido ao menor aquecimento do continente que permite o avanço da massa de ar para áreas mais interioranas. Ao longo de seu deslocamento pelo continente brasileiro, a depender das condições atmosféricas, a mPa pode alcançar a porção sul da Amazônia. Em meses de verão ocorre o deslocamento da massa para o litoral e oceano atlântico até ser absorvida pela Massa Tropical Atlântica (mTa) e sua repercussão é representada

por sutis quedas nos valores de temperatura do ar. “Nas estações intermediárias, a dinâmica desse sistema acompanha o movimento aparente do Sol. Ela se intensifica na medida em que o Sol caminha do Equador em direção ao trópico de Câncer e perde força à medida que ele caminha do Equador ao trópico de Capricórnio” (BORSATO e MENDONÇA, 2002, pág. 115).

Borsato e Mendonça (2002) afirmam que a mPa é de grande importância para as condições climáticas do Brasil, com destaque para a região centro-sul que recebe marcada influência devido à maior sua maior participação (em termos de duração e intensidade) ao longo ano, especialmente em meses frios e também pelos tipos de tempo meteorológico proporcionados por ela.

A figura (2) abaixo representa a atmosfera sob atuação da mPa na data de 15/07/2020:

Figura 2 - Imagem de satélite e carta sinótica representando a atuação da mPa.



Fonte: INPE, 2021.

### 2.4.3 Zona de Convergência Do Atlântico Sul (ZCAS)

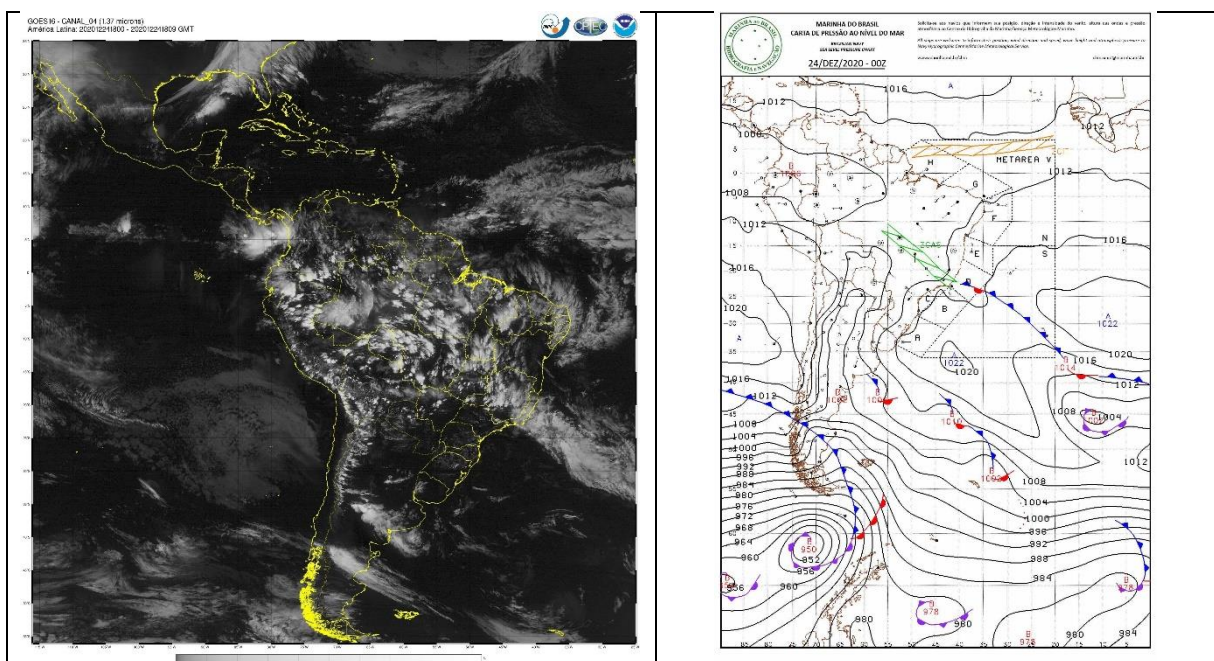
Segundo Abreu (1998), a Zona de Convergência do Atlântico Sul - ZCAS é formada por uma banda de nebulosidade convectiva com disposição na atmosfera nos sentidos noroeste-sudeste e responsável pelos maiores volumes de precipitação registrados

nos meses de primavera e verão nas regiões centro-sul do Brasil. A autora descreve que a ZCAS resulta da atuação/interação da Frente Polar Atlântica - FPA e de Linhas de instabilidade tropical. A FPA, segundo a autora, é necessária para a formação da ZCAS uma vez que atua no transporte de umidade advindo da região amazônica e na canalização da convecção do ar em baixos níveis da atmosfera.

A ZCAS pode atuar por uma média de 7 dias, e sua permanência na atmosfera está associada a FPA que tem caráter estacionário em meses de primavera/verão, diferentemente das linhas de instabilidade que “tem como características o rápido deslocamento, formação e dissipação” (ABREU, 1998, pág. 19). A autora afirma ainda que a ZCAS pode permanecer mais tempo atuando se predominarem características da frente polar ou assumir velocidade em seu deslocamento, caso sejam de maior intensidade as características das linhas de instabilidade (ABREU, 1998). Ferreira (2006) destaca que a ZCAS é facilmente identificada em imagens de satélite devido à sua disposição na atmosfera, orientação noroeste/sudeste e a concentração de nuvens cumuliformes.

A figura (3) abaixo representa a atmosfera sob atuação da ZCAS na data de 24/12/2020:

Figura 3 - Imagem de satélite e carta sinótica representando a atuação da ZCAS.



Fonte: INPE, 2021.

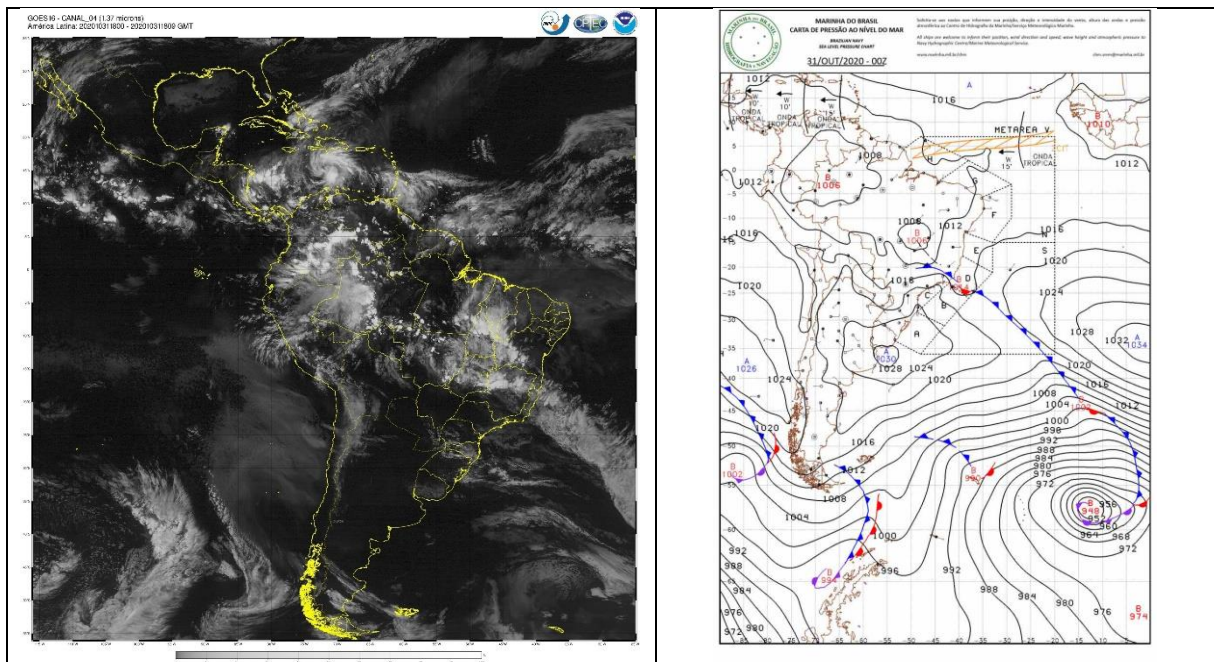
#### **2.4.4 Zona de Convergência de Umidade (ZCOU)**

Assim como a ZCAS, a Zona de Convergência de Umidade - ZCOU também é marcada por intensa nebulosidade e precipitação, com padrão de orientação noroeste-sudeste na atmosfera. Pallotta e Nakazato (2010) descrevem que existem diferenças no padrão de escoamento das zonas de convergência, principalmente em baixos e médios níveis da atmosfera, fazendo com que a duração e organização das bandas de nebulosidade não seja a mesma, fato que caracteriza a ocorrência de uma ZCOU. A formação de uma ZCOU pode se estabelecer por meio de uma situação atmosférica pré-estabelecida por uma ZCAS em dissipação, “onde ainda é possível ser identificada uma banda de nebulosidade organizada” (PALLOTTA e NAKAZATO, 2010, pág. 2).

O escoamento da ZCOU em diferentes níveis da atmosfera apresenta diferenças com relação a ZCAS. Em baixos níveis o padrão de escoamento e orientação da nebulosidade (NO-SE) pode se estabelecer de outras formas, ou até mesmo não gerar nebulosidade - por influências do escoamento do Jato de baixos níveis (sistema de ventos com alta velocidade). Em níveis médios da atmosfera, a movimentação de cavados existentes pode desfavorecer a formação de um padrão de nebulosidade e precipitação necessários para a caracterização de uma ZCAS.

A figura (4) abaixo representa a atmosfera sob atuação da ZCOU na data de 31/10/2020:

Figura 4 - Imagem de satélite e carta sinótica representando a atuação da ZCOU.



Fonte: INPE, 2021.

#### 2.4.5 Sistemas Frontais

Barry e Chorley (2013, pág. 224), definem que massa de ar é “um grande corpo de ar, cujas propriedades físicas (temperatura, teor de umidade) são mais ou menos uniformes horizontalmente por centenas de quilômetros”. Três fatores determinam o grau de uniformidade das massas de ar, assim como a sua natureza. O primeiro deles é relativo à área fonte da massa de ar, que deve ser constituída por uma superfície ampla, uniforme e com a presença de um sistema de pressão semi-estacionário. O segundo fator é referente às mudanças sofridas pela massa de ar ao percorrer longas distâncias, visto que, à medida que a massa de ar se afasta da sua região de origem ocorrem trocas de calor e umidade com as diferentes superfícies, alterando as condições iniciais da massa e posterior fusão com outros fluxos de ar. Por fim, o terceiro fator diz respeito à idade da massa de ar. O tempo que a massa conserva suas características originais dependerá da extensão de sua área fonte, bem como o padrão de pressão existente na região (BARRY e CHORLEY, 2013).

O movimento das massas de ar na atmosfera, conforme citado, causa modificações em suas características, principalmente à medida que a massa se afasta de sua área fonte. Este movimento, conforme descrito por Barry e Chorley (2013), permite que

exista o contato da massa de ar com diversos são os fatores com potencial para modificá-las, como as trocas de calor, umidade, o tipo de superfície local, e outros processos da própria atmosfera. As modificações nas massas de ar ocorrem por meio de processos dinâmicos e termodinâmicos. No primeiro caso, ocorrem mudanças envolvendo a pressão associadas ao movimento da massa de ar e alterações nas propriedades físicas das massas de ar. No segundo caso, referentes a processos termodinâmicos, as mudanças estão atreladas a processos de aquecimento e resfriamento da massa de ar, onde:

Uma massa de ar pode ser aquecida de baixo, ou pela passagem por uma superfície fria para uma superfície quente, ou por aquecimento solar do solo sobre o qual se localiza o ar. [...] O aquecimento de baixo age de maneira a aumentar a instabilidade da massa de ar, assim, o efeito pode se espalhar rapidamente por uma espessura de ar considerável, ao passo que o resfriamento superficial produz uma inversão térmica, que limita a extensão vertical do resfriamento (BARRY E CHORLEY, 2013).

É o movimento das massas de ar na atmosfera que permite o contato de umas com outras, e conforme descrito por Steinke, 2012, a área de contato entre as massas cria uma superfície de descontinuidade térmica devido às suas propriedades termodinâmicas diferentes (temperatura, pressão, umidade relativa), formando assim os sistemas frontais, ou frentes.

Barry e Chorley (2013) descrevem um sistema frontal como um movimento de limite, ou superfície de conflito, em que observações de elementos físicos da atmosfera, como temperatura e umidade, por exemplo, mostram, em momentos de instabilidade, que as descontinuidades interferem em massas de ar com características distintas. Os autores descrevem, ainda, que “o limite entre duas massas de ar adjacentes é marcado por uma zona fortemente baroclínica com um grande gradiente de temperatura, de 100-200 km de extensão (Barry e Chorley, 2013, pág.233).

A formação dos sistemas frontais, de acordo com Steinke (2012, pág. 124), ocorrem “principalmente entre as latitudes de 35° e 60°, nos dois hemisférios, onde ocorre o encontro de massas de ar quente da região intertropical com as massas de ar frio das regiões fora dos trópicos”. O movimento de massas de ar pode originar frentes frias, quentes ou oclusas e dependerá da sua movimentação vertical.

As frentes frias são formadas quando o ar frio (denso e pesado) força o deslocamento vertical do ar quente (menos denso, mais leve). A subida intensa do ar quente provoca a formação de nuvens cumulonimbus, precipitações, relâmpagos e granizo. O ar quente ao alcançar níveis mais altos da atmosfera se resfria, satura, condensa e forma nuvens de chuva. O ar presente na retaguarda da frente fria é de menor temperatura e maior densidade (STEINKE, 2012).

O estado de tempo instável provocado pela passagem de uma frente fria é menos duradouro do que o provocado por uma frente quente, isso ocorre devido ao seu ângulo de inclinação, se comparado com uma frente de maior temperatura. Mudanças na direção dos ventos, aumento da pressão atmosférica e diminuição da temperatura do ar são características que surgem após a passagem desse sistema, assim como o surgimento de céu limpo (BARRY E CHORLEY, 2013),

As frentes quentes representam a borda frontal de seu setor quente da onda (Barry e Chorley, 2013) e ocorrem por meio da substituição de ar mais frio por ar mais quente na atmosfera. Devido a menor intensidade da frente quente em relação a frente fria, o deslocamento do ar neste caso será mais lento, acarretando a formação de nuvens de pouco desenvolvimento vertical, chuvas leves e constantes. Após a passagem da frente quente, o ar presente em sua retaguarda tem temperatura e umidade relativa do ar elevadas (STEINKE, 2012).

A chegada de uma frente quente pode ser anunciada com antecedência de 12 horas por meio do surgimento de nuvens do tipo cirrus, seguidas de cirrostratus e altostratus. A passagem de uma frente quente permite que parte da troposfera seja ocupada por nuvens, além da leve precipitação, conforme citado (BARRY E CHORLEY, 2013).

A frente oclusa tem relação direta com a velocidade de deslocamento das frentes. A frente fria, desloca-se com velocidade superior a frente quente, permitindo que, em dado momento, a frente quente seja alcançada pela fria, causando uma oclusão. O estado de temperatura da oclusão dependerá dos tipos de frentes que estarão à frente e atrás do setor quente. Uma oclusão poderá ser quente caso se a primeira massa de ar estiver mais quente que a segunda, e vice-versa para a formação de uma oclusão fria (BARRY E CHORLEY, 2013).

#### 2.4.6 Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM)

Os Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM) são constituídos por aglomerados de tempestades que persistem por várias horas (entre 6 e 12 horas) e podem apresentar diversos formatos, tempos de vida e dimensões espaciais (LIN, 2007 *apud* Moreira, 2015, pág. 25), atuando de modo a causar instabilidade temporal e chuvas fortes em médias latitudes, e, em superfície causam rajadas de ventos e granizo, por exemplo. O cisalhamento vertical do vento (rápida mudança na velocidade e direção do vento com base em variações altimétricas), a disponibilidade de umidade no ar e a instabilidade convectiva são alguns dos mecanismos responsáveis pela formação dos SCM. Citando Doswell *et al.* (1996), Moreira (2015) descreve que o ar quente e úmido convergindo em baixos níveis da atmosfera serve de motor para a convecção do ar e posterior formação de um sistema convectivo.

Tomando por base a sua disposição (formato), tamanho e tempo de permanência na atmosfera, os SCM podem ser chamados de *Linhas de Instabilidade (LI)*, quando seu formato é linear ou *Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM)* quando apresentam formato circular, e ambos contribuem para contextos de tempo instável.

Cavalcanti *et al.* (2009) citando Madox (1980) descreve que os CCM's são classificados com base em características físicas bem definidas. O CCM deve apresentar forma circular com excentricidade maior que 0,7, duração de, no mínimo, 6 horas. As nuvens que compõem o complexo devem apresentar temperaturas inferiores a  $-32^{\circ}\text{C}$  e área de  $100.00\text{km}^2$ , já a sua região interior deve apresentar temperatura mínima de  $-52^{\circ}\text{C}$  e área de  $50.000\text{km}^2$ . Todas as informações acerca das características dos CCM's são obtidas em imagens de satélite no canal infravermelho.

As linhas de instabilidade, conforme descrito por Cavalcanti (2009), geralmente se desenvolvem na costa norte-nordeste do Brasil e podem adentrar o continente ocasionando precipitação em quantidade significativa. Barry e Chorley (2013) definem que as LI's são formadas por uma linha de células de tempestade que pode se estender por centenas de quilômetros, além de ser marcada por intensas mudanças na direção dos ventos e condições de tempo tempestuosas, podendo atuar de maneira acoplada a frentes frias. Para Moreira (2015) as LI's podem ocorrer sem a

presença de uma forçante externa, como a presença de um sistema frontal, por exemplo, e neste caso, os fatores responsáveis pela formação da LI estarão relacionados com a orografia ou com o aquecimento da superfície ao longo do dia.

### **3. CARACTERIZAÇÃO DE BELO HORIZONTE**

#### **3.1 Localização, aspectos físicos e históricos da área de estudo**

##### **3.1.1 Formação e crescimento da mancha urbana de Belo Horizonte**

O município de Belo Horizonte, antes um povoado denominado Curral Del Rei, formou-se no início do século XVIII a partir da criação e comercialização de gado. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE<sup>1</sup>), seu crescimento ocorreu por meio da instalação de fábricas primitivas responsáveis pela produção de algodão, fundição de ferro e bronze e extração de granito e calcário. Da condição de Freguesia subordinada à Sabará, o povoado elevou-se a Capital do Estado de Minas Gerais, quando em 1893 foi designada como o local a ser construída a nova Capital do estado.

Conforme descreve Passos (2009), o então povoado foi eleito considerando, além do posicionamento geográfico central, suas excelentes condições de abastecimento de água e características topográficas, que por sua vez facilitaríamos os processos de edificação e construção em geral. Em 1901, a Capital, então inaugurada como Cidade de Minas, passou a se chamar Belo Horizonte.

Desde a sua formação, Belo Horizonte passou por intenso processo de crescimento e evolução de sua mancha urbana. Após a cidade ser definida como a capital do estado de Minas Gerais, segundo Felipe et.al (2011), houve um plano de ocupação ordenada no território, partindo da zona urbana em direção a periferia da Avenida do Contorno. Entretanto, a ocupação não ocorreu conforme esperado e a mancha urbana cresceu rumo a locais desconexos do plano original, essas regiões tinham pouco acesso ao centro de BH, área que empregava (e ainda emprega) muitas pessoas.

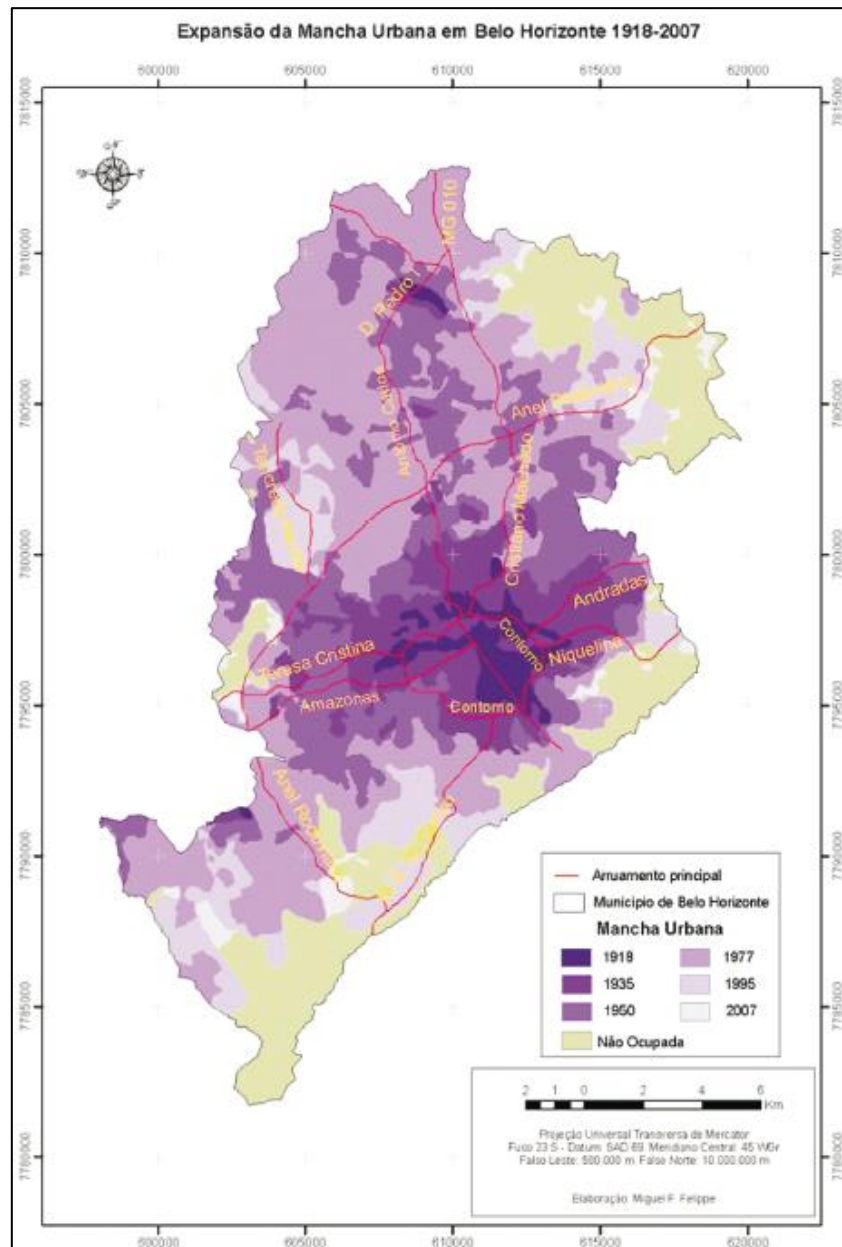
Na década de 30, por meio de incentivos governamentais, indústrias foram chegando na cidade, e, juntos delas, o crescimento econômico e populacional. Até a década de 1960 a população de Belo Horizonte já somava 700 mil pessoas, o que representa um

---

<sup>1</sup> Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/belo-horizonte/historico>. Acesso dia 05 de julho de 2021

crescimento de 200% em relação aos anos 40. A partir da década de 1970 todas as regiões do município já haviam sido urbanizadas e o crescimento urbano acompanhou toda essa dinâmica, com maior adensamento populacional nas regionais Nordeste e Venda Nova, conforme descreve Felipe (2011) *apud* Brito e Souza (1998). A figura abaixo (5) mostra a evolução da mancha urbana ao longo dos anos, sendo possível observar que os tons de roxo mais escuros se referem às ocupações mais antigas e tons de roxo mais claros se referem às ocupações mais recentes, enquanto os tons em verde representam áreas não ocupadas.

Figura 5 - Expansão da mancha urbana de Belo Horizonte.



Fonte: Adaptado de Felipe et al., 2011.

Atualmente, a área territorial de Belo Horizonte está em quase toda a sua totalidade ocupada por feições urbanas (casas, prédios, asfalto, áreas impermeabilizadas, etc). Os outros espaços presentes no município são referentes às áreas verdes, protegidas por legislação ambiental e contidas em parques e reservas geridos pelos poderes públicos. Com base no plano diretor, 100% do território Belo-horizontino enquadra-se como área urbanizada, no entanto, deve-se considerar a existência de áreas com vegetação (como a Serra do Curral, por exemplo) e a sua relação com o clima, no caso de BH, em escala local, topo e microclimática. A presença de vegetação no ambiente contribui para a manutenção de maiores níveis de umidade relativa do ar, menor amplitude térmica e até mesmo na redução da temperatura do ar.

Belo Horizonte concentra em seu entorno a maior região metropolitana de Minas Gerais, e, conforme pesquisas realizadas acerca do tema, as regiões metropolitanas podem imprimir modificações no clima local, conforme apontado por Azevedo em pesquisa para São Paulo (Azevedo, 2001 a e 2001b) e Jardim e Silva (2016) em hipótese levantada para BH.

### **3.1.2 Localização e aspectos físicos**

Dada a sua localização, na porção central do estado de Minas Gerais, a cidade de Belo Horizonte situada nas coordenadas 19°46'35''S de latitude e 43°51'47''W de longitude, com área territorial de 331,354 km<sup>2</sup>, população estimada em 2,5 milhões de habitantes e densidade demográfica de 7,1 hab./km<sup>2</sup> (IBGE, 2020). Conforme dados da Prefeitura (PBH, 2018), a maior parcela de uso do solo no município é urbana, com fragmentos de vegetação “natural” presentes em parques e áreas de preservação, conforme anteriormente citado.

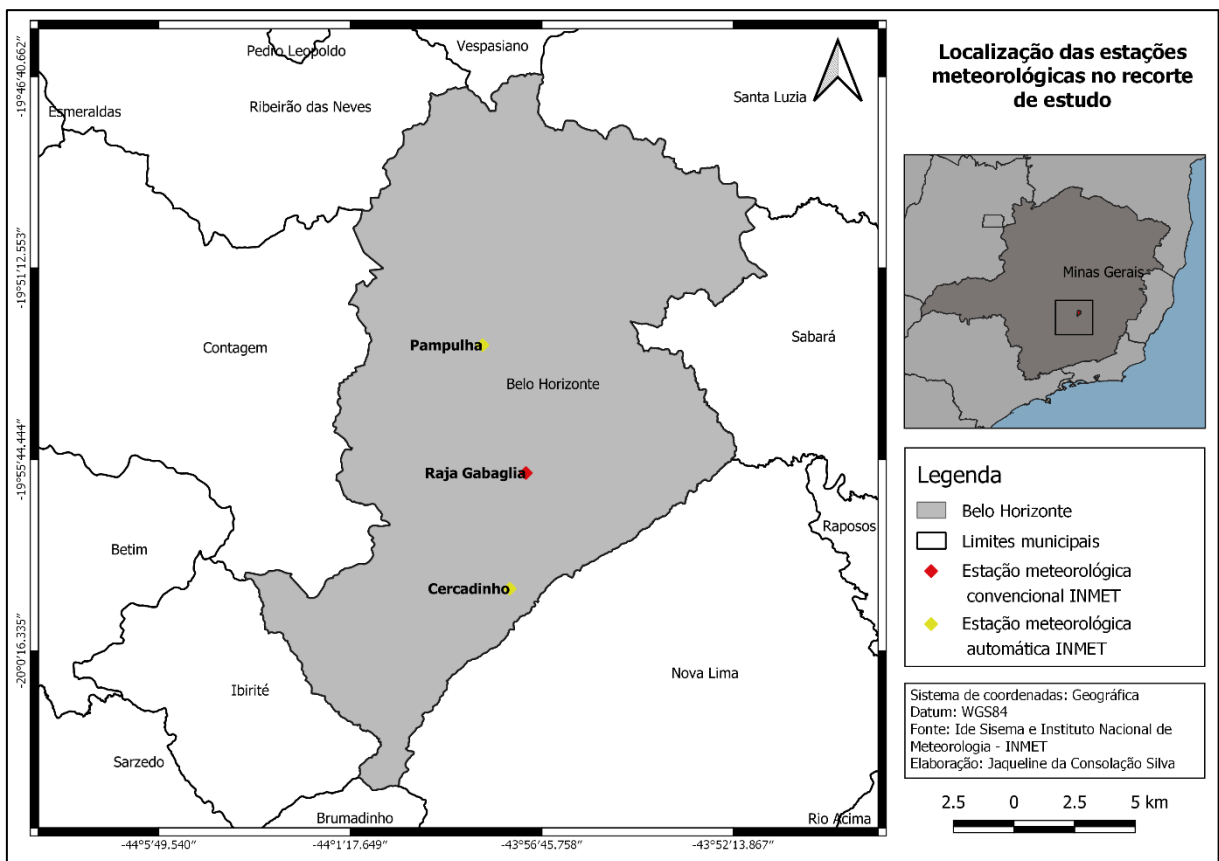
A respeito da vegetação, o município de Belo Horizonte encontra-se inserido na faixa de transição entre Floresta Semidecidual e Cerrado (ASSIS, 2010). De acordo com Felipe (2009), na porção correspondente à Depressão de Belo Horizonte, predominam as Florestas Estacionais Semidecíduais em razão das declividades mais suaves e do solo mais profundo (regiões norte, nordeste e central). Já nas áreas relativas ao Quadrilátero Ferrífero, sobretudo na Serra do Curral, observam-se

vestígios de campos rupestres (ASSIS, 2010). Contudo, atualmente, Belo Horizonte tem seu território tomado pela urbanização, conforme aponta Felipe:

[...] com a expansão da mancha urbana e o concomitante adensamento populacional, as áreas de remanescentes vegetacionais em Belo Horizonte restringem-se, praticamente, às unidades de conservação. Essas possuem, portanto, uma importância ímpar para a manutenção do equilíbrio ambiental. (FELIPPE, 2009, p.48)

A imagem abaixo (6) mostra a localização geográfica de Belo Horizonte, bem como os municípios limítrofes:

Figura 6 - Localização geográfica de Belo Horizonte.

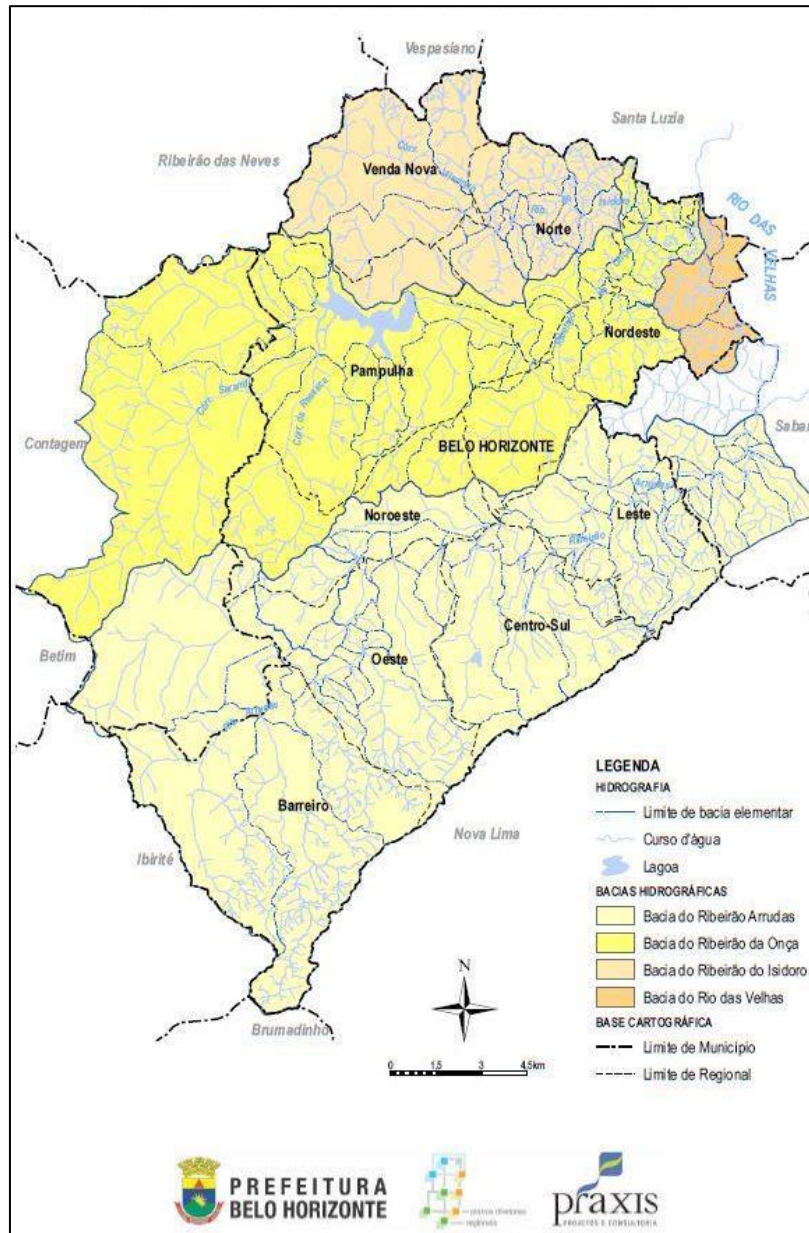


Elaboração: Jaqueline C. Silva, 2021.

Em relação à hidrografia Belo Horizontina, o município está inserido na bacia hidrográfica do rio das Velhas, afluente do Rio São Francisco e conta com quatro sub bacias que atravessam o município, a bacia do Ribeirão Arrudas, que ocupa toda a porção sul do município, a bacia do Ribeirão do Onça, do Ribeirão do Isidoro e do Rio das Velhas, que dividem a porção norte de Belo Horizonte. Grande parte dos cursos

d'água presentes em Belo Horizonte encontram-se retificados ou estão canalizados sob “avenidas sanitárias”, conforme apontado por FELIPPE (2009). A figura (7) abaixo mostra a localização das bacias hidrográficas citadas e suas disposições dentro do município:

Figura 7 - Hidrografia de Belo Horizonte.

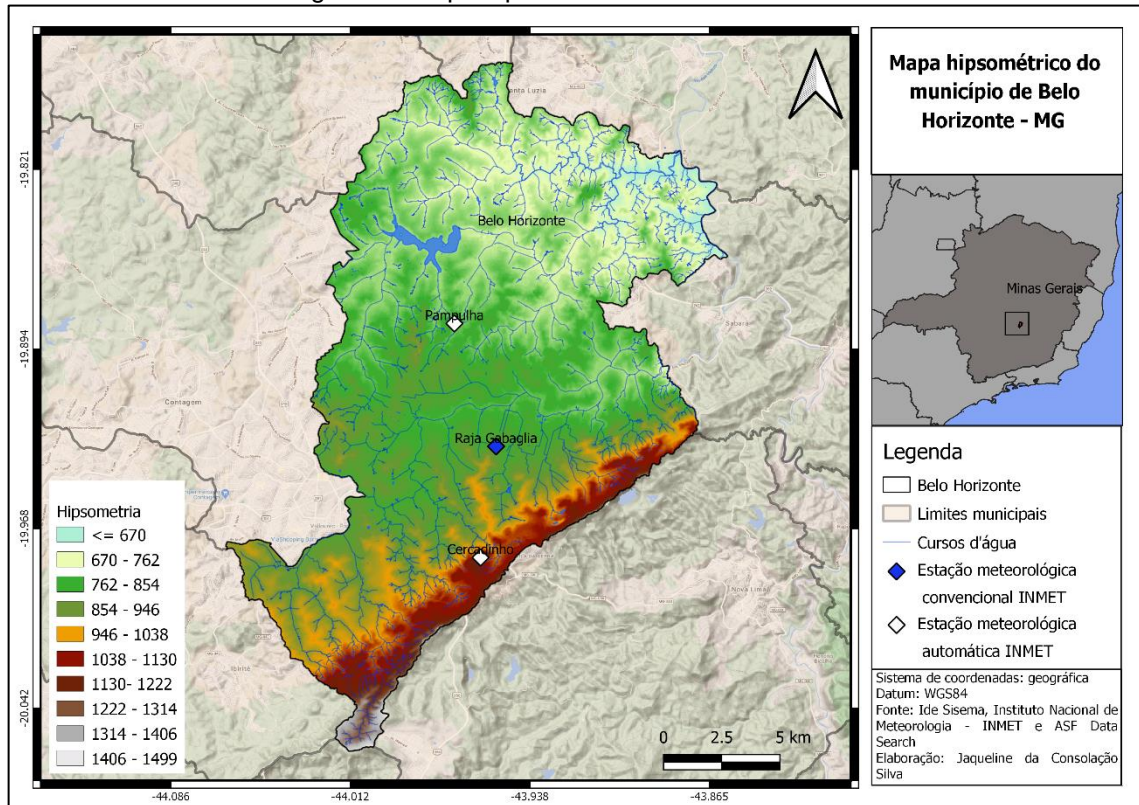


Fonte: Adaptado do Plano Diretor municipal, 2012.

As altitudes médias de Belo Horizonte variam entre 800m e 900m, e de acordo com Assis (2010), em áreas próximas a Serra do Curral (porção sul) estão presentes os valores mais elevados de altitude, chegando a 1500m, enquanto as áreas próximas

aos leitos fluviais dos Ribeirões Arrudas e do Onça compreendem os valores mais baixos, a partir de 670m. A figura 8 mostra as variações de altimetria ao longo do município.

Figura 8 - Mapa hipsométrico de Belo Horizonte.



Elaboração: Jaqueline C. Silva, 2021.

Em relação a geomorfologia, a configuração morfoestrutural de Belo Horizonte é responsável pela existência de duas principais formas de relevo, a Depressão de Belo Horizonte (parte sul da Depressão do Alto-Médio São Francisco) (FELIPPE, 2009) e as Serras do Quadrilátero Ferrífero, com marcada presença de morros e colinas côncavo-convexas com vales moderadamente entalhados. No tocante ao Quadrilátero Ferrífero, predominam-se vertentes íngremes e vales encaixados, com fundo em “V”, sendo comumente encontrados afloramentos rochosos nas médias e altas vertentes (FELIPPE, 2009).

Cabe destacar que, clima e relevo são importantes fatores naturais que tem interação entre si. A configuração das formas de relevo e topografia do município permitem, por exemplo, diferenças na circulação local dos ventos, bem como em ambientes de topo

e microclimas localizados em áreas urbanas, podendo existir uma variação de até 5,4°C em unidades de topoclimas que se situam em áreas com diferentes configurações geomorfológicas, como bairros localizados em maior altitude ou bairros localizados em áreas deprimidas.

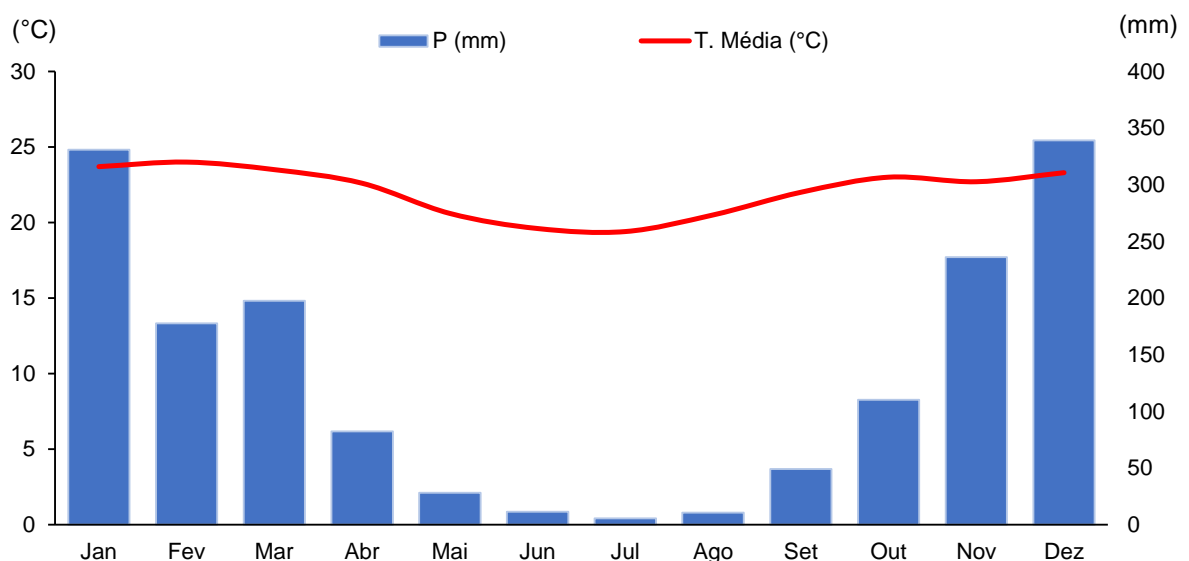
Conforme citado por Assis (2010) em relação à interação entre clima e relevo há importantes aspectos referentes à condição de barreiras orográficas impostas pelas formas de relevo de Belo Horizonte e regiões próximas. O aspecto está relacionado às formações geomorfológicas existentes na direção sul do município - alinhamento de cristas e topos aplainados que se estendem desde a proximidade de Caeté até os arredores de Itatiaiuçu (Assis, 2010, pg. 76), e imprimem modificações nas trajetórias de massas de ar, como variações de temperatura, umidade, nebulosidade, etc. O segundo aspecto, por sua vez, está relacionado aos efeitos de continentalidade e maritimidade. Devido à distância não tão longa de BH até o oceano atlântico os efeitos de continentalidade não são tão rigorosos no município, sendo mais perceptível em meses mais secos, quando há registros de baixa umidade relativa do ar (30%) e significativa amplitude térmica (18°C). Por outro lado, os efeitos de maritimidade são diminuídos devido à presença da Serra da Mantiqueira, Serra do Espinhaço, Serra do Mar e pelo Maciço montanhoso do Quadrilátero Ferrífero que produzem barreiras orográficas, impedindo a passagem de umidade para a região de Belo Horizonte (ASSIS, 2010).

O clima é também um dos fatores responsáveis pelo surgimento dos solos, assim como por suas alterações físico-químicas ao longo do tempo. Felipe (2009) descreve que predominam em BH solos do tipo Argissolos vermelho-amarelos distróficos, com ocorrência de Argissolos vermelhos eutróficos e Latossolos vermelho-amarelos distróficos, associados à Depressão de Belo Horizonte e a morfologia do terreno (médias vertentes e áreas com declividade baixa). Já no contato com o Quadrilátero Ferrífero predominam os solos do tipo Latossolos vermelho-amarelos distróficos com horizonte A moderado e textura argilosa resultante da decomposição de xistos, filitos e dolomitos, além da presença de Cambissolos háplicos distróficos.

### 3.2 Características climáticas de Belo Horizonte

Em relação ao clima de Belo Horizonte tem-se o clima tropical alternadamente seco e úmido e, segundo dados contidos nas Normais Climatológicas de 1961-1990 (INMET, 1992), a precipitação total acumulada anual é 1578,3 mm com estações bem definidas, sendo a estação seca de abril a setembro e a estação chuvosa de outubro a março, ou seja os maiores acumulados de precipitação ocorrem no solstício de verão e o mínimo no solstício de inverno, significando que os máximos são em registrados em períodos de dias mais longos que as noites e os mínimos à época em que as noites são mais longas que os dias, caracterizando, assim, um regime estacional típico das regiões de clima tropical. A temperatura média anual fica em torno de 22,1°C, com menor registro para o mês de julho (19,4°C) e o maior para o mês de fevereiro (24°C). Com relação a umidade relativa do ar, o trimestre de julho, agosto e setembro é caracterizado pelos menores registros (58,4%, 54% e 55,3%, respectivamente), e os meses de dezembro e janeiro são os mais úmidos (e também os mais chuvosos) com registros de 71% e 69,3% de umidade relativa. O climograma abaixo (figura 9) mostra as variações de precipitação e temperatura ao longo do ano com base nas Normais Climatológicas do período de 1991 – 2020.

Figura 9 - Climograma do município de Belo Horizonte.



Elaboração: Jaqueline C. Silva, 2022.

Proposto por Thornthwaite e Mather (1955) a técnica de balanço hídrico permite calcular a disponibilidade de água no solo, levando em consideração a cobertura vegetal presente, para então, indicar uma classificação climática. Para tal, são considerados valores referentes a capacidade máxima de armazenamento de água no solo (ARM), a evapotranspiração real (ETR) e potencial (ETP), a precipitação (P) e temperatura (Temp).

Para o cálculo do balanço hídrico referente à Belo Horizonte foram utilizados dados de temperatura e precipitação referentes as Normais Climatológicas de 1991-2020, conforme tabela 2 abaixo que também indica os valores encontrados para cada uma das variáveis necessárias. O resultado indica valores de excedente (EXC), deficiência (DEF), retirada e reposição hídrica no sistema.

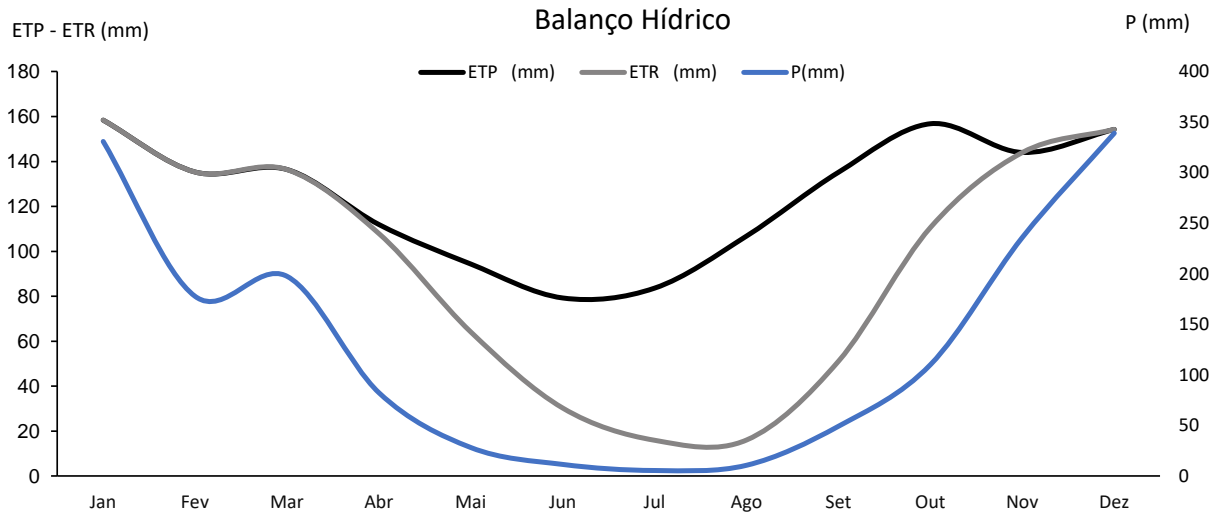
Tabela 2 - Dados utilizados para cálculo do balanço hídrico.

| Belo Horizonte   MG (1991-2020)   -19,93 e -43,95   Altitude 915,47 m   CA= 100 mm |        |          |            |               |          |          |          |          |          |          |
|--|--------|----------|------------|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Mês  | P (mm) | ETP (mm) | P-ETP (mm) | NAC Acum (mm) | ARM (mm) | ALT (mm) | ETR (mm) | DEF (mm) | EXC (mm) | ESC (mm) |
| Jan  | 331    | 158      | 173        | 0             | 100      | 0        | 158      | 0        | 173      | 131      |
| Fev  | 178    | 135      | 42         | 0             | 100      | 0        | 135      | 0        | 42       | 87       |
| Mar  | 198    | 136      | 61         | 0             | 100      | 0        | 136      | 0        | 61       | 74       |
| Abr  | 82     | 112      | -30        | -30           | 74       | -26      | 108      | 4        | 0        | 37       |
| Mai  | 28     | 94       | -66        | -96           | 38       | -36      | 64       | 30       | 0        | 18       |
| Jun  | 11     | 79       | -68        | -164          | 19       | -19      | 30       | 49       | 0        | 9        |
| Jul  | 5      | 84       | -78        | -242          | 9        | -11      | 16       | 68       | 0        | 5        |
| Ago  | 11     | 107      | -96        | -338          | 3        | -6       | 16       | 91       | 0        | 2        |
| Set  | 49     | 135      | -86        | -424          | 1        | -2       | 51       | 84       | 0        | 1        |
| Out  | 110    | 157      | -47        | -471          | 1        | -1       | 111      | 46       | 0        | 1        |
| Nov  | 236    | 144      | 92         | -7            | 93       | 92       | 144      | 0        | 0        | 0        |
| Dez  | 339    | 154      | 185        | 0             | 100      | 7        | 154      | 0        | 178      | 89       |
| Anual  | 1578   | 1496     | 82         |               |          | 0        | 1125     | 372      | 454      | 453      |

Fonte: INMET, 2020. Elaboração: Jaqueline C. Silva, 2022.

A figura 10 mostra as variações de evapotranspiração real e potencial ao longo do ano em Belo horizonte tomando por base a precipitação contida nas Normais Climatológicas (1991 – 2020). Conforme citado anteriormente, ficam bem evidenciados os dois períodos anuais de seca a chuva, em que, o acumulado de precipitação (1578 mm). De modo geral, é possível observar que a ETR tem trajetória similar a desenvolvida pela chuva ao longo do ano, com menores valores para os meses secos e maiores valores para os meses chuvosos.

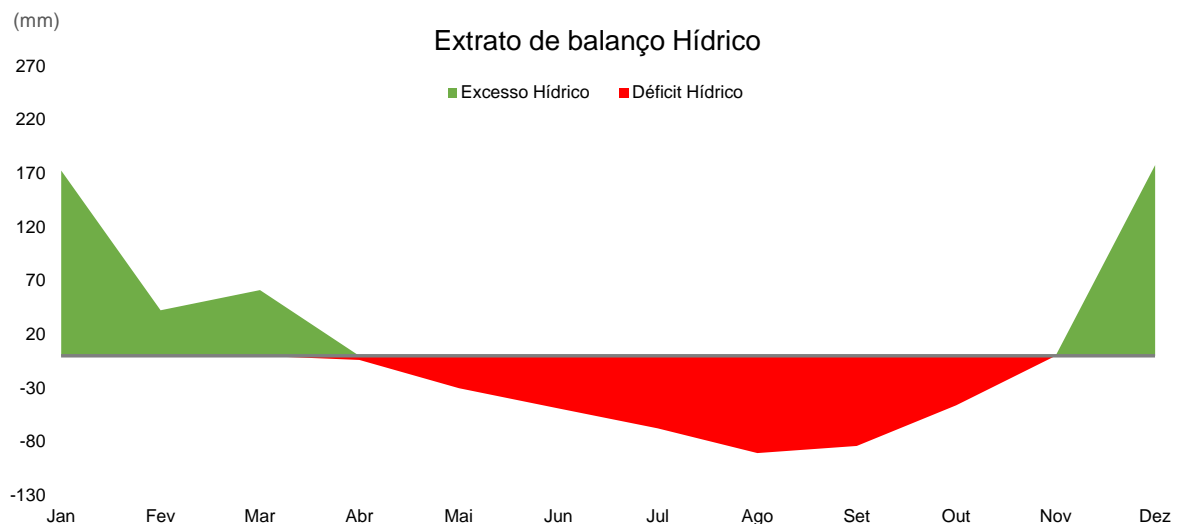
Figura 10 - Variações de ETP e ETR ao longo do ano.



Elaboração: Jaqueline C. Silva, 2022.

A figura 11 mostra os períodos anuais onde ocorre déficit ou excedente hídrico. O déficit inicia-se com o outono (e conseqüente fim do período chuvoso na região de estudo) e tem fim no mês de outubro. O excedente hídrico tem início a partir do mês de dezembro e perdura até março.

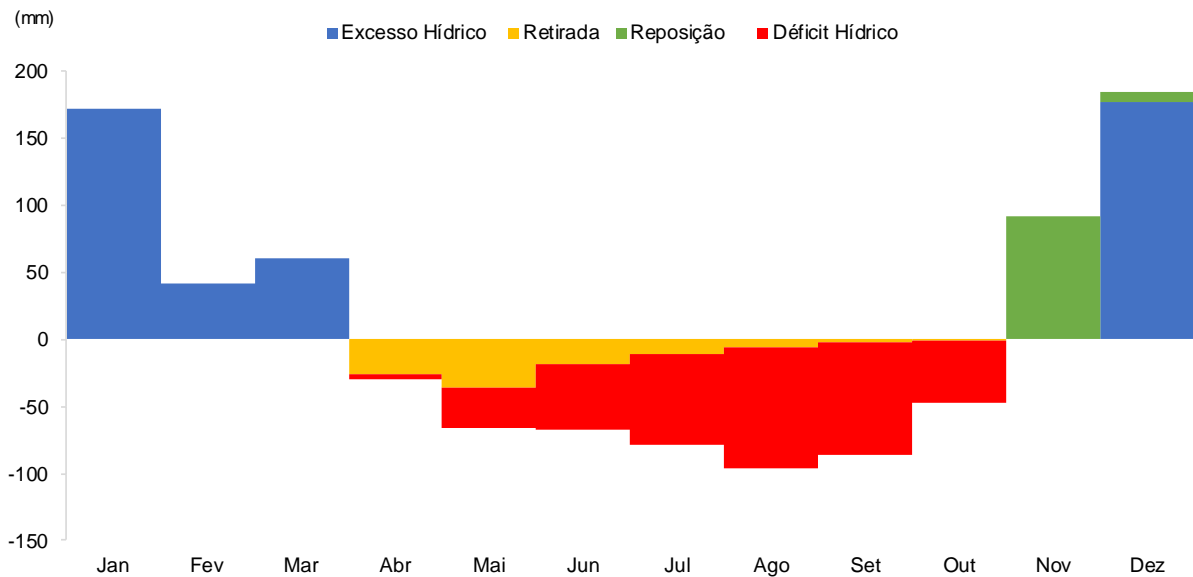
Figura 11 - Variações de deficiência e excedente hídrico ao longo do ano.



Elaboração: Jaqueline C. Silva, 2022.

Por fim, a figura 12 mostra o balanço hídrico climatológico mês a mês para o Belo Horizonte.

Figura 12 - Balanço hídrico mensal em Belo Horizonte (1991 - 2020).



Fonte: INMET, 2020. Elaboração: Jaqueline C. Silva, 2022.

Assis (2010) caracteriza o clima de Belo Horizonte por meio de unidades climáticas naturais e urbanas. No primeiro caso, a interação entre características físico-ambientais e a atuação de sistemas atmosféricos irão definir as unidades climáticas com características ligadas, principalmente, às formas de relevo. No segundo caso, além da atuação de sistemas atmosféricos, foram consideradas informações acerca do uso do solo, densidade demográfica e modelo digital do terreno, ou seja, características marcantes de ambientes urbanos. A classificação distingue duas grandes unidades climáticas para o município, a I - Depressão de Belo Horizonte e II - Serras do Quadrilátero Ferrífero, ambas foram desmembradas em unidades de menor escala, levando em consideração as características locais, sejam elas naturais ou urbanas.

Ainda de acordo com Assis (2010), em Belo Horizonte, a dinâmica climática além de receber influência da circulação atmosférica de maior escala (global e regional), existe a atuação direta de sistemas atmosféricos que caracterizam o seu clima local.

O Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) e a Massa Polar do Atlântico Sul (mPa), ambos são sistemas de alta pressão e causam tempo estável no município - o ASAS devido ao movimento subsidente do ar (fluxo de ar de cima para baixo), baixa

umidade relativa e alta temperatura, devido as características térmicas relacionadas geneticamente às latitudes subpolares. O ASAS atua durante todo o ano sobre BH, porém, com maior intensidade em meses de primavera e verão, ocasionando dias de temperaturas elevadas e pouca umidade relativa do ar. A Massa Polar, por sua vez, atua com maior força em meses de outono e inverno adentrando o continente que está menos aquecido (um dos fatores responsáveis pelo menor aquecimento do continente sul americano em meses de outono/inverno é o ângulo de inclinação do planeta com relação ao sol) e mantém o tempo firme. Nos outros meses o avanço da massa de ar se dá pelo litoral e oceano atlântico, ocorrendo pouca influência nos estados de tempo de Belo Horizonte, geralmente indicando leve declínio da temperatura (BORSATO, 2016).

Dois outros sistemas importantes na circulação atmosférica de Belo Horizonte são a Zona de Convergência Do Atlântico Sul (ZCAS) e a Zona de Convergência de Umidade (ZCOU), responsáveis pelos maiores volumes de chuva registrado em meses de primavera e verão na região sudeste e, conseqüentemente, em BH.

Os sistemas Frontais, formados no contato de massas de ar com propriedades físicas diferentes (quentes e frias), atuam durante todo o ano e são responsáveis por tempo instável, mudanças de temperatura e ocorrência de chuva no município e região. Ferreira (2006) descreve que a ocorrência de frentes frias ocasiona duas situações, onde, a primeira delas é anterior à chegada da frente fria e há a substituição do ar quente pelo frio, formando neste momento nuvens de chuva, trovoadas, mudanças na direção do vento e precipitação. Após a passagem da frente ocorre a segunda situação, que é de tempo limpo e menores temperaturas. As frentes quentes, por outro lado, causam precipitação de menor intensidade.

Os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM) e as Linhas de Instabilidade (LI), anteriormente definidos como aglomerados de tempestades (Lin, 2007 *apud* Moreira, 2015), atuam durante meses de primavera e verão causando, também, tempo instável com acumulados de precipitação que podem ter horas de duração e centenas de quilômetros de extensão.

Por fim, os sistemas que em condições de tempo específicas podem alterar a dinâmica atmosférica em BH e região são a Alta da Bolívia (AB), os Jatos de Baixos Níveis e a

Baixa do Chaco (BC). Assis (2010) descreve que os sistemas podem atuar em meses de verão devido a força dos sistemas de baixa pressão sobre a América do Sul e resultam em condições de tempo quente, úmido e com ocorrência de tempestades.

## **4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

Para a realização da pesquisa foi necessária uma busca por estudos e materiais bibliográficos referentes ao recorte espacial e objeto de estudo. Em seguida, levando-se em consideração a necessidade de uma análise climática a partir de diferentes escalas, os procedimentos metodológicos foram divididos nas seguintes etapas: (1) Levantamento das fontes de dados bibliográficos e meteorológicos; (2) Organização de dados e tratamento estatístico; (3) Análise de cartas sinóticas e imagens de satélite meteorológico; (4) Aplicação da análise rítmica; (5) Classificação dos tipos de tempos.

Para executar as etapas metodológicas, foi necessário, primeiramente, definir quais estações meteorológicas seriam fonte de dados para o desenvolvimento da pesquisa (produção dos gráficos de análise rítmica, principalmente) e em seguida definir o recorte temporal alvo da classificação de tipos de tempo. Por este motivo as duas etapas preliminares da pesquisa foram descritas logo abaixo.

### **4.1 Estações meteorológicas presentes na pesquisa**

As três estações meteorológicas localizam-se em áreas com diferentes contextos de uso do solo, topografia e altitude dentro de Belo Horizonte. Este contexto de inserção das estações permite distintas interações entre superfície - dinâmica atmosférica e, conseqüentemente, produz diversas respostas em termos de variação de temperatura, umidade relativa do ar, pressão, etc.

A primeira delas, convencional – Raja (83587), está localizada a 915m de altitude e em área densamente urbanizada. As outras duas estações são automáticas - Cercadinho (F501) e Pampulha (A521) e estão localizadas em áreas de preservação, com marcada presença de vegetação em seus entornos. A altitude em que as estações estão localizadas é um dos fatores que as diferencia, visto que, a estação do Cercadinho está a 1199m de altitude e a estação da Pampulha está a 854m - fato que contribui para possíveis diferenças de temperatura, pressão e exposição à circulação dos ventos. Um segundo fator de distinção entre as duas estações automáticas é a proximidade de áreas de intensa urbanização - pavimentação, construções de concreto, circulação de automóveis, já que, a estação da Pampulha

está próxima de vias de intensa circulação de carros, e bairros em todo o seu entorno, enquanto a estação do Cercadinho tem contato com ambiente urbano apenas em seus limites norte e leste - destaca-se que o contato com ambiente urbano também pode influenciar na manutenção e aumento da temperatura do ar ou na variação de outros atributos climáticos, por exemplo.

Dessa forma, a estação meteorológica que, para o entendimento da pesquisa, melhor representa a realidade climática de Belo Horizonte, num contexto geral, é a estação convencional (83587), localizada na porção central do município.

#### **4.2 Definição do recorte temporal de estudo**

A etapa inicial para o desenvolvimento do roteiro metodológico proposto consiste na definição da escala temporal de estudo. Para tal foi necessário o uso de dados de precipitação da estação meteorológica convencional de Belo Horizonte durante o período de 1961 a 2020 e aplicação da técnica de desvio padrão, proposta por Galvani e Luchiari (2012), desenvolvidos, também, em trabalhos posteriores de Silva et al. (2017) e por Jardim et al. (2019), que também envolveram estudos climáticos em Belo Horizonte. Ressalta-se que não foram aplicadas correções para os quatro anos de dados ausentes da série histórica dos totais anuais de chuva, haja vista o fato de não se ter privilegiado na análise esses dados, utilizados apenas para compreensão geral das variações desse atributo.

O regime de precipitação ao longo dos anos foi classificado como habitual – acumulado anual dentro da *média*, chuvoso – acumulado anual com *desvio positivo* em relação à média, ou seco – acumulado anual com *desvio negativo* em relação à média. O valor de referência para o ano habitual (1571,3) foi obtido por meio de média aritmética dos acumulados anuais do período de 1961 a 2020; já os valores de referência para anos secos e chuvosos foram resultado da subtração ou soma do valor de desvio padrão (343,4) com base na média. Então, todo o registro superior a 1179,3 mm e inferior a 1860,7 mm está dentro da média. As tabelas abaixo mostram os valores de referência e cores utilizadas para representação (tabela 3) e os valores anuais de precipitação para todo o período de 1961 a 2020 (tabela 4).

Tabela 3 - Desvio padrão, média e limites de anos secos e chuvosos.

| Desvio Padrão (mm) | Média/Ano habitual (mm) | Ano seco (mm) | Ano chuvoso (mm) |
|--------------------|-------------------------|---------------|------------------|
| 343,44             | 1517,3                  | 1179,3        | 1860,7           |

Elaboração: Jaqueline C. Silva, 2021.

Tabela 4 - Precipitação anual e distribuição dos anos habituais, secos e chuvosos.

| Ano  | Precipitação (mm) | Ano  | Precipitação (mm) |
|------|-------------------|------|-------------------|
| 1961 | 1375,8            | 1991 | 1818,6            |
| 1962 | 1984,9            | 1992 | 1698,5            |
| 1963 | 497               | 1993 | 1473,8            |
| 1964 | 1870,5            | 1994 | 1450              |
| 1965 | 1869,2            | 1995 | 1791              |
| 1966 | 1527,9            | 1996 | 1715,3            |
| 1967 | 1281,5            | 1997 | 1522,3            |
| 1968 | 1438,5            | 1998 | 1511,5            |
| 1969 | 1394,1            | 1999 | 1342,7            |
| 1970 | 1129              | 2000 | 1576,4            |
| 1971 | 1476,4            | 2001 | 1459,2            |
| 1972 | 1444,8            | 2002 | 1488,5            |
| 1973 | 1451,1            | 2003 | 1723,5            |
| 1974 | 1330,8            | 2004 | 1936,8            |
| 1975 | 1424,8            | 2005 | 1618,1            |
| 1976 | 1292,1            | 2006 | 1567,9            |
| 1977 | 1203,5            | 2007 | 1163,2            |
| 1978 | 1789,4            | 2008 | 2024,7            |
| 1979 | 1718,7            | 2009 | 2151,5            |
| 1980 | -                 | 2010 | 1700,5            |
| 1981 | 1084,2            | 2011 | 2026,2            |
| 1982 | 1303,5            | 2012 | 1335,5            |
| 1983 | 2307              | 2013 | 1573              |
| 1984 | 1309,7            | 2014 | 944,1             |
| 1985 | -                 | 2015 | 1245,2            |
| 1986 | -                 | 2016 | 1373,3            |
| 1987 | 1253,7            | 2017 | 1169,9            |
| 1988 | -                 | 2018 | 1621              |
| 1989 | 1811,8            | 2019 | 997,9             |
| 1990 | 1039,6            | 2020 | 2337,8            |

Elaboração: Jaqueline C. Silva, 2021.

Com base na análise da figura acima, o ano de 2020, representativo de ano chuvoso, foi selecionado para análise e posterior classificação na pesquisa, por ser mais recente, fato que contribuiu para a coleta de informações/dados (não somente meteorológicos) a respeito do recorte espacial de estudo e que está mais próximo da realidade local/atual de BH, partindo do ponto de vista cronológico.

### 4.3 Levantamento das fontes de dados bibliográficos e meteorológicos

Definido o recorte temporal para desenvolvimento da pesquisa, foi necessário: (1) levantamento de material bibliográfico - que serviu de base para a discussão teórico-metodológica; (2) dados das estações meteorológicas automáticas e convencional de Belo Horizonte, obtidos por meio do endereço eletrônico do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET ([www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br)), gerados continuamente em escala horária para todo o segmento temporal de análise, em função das características diferenciadas em termos de sucessão das massas de ar e tipos de tempo; (3) imagens de satélite meteorológico (Goes 13<sup>2</sup> e 16) no canal infravermelho - IR e (4) cartas sinóticas, obtidas nos endereços eletrônicos do Centro de Hidrografia da Marinha do Brasil ([www.marinha.mil.br](http://www.marinha.mil.br)) e Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE ([www.cptec.inpe.br](http://www.cptec.inpe.br)), respectivamente. A tabela 5 mostra o tipo de dado presente na pesquisa e o seu uso.

Tabela 5 - Dados utilizados na pesquisa e recorte temporal.

| Tipo de dado                        | Período     | Uso                                     |
|-------------------------------------|-------------|---|
| Precipitação                        | 1961 - 2020 | Definição da escala temporal de estudo  |
|                                     | 2020        | Análise rítmica                         |
| Temperatura                         | 2020        | Análise rítmica                         |
| Umidade relativa                    | 2020        | Análise rítmica                         |
| Pressão                             | 2020        | Análise rítmica                         |
| Direção dos ventos                  | 2020        | Análise rítmica                         |
| Imagem de satélite e carta sinótica | 2020        | Identificação dos sistemas atmosféricos |

Elaboração: Jaqueline C. Silva, 2021.

<sup>2</sup> O satélite Goes 13 foi substituído pelo Goes 16, tendo suas imagens disponíveis até a data de 08/01/2018.

#### **4.4 Organização de dados e tratamento estatístico**

A fim de otimizar a análise de dados e identificar possíveis falhas ou ausências, os dados foram organizados em tabelas por meio do software Microsoft Excel. A etapa seguinte envolveu a aplicação de recursos estatísticos básicos para o tratamento inicial dos dados, por meio de médias, máximas e mínimas para todos os elementos climáticos anteriormente citados.

A técnica de desvio padrão permitiu definir o recorte temporal de estudo, dado o seu princípio de estabelecer o quão distante os volumes anuais de chuva estão com relação à média da série temporal (1961 - 2020).

A elaboração de gráficos para os mesmos elementos permitiu a melhor visualização dos dados, visando identificar a abrangência temporal das variações e inferir os fatores responsáveis pela sua organização.

#### **4.5 Análise sinótica e de imagens de satélite**

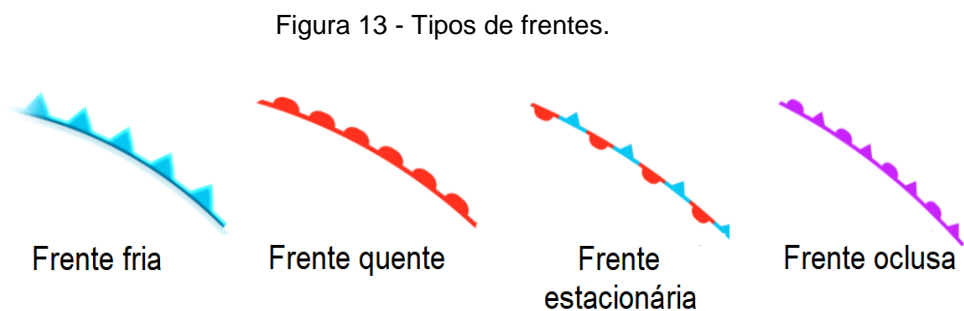
As cartas sinóticas e as imagens de satélite auxiliaram na identificação dos sistemas atmosféricos ou massas de ar que estiverem atuando sobre BH durante o período de estudo. Neste momento da pesquisa foi necessária a análise diária desse material, observando a entrada e avanço de sistemas atmosféricos, bem como a sua repercussão espacial - seja no aumento ou diminuição da temperatura e umidade relativa do ar, ou por meio de registros de precipitação. Para tal, os dados meteorológicos foram utilizados para complementar o que for identificado nas cartas sinóticas e imagens de satélite e vice-versa.

Em relação às cartas sinóticas, a partir das contribuições de Vide (1991) foram considerados os seguintes elementos para a identificação das condições atmosféricas:

Valor e a posição dos centros de alta (A) e baixa pressão (B): Os anticiclones (A) possuem valor de pressão crescente em relação ao seu centro, e, na carta sinótica, representarão a atuação de sistemas detentores de tempo estável. Os ciclones (B),

têm ação contrária e o seu valor de pressão diminui em direção ao seu centro e representarão tempo instável.

Presença de frentes - frias, quentes ou oclusas: as frentes representam a superfície frontal que separa duas massas de ar de propriedades físicas distintas. Na carta sinótica elas indicam mudanças e instabilidade temporal, seja por meio de chuva, queda ou aumento da temperatura. Na carta sinótica as frentes estarão representadas conforme a figura (13) abaixo:



Elaboração: Jaqueline C. Silva, 2021.

Linhas de instabilidades e Complexos Convectivos de Mesoescala: compostas por células convectivas dispostas de forma alinhada ou em formato circular, respectivamente. As LI's estarão atreladas a outros sistemas causadores de tempo instável, e se apresentam na carta sinótica em forma de linha pontilhada.

Para as imagens de satélite, o trabalho de Ferreira (2006) foi base de análise, onde foram identificados elementos necessários para a interpretação das imagens e que, assim como as cartas sinóticas, irão possibilitar a identificação de sistemas atmosféricos, bem como o seu avanço e/ou permanência sobre a área de estudo. Os principais elementos de análise nas imagens de satélite foram os seguintes:

Nebulosidade: a quantidade e a tipologia das nuvens presentes na imagem de satélite indicarão as condições em que foram formadas, seja um cenário de estabilidade (nuvens estratiformes) ou instabilidade (nuvens cumuliformes). A forma, brilho e textura das nuvens também auxiliarão na identificação do contexto atmosférico de sua formação.

Escalas de cinza: as variações nos tons de cinza nas imagens indicam regiões com menores temperaturas, com variações do branco ao cinza claro, ou maiores temperaturas com variações do preto ao cinza escuro.

#### **4.6 Aplicação da análise rítmica**

Em seguida, a partir da escolha de sequências representativas de determinados segmentos temporais, foi aplicada a “análise rítmica” conforme critérios estabelecidos por Monteiro (1971) em seu trabalho *“Análise Rítmica em Climatologia”*, onde foi possível identificar a variação dos atributos climáticos (temperatura, umidade relativa, pressão, direção dos ventos) a partir de observações locais (em Belo Horizonte) detalhadas em unidades de tempo horário-diárias, de forma contínua e concomitante, com a finalidade de compreender a gênese, dinâmica e evolução das condições atmosféricas em interação com fatores de superfície (vegetação, áreas urbanas e formas de relevo, por exemplo).

A análise diária e concomitante da variação dos elementos climáticos corresponde a sucessão dos sistemas atmosféricos ao longo do recorte temporal da pesquisa. A observação dia-a-dia permite a identificação de entradas/permanência e dissipação de diferentes sistemas bem como sua repercussão nos registros de temperatura, umidade ou precipitação. Para ilustrar tal situação, deve-se supor a entrada de uma massa de ar polar. Os dias que antecedem a sua chegada tem aumento de temperatura (situação pré-frontal, onde o ar quente é comprimido pelo ar frio sobre determinada área), e, logo após a sua entrada ocorre o declínio da temperatura que pode ser acompanhado de precipitação. Estes foram aspectos observados e registrados na análise rítmica, que vão de encontro as palavras de Monteiro (1969, pg. 13) ao afirmar que “é pela sucessão que se percebem as diferentes combinações dos elementos climáticos entre si e suas relações com os demais elementos do quadro geográfico. É a sequência que conduz ao ritmo, e o ritmo é a essência da análise dinâmica”.

São definidas, ainda, algumas premissas básicas para fundamentar o processo de construção da análise rítmica e contribuirão para o entendimento do clima local. Uma delas é a referente a análise e representação dos elementos que compõem o principal

resultado dessa técnica, que é o gráfico de análise rítmica. Dados climáticos como a temperatura, umidade relativa do ar e precipitação, por exemplo, foram representados em uma única prancha com o objetivo de visualizar, analisar e entender a sua repercussão. Essa análise conjunta é que permitirá entender o ritmo climático local (MONTEIRO, 1971).

Outra premissa apontada pelo autor (MONTEIRO, 1971) diz respeito à capacidade da análise rítmica em revelar a gênese dos fenômenos climáticos através da análise diária e simultânea dos elementos atmosféricos. A análise mostra a interação desses elementos com os fatores climáticos presentes na determinada área (BH em questão), oferecendo então parâmetros eficazes para o apontamento e avaliação dos diferentes problemas geográficos presentes na região.

Assim sendo, os dados necessários à análise estão representados por meio do gráfico de análise rítmica, onde a visualização simultânea dos atributos climáticos e suas respectivas variações, possibilitou a identificação do ritmo estabelecido dia após dia, dentro do recorte temporal estabelecido para análise (ano de 2020).

#### **4.7 Classificação dos tipos de tempos**

Por fim, foram classificados os tipos de tempo. Essa etapa dependeu dos subsídios produzidos nas etapas anteriores, incluindo o trabalho estatístico dos dados quantitativos das estações meteorológicas e da análise das imagens de satélite e cartas sinóticas.

Para tal, foi feita a análise comparativa dos dados da rede de estações meteorológicas locais, a fim de identificar a influência dos fatores que imprimiram modificações na variação dos atributos climáticos (utilizados na análise rítmica), mesmo sob a ação de uma mesma massa de ar. Portanto, não se trata apenas de identificar a massa de ar (nível regional), mas variações menores (nível local) que constituem os tipos de tempos, tendo como referência os trabalhos de Tarifa (1972; 1973) e Morais *et al.* (1977), onde foram definidos famílias e tipos, conforme as características de estabilidade ou instabilidade ou de condição neutra, associadas ao impacto local diferenciado da massa de ar. A massa de ar ou sistema atmosférico pode influenciar

todo o estado de Minas Gerais. Já os tipos de tempo correspondem a unidades de menor dimensão, no interior dos sistemas atmosféricos, resultado da interação da camada basal da massa de ar com a superfície.

No trabalho produzido por Moraes *et.al* (1977) foram classificados os tipos de tempo na cidade de São Paulo para o ano de 1974 por meio do Balanço de radiação, da identificação dos principais centros de ação e de análise se “situações climatológicas” ocorridas ao longo do ano. A classificação gerou 11 “classes de tipos de tempo” que foram agrupadas em 5 “famílias de tipo de tempo”. Posteriormente foi calculada a frequência relativa mensal das classes e famílias de tipos de tempo, com o intuito de caracterizar (mesmo que de forma preliminar) o ritmo de sucessão dos tipos de tempo de São Paulo.

As classes de tipos de tempo definidos pelos autores supracitados foram categorizadas com base nos sistemas atmosféricos identificados – Sistema polar Atlântico (SPA), Sistema tropical (STA), Sistema frontal Atlântico (SFA) e Sistema depressionário continental (SDC), e também com a análise diária de dados de temperatura, pressão, umidade relativa, insolação, direção e intensidade do vento e precipitação. A junção da atuação dos centros de ação/sistemas atmosféricos e dos dados meteorológicos resultaram nas seguintes classes:

- 1) Anticiclônico Polar Oceânico de SE;
- 2) Anticiclônico Polar em Processo de Tropicalização de Leste;
- 3) Anticiclônico Polar Tropicalizado de NNE;
- 4) Anticiclônico Tropical Dinâmico do Atlântico de NNE;
- 5) Depressionário Continental da Baixa do Chaco;
- 6) Depressionário Continental de NW;
- 7) Tempo Instável (Baixas Pressões), de Calhas Induzidas ou Instabilidades Pré-Frontais;
- 8) Frontal Chuvoso de SE;
- 9) Frontal Ciclônico de SSE;
- 10) Frontal Encoberto Estável de SW;
- 11) Anticiclônico Polar Continental de SW.

A organização das “classes de tipos de tempo” em “famílias” levou em consideração o sistema atmosférico que dá nome a classe e também a sua área de atuação, seja ela continental ou oceânica, resultando nas seguintes nomenclaturas:

Anticiclônico Polar Oceânico – APO (Tipos de tempo 1, 2, 3);

Anticiclônico Polar Continental – APC (Tipos de tempo 11);

Anticiclônico Tropical Oceânico – ATO (Tipos de tempo 4);

Depressionários continentais – DC (Tipos de tempo 5 e 6);

Frontais – F (Tipos de tempo 7, 8, 9 e 10).

#### **4.7.1 Os tipos de tempo presentes na pesquisa**

A análise conjunta dos elementos climáticos (temperatura, umidade, pressão, direção dos ventos e precipitação), cartas sinóticas e imagens de satélite permitiu a identificação dos sistemas atmosféricos atuantes no recorte temporal de estudo, bem como a decomposição escalar que permitiu o alcance das subcategorias de tipos de tempo aqui definidas.

Após a identificação do sistema atmosférico atuante, foi necessário entender as variações dos elementos climáticos (por meio da análise rítmica) e seus comportamentos diante do contexto climático, seja pela sequência de dias chuvosos ocasionados por uma ZCAS, ou por dias de temperatura reduzida, ocasionados pela atuação de uma mPa.

A classificação geral de tipos de tempo tomou por base as condições de estabilidade, instabilidade e transitoriedade atmosférica, onde, após essa definição geral, foi possível chegar em contextos de maior particularidade climática.

Em suma, a partir da (1) identificação das massas de ar e (2) definição das condições da estabilidade/instabilidade/transitoriedade, (3) partiu-se para a caracterização dos tipos de tempo locais com base nas variações dos atributos climáticos e considerando as especificidades das estações do ano. Para tal, tornou-se necessário considerar os diferentes níveis escalares do clima, bem como sua organização de forma hierárquica.

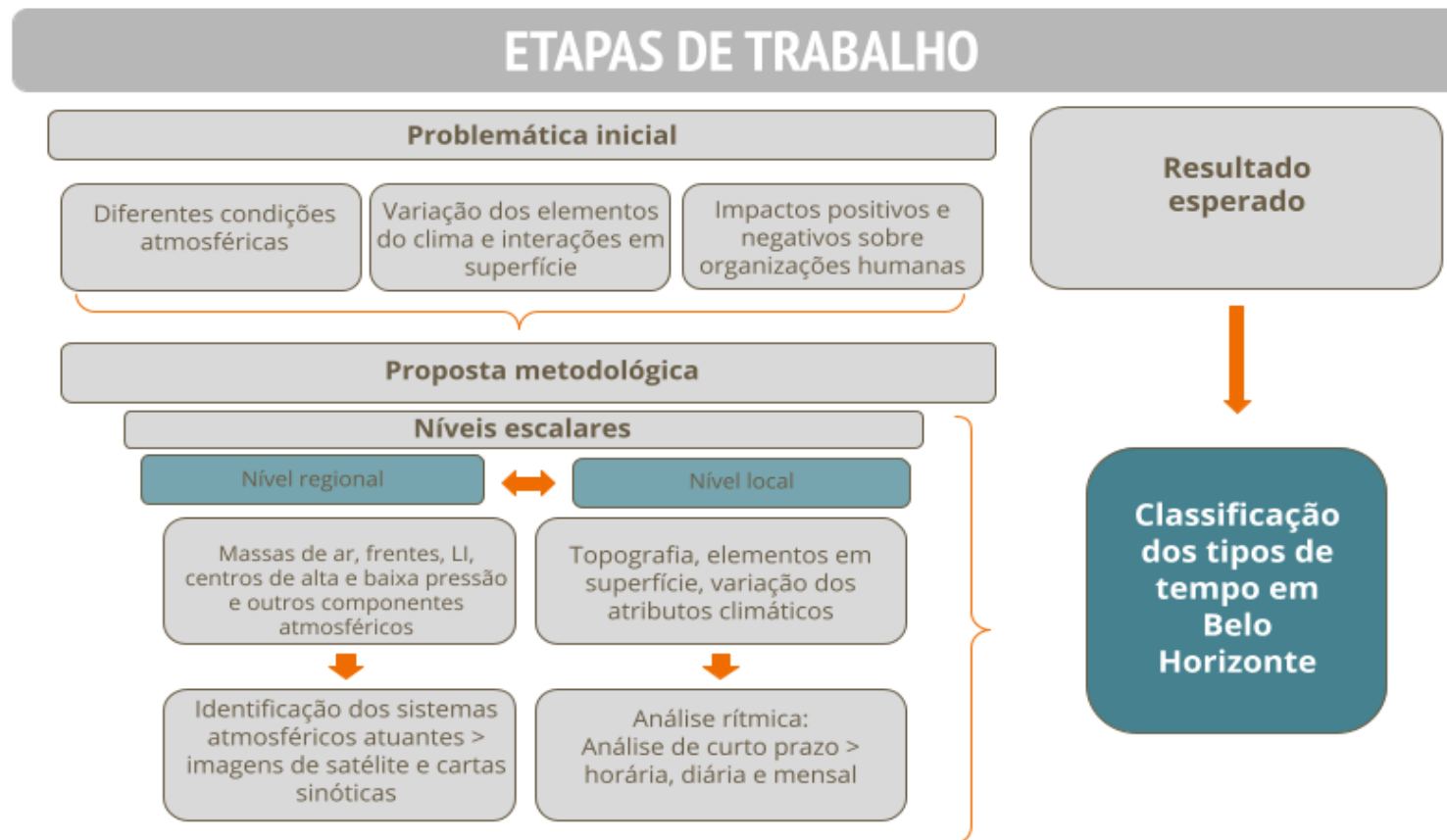
A classificação proposta na pesquisa partiu do contexto geral da atmosfera, ou seja, do sistema atmosférico atuante não somente sobre Belo Horizonte, mas sobre regiões inteiras do país. A partir disso, houve o detalhamento da análise com base em dados obtidos em escala local (dados das estações meteorológicas), por meio de suas variações, dia após dia.

A análise interpretativa considerando escalas regionais (sistemas atmosféricos) em direção a escalas locais (dados meteorológicos) permitiu a particularização de contextos atmosféricos aqui denominados tipos de tempo.

## 4.8 Fluxograma

O fluxograma abaixo (figura 14) indica as etapas que foram necessárias para o desenvolvimento da pesquisa.

Figura 14 - Fluxograma de etapas da pesquisa.



Elaboração: Jaqueline C. Silva.

## **5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

### **5.1 - PARTE I - ANÁLISE SINÓTICA**

A análise sinótica para o período de estudo permitiu identificar os sistemas atmosféricos atuantes, bem como classificar os tipos de tempo presentes em Belo Horizonte. Durante o ano de 2020 foi registrado um volume de precipitação acima de médias históricas, com 2.337,8mm acumulados, quando grande parte desse volume de chuva esteve concentrado nos primeiros meses do ano, dadas as condições de chuvas intensas que tiveram início no verão de 2019. As variações dos elementos climáticos estão descritas e analisadas nos tópicos abaixo.

#### **5.1.1 Análise sinótica para meses de verão**

A análise sinótica do período mostra uma dinâmica atmosférica característica em meses de verão, com marcada atuação da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), da Massa Tropical Atlântica (mTa), da Frente Polar do Atlântico (FPA), Zona de Convergência de Umidade (ZCOU) e da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). A Massa Polar do Atlântico (mPa) teve breves passagens ao longo dos meses, ocasionando queda de temperatura e instabilidade temporal e, em alguns casos, sua atuação ocorreu em estágios de tropicalização devida à configuração da atmosfera durante o verão.

Ao longo dos meses foram registradas condições de tempo instável, com grande registro de precipitação totalizando 934,7mm em janeiro, 391,8 em fevereiro, 174,5mm até 20 de março (fim do verão no hemisfério sul) e, por fim, 278,1mm em dezembro, número que atingiu recordes históricos, com base em dados das normais climatológicas que indicam 339,1mm (dezembro) como valor acumulado (Normais climatológicas 1991-2020; Inmet 2023).

## **Janeiro, 2020**

O mês de janeiro caracterizou-se por altos volumes de chuva (934,7mm) e tempo instável. Nos dias 1 e 2 houve domínio da mTa, e registro de tempo instável com presença de nuvens convectivas e chuva (acumulado de 75mm). Torna-se importante registrar que chuvas ocorridas sob o domínio desse sistema atmosférico representam instabilidades locais (na forma de chuvas isoladas, forte convecção etc.). A mTa caracteriza-se por ser uma massa de ar estável, não relacionada com a ocorrência de instabilidade temporal em sua gênese.

No dia 03/01 ocorre a formação da ZCAS favorecendo a ocorrência de tempo instável e chuvoso até o dia 05/01. No intervalo foram registrados 122,1mm de precipitação. Nos dias seguintes (6/1 a 14/1) permanecem condições de tempo indefinido ligadas a baixas pressões/instabilidade atmosférica. No intervalo foram registrados 75mm de chuva.

Dos dias 15 a 20/1 ocorre a atuação da Frente Polar do Atlântico (FPA) com força “reduzida” / enfraquecida (característica dentro do esperado para meses de verão). Nesse intervalo temporal foram registrados 201,5mm de precipitação e temperaturas com leve declínio, se comparado aos dias anteriores.

Durante os dias 23, 24 e 25 ocorre a formação e atuação de uma ZCAS. Neste intervalo temporal foram registrados 320,9mm de precipitação com a formação da tempestade subtropical. No intervalo foram registradas também, condições de tempo com forte instabilidade e formação de núcleos térmicos de baixa pressão.

Nos dias seguintes (26 e 27/01) a instabilidade temporal é reduzida, favorecendo a atuação de uma mPa (com características tropicalizadas) e leve aumento da temperatura (aproximadamente 2°C).

Nos últimos quatro dias do mês permanecem condições de tempo instável, com presença de linhas de instabilidade, registros de chuva e aumento da temperatura.

Durante os dias 28 e 29 ocorre novamente a participação do ASAS e nos dias 30 e 31 há atuação da mTa (dentro da área e influência do ASAS).

### **Fevereiro, 2020**

O mês de fevereiro foi, em sua maioria, de tempo instável, com participação da FPA, ZCOU e ZCAS. Ao longo do mês foram registrados 391,8mm de precipitação e a temperatura média foi de 23,44°C.

Os primeiros dias do mês tiveram temperaturas elevadas – na casa dos 25 graus, devido a condição de atuação da FPA em condição pré-frontal que ocorreu no fim do mês de janeiro. Nos dias seguintes - de 5/2 até 9/2, após a passagem da FPA e entrada da mTa, ocorre a redução das temperaturas e registro de chuva. Durante os dias seguintes o tempo seguiu com instabilidade atmosférica, registro de chuva e temperaturas elevadas – ocasionadas pela presença da mTa e da FPA em condição pré-frontal. Os últimos dois dias do mês tiveram temperaturas reduzidas devido a atuação da FPA seguida da ZCOU.

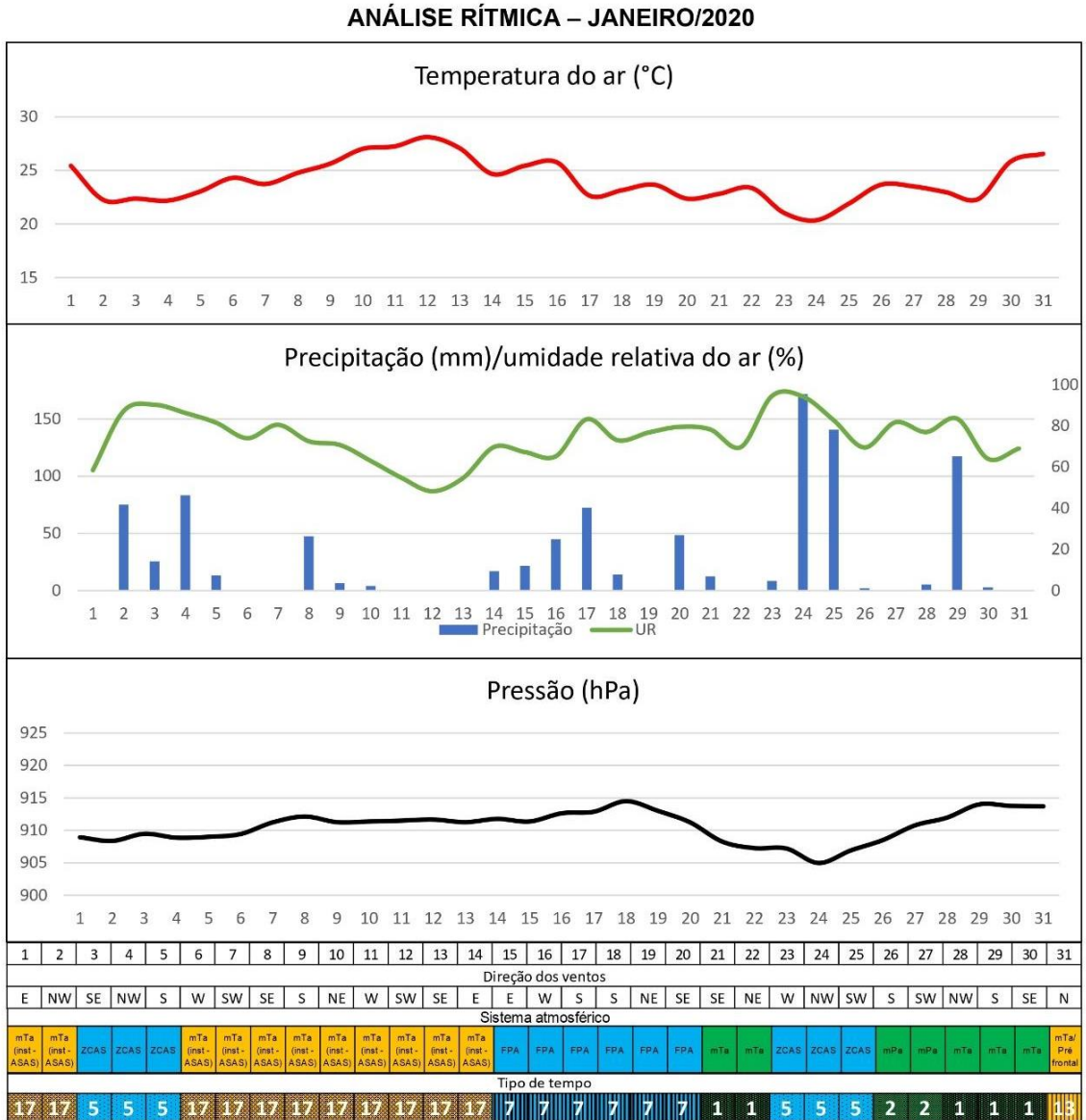
### **Março, 2020**

O mês de março também foi de tempo instável e chuvoso, com acumulado registrado de 296,8mm. Durante os 5 primeiros dias do mês foi registrada a participação da ZCAS, concentrando 88,2mm de precipitação. Outros volumes de chuva foram causados pela atuação de uma tempestade subtropical e também pela Frente Polar do Atlântico.

A temperatura média ao longo do mês foi de 22,4°C, e os dias de tempo instável foram caracterizados pela atuação da mTa e da mPa em estágio tropicalizado, fato que permitiu a manutenção das temperaturas na casa dos 22 graus.

As variações dos elementos climáticos para o período analisado estão anexadas abaixo nas figuras 15 até 20.

Figura 15 - Gráfico de análise rítmica.



Legenda:

|   |                               |          |   |    |                       |             |  |    |                     |             |  |
|---|-------------------------------|----------|---|----|-----------------------|-------------|--|----|---------------------|-------------|--|
| 1 | mTa                           | Estável  | Tipo de tempo estável anticiclónico atlântico           | 7  | FPA                   | Instável    | Tipo de tempo frontal instável polar do atlântico  | 13 | mTa/Pré-frontal     | Transitório | Tipo de tempo transitório de temperaturas aumentadas oriundas da condição pré-frontal                          |
| 2 | mPa                           | Estável  | Tipo de tempo estável anticiclónico polar               | 8  | Ciclone extratropical | Instável    | Tipo de tempo ciclónico convectivo acentuadamente instável   | 14 | LI/mPa              | Transitório | Tipo de tempo transitório com instabilidade e sutil aumento de temperatura oriundos de perturbação atmosférica |
| 3 | mPa em vias de tropicalização | Estável  | Tipo de tempo anticiclónico estável polar aquecido      | 9  | FPA/mPa               | Transitório | Tipo de tempo transitório polar do atlântico acompanhado de nebulosidade e precipitação            | 15 | FPA/Pré-frontal     | Transitório | Tipo de tempo transitório convectivo de temperaturas elevadas e sutil precipitação                             |
| 4 | mPa tropicalizada             | Estável  | Tipo de tempo anticiclónico estável polar tropicalizado | 10 | FPA/LI                | Transitório | Tipo de tempo transitório chuvoso com temperaturas reduzidas oriundo de perturbações atmosféricas  | 16 | FPA/Pós-frontal     | Transitório | Tipo de tempo transitório de nebulosidade aumentada e sutil registro de chuva                                  |
| 5 | ZCAS                          | Instável | Tipo de tempo instável chuvoso de NO-SE                 | 11 | mPa/Pós-frontal       | Transitório | Tipo de tempo transitório de fraca instabilidade tendendo a chuva e redução sutil das temperaturas | 17 | mTa (instável-ASAS) | Transitório | Tipo de tempo transitório convectivo de L  |
| 6 | ZCOU                          | Instável | Tipo de tempo instável chuvoso de curto prazo           | 12 | mPa tropicalizada/mTa | Transitório | Tipo de tempo transitório de baixa instabilidade e de sutil aquecimento oriundo da mTa             | 18 | Pré-frontal         | Transitório | Tipo de tempo transitório frontal aquecido de baixa instabilidade  |

Elaboração: Jaqueline C. Silva, 2021.

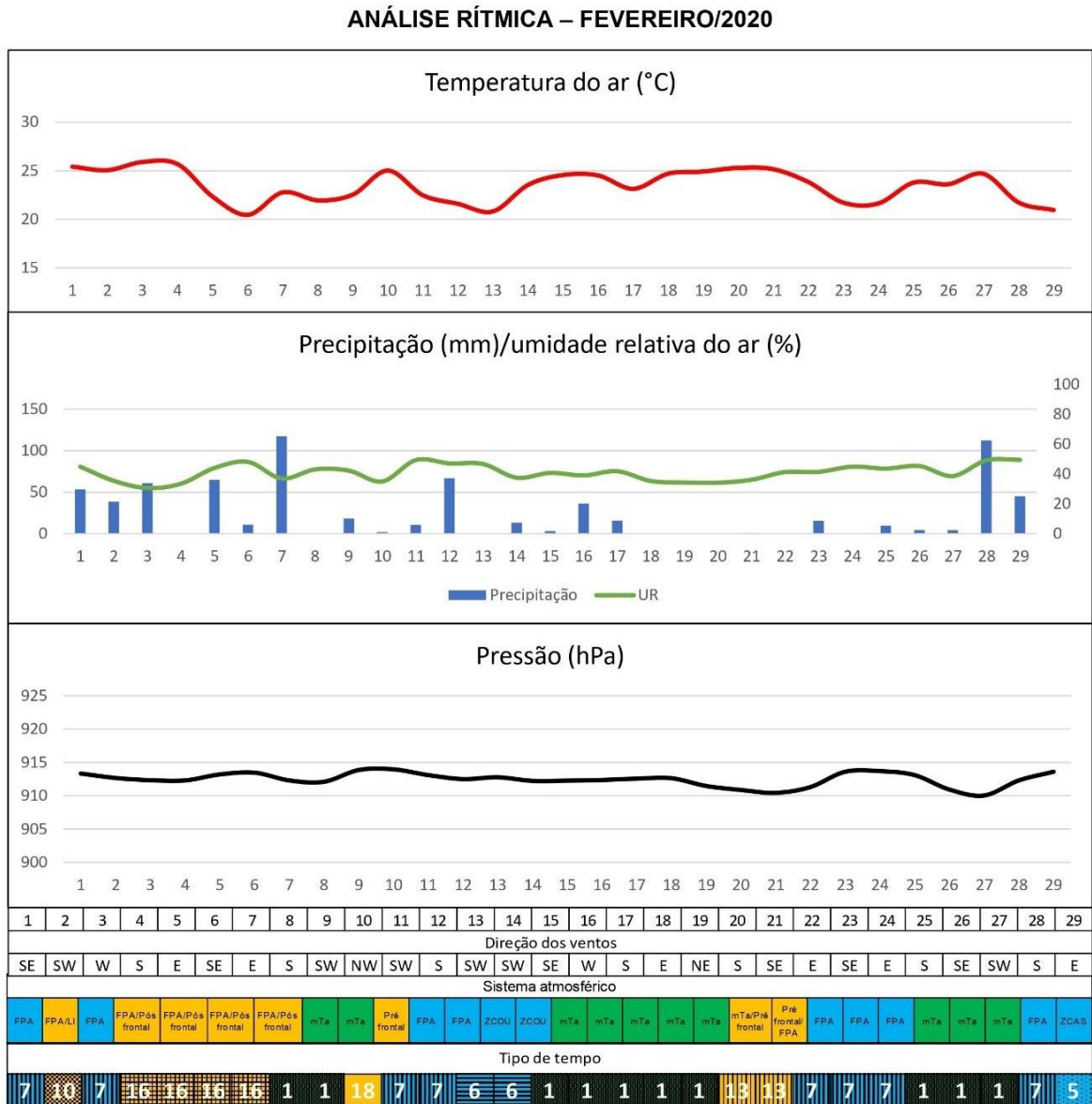
A figura abaixo (16) mostra, de forma sintetizada, as condições atmosféricas para o mês de janeiro – 2020:

Figura 16 - Síntese sinótica.

| Dia | Aspectos sinóticos   | Sistema atmosférico   |
|-----|--|-----------------------|
| 1   | Presença de nuvens convectivas. Circulação geneticamente ligada ao ASAS e perturbações induzidas pela frente fria (sistemas convectivos).                          | mTa (instável - ASAS) |
| 2   | Presença de nuvens convectivas. Circulação geneticamente ligada ao ASAS e perturbações induzidas pela frente fria (sistemas convectivos). Aumento da nebulosidade. | mTa (instável - ASAS) |
| 3   | Atuação do ASAS no oceano atlântico. Tempo instável e chuvoso, com formação de ZCAS.   | ZCAS                  |
| 4   | Atuação da ZCAS no sudeste, favorecendo o tempo instável e chuvoso.  | ZCAS                  |
| 5   | Atuação da ZCAS no sudeste, favorecendo o tempo instável e chuvoso.  | ZCAS                  |
| 6   | Condição de tempo neutro/indefinido ligado a baixas pressões/instabilidade   | mTa (instável - ASAS) |
| 7   | Condição de tempo neutro/indefinido ligado a baixas pressões/instabilidade   | mTa (instável - ASAS) |
| 8   | Condição de tempo neutro/indefinido ligado a baixas pressões/instabilidade. Registro de chuva.   | mTa (instável - ASAS) |
| 9   | Condição de tempo neutro/indefinido ligado a baixas pressões/instabilidade. Registro de chuva.   | mTa (instável - ASAS) |
| 10  | Condição de tempo neutro/indefinido ligado a baixas pressões/instabilidade. Registro de chuva.   | mTa (instável - ASAS) |
| 11  | Condição de tempo neutro/indefinido ligado a baixas pressões/instabilidade. Sem registro de chuva.   | mTa (instável - ASAS) |
| 12  | Condição de tempo neutro/indefinido ligado a baixas pressões/instabilidade. Sem registro de chuva.   | mTa (instável - ASAS) |
| 13  | Condição de tempo neutro/indefinido ligado a baixas pressões/instabilidade. Sem registro de chuva. Tempo oscilando entre estável e instável.                       | mTa (instável - ASAS) |
| 14  | Condição de tempo instável ligado a baixas pressões/instabilidade. Registro de chuva.  | mTa (instável - ASAS) |
| 15  | Condição de tempo instável, associado a área de influência da frente fria. Registro de chuva e temperatura em declínio associado ao sistema frontal.               | FPA                   |
| 16  | Condição de tempo instável, associado a área de influência da frente fria. Registro de chuva e temperatura em declínio associado ao sistema frontal.               | FPA                   |
| 17  | Condição de tempo instável, associado a área de influência da frente fria. Registro de chuva e temperatura em declínio associado ao sistema frontal.               | FPA                   |
| 18  | Condição de tempo instável, associado a área de influência da frente fria. Registro de chuva e temperatura em declínio associado ao sistema frontal.               | FPA                   |
| 19  | Condição de tempo instável/neutro, associado a área de influência da frente fria. Sem registro de chuva e nebulosidade elevada.                                    | FPA                   |
| 20  | Condição de tempo instável, associado a área de influência da frente fria. Registro de chuva e temperatura em declínio associado ao sistema frontal.               | FPA                   |
| 21  | Condição de tempo instável, com núcleos térmicos de baixa pressão e linha de instabilidade na área de influência do ASAS.  | mTa                   |
| 22  | Condição de tempo instável, com núcleos térmicos de baixa pressão e linha de instabilidade na área de influência do ASAS, configurando uma ZCOU/ZCAS               | mTa                   |
| 23  | Condição de tempo instável, com núcleos térmicos de baixa pressão e linha de instabilidade com atuação da ZCAS   | ZCAS                  |
| 24  | Condição de tempo instável (forte instabilidade), com núcleos térmicos de baixa pressão e atuação da ZCAS. Presença da tempestade subtropical Kurumi               | ZCAS                  |
| 25  | Condição de tempo instável (forte instabilidade), com núcleos térmicos de baixa pressão e atuação da ZCAS. Presença da tempestade subtropical Kurumi               | ZCAS                  |
| 26  | Condição de tempo instável, com instabilidade decrescente e na área de influência da mPa (tropicalizada).  | mPa                   |
| 27  | Condição de tempo instável, com instabilidade decrescente e na área de influência da mPa (tropicalizada).  | mPa                   |
| 28  | Aumento da nebulosidade, tempo instável, com registro de chuva (sob ação da ZCOU), na área de influência do ASAS   | ASAS                  |
| 29  | LI. Tempo instável. Registros de chuva, dentro da área de influencia do ASAS.  | ASAS                  |
| 30  | Condição de tempo quente e estável, dentro da área de influência do ASAS.  | mTa/ASAS              |
| 31  | Aumento da temperatura, sem registro de precipitação   | mTa/pré frontal       |

Elaboração: Jaqueline C. Silva, 2021.

Figura 17 - Gráfico de análise rítmica.



Legenda:

|   |                               |          |   |    |                       |             |  |    |                     |             |  |
|---|-------------------------------|----------|---|----|-----------------------|-------------|--|----|---------------------|-------------|--|
| 1 | mTa                           | Estável  | Tipo de tempo estável anticiclônico atlântico           | 7  | FPA                   | Instável    | Tipo de tempo frontal instável polar do atlântico  | 13 | mTa/Pré frontal     | Transitório | Tipo de tempo transitório de temperaturas aumentadas oriundas da condição pré frontal                          |
| 2 | mPa                           | Estável  | Tipo de tempo estável anticiclônico polar               | 8  | Ciclone extratropical | Instável    | Tipo de tempo ciclônico convectivo acentuadamente instável   | 14 | LJ/mPa              | Transitório | Tipo de tempo transitório com instabilidade e sutil aumento de temperatura oriundos de perturbação atmosférica |
| 3 | mPa em vias de tropicalização | Estável  | Tipo de tempo anticiclônico estável polar aquecido      | 9  | FPA/mPa               | Transitório | Tipo de tempo transitório polar do atlântico acompanhado de nebulosidade e precipitação            | 15 | FPA/Pré frontal     | Transitório | Tipo de tempo transitório convectivo de temperaturas elevadas e sutil precipitação                             |
| 4 | mPa tropicalizada             | Estável  | Tipo de tempo anticiclônico estável polar tropicalizado | 10 | FPA/LI                | Transitório | Tipo de tempo transitório chuvoso com temperaturas reduzidas oriundo de perturbações atmosféricas  | 16 | FPA/Pós frontal     | Transitório | Tipo de tempo transitório de nebulosidade aumentada e sutil registro de chuva                                  |
| 5 | ZCAS                          | Instável | Tipo de tempo instável chuvoso de NO-SE                 | 11 | mPa/Pós frontal       | Transitório | Tipo de tempo transitório de fraca instabilidade tendendo a chuva e redução sutil das temperaturas | 17 | mTa (instável-ASAS) | Transitório | Tipo de tempo transitório convectivo de L  |
| 6 | ZCOU                          | Instável | Tipo de tempo instável chuvoso de curto prazo           | 12 | mPa tropicalizada/mTa | Transitório | Tipo de tempo transitório de baixa instabilidade e de sutil aquecimento oriundo da mTa             | 18 | Pré frontal         | Transitório | Tipo de tempo transitório frontal aquecido de baixa instabilidade  |

Elaboração: Jaqueline C. Silva, 2021.

A figura abaixo (18) mostra, de forma sintetizada, as condições atmosféricas para o mês de fevereiro – 2020:

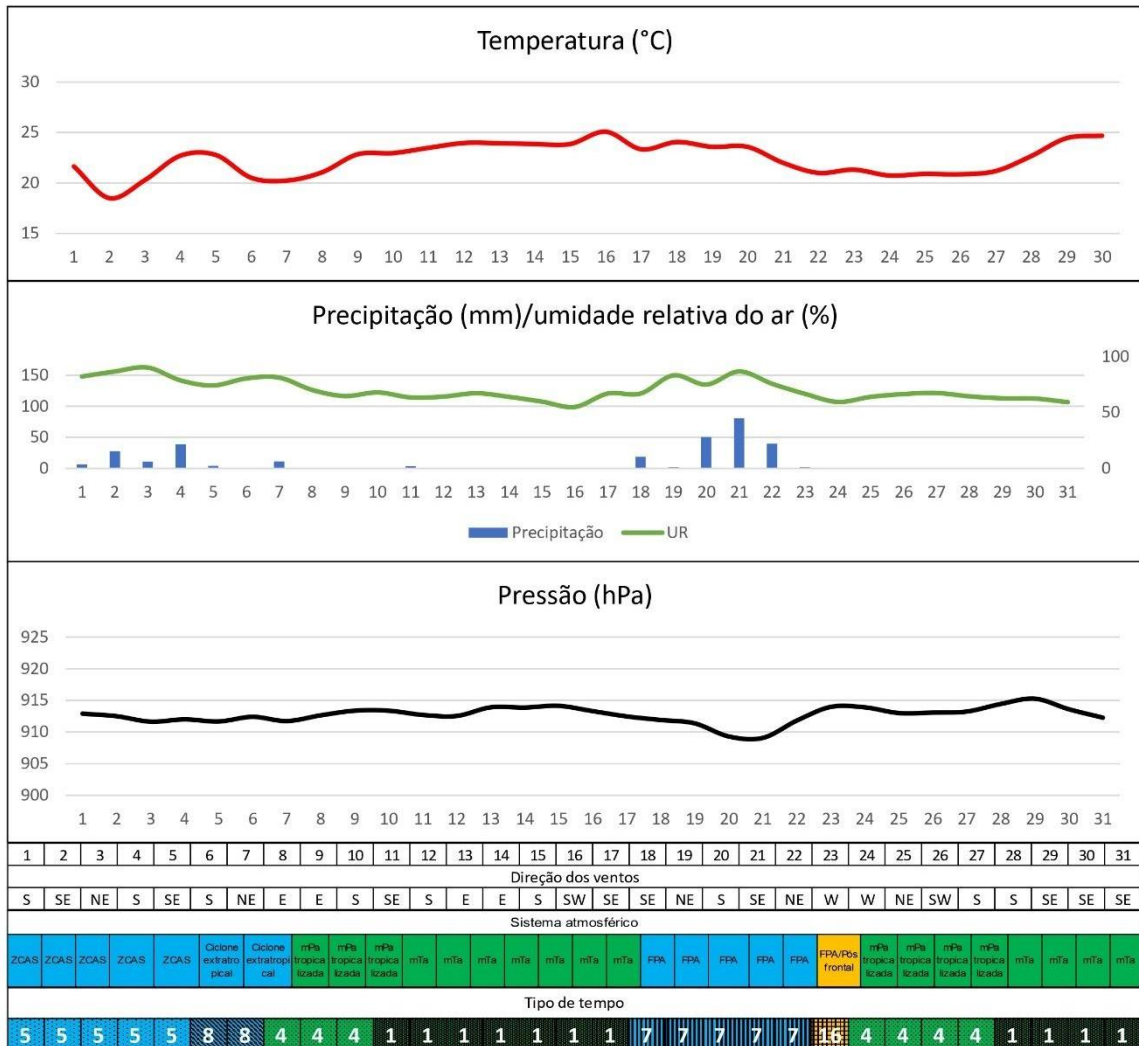
Figura 18 - Síntese sinótica.

| Dia | Aspectos sinóticos   | Sistema atmosférico |
|-----|--|---------------------|
| 1   | Tempo instável, com registro de chuva e nebulosidade.  | FPA                 |
| 2   | Tempo instável, ocasionado pela atuação da frente polar e linha de instabilidade (alinhada pela frente). Nebulosidade e chuva.                                       | FPA/LI              |
| 3   | Tempo instável, com registro de chuva e nebulosidade.  | FPA                 |
| 4   | Sem registros de chuva, presença de nebulosidade, associados à presença de frente fria   | FPA/Pós frontal     |
| 5   | Registro de chuva, com presença de nebulosidade, também associados a presença da frente fria   | FPA/Pós frontal     |
| 6   | Registro de chuva, com presença de nebulosidade, também associados a presença da frente fria   | FPA/Pós frontal     |
| 7   | Registro de chuva, com presença de nebulosidade, também associados a presença da frente fria   | FPA/Pós frontal     |
| 8   | Tempo estável, sem registro de chuva   | mTa                 |
| 9   | Tempo estável, sem registro de chuva e aumento da temperatura  | mTa                 |
| 10  | Aumento da temperatura, e 1,1mm de chuva registrados   | Pré frontal         |
| 11  | Tempo instável, com registro de chuva e redução da temperatura   | FPA                 |
| 12  | Tempo instável, com registro de chuva e redução da temperatura   | FPA                 |
| 13  | Tempo instável, sem registro de chuva, alta UR e queda da temperatura  | ZCOU                |
| 14  | Tempo instável, com registro de chuva, queda da nebulosidade e aumento da temperatura  | ZCOU                |
| 15  | Condições de tempo neutro/indefinido, com instabilidade atmosférica (1,8mm) associados a ação do mTa e a presença de núcleos térmicos de baixa pressão continentais  | mTa                 |
| 16  | Condições de tempo neutro/indefinido, com instabilidade atmosférica (20,2mm) associados a ação do mTa e a presença de núcleos térmicos de baixa pressão continentais | mTa                 |
| 17  | Condições de tempo neutro/indefinido, com instabilidade atmosférica (8,8mm) associados a ação do mTa e a presença de núcleos térmicos de baixa pressão continentais  | mTa                 |
| 18  | Aumento da temperatura, sem registro de precipitação e redução da UR do ar   | mTa                 |
| 19  | Aumento da temperatura, sem registro de precipitação e redução da UR do ar   | mTa                 |
| 20  | Aumento da temperatura, sem registro de precipitação e redução da UR do ar   | mTa/Pré frontal     |
| 21  | Alta temperatura (efeito da condição pré frontal), com pequeno registro de precipitação  | Pré frontal/FPA     |
| 22  | Redução da temperatura, com tempo estável (sem registro de chuva)  | FPA                 |
| 23  | Redução da temperatura, com tempo pequeno registro de chuva (8,6mm)  | FPA                 |
| 24  | Redução da temperatura, com tempo estável (sem registro de chuva)  | FPA                 |
| 25  | Condições de tempo neutro/indefinido, com instabilidade atmosférica (5,5mm) associados a ação do mTa e a presença de núcleos térmicos de baixa pressão continentais  | mTa                 |
| 26  | Condições de tempo neutro/indefinido, com instabilidade atmosférica (2,5mm) associados a ação do mTa e a presença de núcleos térmicos de baixa pressão continentais  | mTa                 |
| 27  | Condições de tempo neutro/indefinido, com instabilidade atmosférica (2,4mm) associados a ação do mTa e a presença de núcleos térmicos de baixa pressão continentais  | mTa                 |
| 28  | Condição de tempo instável, com grande volume de precipitação associados a atuação da FPA  | FPA                 |
| 29  | Condição tempo instável associado a ZCAS   | ZCAS                |

Elaboração: Jaqueline C. Silva, 2021.

Figura 19 - Gráfico de análise rítmica.

**ANÁLISE RÍTMICA – MARÇO/2020**



Legenda:

|   |                               |          |   |    |                       |             |  |    |                     |             |  |
|---|-------------------------------|----------|---|----|-----------------------|-------------|--|----|---------------------|-------------|--|
| 1 | mTa                           | Estável  | Tipo de tempo estável anticiclônico atlântico           | 7  | FPA                   | Instável    | Tipo de tempo frontal instável polar do atlântico  | 13 | mTa/Pré frontal     | Transitório | Tipo de tempo transitório de temperaturas aumentadas oriundas da condição pré frontal                          |
| 2 | mPa                           | Estável  | Tipo de tempo estável anticiclônico polar               | 8  | Ciclone extratropical | Instável    | Tipo de tempo ciclônico convectivo acentuadamente instável   | 14 | LI/mPa              | Transitório | Tipo de tempo transitório com instabilidade e sutil aumento de temperatura oriundos de perturbação atmosférica |
| 3 | mPa em vias de tropicalização | Estável  | Tipo de tempo anticiclônico estável polar aquecido      | 9  | FPA/mPa               | Transitório | Tipo de tempo transitório polar do atlântico acompanhado de nebulosidade e precipitação            | 15 | FPA/Pré frontal     | Transitório | Tipo de tempo transitório convectivo de temperaturas elevadas e sutil precipitação                             |
| 4 | mPa tropicalizada             | Estável  | Tipo de tempo anticiclônico estável polar tropicalizado | 10 | FPA/LI                | Transitório | Tipo de tempo transitório chuvoso com temperaturas reduzidas oriundo de perturbações atmosféricas  | 16 | FPA/Pós frontal     | Transitório | Tipo de tempo transitório de nebulosidade aumentada e sutil registro de chuva                                  |
| 5 | ZCAS                          | Instável | Tipo de tempo instável chuvoso de NO-SE                 | 11 | mPa/Pós frontal       | Transitório | Tipo de tempo transitório de fraca instabilidade tendendo a chuva e redução sutil das temperaturas | 17 | mTa (instável-ASAS) | Transitório | Tipo de tempo transitório convectivo de L  |
| 6 | ZCOU                          | Instável | Tipo de tempo instável chuvoso de curto prazo           | 12 | mPa tropicalizada/mTa | Transitório | Tipo de tempo transitório de baixa instabilidade e de sutil aquecimento oriundo da mTa             | 18 | Pré frontal         | Transitório | Tipo de tempo transitório frontal aquecido de baixa instabilidade  |

Elaboração: Jaqueline C. Silva, 2021.

A figura abaixo (20) mostra, de forma sintetizada, as condições atmosféricas para o mês de março – 2020:

Figura 20 - Síntese sinótica

| Dia | Aspectos sinóticos   | Sistema atmosférico   |
|-----|--|-----------------------|
| 1   | Condição de tempo instável associado a atuação da ZCAS, com registro de chuva                                | ZCAS                  |
| 2   | Condição de tempo instável associado a atuação da ZCAS, com registro de chuva                                | ZCAS                  |
| 3   | Condição de tempo instável associado a atuação da ZCAS, com registro de chuva                                | ZCAS                  |
| 4   | Condição de tempo instável associado a atuação da ZCAS, com registro de chuva                                | ZCAS                  |
| 5   | Condição de tempo instável associado a atuação da ZCAS, com registro de chuva                                | ZCAS                  |
| 6   | Condição de tempo instável, associado a atuação de ciclone extratropical presente no oceano atlântico        | Ciclone extratropical |
| 7   | Condição de tempo instável, associado a atuação de ciclone extratropical presente no oceano atlântico        | Ciclone extratropical |
| 8   | Tempo estável associado a atuação da massa polar em tropicalizada  | mPa tropicalizada     |
| 9   | Tempo estável associado a atuação da massa polar em tropicalizada  | mPa tropicalizada     |
| 10  | Tempo estável associado a atuação da massa polar em tropicalizada  | mPa tropicalizada     |
| 11  | Tempo estável, com pouca variação de temperatura associada a atuação da mTa                                  | mTa                   |
| 12  | Tempo estável, com pouca variação de temperatura associada a atuação da mTa                                  | mTa                   |
| 13  | Tempo estável, com pouca variação de temperatura associada a atuação da mTa                                  | mTa                   |
| 14  | Tempo estável, com pouca variação de temperatura associada a atuação da mTa                                  | mTa                   |
| 15  | Tempo estável, com pouca variação de temperatura associada a atuação da mTa                                  | mTa                   |
| 16  | Tempo estável, com pouca variação de temperatura associada a atuação da mTa                                  | mTa                   |
| 17  | Tempo estável, com pouca variação de temperatura associada a atuação da mTa                                  | mTa                   |
| 18  | Condição de tempo instável, com registro de chuva associado a atuação da FPA                                 | FPA                   |
| 19  | Condição de tempo instável, com registro de chuva associado a atuação da FPA                                 | FPA                   |
| 20  | Condição de tempo instável, com registro de chuva associado a atuação da FPA                                 | FPA                   |
| 21  | Condição de tempo instável, com registro de chuva associado a atuação da FPA                                 | FPA                   |
| 22  | Condição de tempo instável, com registro de chuva associado a atuação da FPA                                 | FPA                   |
| 23  | Condição de tempo instável, com pequeno registro de chuva associado a atuação da FPA em condição pós frontal | FPA/Pós frontal       |
| 24  | Condição de tempo estável, sem registro de chuva associado a atuação da mPa tropicalizada                    | mPa tropicalizada     |
| 25  | Condição de tempo estável, sem registro de chuva associado a atuação da mPa tropicalizada                    | mPa tropicalizada     |
| 26  | Condição de tempo estável, sem registro de chuva associado a atuação da mPa tropicalizada                    | mPa tropicalizada     |
| 27  | Condição de tempo estável, sem registro de chuva associado a atuação da mPa tropicalizada                    | mPa tropicalizada     |
| 28  | Condição de tempo estável, sem registro de chuva associado a atuação da mTa                                  | mTa                   |
| 29  | Condição de tempo estável, sem registro de chuva associado a atuação da mTa                                  | mTa                   |
| 30  | Condição de tempo estável, sem registro de chuva associado a atuação da mTa                                  | mTa                   |
| 31  | Condição de tempo estável, sem registro de chuva associado a atuação da mTa                                  | mTa                   |

Elaboração: Jaqueline C. Silva, 2021.

### 5.1.2 Análise para meses de outono

Os meses de outono foram marcados, principalmente, pela atuação da mPa, mTa e da FPA. Foram registrados 172,9mm de precipitação em março (após o dia 20/03), 97,5mm em abril, 26,1mm em maio e 0,8mm em junho. De modo geral, foi um período com um volume considerável de chuvas, onde, grande parte do registrado esteve atrelado ao período de intensa precipitação, que se iniciou em 2019, conforme apontado no início deste capítulo.

#### Abril, 2020

Abril de 2020 foi um mês com condições gerais de instabilidade, com a participação de sistemas frontais, da Massa Tropical Atlântica e da Massa Polar Atlântica. Ao longo do mês foram registrados 97,5mm de precipitação e temperatura média de 21,9°C.

Ao longo dos dias 1, 2, 3 e 4 houve a participação da Frente Polar do Atlântico (FPA) ocasionando tempo instável e quente e com aumento da nebulosidade, indicando a chegada de uma frente fria.

No dia 5 a circulação atmosférica indica uma situação pós frontal, com registro de 3,2mm de precipitação (provavelmente causadas por condensação de umidade oceânica). No dia 6 a circulação atmosférica está associada a mPa em vias de tropicalização, com tempo estável, 24,2°C de temperatura e sem registro de chuva.

Os dias 8 e 9 indicam uma situação pós-frontal (após a atuação da mPa), com registros de chuva e declínio da temperatura. Nos dias seguintes (10/4 e 11/4) a mPa atua, mas já em vias de tropicalização, ocasionando tempo estável com sutil aumento da temperatura. Após sua tropicalização (dias 12 e 13), a mPa causa tempo instável com registro de chuva.

Os dias 14 e 15 de abril são marcados pela atuação da mTa, que ocasiona tempo estável e sem registro de chuva.

Nos dias seguintes (16 a 19) ocorre a atuação de uma frente fria, com ocorrência de tempo instável, com registro de chuva (22,4mm) e sutil redução da temperatura. No dia 20 a mPa se estabelece, ocasionando estabilidade atmosférica.

Os últimos dias do mês são marcados pela atuação da mTa, com exceção dos dias 28 e 29, onde ocorre a atuação da mPa. Em ambos os dias as condições de tempo são estáveis, sem registros de chuva e com sutis variações de temperatura, associados a mTa e a mPa.

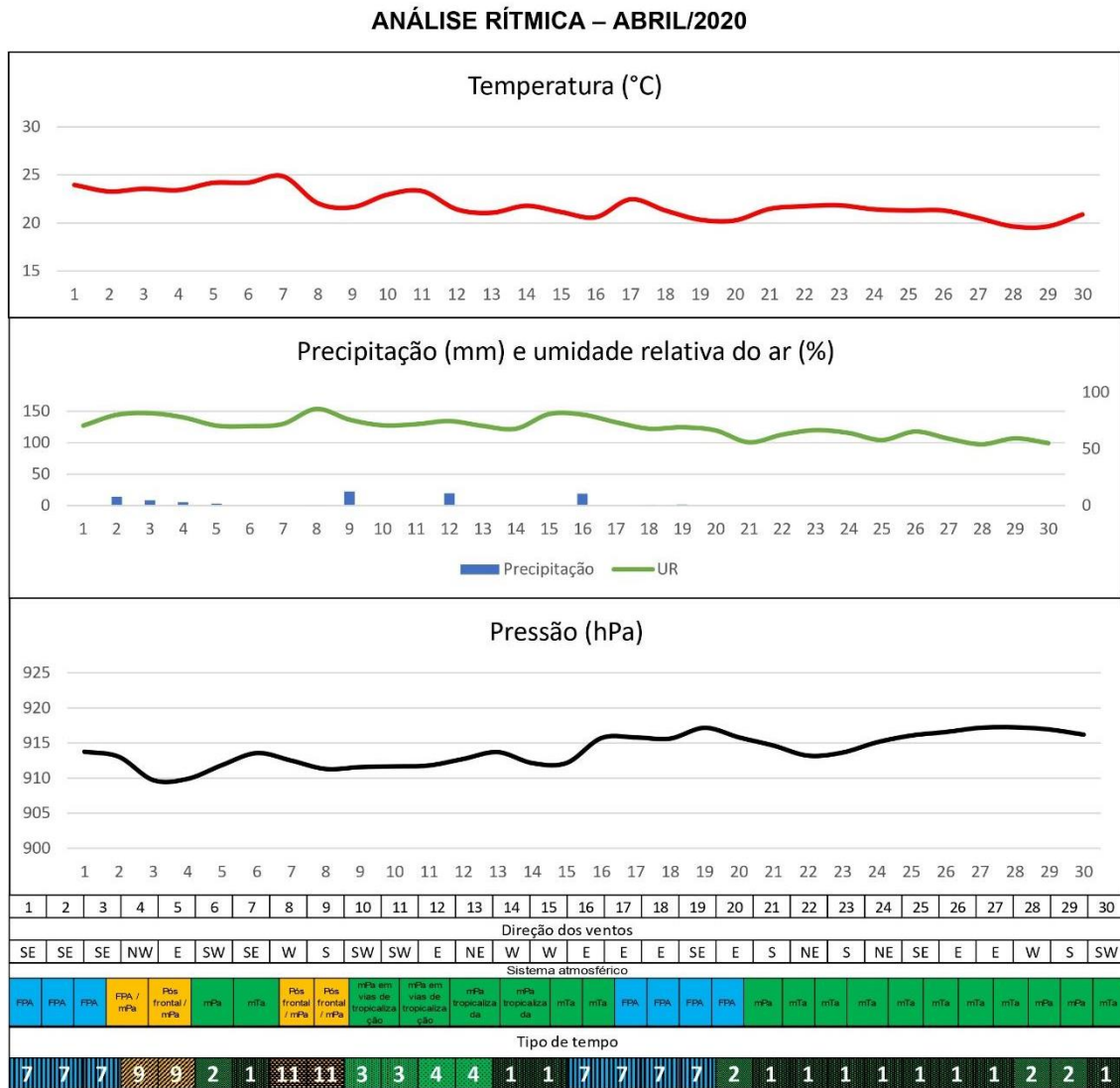
### **Maio e junho, 2020**

Os meses de maio e junho foram caracterizados por dinâmica atmosférica semelhante, ambos com dias de tempo estável, com pequenos registros de chuva, acumulando 26,1mm em maio e 0,8mm em junho.

Os principais sistemas atmosféricos atuantes nos meses foram a Massa Polar do Atlântico - mPa e a Massa Tropical do Atlântico mTa, responsáveis pelos dias estáveis. Os poucos dias de tempo instável durante os dois meses foram ocasionados pela atuação da Frente Polar do Atlântico.

O gráfico de análise rítmica abaixo, figura (21), mostra de forma sintetizada, as condições atmosféricas para o mês de abril – 2020:

Figura 21 - Gráfico de análise rítmica.



Legenda:

|   |                               |          |   |    |                       |             |  |    |                     |             |  |
|---|-------------------------------|----------|---|----|-----------------------|-------------|--|----|---------------------|-------------|--|
| 1 | mTa                           | Estável  | Tipo de tempo estável anticiclônico atlântico           | 7  | FPA                   | Instável    | Tipo de tempo frontal instável polar do atlântico  | 13 | mTa/Pré frontal     | Transitório | Tipo de tempo transitório de temperaturas aumentadas oriundas da condição pré frontal                          |
| 2 | mPa                           | Estável  | Tipo de tempo estável anticiclônico polar               | 8  | Ciclone extratropical | Instável    | Tipo de tempo ciclônico convectivo acentuadamente instável   | 14 | L/mPa               | Transitório | Tipo de tempo transitório com instabilidade e sutil aumento de temperatura oriundos de perturbação atmosférica |
| 3 | mPa em vias de tropicalização | Estável  | Tipo de tempo anticiclônico estável polar aquecido      | 9  | FPA/mPa               | Transitório | Tipo de tempo transitório polar do atlântico acompanhado de nebulosidade e precipitação            | 15 | FPA/Pré frontal     | Transitório | Tipo de tempo transitório convectivo de temperaturas elevadas e sutil precipitação                             |
| 4 | mPa tropicalizada             | Estável  | Tipo de tempo anticiclônico estável polar tropicalizado | 10 | FPA/LI                | Transitório | Tipo de tempo transitório chuvoso com temperaturas reduzidas oriundo de perturbações atmosféricas  | 16 | FPA/Pós frontal     | Transitório | Tipo de tempo transitório de nebulosidade aumentada e sutil registro de chuva                                  |
| 5 | ZCAS                          | Instável | Tipo de tempo instável chuvoso de NO-SE                 | 11 | mPa/Pós frontal       | Transitório | Tipo de tempo transitório de fraca instabilidade tendendo a chuva e redução sutil das temperaturas | 17 | mTa (instável-ASAS) | Transitório | Tipo de tempo transitório convectivo de L  |
| 6 | ZCOU                          | Instável | Tipo de tempo instável chuvoso de curto prazo           | 17 | mPa tropicalizada/mTa | Transitório | Tipo de tempo transitório de baixa instabilidade e de sutil aquecimento oriundo da mTa             | 18 | Pré frontal         | Transitório | Tipo de tempo transitório frontal aquecido de baixa instabilidade  |

Elaboração: Jaqueline C. Silva, 2021.

A figura abaixo (22) mostra, de forma sintetizada, as condições atmosféricas para o mês de abril – 2020:

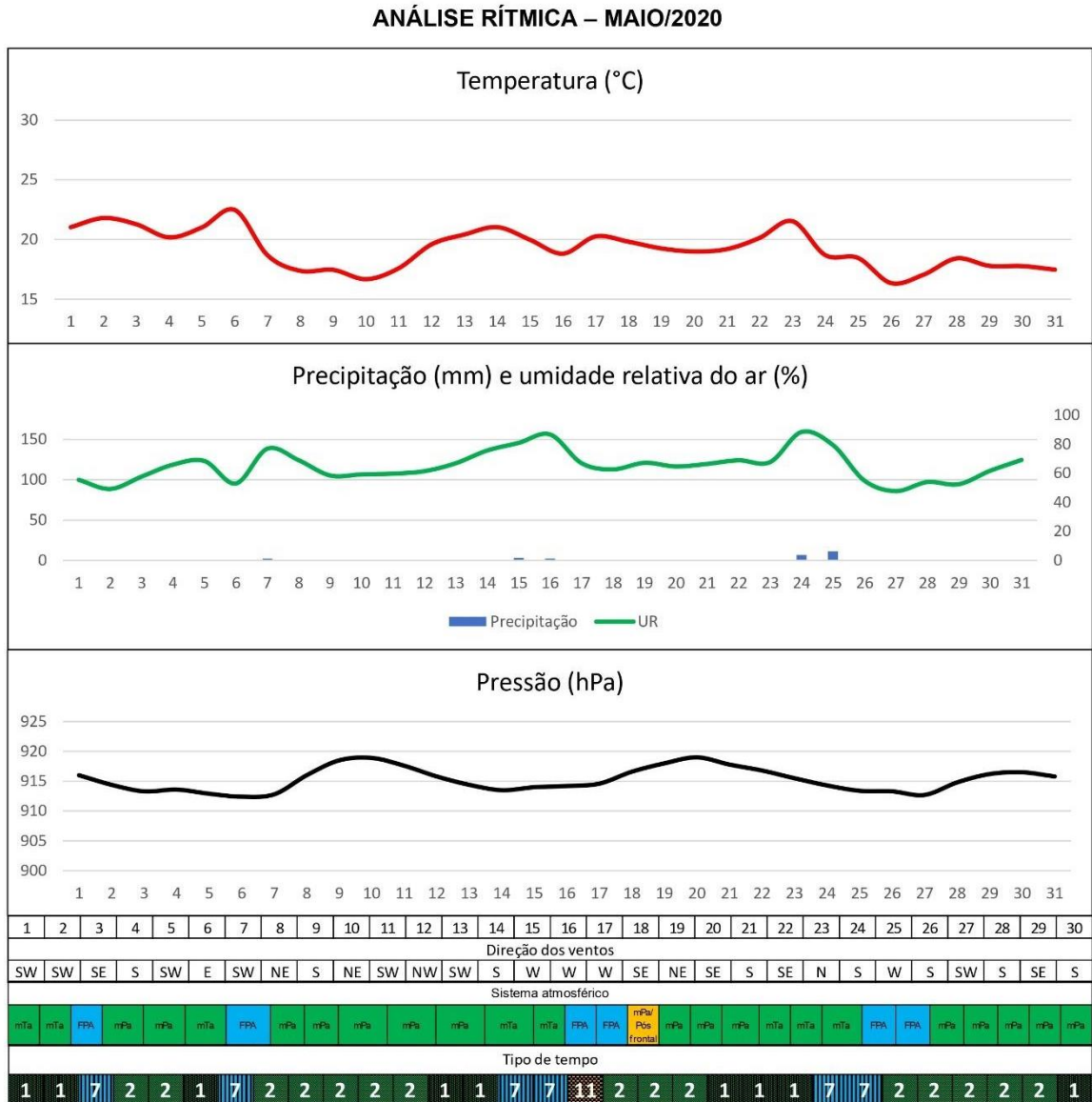
Figura 22 - Síntese sinótica.

| Dia | Aspectos sinóticos  | Sistema atmosférico         |
|-----|---|-----------------------------|
| 1   | Tempo quente sob influencia do sistema frontal. Instabilidade sútil/fraca (associada a formação de nebulosidade)                                    | FPA                         |
| 2   | Tempo instável e com aumento da nebulosidade. Influência da frente fria (situação frontal)  | FPA                         |
| 3   | Tempo instável e com aumento da nebulosidade. Influência da frente fria (situação frontal)  | FPA                         |
| 4   | Tempo instável e com aumento da nebulosidade. Influência da frente fria (situação frontal)  | FPA / mPa                   |
| 5   | Situação pós frontal, com 3,2mm de chuva e pouca nebulosidade   | Pós frontal / mPa           |
| 6   | Tempo estável, com 24,2°C. Atuação da mPa em vias de tropicalização   | mPa                         |
| 7   | Atuação da mTa, geneticamente ligada ao mTa. Temperatura com ligeiro aumento e sem registro de chuva  | mTa                         |
| 8   | Tempo instável com registro de chuva (1,1mm) e declínio da temperatura (2,8°C)  | Pós frontal / mPa           |
| 9   | Tempo instável, com registro de chuva e sutil redução da temperatura  | Pós frontal / mPa           |
| 10  | Tempo estável, com sutil aumento da temperatura. Atuação da mPa em vias de tropicalização   | Pa em vias de tropicalizaçã |
| 11  | Tempo estável, com sutil aumento da temperatura. Atuação da mPa em vias de tropicalização   | Pa em vias de tropicalizaçã |
| 12  | Condições de tempo neutro/ indefinido, com redução da temperatura e instabilidade atmosférica (19,8mm) ligados a mPa tropicalizada                  | mPa tropicalizada           |
| 13  | Condições de tempo neutro/ indefinido, com estabilidade atmosférica ligados a mPa tropicalizada   | mPa tropicalizada           |
| 14  | Condições de tempo estável, com sutil aumento da temperatura ligado a mTa   | mTa                         |
| 15  | Condições de tempo estável, com sutil queda da temperatura ligado a mTa   | mTa                         |
| 16  | Condições de tempo instável, com registro de chuva e sutil diminuição da temperatura  | Frente fria                 |
| 17  | Condições de tempo com fraca instabilidade e dentro da área de influencia da frente fria. Sem registro de chuva e com aumento da temperatura        | Frente fria                 |
| 18  | Condições de tempo com moderada instabilidade, com registro de chuva e sutil diminuição da temperatura, dentro da área de influencia da frente fria | Frente fria                 |
| 19  | Condições de tempo com moderada instabilidade, com registro de chuva e sutil diminuição da temperatura, dentro da área de influencia da frente fria | Frente fria                 |
| 20  | Condições de tempo estável, sem aumento de temperatura e sem registro de chuva, associados a atuação da mPa   | mPa                         |
| 21  | Condições de tempo estável, com sutil aumento da temperatura ligados a mTa  | mTa                         |
| 22  | Condições de tempo estável, com sutil aumento da temperatura ligados a mTa  | mTa                         |
| 23  | Condições de tempo estável, com sutil aumento da temperatura ligados a mTa  | mTa                         |
| 24  | Condições de tempo estável, com sutil diminuição da temperatura ligados a mTa   | mTa                         |
| 25  | Condições de tempo estável, com sutil diminuição da temperatura ligados a mTa   | mTa                         |
| 26  | Condições de tempo estável, sem variações de temperatura ligados a mTa  | mTa                         |
| 27  | Condições de tempo estável, com sutil diminuição de temperatura ligados a mTa   | mTa                         |
| 28  | Condição de tempo estável, sem registro de chuva e com sutil queda na temperatura, associado a mPa  | mPa                         |
| 29  | Condição de tempo estável, sem registro de chuva ouvariação da temperatura, associado a mPa   | mPa                         |
| 30  | Condições de tempo estável, com sutil aumento da temperatura ligados a mTa  | mTa                         |

Elaboração: Jaqueline C. Silva, 2021.

O gráfico de análise rítmica abaixo, figura (23), mostra de forma sintetizada, as condições atmosféricas para o maio de abril – 2020.

Figura 23 - Gráfico de análise rítmica.



Legenda:

|   |                               |          |   |    |                        |             |  |    |                       |             |  |
|---|-------------------------------|----------|---|----|------------------------|-------------|--|----|-----------------------|-------------|--|
| 1 | mTa                           | Estável  | Tipo de tempo estável anticiclônico atlântico           | 7  | FPA                    | Instável    | Tipo de tempo frontal instável polar do atlântico  | 13 | mTa/Pré frontal       | Transitório | Tipo de tempo transitório de temperaturas aumentadas oriundas da condição pré frontal                          |
| 2 | mPa                           | Estável  | Tipo de tempo estável anticiclônico polar               | 8  | Ciclone extratropical  | Instável    | Tipo de tempo ciclônico convectivo acentuadamente instável   | 14 | Lj/mPa                | Transitório | Tipo de tempo transitório com instabilidade e sutil aumento de temperatura oriundas de perturbação atmosférica |
| 3 | mPa em vias de tropicalização | Estável  | Tipo de tempo anticiclônico estável polar aquecido      | 9  | FPA/mPa                | Transitório | Tipo de tempo transitório polar do atlântico acompanhado de nebulosidade e precipitação            | 15 | FPA/Pré frontal       | Transitório | Tipo de tempo transitório convectivo de temperaturas elevadas e sutil precipitação                             |
| 4 | mPa tropicalizada             | Estável  | Tipo de tempo anticiclônico estável polar tropicalizado | 10 | FPA/LI                 | Transitório | Tipo de tempo transitório chuvoso com temperaturas reduzidas oriundo de perturbações atmosféricas  | 16 | FPA/Pós frontal       | Transitório | Tipo de tempo transitório de nebulosidade aumentada e sutil registro de chuva                                  |
| 5 | ZCAS                          | Instável | Tipo de tempo instável chuvoso de NO-SE                 | 11 | mPa/Pós frontal        | Transitório | Tipo de tempo transitório de fraca instabilidade tendendo a chuva e redução sutil das temperaturas | 17 | mTa (instável - ASAS) | Transitório | Tipo de tempo transitório convectivo de L  |
| 6 | ZOOU                          | Instável | Tipo de tempo instável chuvoso de curto prazo           | 12 | mPa tropicalizada/ mTa | Transitório | Tipo de tempo transitório de baixa instabilidade e de sutil aquecimento oriundo da mTa             | 18 | Pré frontal           | Transitório | Tipo de tempo transitório frontal aquecido de baixa instabilidade  |

Elaboração: Jaqueline C. Silva, 2021.

A figura abaixo (24) mostra, de forma sintetizada, as condições atmosféricas para o mês de maio – 2020:

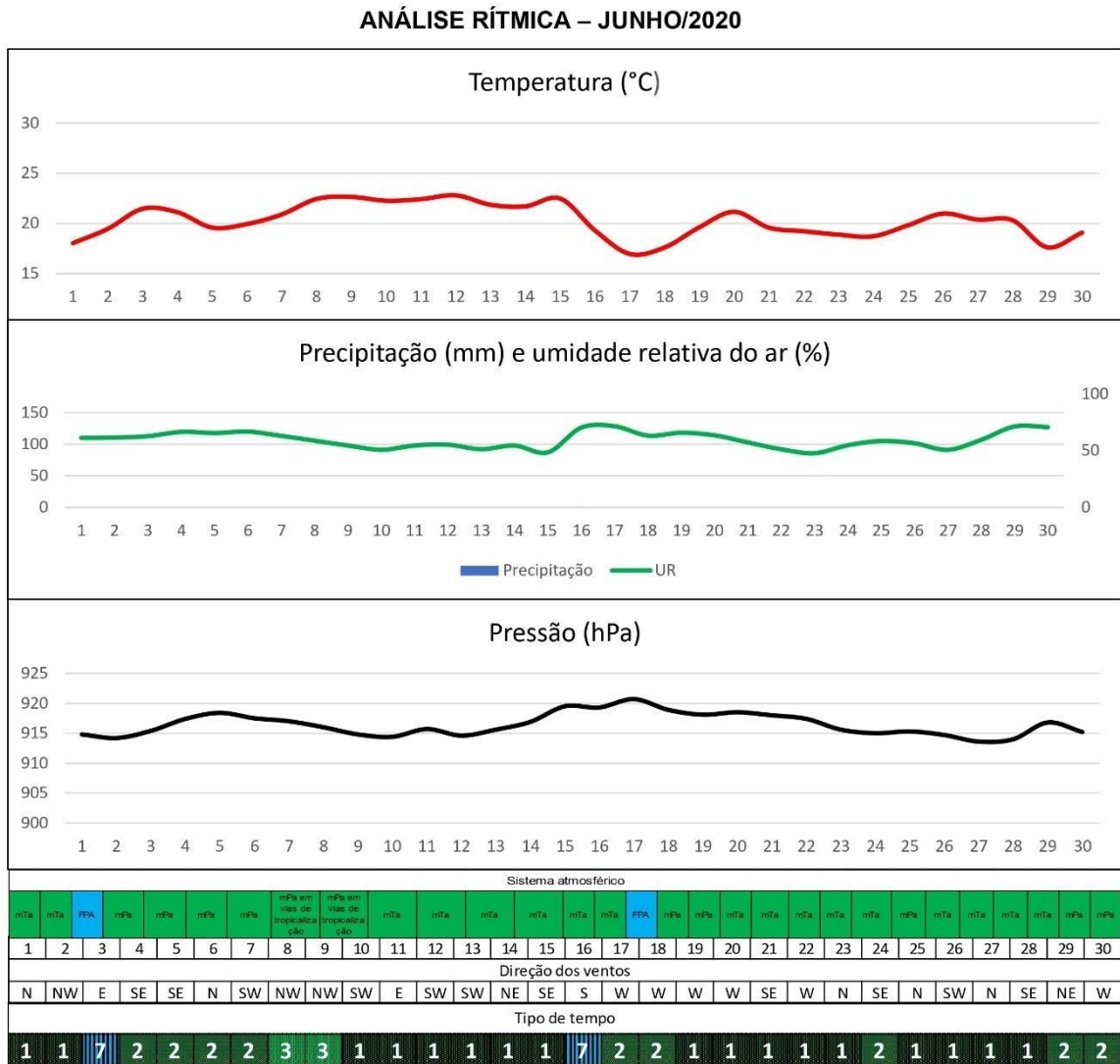
Figura 24 - Síntese sinótica.

| <b>Dia</b> | <b>Aspectos sinóticos</b>  | <b>Sistema atmosférico</b> |
|------------|--|----------------------------|
| 1          | Condição de tempo estável associada a atuação do mTa   | mTa                        |
| 2          | Condição de tempo estável associada a atuação do mTa   | mTa                        |
| 3          | Condição de tempo estável associada a atuação da mPa tropicalizada, com pequena redução da temperatura | mTa/mPa                    |
| 4          | Condição de tempo estável associada a atuação da mPa   | mPa                        |
| 5          | Condição de tempo estável associada a atuação da mPa   | mPa                        |
| 6          | Condição de tempo estável, com pequena redução da temperatura e atuação do mTa                         | mTa                        |
| 7          | Condição de tempo instável, com registro de chuva associado a atuação da FPA                           | FPA                        |
| 8          | Condição de tempo estável associada a atuação da mPa   | mPa                        |
| 9          | Condição de tempo estável associada a atuação da mPa   | mPa                        |
| 10         | Condição de tempo estável associada a atuação da mPa   | mPa                        |
| 11         | Condição de tempo estável associada a atuação da mPa   | mPa                        |
| 12         | Condição de tempo estável associada a atuação da mPa   | mPa                        |
| 13         | Condição de tempo estável associada a atuação do mTa   | mTa                        |
| 14         | Condição de tempo estável associada a atuação do mTa   | mTa                        |
| 15         | Condição de tempo instável associado a atuação da FPA  | FPA                        |
| 16         | Condição de tempo instável associado a atuação da FPA  | FPA                        |
| 17         | Condição de tempo instável associado a atuação da FPA em condição pós frontal                          | mPa/ Pós frontal           |
| 18         | Condição de tempo estável associada a atuação da mPa   | mPa                        |
| 19         | Condição de tempo estável associada a atuação da mPa   | mPa                        |
| 20         | Condição de tempo estável associada a atuação da mPa   | mPa                        |
| 21         | Condição de tempo estável associada a atuação do mTa   | mTa                        |
| 22         | Condição de tempo estável associada a atuação do mTa   | mTa                        |
| 23         | Condição de tempo estável associada a atuação do mTa   | mTa                        |
| 24         | Condição de tempo instável associado a atuação da FPA  | FPA                        |
| 25         | Condição de tempo instável associado a atuação da FPA  | FPA                        |
| 26         | Condição de tempo estável associada a atuação da mPa   | mPa                        |
| 27         | Condição de tempo estável associada a atuação da mPa   | mPa                        |
| 28         | Condição de tempo estável associada a atuação da mPa   | mPa                        |
| 29         | Condição de tempo estável associada a atuação da mPa   | mPa                        |
| 30         | Condição de tempo estável associada a atuação da mPa   | mPa                        |
| 31         | Condição de tempo estável associada a atuação do mTa   | mTa                        |

Elaboração: Jaqueline C. Silva, 2021.

O gráfico de análise rítmica abaixo, figura (25), mostra de forma sintetizada, as condições atmosféricas para o maio de junho – 2020.

Figura 25 - Gráfico de análise rítmica.



Legenda:

|          |                               |          |   |           |                       |             |  |           |                       |             |  |
|----------|-------------------------------|----------|---|-----------|-----------------------|-------------|--|-----------|-----------------------|-------------|--|
| <b>1</b> | mTa                           | Estável  | Tipo de tempo estável anticiclônico atlântico           | <b>7</b>  | FPA                   | Instável    | Tipo de tempo frontal instável polar do atlântico  | <b>13</b> | mTa/Pré frontal       | Transitório | Tipo de tempo transitório de temperaturas aumentadas oriundas da condição pré frontal                          |
| <b>2</b> | mPa                           | Estável  | Tipo de tempo estável anticiclônico polar               | <b>8</b>  | Oclone extratropical  | Instável    | Tipo de tempo ciclônico convectivo acentuadamente instável   | <b>14</b> | LI/mPa                | Transitório | Tipo de tempo transitório com instabilidade e sutil aumento de temperatura oriundos de perturbação atmosférica |
| <b>3</b> | mPa em vias de tropicalização | Estável  | Tipo de tempo anticiclônico estável polar aquecido      | <b>9</b>  | FPA/mPa               | Transitório | Tipo de tempo transitório polar do atlântico acompanhado de nebulosidade e precipitação            | <b>15</b> | FPA/Pré frontal       | Transitório | Tipo de tempo transitório convectivo de temperaturas elevadas e sutil precipitação                             |
| <b>4</b> | mPa tropicalizada             | Estável  | Tipo de tempo anticiclônico estável polar tropicalizado | <b>10</b> | FPA/LI                | Transitório | Tipo de tempo transitório chuvoso com temperaturas reduzidas oriundo de perturbações atmosféricas  | <b>16</b> | FPA/Pós frontal       | Transitório | Tipo de tempo transitório de nebulosidade aumentada e sutil registro de chuva                                  |
| <b>5</b> | ZCAS                          | Instável | Tipo de tempo instável chuvoso de NO-SE                 | <b>11</b> | mPa/Pós frontal       | Transitório | Tipo de tempo transitório de fraca instabilidade tendendo a chuva e redução sutil das temperaturas | <b>17</b> | mTa (instável - ASAS) | Transitório | Tipo de tempo transitório convectivo de L  |
| <b>6</b> | ZCOU                          | Instável | Tipo de tempo instável chuvoso de curto prazo           | <b>12</b> | mPa tropicalizada/mTa | Transitório | Tipo de tempo transitório de baixa instabilidade e de sutil aquecimento oriundo da mTa             | <b>18</b> | Pré frontal           | Transitório | Tipo de tempo transitório frontal aquecido de baixa instabilidade  |

Elaboração: Jaqueline C. Silva, 2021.

A figura abaixo (26) mostra, de forma sintetizada, as condições atmosféricas para o mês de junho – 2020:

Figura 26 - Síntese sinótica.

| Dia | Aspectos sinóticos   | Sistema atmosférico           |
|-----|--|-------------------------------|
| 1   | Tempo estável, sem registro de chuva e baixa temperatura   | mTa                           |
| 2   | Tempo estável, sem registro de chuva e baixa temperatura   | mTa                           |
| 3   | Tempo instável, sem registro de chuva, com aumento da nebulosidade e da temperatura, associado a passagem da FPA | FPA                           |
| 4   | Tempo estável, sem registro de chuva e pouca oscilação de temperatura  | mPa                           |
| 5   | Tempo estável, sem registro de chuva e pouca oscilação de temperatura  | mPa                           |
| 6   | Tempo estável, sem registro de chuva e pouca oscilação de temperatura  | mPa                           |
| 7   | Tempo estável, sem registro de chuva e pouca oscilação de temperatura  | mPa                           |
| 8   | Tempo estável, sem registro de chuva e pouca oscilação de temperatura  | mPa em vias de tropicalização |
| 9   | Tempo estável, sem registro de chuva e pouca oscilação de temperatura  | mPa em vias de tropicalização |
| 10  | Tempo estável, sem registro de chuva e pouca oscilação de temperatura  | mTa                           |
| 11  | Tempo estável, sem registro de chuva e pouca oscilação de temperatura  | mTa                           |
| 12  | Tempo estável, sem registro de chuva e pouca oscilação de temperatura  | mTa                           |
| 13  | Tempo estável, sem registro de chuva e pouca oscilação de temperatura  | mTa                           |
| 14  | Tempo estável, sem registro de chuva e pouca oscilação de temperatura  | mTa                           |
| 15  | Tempo estável, sem registro de chuva e pouca oscilação de temperatura  | mTa                           |
| 16  | Tempo instável, com pequeno registro de precipitação e redução da temperatura                                    | FPA                           |
| 17  | Tempo estável, sem registro de chuva e pouca oscilação de temperatura  | mPa                           |
| 18  | Tempo estável, sem registro de chuva e pouca oscilação de temperatura  | mPa                           |
| 19  | Tempo estável, sem registro de chuva e pequeno aumento de temperatura  | mTa                           |
| 20  | Tempo estável, sem registro de chuva, redução da UR e pequeno aumento de temperatura                             | mTa                           |
| 21  | Tempo estável, sem registro de chuva, redução da UR e pequeno aumento de temperatura                             | mTa                           |
| 22  | Tempo estável, sem registro de chuva, redução da UR e pequeno aumento de temperatura                             | mTa                           |
| 23  | Tempo estável, sem registro de chuva, redução da UR e pequeno aumento de temperatura                             | mTa                           |
| 24  | Tempo estável, sem registro de chuva e pouca oscilação de temperatura  | mPa                           |
| 25  | Tempo estável, sem registro de chuva e pouca oscilação de temperatura  | mTa                           |
| 26  | Tempo estável, sem registro de chuva e pouca oscilação de temperatura  | mTa                           |
| 27  | Tempo estável, sem registro de chuva e pouca oscilação de temperatura  | mTa                           |
| 28  | Tempo estável, sem registro de chuva e pouca oscilação de temperatura  | mTa                           |
| 29  | Tempo estável, sem registro de chuva e declínio de temperatura   | mPa                           |
| 30  | Tempo estável, sem registro de chuva e aumento de temperatura  | mPa                           |

Elaboração: Jaqueline C. Silva, 2021.

### 5.1.3 Análise para meses de inverno

A dinâmica atmosférica para os meses de inverno mostra uma circulação atmosférica com tempo estável, temperaturas reduzidas e baixíssimo volume de chuva, totalizando 17,6mm – fato previsto para o período do ano, dada a localização de Belo Horizonte e o seu tipo de clima, que se caracteriza pela ocorrência de inverno seco.

Os principais sistemas causadores de estabilidade durante os meses de inverno foram as atuações da mPa e a mTa. Diferente do registrado em meses de primavera/verão, a mPa atua com mais força no inverno, devido a configuração da atmosfera que permite o avanço da mPa para o interior do continente: fatores como o ângulo de inclinação do eixo da Terra (que durante o inverno no hemisfério sul tem sua face norte voltada para o Sol) e a menor incidência de radiação solar na porção sul do planeta, também são fatores que permitem a atuação da mPa com maior intensidade, acompanhada de menor taxa de evaporação e reduzido transporte de umidade.

#### **Julho, 2020**

Ao longo do mês, a média mensal foi de 20,2°C e 5,3mm de precipitação com participação da Massa Polar do Atlântico (mPa), Massa Tropical do Atlântico (mTa) e da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS).

Durante os primeiros dias do mês (01/07 e 02/07) ocorre a participação do ASAS e indícios de condições meteorológicas de situação pré-frontal. No dia 03/07 essa condição se estabelece e as condições de tempo ficam instáveis e com registro de chuva (5,2mm).

Nos dias seguintes a temperatura permanece baixa, com leve oscilação em torno de 2°C (19,7°C / 22,5°C) devido a presença da mTa (que possui centro de ação no ASAS).

Dos dias 15 a 19/07 a mPa atua ocasionando tempo estável e sutil redução nos valores de temperatura do ar. Nos dias seguintes (20 a 24/07) ocorre a entrada do ASAS, fato que deixa a mPa tropicalizada.

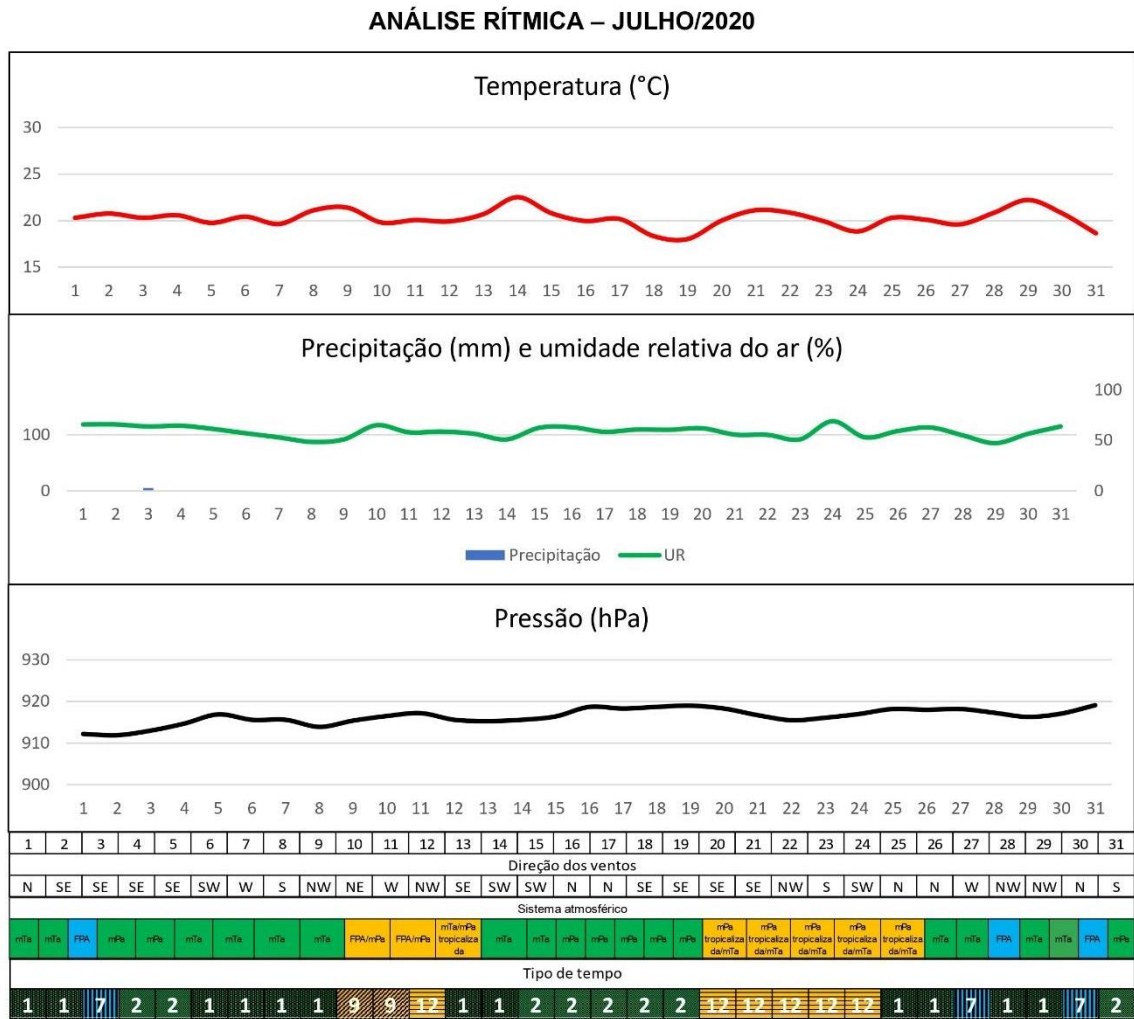
Os últimos dias do mês são marcados por um leve aumento da temperatura associado à participação do ASAS e do FPA. No dia 31/07 ocorre a entrada de uma mPa que causa queda de 2,2°C de temperatura.

### **Agosto e setembro, 2020**

Os meses de agosto e setembro foram caracterizados por dinâmica atmosférica semelhante, com a maior parte dos dias de tempo estável, sob a atuação da Massa Polar do Atlântico – mPa e da Massa Tropical do Atlântico - mTa. Foram feitos pequenos registros de precipitação ao longo dos dois meses, com acumulados de 11,5mm para agosto e 11,6mm para setembro.

O gráfico de análise rítmica abaixo, figura (27), mostra de forma sintetizada, as condições atmosféricas para o maio de julho – 2020.

Figura 27 - Gráfico de análise rítmica.



Legenda:

|   |                               |          |   |    |                       |             |  |    |                       |             |  |
|---|-------------------------------|----------|---|----|-----------------------|-------------|--|----|-----------------------|-------------|--|
| 1 | mTa                           | Estável  | Tipo de tempo estável anticiclônico atlântico           | 7  | FPA                   | Instável    | Tipo de tempo frontal instável polar do atlântico  | 13 | mTa/Pré frontal       | Transitório | Tipo de tempo transitório de temperaturas aumentadas oriundas da condição pré frontal                          |
| 2 | mPa                           | Estável  | Tipo de tempo estável anticiclônico polar               | 8  | Oiclone extratropical | Instável    | Tipo de tempo ciclônico convectivo acentuadamente instável   | 14 | LI/mPa                | Transitório | Tipo de tempo transitório com instabilidade e sutil aumento de temperatura oriundos de perturbação atmosférica |
| 3 | mPa em vias de tropicalização | Estável  | Tipo de tempo anticiclônico estável polar aquecido      | 9  | FPA/mPa               | Transitório | Tipo de tempo transitório polar do atlântico acompanhado de nebulosidade e precipitação            | 15 | FPA/Pré frontal       | Transitório | Tipo de tempo transitório convectivo de temperaturas elevadas e sutil precipitação                             |
| 4 | mPa tropicalizada             | Estável  | Tipo de tempo anticiclônico estável polar tropicalizado | 10 | FPA/LI                | Transitório | Tipo de tempo transitório chuvoso com temperaturas reduzidas oriundo de perturbações atmosféricas  | 16 | FPA/ Pós frontal      | Transitório | Tipo de tempo transitório de nebulosidade aumentada e sutil registro de chuva                                  |
| 5 | ZCAS                          | Instável | Tipo de tempo instável chuvoso de NO-SE                 | 11 | mPa/ Pós frontal      | Transitório | Tipo de tempo transitório de fraca instabilidade tendendo a chuva e redução sutil das temperaturas | 17 | mTa (instável - ASAS) | Transitório | Tipo de tempo transitório convectivo de L  |
| 6 | ZCOU                          | Instável | Tipo de tempo instável chuvoso de curto prazo           | 12 | mPa tropicalizada/mTa | Transitório | Tipo de tempo transitório de baixa instabilidade e de sutil aquecimento oriundo da mTa             | 18 | Pré frontal           | Transitório | Tipo de tempo transitório frontal aquecido de baixa instabilidade  |

Elaboração: Jaqueline C. Silva, 2021.

A figura abaixo (28) mostra, de forma sintetizada, as condições atmosféricas para o mês de julho – 2020:

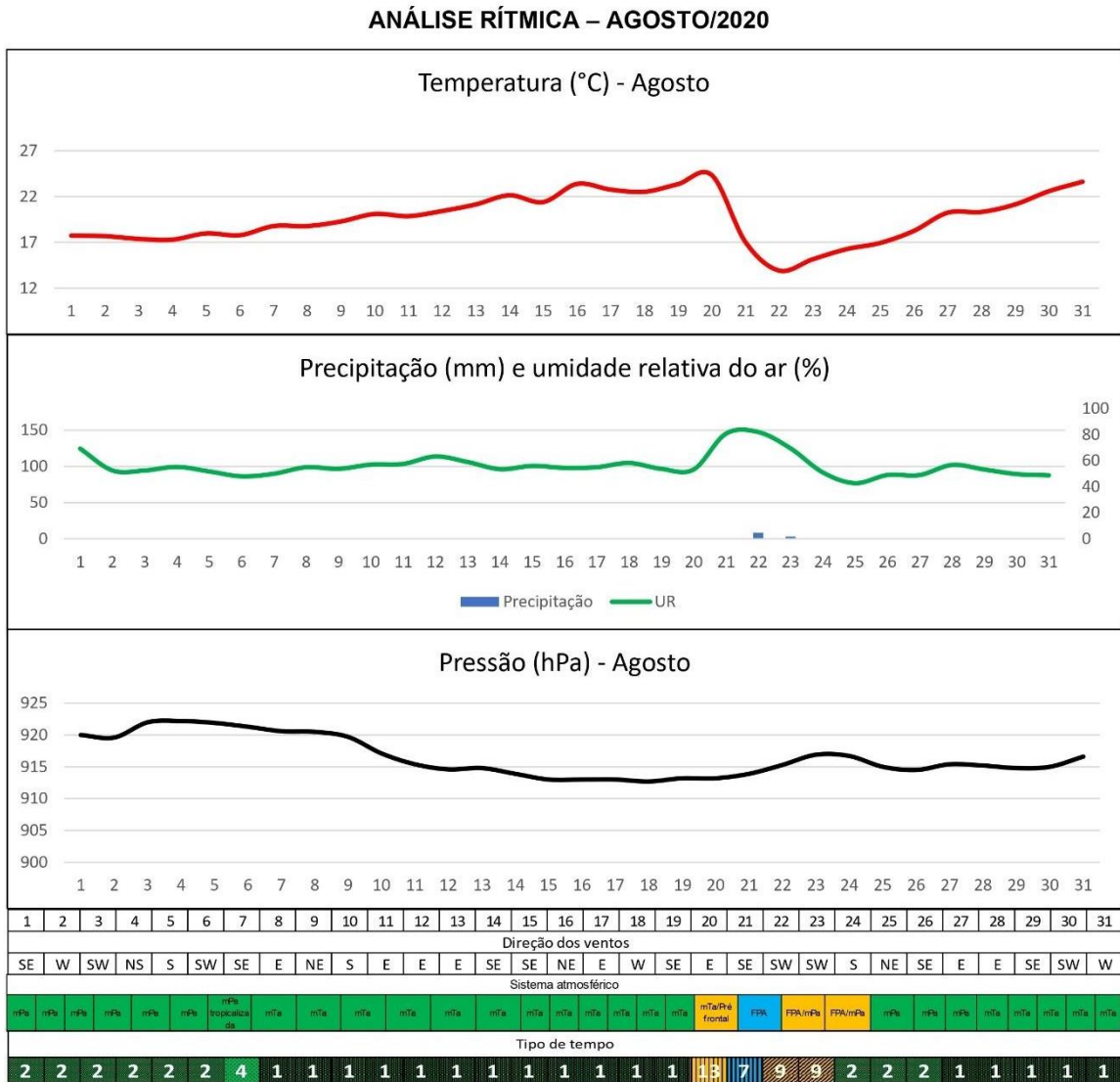
Figura 28 - Síntese sinótica.

| Dia | Aspectos sinóticos  | Sistema atmosférico   |
|-----|---|-----------------------|
| 1   | Tempo estável (de inverno: menores temperaturas), pré frontal e na área de influência do mTa. | mTa                   |
| 2   | Tempo estável (de inverno: menores temperaturas), pré frontal e na área de influência do mTa. | mTa                   |
| 3   | Tempo instável, com registro de chuva associado ao sistema frontal do atlântico.              | FPA                   |
| 4   | Tempo estável, frio associado a massa polar   | mPa                   |
| 5   | Tempo estável, frio associado a massa polar   | mPa                   |
| 6   | Tempo estável (de inverno), com leve aumento da temperatura e influencia do mTa               | mTa                   |
| 7   | Tempo estável (de inverno), com leve declínio da temperatura e influencia do mTa              | mTa                   |
| 8   | Tempo estável (de inverno), com leve aumento da temperatura e influencia do mTa               | mTa                   |
| 9   | Tempo estável (de inverno), com leve aumento da temperatura e influencia do mTa / Pré frontal | mTa                   |
| 10  | Tempo estável (de inverno), com leve declínio da temperatura                                  | FPA/mPa               |
| 11  | Tempo estável (de inverno), com leve aumento da temperatura                                   | FPA/mPa               |
| 12  | Tempo estável, com leve declínio da temperatura   | mTa/mPa tropicalizada |
| 13  | Tempo estável, com leve aumento da temperatura. Massa tropical geneticamente associada ao mTa | mTa                   |
| 14  | Tempo estável, com leve aumento da temperatura associada ao pré frontal                       | mTa                   |
| 15  | Tempo estável, frio associado a massa polar   | mPa                   |
| 16  | Tempo estável, frio associado a massa polar   | mPa                   |
| 17  | Tempo estável, frio associado a massa polar   | mPa                   |
| 18  | Tempo estável, frio associado a massa polar   | mPa                   |
| 19  | Tempo estável, frio associado a massa polar   | mPa                   |
| 20  | Tempo estável, com sutil variação de temperatura  | mPa tropicalizada/mTa |
| 21  | Tempo estável, com sutil variação de temperatura  | mPa tropicalizada/mTa |
| 22  | Tempo estável, com sutil variação de temperatura  | mPa tropicalizada/mTa |
| 23  | Tempo estável, com sutil variação de temperatura  | mPa tropicalizada/mTa |
| 24  | Tempo estável, com sutil variação de temperatura  | mPa tropicalizada/mTa |
| 25  | Tempo estável com leve aumento da temperatura associada ao mTa                                | mTa                   |
| 26  | Tempo estável com leve aumento da temperatura associada ao mTa                                | mTa                   |
| 27  | Tempo instável e frio associado a passagem de frente fria, com registro de chuva              | FPA                   |
| 28  | Tempo estável com leve aumento da temperatura associada ao mTa                                | mTa                   |
| 29  | Tempo estável com aumento da temperatura associada ao mTa                                     | mTa/mTa               |
| 30  | Tempo estável com temperatura em declínio associado ao FPA                                    | FPA                   |
| 31  | Tempo estável com declínio da temperatura associado a mPa                                     | mPa                   |

Elaboração: Jaqueline C. Silva, 2021.

O gráfico de análise rítmica abaixo, figura (29), mostra de forma sintetizada, as condições atmosféricas para o maio de agosto – 2020.

Figura 29 - Gráfico de análise rítmica.



Legenda:

|   |                               |          |   |    |                        |             |  |    |                       |             |  |
|---|-------------------------------|----------|---|----|------------------------|-------------|--|----|-----------------------|-------------|--|
| 1 | mTa                           | Estável  | Tipo de tempo estável anticiclônico atlântico           | 7  | FPA                    | Instável    | Tipo de tempo frontal instável polar do atlântico  | 13 | mTa/Pré frontal       | Transitório | Tipo de tempo transitório de temperaturas aumentadas oriundas da condição pré frontal                          |
| 2 | mPa                           | Estável  | Tipo de tempo estável anticiclônico polar               | 8  | Ciclone extratropical  | Instável    | Tipo de tempo ciclônico convectivo acentuadamente instável   | 14 | LI/mPa                | Transitório | Tipo de tempo transitório com instabilidade e sutil aumento de temperatura oriundos de perturbação atmosférica |
| 3 | mPa em vias de tropicalização | Estável  | Tipo de tempo anticiclônico estável polar aquecido      | 9  | FPA/mPa                | Transitório | Tipo de tempo transitório polar do atlântico acompanhado de nebulosidade e precipitação            | 15 | FPA/Pré frontal       | Transitório | Tipo de tempo transitório convectivo de temperaturas elevadas e sutil precipitação                             |
| 4 | mPa tropicalizada             | Estável  | Tipo de tempo anticiclônico estável polar tropicalizado | 10 | FPA/LI                 | Transitório | Tipo de tempo transitório chuvoso com temperaturas reduzidas oriundo de perturbações atmosféricas  | 16 | FPA/ Pós frontal      | Transitório | Tipo de tempo transitório de nebulosidade aumentada e sutil registro de chuva                                  |
| 5 | ZCAS                          | Instável | Tipo de tempo instável chuvoso de NO-SE                 | 11 | mPa/ Pós frontal       | Transitório | Tipo de tempo transitório de fraca instabilidade tendendo a chuva e redução sutil das temperaturas | 17 | mTa (instável - ASAS) | Transitório | Tipo de tempo transitório convectivo de L  |
| 6 | ZCOU                          | Instável | Tipo de tempo instável chuvoso de curto prazo           | 12 | mPa tropicalizada/ mTa | Transitório | Tipo de tempo transitório de baixa instabilidade e de sutil aquecimento oriundo da mTa             | 18 | Pré frontal           | Transitório | Tipo de tempo transitório frontal aquecido de baixa instabilidade  |

Elaboração: Jaqueline C. Silva, 2021.

A figura abaixo (30) mostra, de forma sintetizada, as condições atmosféricas para o mês de agosto – 2020:

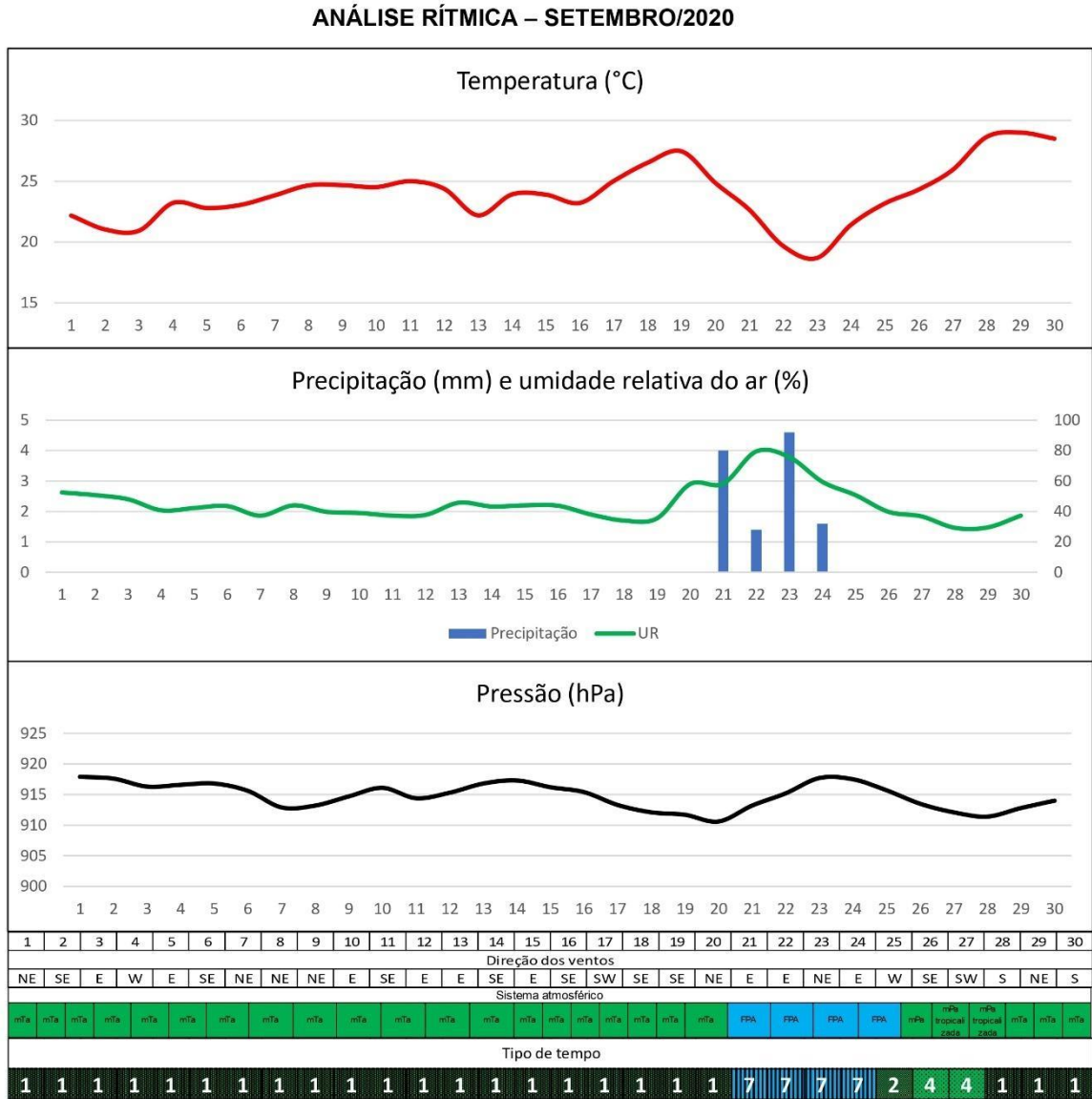
Figura 30 - Síntese sinótica.

| Dia | Aspectos sinóticos   | Sistema atmosférico |
|-----|--|---------------------|
| 1   | Tempo estável, frio com baixas temperaturas associada a massa polar  | mPa                 |
| 2   | Tempo estável, frio com baixas temperaturas associada a massa polar  | mPa                 |
| 3   | Tempo estável, frio com baixas temperaturas associada a massa polar  | mPa                 |
| 4   | Tempo estável, frio com baixas temperaturas associada a massa polar  | mPa                 |
| 5   | Tempo estável, frio com baixas temperaturas associada a massa polar  | mPa                 |
| 6   | Tempo estável, frio com baixas temperaturas associada a massa polar  | mPa                 |
| 7   | Tempo estável, sem registro de chuva e com temperaturas em elevação  | mPa tropicalizada   |
| 8   | Tempo estável, sem registro de chuva e com temperaturas em elevação  | mTa                 |
| 9   | Tempo estável, sem registro de chuva e com temperaturas em elevação  | mTa                 |
| 10  | Tempo estável, sem registro de chuva e com temperaturas em elevação  | mTa                 |
| 11  | Tempo estável, sem registro de chuva, temperatura elevadas   | mTa                 |
| 12  | Tempo estável, sem registro de chuva, temperatura elevadas   | mTa                 |
| 13  | Tempo estável, sem registro de chuva, temperatura elevadas   | mTa                 |
| 14  | Tempo estável, sem registro de chuva, temperatura elevadas   | mTa                 |
| 15  | Tempo estável, sem registro de chuva, temperatura elevadas   | mTa                 |
| 16  | Tempo estável, sem registro de chuva, temperatura elevadas   | mTa                 |
| 17  | Tempo estável, sem registro de chuva, temperatura elevadas   | mTa                 |
| 18  | Tempo estável, sem registro de chuva, temperatura elevadas   | mTa                 |
| 19  | Tempo estável, sem registro de chuva, temperatura elevadas   | mTa                 |
| 20  | Tempo estável, sem registro de chuva, temperatura elevadas associado a condição pré frontal                        | mTa/Pré frontal     |
| 21  | Tempo instável, sem registro de chuva, aumento da umidade relativa do ar e nebulosidade e temperaturas em declínio | FPA                 |
| 22  | Tempo instável, com registro de chuva e temperaturas em declínio (menor temperatura do período)                    | FPA/mPa             |
| 23  | Tempo instável, com registro de chuva e com baixas temperaturas  | FPA/mPa             |
| 24  | Tempo estável, frio com baixas temperaturas associada a massa polar  | mPa                 |
| 25  | Tempo estável, frio com baixas temperaturas associada a massa polar  | mPa                 |
| 26  | Tempo estável, frio com baixas temperaturas associada a massa polar  | mPa                 |
| 27  | Tempo estável, sem registro de chuva e com temperaturas em elevação  | mTa                 |
| 28  | Tempo estável, sem registro de chuva e com temperaturas em elevação  | mTa                 |
| 29  | Tempo estável, sem registro de chuva e com temperaturas em elevação  | mTa                 |
| 30  | Tempo estável, sem registro de chuva e com temperaturas em elevação  | mTa                 |
| 31  | Tempo estável, sem registro de chuva e com temperaturas em elevação  | mTa                 |

Elaboração: Jaqueline C. Silva, 2021.

O gráfico de análise rítmica abaixo, figura (31), mostra de forma sintetizada, as condições atmosféricas para o maio de setembro – 2020.

Figura 31 - Gráfico de análise rítmica.



Legenda:

|   |                               |          |   |    |                        |             |  |    |                       |             |  |
|---|-------------------------------|----------|---|----|------------------------|-------------|--|----|-----------------------|-------------|--|
| 1 | mTa                           | Estável  | Tipo de tempo estável anticiclônico atlântico           | 7  | FPA                    | Instável    | Tipo de tempo frontal instável polar do atlântico  | 13 | mTa/Pré frontal       | Transitório | Tipo de tempo transitório de temperaturas aumentadas oriundas da condição pré frontal                          |
| 2 | mPa                           | Estável  | Tipo de tempo estável anticiclônico polar               | 8  | Ciclone extratropical  | Instável    | Tipo de tempo ciclônico convectivo acentuadamente instável   | 14 | LI/mPa                | Transitório | Tipo de tempo transitório com instabilidade e sutil aumento de temperatura oriundos de perturbação atmosférica |
| 3 | mPa em vias de tropicalização | Estável  | Tipo de tempo anticiclônico estável polar aquecido      | 9  | FPA/mPa                | Transitório | Tipo de tempo transitório polar do atlântico acompanhado de nebulosidade e precipitação            | 15 | FPA/Pré frontal       | Transitório | Tipo de tempo transitório convectivo de temperaturas elevadas e sutil precipitação                             |
| 4 | mPa tropicalizada             | Estável  | Tipo de tempo anticiclônico estável polar tropicalizado | 10 | FPA/LI                 | Transitório | Tipo de tempo transitório chuvoso com temperaturas reduzidas oriundo de perturbações atmosféricas  | 16 | FPA/Pós frontal       | Transitório | Tipo de tempo transitório de nebulosidade aumentada e sutil registro de chuva                                  |
| 5 | ZCAS                          | Instável | Tipo de tempo instável chuvoso de NO-SE                 | 11 | mPa/Pós frontal        | Transitório | Tipo de tempo transitório de fraca instabilidade tendendo a chuva e redução sutil das temperaturas | 17 | mTa (instável - ASAS) | Transitório | Tipo de tempo transitório convectivo de L  |
| 6 | ZCOU                          | Instável | Tipo de tempo instável chuvoso de curto prazo           | 12 | mPa tropicalizada/ mTa | Transitório | Tipo de tempo transitório de baixa instabilidade e de sutil aquecimento oriundo da mTa             | 18 | Pré frontal           | Transitório | Tipo de tempo transitório frontal aquecido de baixa instabilidade  |

Elaboração: Jaqueline C. Silva, 2021.

A figura abaixo (32) mostra, de forma sintetizada, as condições atmosféricas para o mês de setembro – 2020:

Figura 32 - Síntese sinótica.

| <b>Dia</b> | <b>Aspectos sinóticos</b>   | <b>Sistema atmosférico</b> |
|------------|---|----------------------------|
| 1          | Tempo estável, sem registro de chuva e com temperaturas em elevação | mTa                        |
| 2          | Tempo estável, sem registro de chuva e com temperaturas em elevação | mTa                        |
| 3          | Tempo estável, sem registro de chuva e com temperaturas em elevação | mTa                        |
| 4          | Tempo estável, sem registro de chuva e com temperaturas em elevação | mTa                        |
| 5          | Tempo estável, sem registro de chuva e com temperaturas em elevação | mTa                        |
| 6          | Tempo estável, sem registro de chuva e com temperaturas em elevação | mTa                        |
| 7          | Tempo estável, sem registro de chuva e com temperaturas em elevação | mTa                        |
| 8          | Tempo estável, sem registro de chuva e com temperaturas em elevação | mTa                        |
| 9          | Tempo estável, sem registro de chuva e com temperaturas em elevação | mTa                        |
| 10         | Tempo estável, sem registro de chuva e com temperaturas em elevação | mTa                        |
| 11         | Tempo estável, sem registro de chuva e com temperaturas em elevação | mTa                        |
| 12         | Tempo estável, sem registro de chuva e com temperaturas em elevação | mTa                        |
| 13         | Tempo estável, sem registro de chuva e com temperaturas em elevação | mTa                        |
| 14         | Tempo estável, sem registro de chuva e com temperaturas em elevação | mTa                        |
| 15         | Tempo estável, sem registro de chuva e com temperaturas em elevação | mTa                        |
| 16         | Tempo estável, sem registro de chuva e com temperaturas em elevação | mTa                        |
| 17         | Tempo estável, sem registro de chuva e com temperaturas em elevação | mTa                        |
| 18         | Tempo estável, sem registro de chuva e com temperaturas em elevação | mTa                        |
| 19         | Tempo estável, sem registro de chuva e com temperaturas em elevação | mTa                        |
| 20         | Tempo estável, sem registro de chuva e com temperaturas em elevação | mTa                        |
| 21         | Tempo instável, com registro de chuva e temperaturas em declínio    | FPA                        |
| 22         | Tempo instável, com registro de chuva e temperaturas em declínio    | FPA                        |
| 23         | Tempo instável, com registro de chuva e temperaturas em declínio    | FPA                        |
| 24         | Tempo instável, com registro de chuva e temperaturas em elevação    | FPA                        |
| 25         | Tempo estável, sem registro de chuva e com temperaturas em elevação | mPa                        |
| 26         | Tempo estável, sem registro de chuva e com temperaturas em elevação | mPa tropicalizada          |
| 27         | Tempo estável, sem registro de chuva e com temperaturas em elevação | mPa tropicalizada          |
| 28         | Tempo estável, sem registro de chuva e com temperaturas em elevação | mTa                        |
| 29         | Tempo estável, sem registro de chuva e com temperaturas em elevação | mTa                        |
| 30         | Tempo estável, sem registro de chuva e com temperaturas em elevação | mTa                        |

Elaboração: Jaqueline C. Silva, 2021.

#### 5.1.4 Análise para meses de primavera

A primavera de 2020 caracterizou-se, principalmente, pela atuação da mTa, da FPA e da ZCAS, ocasionando dias de temperaturas elevadas (23,6 °C média). O volume mensal de precipitação ficou em de 11,6mm no mês de setembro, 123mm em outubro, 160,6 em novembro e 224,1 em dezembro (até 20/12, período em que termina a primavera), somando 519,3mm acumulados no período.

#### **Outubro, 2020**

O mês de outubro foi caracterizado por tempo instável, com amplitude térmica de 10,9°C, registro de 123 mm de precipitação e elevada temperatura do ar com média de 23,6°C. Ao longo do mês a circulação atmosférica foi marcada pela atuação da mTa associada ao ASAS, da mPa (com circulação característica para a época do ano), da ZCOU e da FPA.

Os três primeiros dias do mês de outubro foram de tempo quente e estável, sem registro de chuva, condição de tempo provocada por meio da atuação da mTa (que é geneticamente ligada ao ASAS). O dia 4/10 é marcado pela proximidade de uma frente fria e aumento da nebulosidade.

No dia 05/10 é registrada a atuação da mPa. Neste dia o tempo fica estável, com redução da temperatura em 1°C (25,92°C) e sem registro de chuva. No dia 06/10 foi registrado tempo quente e estável associado a atuação da mPa tropicalizada, devido a sua entrada e permanência em área continental.

No dia 07/10 foi registrado tempo quente e estável associado a atuação do ASAS - sem registro de chuva. No dia seguinte (08/10), leves instabilidades são registradas (registro de 0,1mm de chuva) devido à proximidade de uma linha de instabilidade e da Frente Polar do Atlântico (FPA).

O dia 09 foi marcado pela atuação da mTa/ASAS. Neste dia foram registradas condições de tempo pré-frontal, com estabilidade atmosférica e aumento da temperatura.

No dia 10 ocorre a proximidade da FPA e presença de uma LI, fatores que provocam leve instabilidade temporal e aumento da temperatura. A chegada da frente polar do Atlântico ocasiona tempo com temperaturas em declínio, instável e com registro de chuva. Após a sua tropicalização, as condições de tempo ficam estáveis e com aumento da temperatura. No dia 15 ocorre a atuação da mTa associada a atuação do ASAS, neste dia o tempo permanece quente, instável e com registro de chuva.

Nos dias seguintes ocorre, novamente, a participação da frente polar do Atlântico e da mPa. Nestes dias (16 a 19/10) ocorre redução da temperatura e estabilidade temporal. Dos dias 20 a 22 a atuação de LI e presença de núcleos de baixa pressão ocasiona instabilidade temporal com sutil aumento de temperatura e registro de chuva.

Nos dias 23 e 24 ocorre a atuação da mPa que provoca redução da temperatura. Nos dias seguintes (25 a 30/10) ocorre aumento da temperatura devido a atuação da mTa (associada ao ASAS). Nestes dias permanecem condições de instabilidade com registro de chuva. O último dia do mês é marcado pela atuação de uma ZCOU, com tempo instável (18,8mm) e redução da temperatura.

### **Novembro, 2020**

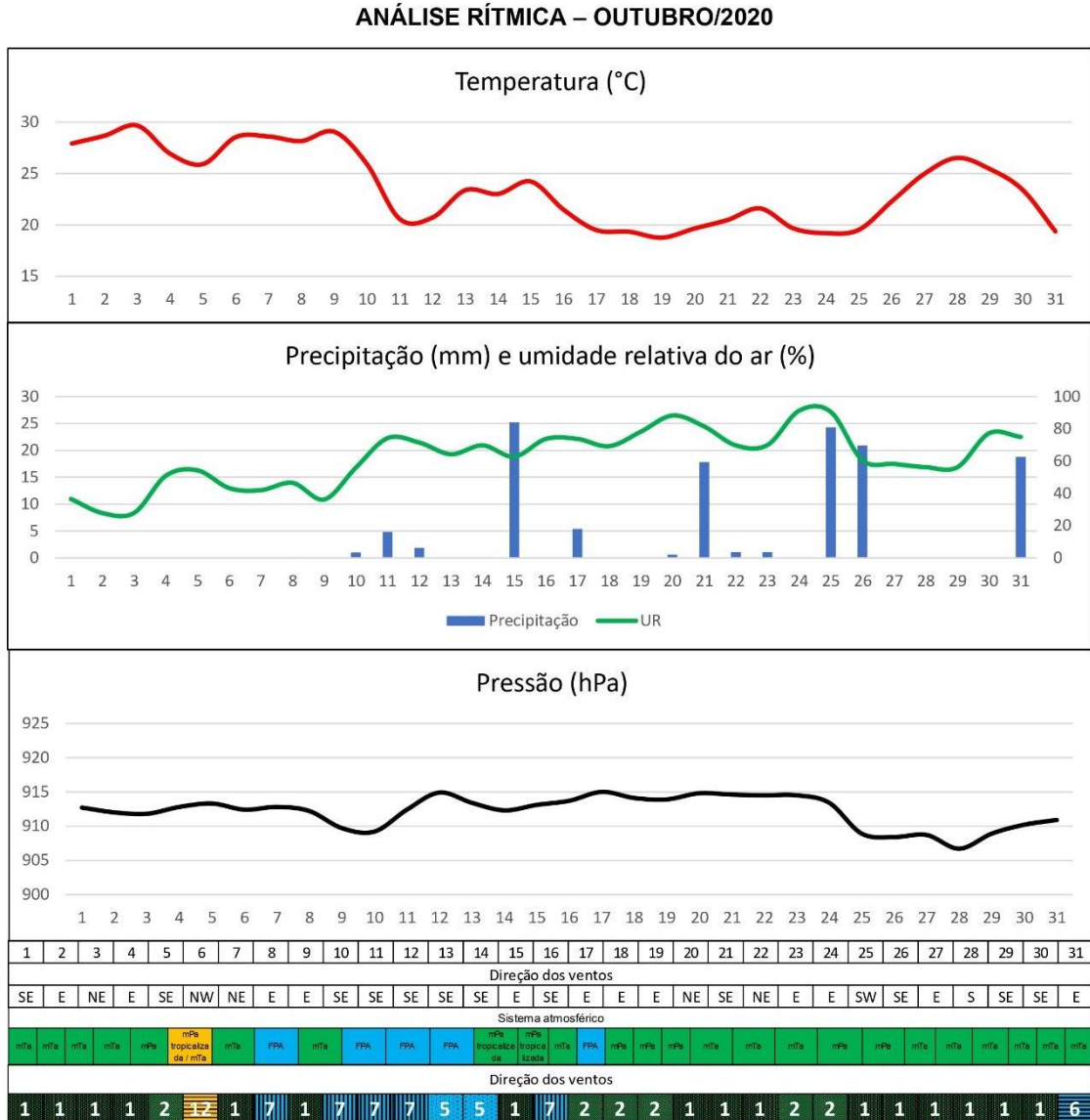
O mês de novembro foi caracterizado por dias de tempo estável, mas também com volume considerável de precipitação (fato esperado para a época do ano, que está no período chuvoso). Foram registrados 160,6mm de chuva ocasionados pela atuação da Frente Polar do Atlântico – atuante dos dias 17 até 19/11, e também pela atuação de linhas de instabilidade em conjunto, também, com a FPA.

**Dezembro, 2020**

Durante o mês de dezembro foram registrados dias de tempo estáveis e também instáveis. Os dias instáveis foram caracterizados pela atuação da ZCAS, durante os dias 9/12 até 13/12 e 24/12 até 26/12, e pela FPA e Linhas de Instabilidade, acumulando o volume de 278,1mm mensais.

O gráfico de análise rítmica abaixo, figura (33), mostra de forma sintetizada, as condições atmosféricas para o mês de outubro– 2020.

Figura 33 - Gráfico de análise rítmica.



Legenda:

|   |                               |          |   |    |                        |             |  |    |                       |             |  |
|---|-------------------------------|----------|---|----|------------------------|-------------|--|----|-----------------------|-------------|--|
| 1 | mTa                           | Estável  | Tipo de tempo estável anticiclônico atlântico           | 7  | FPA                    | Instável    | Tipo de tempo frontal instável polar do atlântico  | 13 | mTa/Pré frontal       | Transitório | Tipo de tempo transitório de temperaturas aumentadas oriundas da condição pré frontal                          |
| 2 | mPa                           | Estável  | Tipo de tempo estável anticiclônico polar               | 8  | Ciclone extratropical  | Instável    | Tipo de tempo ciclônico convectivo acentuadamente instável   | 14 | L/mPa                 | Transitório | Tipo de tempo transitório com instabilidade e sutil aumento de temperatura oriundas de perturbação atmosférica |
| 3 | mPa em vias de tropicalização | Estável  | Tipo de tempo anticiclônico estável polar aquecido      | 9  | FPA/mPa                | Transitório | Tipo de tempo transitório polar do atlântico acompanhado de nebulosidade e precipitação            | 15 | FPA/Pré frontal       | Transitório | Tipo de tempo transitório convectivo de temperaturas elevadas e sutil precipitação                             |
| 4 | mPa tropicalizada             | Estável  | Tipo de tempo anticiclônico estável polar tropicalizado | 10 | FPA/LI                 | Transitório | Tipo de tempo transitório chuvoso com temperaturas reduzidas oriundo de perturbações atmosféricas  | 16 | FPA/ Pós frontal      | Transitório | Tipo de tempo transitório de nebulosidade aumentada e sutil registro de chuva                                  |
| 5 | ZCAS                          | Instável | Tipo de tempo instável chuvoso de NO-SE                 | 11 | mPa/Pós frontal        | Transitório | Tipo de tempo transitório de fraca instabilidade tendendo a chuva e redução sutil das temperaturas | 17 | mTa (instável - ASAS) | Transitório | Tipo de tempo transitório convectivo de L  |
| 6 | ZOOU                          | Instável | Tipo de tempo instável chuvoso de curto prazo           | 12 | mPa tropicalizada/ mTa | Transitório | Tipo de tempo transitório de baixa instabilidade e de sutil aquecimento oriundo da mTa             | 18 | Pré frontal           | Transitório | Tipo de tempo transitório frontal aquecido de baixa instabilidade  |

Elaboração: Jaqueline C. Silva, 2021.

A figura abaixo (34) mostra, de forma sintetizada, as condições atmosféricas para o mês de outubro – 2020:

Figura 34 - Síntese sinótica.

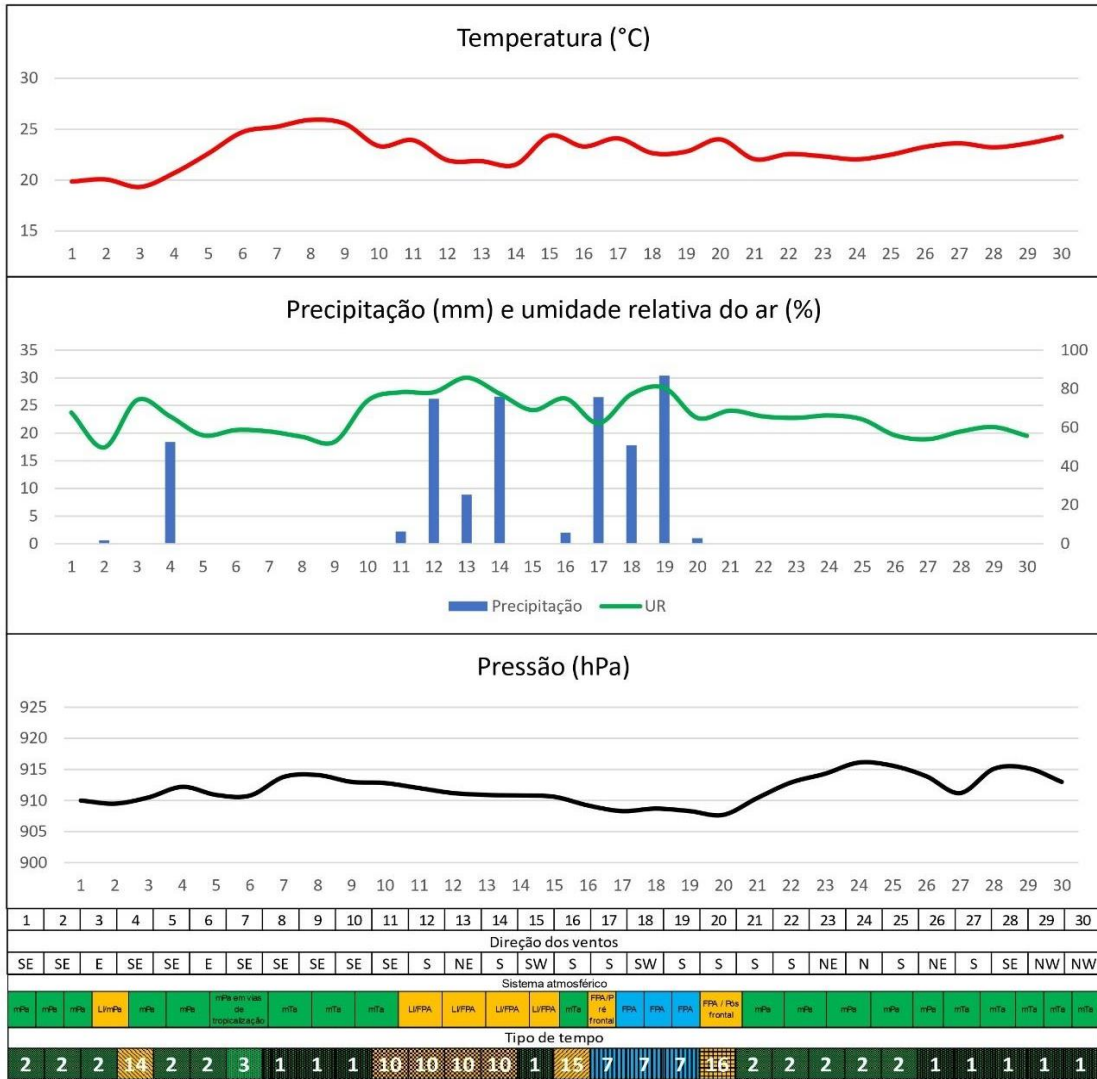
| Dia | Aspectos sinóticos   | Sistema atmosférico     |
|-----|--|-------------------------|
| 1   | Tempo quente e estável, sem registro de chuva, associado ao mTa  | mTa                     |
| 2   | Tempo quente e estável, sem registro de chuva, associado ao mTa  | mTa                     |
| 3   | Tempo quente e estável, sem registro de chuva, associado ao mTa  | mTa                     |
| 4   | Tempo quente e estável, sem registro de chuva, associado ao mTa (Proximidade da frente fria e aumento da nebulosidade provavelmente provocaram redução da temperatura)                     | mTa                     |
| 5   | Tempo estável, com redução das temperaturas associado a mPa. Sem registro de chuva.  | mPa                     |
| 6   | Tempo quente e estável, com aumento da temperatura associado a tropicalização da mPa e entrando na área de influencia da mTa   | mPa tropicalizada / mTa |
| 7   | Tempo quente e estável, sem registro de chuva, associado ao mTa  | mTa                     |
| 8   | Tempo quente com leve instabilidade e pequeno registro de chuva (0,1mm) associado a perturbações induzidas pela FPA  | FPA                     |
| 9   | Tempo quente e estável, com aumento da temperatura indicando condição de tempo pré frontal   | mTa                     |
| 10  | Tempo quente com leve instabilidade e pequeno registro de chuva (1mm) associado a proximidade com linha de instabilidade e frente fria   | FPA                     |
| 11  | Tempo instável e frio (20,5°C), com registro de chuva associado a frente fria  | FPA                     |
| 12  | Tempo instável e frio (20,7°C), com registro de chuva associado a frente fria  | FPA                     |
| 13  | Tempo estável, com aumento da temperatura e tropicalização da mPa  | mPa tropicalizada       |
| 14  | Tempo estável, com manutenção da temperatura e tropicalização da mPa   | mPa tropicalizada       |
| 15  | Tempo instável e quente, com registro de chuva associado ao mTa  | mTa                     |
| 16  | Tempo instável, com declínio de temperatura associado a linha de instabilidade e presença de frente fria no oceano (aumento da nebulosidade)   | FPA                     |
| 17  | Tempo instável e frio, com declínio da temperatura (19,5°C), e registro de chuva associado a presença de linha de instabilidade e advecção de ar frio                                      | mPa                     |
| 18  | Tempo estável, com sutil redução de temperatura associado a mPa  | mPa                     |
| 19  | Tempo estável, com sutil redução de temperatura associado a mPa  | mPa                     |
| 20  | Tempo instável, com sutil aumento da temperatura e registro de chuva associado a linha de instabilidade (LI) associado ao mTa  | mTa                     |
| 21  | Tempo instável, com sutil aumento da temperatura e registro de chuva associado a linha de instabilidade (LI) + núcleos continentais de baixa pressão dentro do domínio do mTa              | mTa                     |
| 22  | Tempo instável, com sutil aumento da temperatura e registro de chuva associado a instabilidade continental (possivelmente organizado por frentes frias no oceano) dentro do domínio do mTa | mTa                     |
| 23  | Tempo instável, com declínio de temperatura associado a proximidade com o mPa (advecção de ar frio)  | mPa                     |
| 24  | Tempo estável, com sutil redução de temperatura (19,2°C) associado a mPa   | mPa                     |
| 25  | Tempo instável, com sutil aumento de temperatura (19,5°C) e registro de chuva associado a área de influencia do mTa  | mTa                     |
| 26  | Tempo instável e quente, com aumento da temperatura e registro de chuva, associado a atuação do mTa  | mTa                     |
| 27  | Tempo quente e estável, com aumento da temperatura, sem registro de chuva, associado a área de atuação do mTa  | mTa                     |
| 28  | Tempo quente e estável, com aumento da temperatura, sem registro de chuva, associado a área de atuação do mTa  | mTa                     |
| 29  | Tempo quente e estável, com redução da temperatura devido a baixa umidade relativa (acelera a perda radioativa, favorecendo a redução da temperatura), devido a área de influencia do mTa  | mTa                     |
| 30  | Tempo com aumento da instabilidade, com redução das temperaturas e sem registro de chuvas. Proximidade de uma frente fria. área de influencia do mTa                                       | mTa                     |
| 31  | Tempo instável, com redução da temperatura devido a presença de uma zona de convergencia (ZCOU) e presença de frente fria  | ZCOU                    |

Elaboração: Jaqueline C. Silva, 2021.

O gráfico de análise rítmica abaixo, figura (35), mostra de forma sintetizada, as condições atmosféricas para o mês de novembro – 2020.

Figura 35 - Gráfico de análise rítmica.

**ANÁLISE RÍTMICA – NOVEMBRO/2020**



**Legenda:**

|   |                               |          |   |    |                       |             |  |    |                       |             |  |
|---|-------------------------------|----------|---|----|-----------------------|-------------|--|----|-----------------------|-------------|--|
| 1 | mTa                           | Estável  | Tipo de tempo estável anticiclônico atlântico           | 7  | FPA                   | Instável    | Tipo de tempo frontal instável polar do atlântico  | 13 | mTa/Pré frontal       | Transitório | Tipo de tempo transitório de temperaturas aumentadas oriundas da condição pré frontal                          |
| 2 | mPa                           | Estável  | Tipo de tempo estável anticiclônico polar               | 8  | Ciclone extratropical | Instável    | Tipo de tempo ciclônico convectivo acentuadamente instável   | 14 | LI/mPa                | Transitório | Tipo de tempo transitório com instabilidade e sutil aumento de temperatura oriundas de perturbação atmosférica |
| 3 | mPa em vias de tropicalização | Estável  | Tipo de tempo anticiclônico estável polar aquecido      | 9  | FPA/mPa               | Transitório | Tipo de tempo transitório polar do atlântico acompanhado de nebulosidade e precipitação            | 15 | FPA/Pré frontal       | Transitório | Tipo de tempo transitório convectivo de temperaturas elevadas e sutil precipitação                             |
| 4 | mPa tropicalizada             | Estável  | Tipo de tempo anticiclônico estável polar tropicalizado | 10 | FPA/LI                | Transitório | Tipo de tempo transitório chuvoso com temperaturas reduzidas oriundo de perturbações atmosféricas  | 16 | FPA/ Pós frontal      | Transitório | Tipo de tempo transitório de nebulosidade aumentada e sutil registro de chuva                                  |
| 5 | ZCAS                          | Instável | Tipo de tempo instável chuvoso de NO-SE                 | 11 | mPa/Pós frontal       | Transitório | Tipo de tempo transitório de fraca instabilidade tendendo a chuva e redução sutil das temperaturas | 17 | mTa (instável - ASAS) | Transitório | Tipo de tempo transitório convectivo de L  |
| 6 | ZCOU                          | Instável | Tipo de tempo instável chuvoso de curto prazo           | 12 | mPa tropicalizada/mTa | Transitório | Tipo de tempo transitório de baixa instabilidade e de sutil aquecimento oriundo da mTa             | 18 | Pré frontal           | Transitório | Tipo de tempo transitório frontal aquecido de baixa instabilidade  |

A figura abaixo (36) mostra, de forma sintetizada, as condições atmosféricas para o mês de novembro – 2020:

Figura 36 - Síntese sinótica.

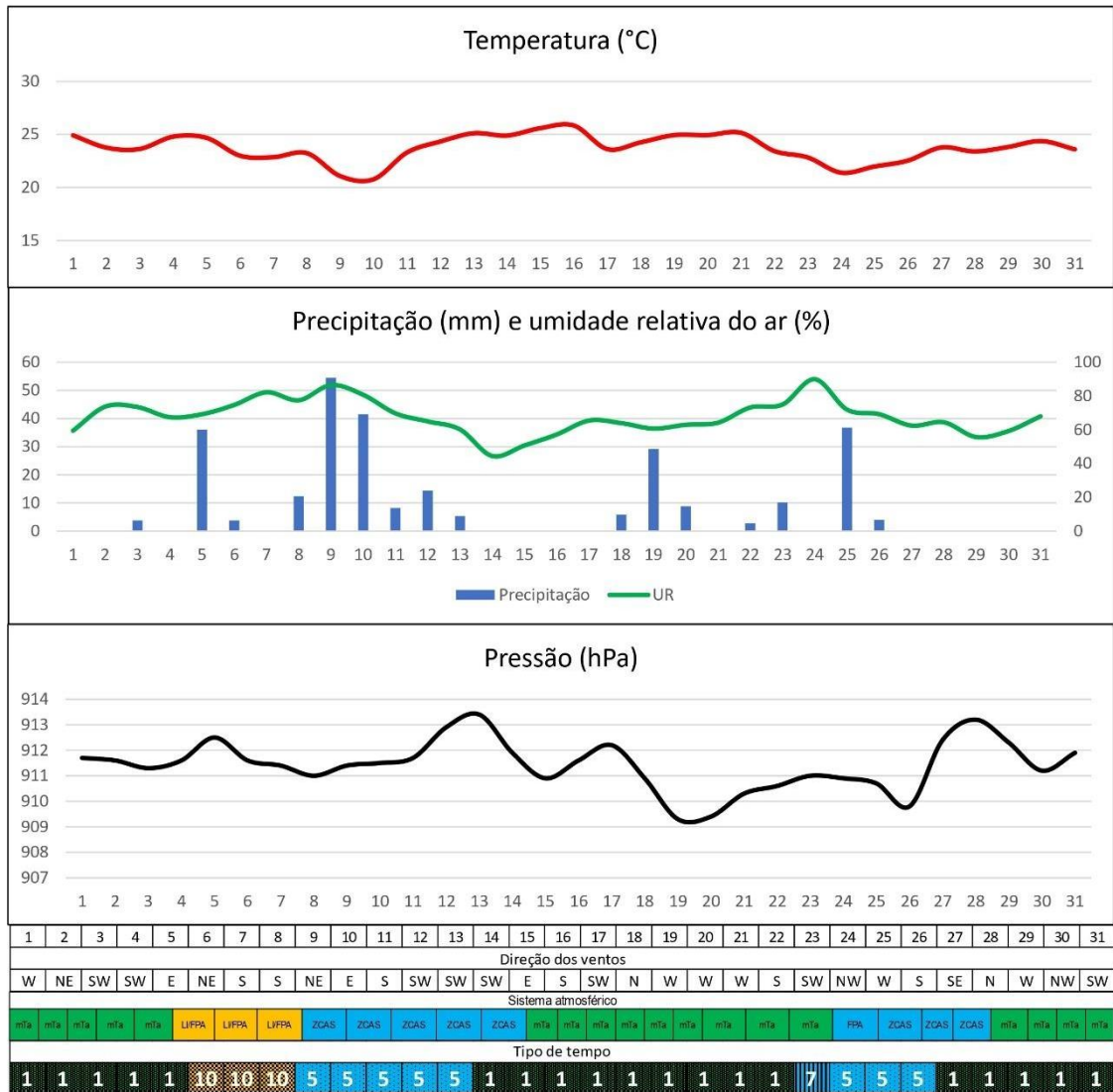
| Dia | Aspectos sinóticos  | Sistema atmosférico           |
|-----|---|-------------------------------|
| 1   | Tempo estável, sem registro de chuva e com redução da temperatura | mPa                           |
| 2   | Tempo estável, sem registro de chuva e com redução da temperatura | mPa                           |
| 3   | Tempo estável, sem registro de chuva e com redução da temperatura | mPa                           |
| 4   | Tempo instável associado a formação de uma LI dentro da mPa       | LI/mPa                        |
| 5   | Tempo estável, sem registro de chuva                              | mPa                           |
| 6   | Tempo estável, sem registro de chuva                              | mPa                           |
| 7   | Tempo estável, sem registro de chuva e com aumento da temperatura | 1Pa em vias de tropicalização |
| 8   | Tempo estável, sem registro de chuva e com aumento da temperatura | mTa                           |
| 9   | Tempo estável, sem registro de chuva e com aumento da temperatura | mTa                           |
| 10  | Tempo estável, sem registro de chuva e com redução da temperatura | mTa                           |
| 11  | Tempo instável, com registro de chuva e redução da temperatura    | LI/FPA                        |
| 12  | Tempo instável, com registro de chuva e redução da temperatura    | LI/FPA                        |
| 13  | Tempo instável, com registro de chuva e redução da temperatura    | LI/FPA                        |
| 14  | Tempo instável, com registro de chuva e redução da temperatura    | LI/FPA                        |
| 15  | Tempo estável, sem registro de chuva e com aumento da temperatura | mTa                           |
| 16  | Tempo instável, com registro de chuva                             | FPA/Pré frontal               |
| 17  | Tempo instável, com registro de chuva                             | FPA                           |
| 18  | Tempo instável, com registro de chuva                             | FPA                           |
| 19  | Tempo instável, com registro de chuva                             | FPA                           |
| 20  | Tempo instável, com registro de chuva                             | FPA Pós frontal               |
| 21  | Tempo estável, sem registro de chuva                              | mPa                           |
| 22  | Tempo estável, sem registro de chuva                              | mPa                           |
| 23  | Tempo estável, sem registro de chuva                              | mPa                           |
| 24  | Tempo estável, sem registro de chuva                              | mPa                           |
| 25  | Tempo estável, sem registro de chuva                              | mPa                           |
| 26  | Tempo estável, sem registro de chuva                              | mTa                           |
| 27  | Tempo estável, sem registro de chuva                              | mTa                           |
| 28  | Tempo estável, sem registro de chuva                              | mTa                           |
| 29  | Tempo estável, sem registro de chuva                              | mTa                           |
| 30  | Tempo estável, sem registro de chuva                              | mTa                           |

Elaboração: Jaqueline C. Silva, 2021.

O gráfico de análise rítmica abaixo, figura (37), mostra de forma sintetizada, as condições atmosféricas para o mês de dezembro – 2020.

Figura 37 - Gráfico de análise rítmica.

**ANÁLISE RÍTMICA – DEZEMBRO/2020**



Legenda:

|   |                               |          |   |    |                        |             |  |    |                     |             |  |
|---|-------------------------------|----------|---|----|------------------------|-------------|--|----|---------------------|-------------|--|
| 1 | mTa                           | Estável  | Tipo de tempo estável anticiclônico atlântico           | 7  | FPA                    | Instável    | Tipo de tempo frontal instável polar do atlântico  | 13 | mTa/Pré frontal     | Transitório | Tipo de tempo transitório de temperaturas aumentadas oriundas da condição pré frontal                          |
| 2 | mPa                           | Estável  | Tipo de tempo estável anticiclônico polar               | 8  | Ciclone extratropical  | Instável    | Tipo de tempo ciclônico convectivo acentuadamente instável   | 14 | Lf/mPa              | Transitório | Tipo de tempo transitório com instabilidade e sutil aumento de temperatura oriundos de perturbação atmosférica |
| 3 | mPa em vias de tropicalização | Estável  | Tipo de tempo anticiclônico estável polar aquecido      | 9  | FPA/mPa                | Transitório | Tipo de tempo transitório polar do atlântico acompanhado de nebulosidade e precipitação            | 15 | FPA/Pré frontal     | Transitório | Tipo de tempo transitório convectivo de temperaturas elevadas e sutil precipitação                             |
| 4 | mPa tropicalizada             | Estável  | Tipo de tempo anticiclônico estável polar tropicalizado | 10 | FPA/Lf                 | Transitório | Tipo de tempo transitório chuvoso com temperaturas reduzidas oriundo de perturbações atmosféricas  | 16 | FPA / Pós frontal   | Transitório | Tipo de tempo transitório de nebulosidade aumentada e sutil registro de chuva                                  |
| 5 | ZCAS                          | Instável | Tipo de tempo instável chuvoso de NO-SE                 | 11 | mPa / Pós frontal      | Transitório | Tipo de tempo transitório de fraca instabilidade tendendo a chuva e redução sutil das temperaturas | 17 | mTa (instável-ASAS) | Transitório | Tipo de tempo transitório convectivo de L  |
| 6 | ZCOU                          | Instável | Tipo de tempo instável chuvoso de curto prazo           | 12 | mPa tropicalizada/ mTa | Transitório | Tipo de tempo transitório de baixa instabilidade e de sutil aquecimento oriundo da mTa             | 18 | Pré frontal         | Transitório | Tipo de tempo transitório frontal aquecido de baixa instabilidade  |

Elaboração: Jaqueline C. Silva, 2021.

A figura abaixo (38) mostra, de forma sintetizada, as condições atmosféricas para o mês de dezembro – 2020:

Figura 38 - Síntese sinótica.

| Dia | Aspectos sinóticos  | Sistema atmosférico |
|-----|---|---------------------|
| 1   | Tempo estável, sem registro de chuva e pouca oscilação de temperatura   | ASAS                |
| 2   | Tempo estável, sem registro de chuva e pouca oscilação de temperatura   | ASAS                |
| 3   | Tempo instável associado a presença de complexos convectivos - CCM e convecção tropical - CV, com registro de chuva                       | ASAS                |
| 4   | Tempo estável, sem registro de chuva e pouca oscilação de temperatura   | ASAS                |
| 5   | Tempo instável associado a presença de complexos convectivos - CCM e convecção tropical - CV, com registro de chuva                       | ASAS                |
| 6   | Tempo instável, com registro de chuva e diminuição da temperatura   | L/FPA               |
| 7   | Tempo instável, com registro de chuva e diminuição da temperatura   | L/FPA               |
| 8   | Tempo instável, com registro de chuva e diminuição da temperatura   | L/FPA               |
| 9   | Tempo instável, com registro de chuva associado a atuação da ZCAS   | ZCAS                |
| 10  | Tempo instável, com registro de chuva associado a atuação da ZCAS   | ZCAS                |
| 11  | Tempo instável, com registro de chuva associado a atuação da ZCAS   | ZCAS                |
| 12  | Tempo instável, com registro de chuva associado a atuação da ZCAS   | ZCAS                |
| 13  | Tempo instável, com registro de chuva associado a atuação da ZCAS   | ZCAS                |
| 14  | Tempo estável, sem registro de chuva e pouca oscilação de temperatura   | ASAS                |
| 15  | Tempo estável, sem registro de chuva e pouca oscilação de temperatura   | ASAS                |
| 16  | Tempo estável, sem registro de chuva e pouca oscilação de temperatura   | ASAS                |
| 17  | Tempo estável, sem registro de chuva e pouca oscilação de temperatura   | ASAS                |
| 18  | Tempo instável, com registro de chuva, temperaturas elevadas com pouca oscilação associada a atuação a perturbações atmosféricas (CCM/CV) | ASAS                |
| 19  | Tempo instável, com registro de chuva, temperaturas elevadas com pouca oscilação associada a atuação a perturbações atmosféricas (CCM/CV) | ASAS                |
| 20  | Tempo instável, com registro de chuva, temperaturas elevadas com pouca oscilação associada a atuação a perturbações atmosféricas (CCM/CV) | ASAS                |
| 21  | Tempo estável, sem registro de chuva e pouca oscilação de temperatura   | ASAS                |
| 22  | Tempo instável, com registro de chuva, temperaturas elevadas com pouca oscilação associada a atuação a perturbações atmosféricas (CCM/CV) | ASAS                |
| 23  | Tempo instável, com registro de chuva e diminuição da temperatura   | FPA                 |
| 24  | Tempo instável, com alta umidade relativa do ar e nebulosidade associadas a atuação da ZCAS   | ZCAS                |
| 25  | Tempo instável, com alta umidade relativa do ar, registro de chuva e nebulosidade associadas a atuação da ZCAS                            | ZCAS                |
| 26  | Tempo instável, com alta umidade relativa do ar, registro de chuva e nebulosidade associadas a atuação da ZCAS                            | ZCAS                |
| 27  | Tempo instável, com registro de chuva, temperaturas elevadas com pouca oscilação associada a atuação a perturbações atmosféricas (CCM/CV) | ASAS                |
| 28  | Tempo estável, sem registro de chuva e pouca oscilação de temperatura   | ASAS                |
| 29  | Tempo estável, sem registro de chuva e pouca oscilação de temperatura   | ASAS                |
| 30  | Tempo estável, sem registro de chuva e pouca oscilação de temperatura   | ASAS                |
| 31  | Tempo estável, sem registro de chuva e pouca oscilação de temperatura   | ASAS                |

Elaboração: Jaqueline C. Silva, 2021.

## 5.2 - PARTE II - CLASSIFICAÇÃO DOS TIPOS DE TEMPO

Os tipos de tempo identificados e presentes na pesquisa foram classificados com base no sistema atmosférico atuante e seus desdobramentos em superfície, possibilitando a identificação de macro categorias baseadas nas características de (1) estabilidade, (2) instabilidade, (3) transitoriedade e também a estação do ano em que ocorrem.

A macro categoria de tipos de tempo estável foi classificada primariamente pela ausência de chuva e manutenção das temperaturas, sejam elas mais elevadas, relacionadas à atuação da mTa ou menos elevadas, relacionadas à atuação da mPa e seus estágios de tropicalização, que também provocaram tempo estável.

A macro categoria de tipos de tempo instável foi relacionada com a ocorrência de chuva, nebulosidade e aumento da umidade relativa do ar. Neste caso, os sistemas atmosféricos identificados estão ligados às Zonas de Convergência de Umidade e do Atlântico Sul, frentes (FPA), Linhas de Instabilidade (LI), ciclones, além da participação de sistemas de menor atuação espacial e temporal como os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM) e a Convecção Tropical (CV).

E por fim, a macro categoria de tipos de tempo transitório foram identificados em episódios com atuação de mais de um sistema atmosférico, ocasionando contexto de instabilidade.

Dessa forma, as macros categorias de tipos de tempo identificados seguem o raciocínio abaixo descrito na tabela 6:

Tabela 6 - Macro categorias de tipos de tempo.

| Tipos de tempo  |                |                 |                |                 |                |
|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|
| Estáveis        |                | Instáveis       |                | Transitórios    |                |
| Primavera/Verão | Outono/Inverno | Primavera/Verão | Outono/Inverno | Primavera/Verão | Outono/Inverno |

Elaboração: Jaqueline C. Silva, 2021.

Ao longo do ano de 2020 e com base na interpretação de dados climáticos, imagens de satélite e cartas sinóticas, foi identificada a atuação de 18 sistemas atmosféricos sobre Belo Horizonte, aos quais foram atribuídas subcategorias, tomando por base a macro divisão de tempo Estável, Instável ou Transitório, conforme figura 39 abaixo:

Figura 39 - Subcategorias de tipos de tempo.

| Legenda | Sistema                       | Condição    | Tipo de tempo  | Participação em dias | Percentual de participação |
|---------|-------------------------------|-------------|--|----------------------|----------------------------|
| 1       | mTa                           | Estável     | Tipo de tempo estável anticiclônico atlântico  | 159                  | 43,44%                     |
| 2       | mPa                           | Estável     | Tipo de tempo estável anticiclônico polar  | 64                   | 17,49%                     |
| 3       | mPa em vias de tropicalização | Estável     | Tipo de tempo anticiclônico estável polar aquecido   | 5                    | 1,37%                      |
| 4       | mPa tropicalizada             | Estável     | Tipo de tempo anticiclônico estável polar tropicalizado  | 14                   | 3,83%                      |
| 5       | ZCAS                          | Instável    | Tipo de tempo instável chuvoso de NO-SE  | 20                   | 5,46%                      |
| 6       | ZCOU                          | Instável    | Tipo de tempo instável chuvoso de curto prazo  | 3                    | 0,82%                      |
| 7       | FPA                           | Instável    | Tipo de tempo frontal instável polar do atlântico  | 51                   | 13,93%                     |
| 8       | Ciclone extratropical         | Instável    | Tipo de tempo ciclônico convectivo acentuadamente instável   | 2                    | 0,55%                      |
| 9       | FPA/mPa                       | Transitório | Tipo de tempo transitório polar do atlântico acompanhado de nebulosidade e precipitação                        | 5                    | 1,37%                      |
| 10      | FPA/LI                        | Transitório | Tipo de tempo transitório chuvoso com temperaturas reduzidas oriundo de perturbações atmosféricas              | 8                    | 2,19%                      |
| 11      | mPa/ Pós frontal              | Transitório | Tipo de tempo transitório de fraca instabilidade tendendo a chuva e redução sutil das temperaturas             | 4                    | 1,09%                      |
| 12      | mPa tropicalizada/mTa         | Transitório | Tipo de tempo transitório de baixa instabilidade e de sutil aquecimento oriundo da mTa                         | 7                    | 1,91%                      |
| 13      | mTa/Pré frontal               | Transitório | Tipo de tempo transitório de temperaturas aumentadas oriundas da condição pré frontal                          | 3                    | 0,82%                      |
| 14      | LI/mPa                        | Transitório | Tipo de tempo transitório com instabilidade e sutil aumento de temperatura oriundos de perturbação atmosférica | 1                    | 0,27%                      |
| 15      | FPA/Pré frontal               | Transitório | Tipo de tempo transitório convectivo de temperaturas elevadas e sutil precipitação                             | 2                    | 0,55%                      |
| 16      | FPA / Pós frontal             | Transitório | Tipo de tempo transitório de nebulosidade aumentada e sutil registro de chuva                                  | 6                    | 1,64%                      |
| 17      | mTa (instável - ASAS)         | Transitório | Tipo de tempo transitório convectivo de L  | 11                   | 3,01%                      |
| 18      | Pré frontal                   | Transitório | Tipo de tempo transitório frontal aquecido de baixa instabilidade  | 1                    | 0,27%                      |

Elaboração: Jaqueline C. Silva, 2021.

Dos 18 sistemas atmosféricos identificados, 4 deles foram categorizados como estáveis, 4 foram considerados instáveis e 10 combinações de sistemas que, para a pesquisa, foram considerados transitórios.

A Massa Tropical do Atlântico (mTa) e a Massa Polar do Atlântico (mPa) concentraram o maior percentual de participação na dinâmica atmosférica de Belo Horizonte. Ao longo do ano a mTa atuou em 43,44% dos dias e a mPa atuou em 17,49% dos dias, 159 e 64 dias, respectivamente. Ambos os sistemas ocasionam tempo estável, fato que reflete a realidade climática de Belo Horizonte no ano estudado.

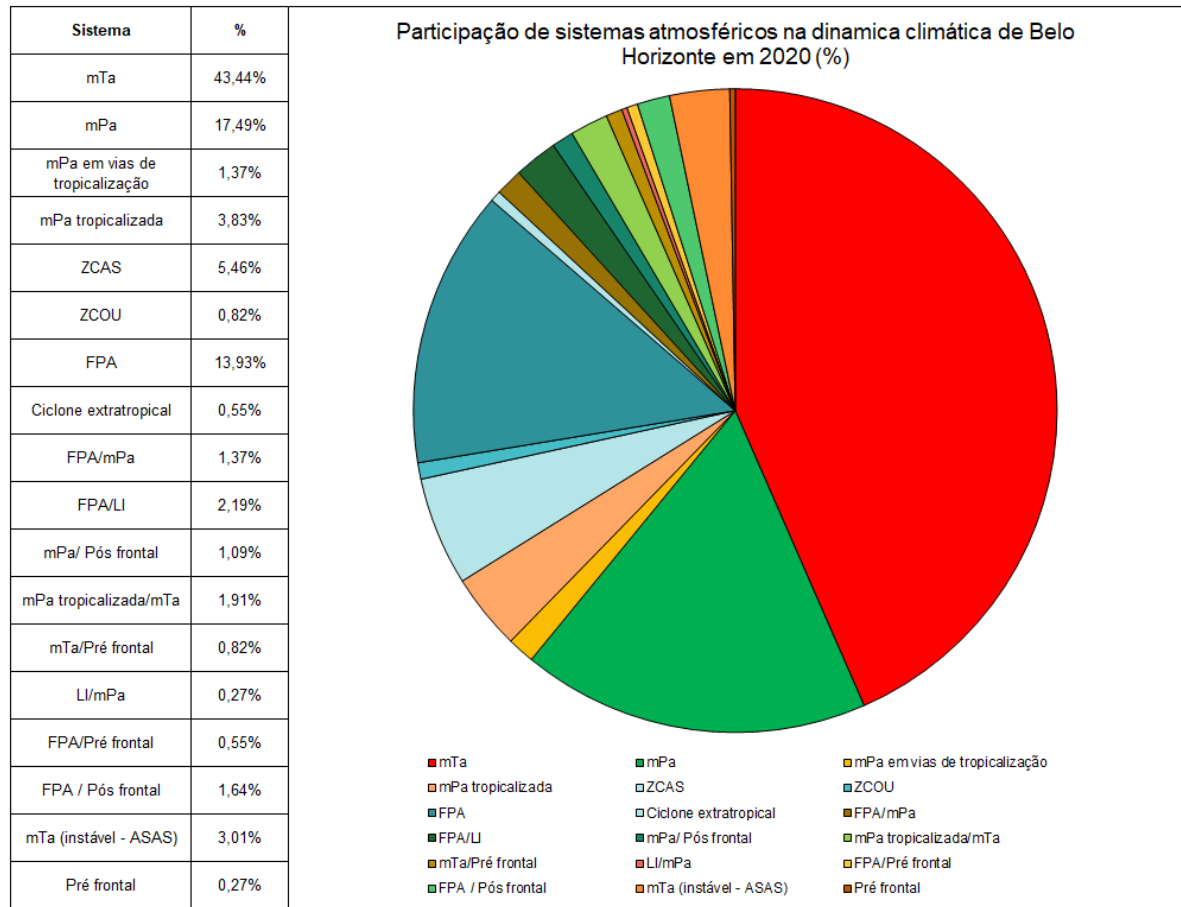
Os dias de tempo marcadamente instáveis somam 20,77% do percentual anual, ou 76 dias. Os sistemas atmosféricos responsáveis pelo tempo instável foram a Zona de Convergência do Atlântico Sul, a Zona de Convergência de Umidade, a Frente Polar Atlântica e um ciclone extratropical.

As condições de tempo entendidas como transitórias somaram 48 dias ao longo dos meses, ou 13,11% de participação. Neste caso, foi considerada a participação de mais de um sistema atmosférico, que, em grande parte dos episódios de ocorrência, houve registro de chuva, ou aumento da nebulosidade, porém, também ocorreram registros com dias de tempo indefinido.

Para a pesquisa os dias de tempo indefinido foram entendidos como transitórios, com diferentes níveis de instabilidade ou estabilidade, ou seja, hora mais próximos do tempo tido como estável e hora mais próximos de dias tidos como instáveis. Chegar em níveis mais detalhados destas condições atmosféricas exige uma decomposição escalar (possivelmente em dados horários) de elementos climáticos em termos de variações de temperatura, umidade, pressão e dentre outros elementos.

Afigura 40 mostra o percentual de participação de cada sistema na dinâmica atmosférica de Belo Horizonte:

Figura 40 - Participação dos sistemas atmosféricos em BH.



Elaboração: Jaqueline C. Silva, 2021.

A figura 41 mostra a participação dos sistemas atmosféricos ao longo dos meses de 2020, bem como a quantidade de dias em ação durante os meses. Foram atribuídas cores para as diferentes condições de tempo que os sistemas ocasionam, sendo o verde indicativo de tempo estável, o azul indicativo de tempo instável e, por fim, o laranja, indicativo de tempo transitório.

Figura 41 - Participação dos sistemas atmosféricos ao longo do ano de 2020.

| Janeiro               |    | Fevereiro       |    | Março                 |    | Abril                         |    | Maio            |    | Junho                         |    | Julho                 |    | Agosto            |    | Setembro          |    | Outubro                 |    | Novembro                      |    | Dezembro |    |
|-----------------------|----|-----------------|----|-----------------------|----|-------------------------------|----|-----------------|----|-------------------------------|----|-----------------------|----|-------------------|----|-------------------|----|-------------------------|----|-------------------------------|----|----------|----|
| mTa (instável - ASAS) | 11 | FPA             | 8  | ZCAS                  | 5  | FPA                           | 7  | mTa             | 9  | mTa                           | 17 | mTa                   | 12 | mPa               | 9  | mTa               | 23 | mTa                     | 16 | mPa                           | 10 | mTa      | 19 |
| ZCAS                  | 6  | FPA/LI          | 1  | Ciclone extratropical | 2  | FPA / mPa                     | 1  | FPA             | 6  | FPA                           | 2  | FPA                   | 3  | mPa tropicalizada | 1  | FPA               | 4  | mPa                     | 6  | LI/mPa                        | 1  | LI/FPA   | 3  |
| FPA                   | 6  | FPA/Pós frontal | 4  | mPa tropicalizada     | 7  | Pós frontal / mPa             | 3  | mPa             | 15 | mPa                           | 9  | mPa                   | 8  | mTa               | 17 | mPa               | 1  | mPa tropicalizada / mTa | 1  | mPa em vias de tropicalização | 1  | ZCAS     | 8  |
| mTa                   | 5  | mTa             | 10 | mTa                   | 11 | mPa                           | 4  | Pós frontal/mPa | 1  | mPa em vias de tropicalização | 2  | FPA/mPa               | 2  | mTa/Pré frontal   | 1  | mPa tropicalizada | 2  | FPA                     | 5  | mTa                           | 9  | FPA      | 1  |
| mTa/Pré frontal       | 1  | Pré frontal     | 1  | FPA                   | 5  | mTa                           | 11 |                 |    |                               |    | mPa tropicalizada/mTa | 6  | FPA               | 1  |                   |    | mPa tropicalizada       | 2  | LI/FPA                        | 4  |          |    |
| mPa                   | 2  | ZCOU            | 2  | FPA/Pós frontal       | 1  | mPa em vias de tropicalização | 2  |                 |    |                               |    |                       |    | FPA/mPa           | 2  |                   |    | ZCOU                    | 1  | FPA                           | 3  |          |    |
|                       |    | mTa/Pré frontal | 1  |                       |    | mPa tropicalizada             | 2  |                 |    |                               |    |                       |    |                   |    |                   |    |                         |    | FPA/Pós frontal               | 1  |          |    |
|                       |    | Pré frontal/FPA | 1  |                       |    |                               |    |                 |    |                               |    |                       |    |                   |    |                   |    |                         |    | FPA/Pré frontal               | 1  |          |    |
|                       |    | ZCAS            | 1  |                       |    |                               |    |                 |    |                               |    |                       |    |                   |    |                   |    |                         |    |                               |    |          |    |

|         |  |          |  |         |  |             |
|---------|--|----------|--|---------|--|-------------|
| LEGENDA |  | Instável |  | Estável |  | Transitório |
|---------|--|----------|--|---------|--|-------------|

Elaboração: Jaqueline C. Silva, 2021.

A figura 42 a seguir mostra a sucessão dos sistemas atmosféricos dia a dia durante o período de estudo, seguindo a mesma legenda de cores para as diferentes macros categorias de tipos de tempo (instável, estável e transitório).

Figura 42 - Sucessão temporal dos sistemas atmosféricos.

| Data | SISTEMAS ATMOSFÉRICOS |                 |                       |                               |                  |                               |                       |                   |                   |                         |                               |          |
|------|-----------------------|-----------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|-------------------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|-------------------------|-------------------------------|----------|
|      | Janeiro               | Fevereiro       | Março                 | Abril                         | Maiο             | Junho                         | Julho                 | Agosto            | Setembro          | Outubro                 | Novembro                      | Dezembro |
| 1    | mTa (instável - ASAS) | FPA             | ZCAS                  | FPA                           | mTa              | mTa                           | mTa                   | mPa               | mTa               | mTa                     | mPa                           | mTa      |
| 2    | mTa (instável - ASAS) | FPALI           | ZCAS                  | FPA                           | mTa              | mTa                           | mTa                   | mPa               | mTa               | mTa                     | mPa                           | mTa      |
| 3    | ZCAS                  | FPA             | ZCAS                  | FPA                           | FPA              | FPA                           | FPA                   | mPa               | mTa               | mTa                     | mPa                           | mTa      |
| 4    | ZCAS                  | FPA/Pós frontal | ZCAS                  | FPA / mPa                     | mPa              | mPa                           | mPa                   | mPa               | mTa               | mTa                     | LI/mPa                        | mTa      |
| 5    | ZCAS                  | FPA/Pós frontal | ZCAS                  | Pós frontal / mPa             | mPa              | mPa                           | mPa                   | mPa               | mTa               | mPa                     | mPa                           | mTa      |
| 6    | mTa (instável - ASAS) | FPA/Pós frontal | Ciclone extratropical | mPa                           | mTa              | mPa                           | mTa                   | mPa               | mTa               | mPa tropicalizada / mTa | mPa                           | LI/FPA   |
| 7    | mTa (instável - ASAS) | FPA/Pós frontal | Ciclone extratropical | mTa                           | FPA              | mPa                           | mTa                   | mPa tropicalizada | mTa               | mTa                     | mPa em vias de tropicalização | LI/FPA   |
| 8    | mTa (instável - ASAS) | mTa             | mPa tropicalizada     | Pós frontal / mPa             | mPa              | mPa em vias de tropicalização | mTa                   | mTa               | mTa               | FPA                     | mTa                           | LI/FPA   |
| 9    | mTa (instável - ASAS) | mTa             | mPa tropicalizada     | Pós frontal / mPa             | mPa              | mPa em vias de tropicalização | mTa                   | mTa               | mTa               | mTa                     | mTa                           | ZCAS     |
| 10   | mTa (instável - ASAS) | Pré frontal     | mPa tropicalizada     | mPa em vias de tropicalização | mPa              | mTa                           | FPA/mPa               | mTa               | mTa               | FPA                     | mTa                           | ZCAS     |
| 11   | mTa (instável - ASAS) | FPA             | mTa                   | mPa em vias de tropicalização | mPa              | mTa                           | FPA/mPa               | mTa               | mTa               | FPA                     | LI/FPA                        | ZCAS     |
| 12   | mTa (instável - ASAS) | FPA             | mTa                   | mPa tropicalizada             | mPa              | mTa                           | mTa/mPa tropicalizada | mTa               | mTa               | FPA                     | LI/FPA                        | ZCAS     |
| 13   | mTa (instável - ASAS) | ZCOU            | mTa                   | mPa tropicalizada             | mTa              | mTa                           | mTa                   | mTa               | mTa               | mPa tropicalizada       | LI/FPA                        | ZCAS     |
| 14   | mTa (instável - ASAS) | ZCOU            | mTa                   | mTa                           | mTa              | mTa                           | mTa                   | mTa               | mTa               | mPa tropicalizada       | LI/FPA                        | mTa      |
| 15   | FPA                   | mTa             | mTa                   | mTa                           | FPA              | mTa                           | mPa                   | mTa               | mTa               | mTa                     | mTa                           | mTa      |
| 16   | FPA                   | mTa             | mTa                   | FPA                           | FPA              | FPA                           | mPa                   | mTa               | mTa               | FPA                     | FPA/Pré frontal               | mTa      |
| 17   | FPA                   | mTa             | mTa                   | FPA                           | mPa/ Pós frontal | mPa                           | mPa                   | mTa               | mTa               | mPa                     | FPA                           | mTa      |
| 18   | FPA                   | mTa             | FPA                   | FPA                           | mPa              | mPa                           | mPa                   | mTa               | mTa               | mPa                     | FPA                           | mTa      |
| 19   | FPA                   | mTa             | FPA                   | FPA                           | mPa              | mTa                           | mPa                   | mTa               | mTa               | mPa                     | FPA                           | mTa      |
| 20   | FPA                   | mTa/Pré frontal | FPA                   | mPa                           | mPa              | mTa                           | mPa tropicalizada/mTa | mTa/Pré frontal   | mTa               | mTa                     | FPA / Pós frontal             | mTa      |
| 21   | mTa                   | Pré frontal/FPA | FPA                   | mTa                           | mTa              | mTa                           | mPa tropicalizada/mTa | FPA               | FPA               | mTa                     | mPa                           | mTa      |
| 22   | mTa                   | FPA             | FPA                   | mTa                           | mTa              | mTa                           | mPa tropicalizada/mTa | FPA/mPa           | FPA               | mTa                     | mPa                           | mTa      |
| 23   | ZCAS                  | FPA             | FPA/Pós frontal       | mTa                           | mTa              | mTa                           | mPa tropicalizada/mTa | FPA/mPa           | FPA               | mPa                     | mPa                           | FPA      |
| 24   | ZCAS                  | FPA             | mPa tropicalizada     | mTa                           | FPA              | mPa                           | mPa tropicalizada/mTa | mPa               | FPA               | mPa                     | mPa                           | ZCAS     |
| 25   | ZCAS                  | mTa             | mPa tropicalizada     | mTa                           | FPA              | mTa                           | mTa                   | mPa               | mPa               | mTa                     | mPa                           | ZCAS     |
| 26   | mPa                   | mTa             | mPa tropicalizada     | mTa                           | mPa              | mTa                           | mTa                   | mPa               | mPa tropicalizada | mTa                     | mTa                           | ZCAS     |
| 27   | mPa                   | mTa             | mPa tropicalizada     | mTa                           | mPa              | mTa                           | FPA                   | mTa               | mPa tropicalizada | mTa                     | mTa                           | mTa      |
| 28   | mTa                   | FPA             | mTa                   | mPa                           | mPa              | mTa                           | mTa                   | mTa               | mTa               | mTa                     | mTa                           | mTa      |
| 29   | mTa                   | ZCAS            | mTa                   | mPa                           | mPa              | mPa                           | mTa                   | mTa               | mTa               | mTa                     | mTa                           | mTa      |
| 30   | mTa                   |                 | mTa                   | mTa                           | mPa              | mPa                           | FPA                   | mTa               | mTa               | mTa                     | mTa                           | mTa      |
| 31   | mTa/Pré frontal       |                 | mTa                   |                               | mTa              |                               | mPa                   | mTa               |                   | ZCOU                    |                               | mTa      |

### 5.2.1 Subcategorias de Tipos de Tempo

1 - *Tipo de tempo estável anticiclônico Atlântico*: associado a atuação da Massa Tropical do Atlântico, este tipo de tempo carrega características de seu sistema atmosférico gerador, com dias de tempo estável, sem registro de precipitação e temperaturas elevadas.

2 - *Tipo de tempo estável anticiclônico polar*: associado a atuação da Massa Polar do Atlântico, neste tipo de tempo, as condições atmosféricas são de estabilidade, sem registro de chuva e temperaturas reduzidas, devido as características térmicas da mPa.

3 - *Tipo de tempo anticiclônico estável polar aquecido*: também associado a atuação da mPa, neste tipo de tempo as condições atmosféricas também permanecem estáveis, porém, com temperaturas elevadas, se posto em comparação com tipo de tempo anterior. O aquecimento da mPa ocorre devido ao avanço e permanência da massa de ar pelo interior do continente ou pela presença da mTa com intensidade suficiente para causar tal aumento de temperatura.

4 - *Tipo de tempo anticiclônico estável polar tropicalizado*: o último estável identificado, também está associado a atuação da Massa Polar do Atlântico, com dias de tempo estável. Contudo, as características térmicas (de menores temperaturas) da mPa não estão mais presentes neste tipo de tempo devido ao seu avanço para o interior do continente mais aquecido.

5 - *Tipo de tempo instável chuvoso de NO-SE*: associado a atuação da ZCAS, este tipo de tempo caracteriza-se pela instabilidade atmosférica atrelada a volumes consideráveis de chuva registrados por um período de, no mínimo, 3 dias.

6 - *Tipo de tempo instável chuvoso de curta duração*: associado a atuação da ZCOU, este tipo de tempo também é caracterizado por instabilidade atmosférica e registros

de chuva, porém, o período de duração é menor do que registrado no tipo de tempo descrito anteriormente, sendo inferior a 3 dias.

7 - *Tipo de tempo frontal instável polar do Atlântico*: associado a atuação da FPA, este tipo de tempo é caracterizado pela instabilidade atmosférica, com aumento da nebulosidade e registro de chuva.

8 - *Tipo de tempo ciclônico convectivo acentuadamente instável*: associado a atuação do ciclone extratropical, este tipo de tempo caracteriza-se por ocasionar situações de instabilidade atmosférica acentuada e registros de chuva.

9 - *Tipo de tempo transitório polar do atlântico acompanhado de nebulosidade e precipitação*: associado a atuação da FPA em conjunto com a mPa, este tipo de tempo caracteriza-se por causar oscilações na temperatura do ar, com tendência a diminuição, com aumento da nebulosidade e registro de chuva, ocasionados pela atuação da FPA.

10 - *Tipo de tempo transitório chuvoso com temperaturas reduzidas oriundo de perturbações atmosféricas*: associado a atuação da FPA em conjunto com Linhas de Instabilidade, este tipo de tempo é caracterizado por tempo chuvoso, com aumento da nebulosidade e diminuição da temperatura - causada pela entrada da FPA na atmosfera.

11 - *Tipo de tempo transitório de fraca instabilidade tendendo a chuva e redução sutil das temperaturas*: associado a atuação da mPa e da condição Pós-frontal da atmosfera, este tipo de tempo é caracterizado por instabilidade temporal, com pequenos registros de chuva e redução sutil da temperatura do ar.

12 - *Tipo de tempo transitório de baixa instabilidade e de sutil aquecimento oriundo da mTa*: associado a atuação da mTa e também da mPa tropicalizada, este tipo de tempo traz um contexto atmosférico de estabilidade com variações na temperatura tendendo

ao aquecimento, fato justificado pela tropicalização da mPa em função da área de atuação da mTa.

13 - *Tipo de tempo transitório de temperaturas elevadas oriundas da condição pré-frontal*: associado a atuação da mTa em conjunto com a condição atmosférica pré-frontal, este tipo de tempo é caracterizado por tempo estável, sem registro de chuva e com elevação da temperatura do ar.

14 - *Tipo de tempo transitório com instabilidade e sutil aumento de temperatura oriundos de perturbação atmosférica*: associado a atuação da mPa em conjunto com Linhas de Instabilidade, esse tipo de tempo tem por características condição de instabilidade advinda de perturbações atmosféricas. Neste caso, a ocorrência de uma LI durante a atuação da mPa ocasionou contexto de instabilidade temporal.

15 - *Tipo de tempo transitório convectivo de temperaturas elevadas e sutil precipitação*: associado a atuação da FPA em conjunto com a condição pré-frontal, este tipo de tempo é caracterizado por condição de tempo instável, com pequenos registros de chuva e elevação da temperatura – em fator da condição pré-frontal.

16 - *Tipo de tempo transitório de nebulosidade elevada e sutil registro de chuva*: associado a atuação da FPA em conjunto com a condição pós frontal, este tipo de tempo caracteriza-se por condição de tempo instável, com pequenos registros de chuva advindos da FPA e nebulosidade elevada.

17 - *Tipo de tempo transitório convectivo de L*: associado a mTa em condição de instabilidade gerada pelo ASAS, este tipo de tempo caracteriza-se por condição de instabilidade criada dentro da mTa, devido a influência da Alta Subtropical do Atlântico Sul, com oscilações entre dias chuvosos e dias secos.

18 - *Tipo de tempo transitório frontal aquecido de baixa instabilidade*: associado a atuação da condição de tempo Pré-frontal, que antecede a chegada da FPA, este tipo

de tempo apresente elevação da temperatura do ar- devido a compressão do ar quente devido à proximidade da FPA, e baixa instabilidade atmosférica, podendo ocorrer sutis registros de chuva.

### **5.2.2 Interações meio ambiente e tipos de tempo**

Os tipos de tempo acima identificados e caracterizados mostram a relevância acerca do entendimento do comportamento de elementos climáticos para diversas ações, e, dentre elas, o uso como formas de subsídios às ações ambientais e melhoras na qualidade de vida, principalmente em grandes centros urbanos, como é o caso de Belo Horizonte.

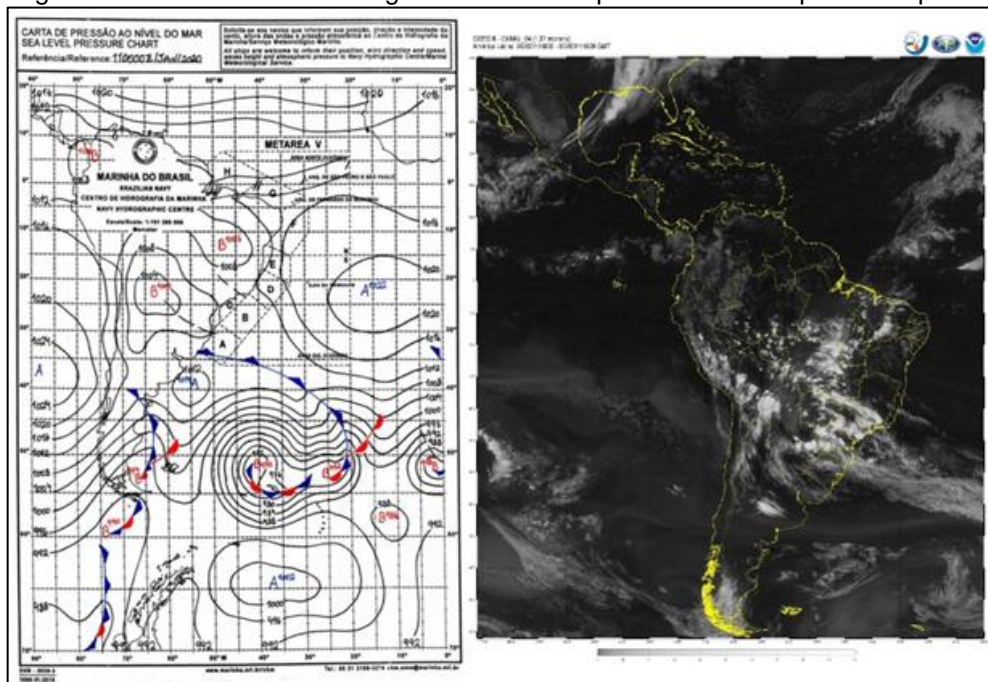
Ademais, deve-se entender todo o dinamismo e presente no clima, bem como os impactos que podem ser causados por ele, seja em episódios de extremos – como uma tempestade, que pode causar alagamentos -, ou a ocorrência de dias de baixíssima umidade relativa do ar, que pode gerar um grande volume de atendimentos hospitalares relacionados às síndromes respiratórias – evidenciando assim, que o clima está em toda parte.

### **5.2.3 Imagens de satélite e cartas sinóticas representativas de cada tipo de tempo**

De modo a representar os tipos de tempo identificados na pesquisa, as figuras abaixo mostram as condições atmosféricas registradas por meio de cartas sinóticas e imagens de satélites, emitidas pela Marinha do Brasil e CPTEC, respectivamente.

1 - Tipo de tempo estável anticiclônico Atlântico em 11/01/20:

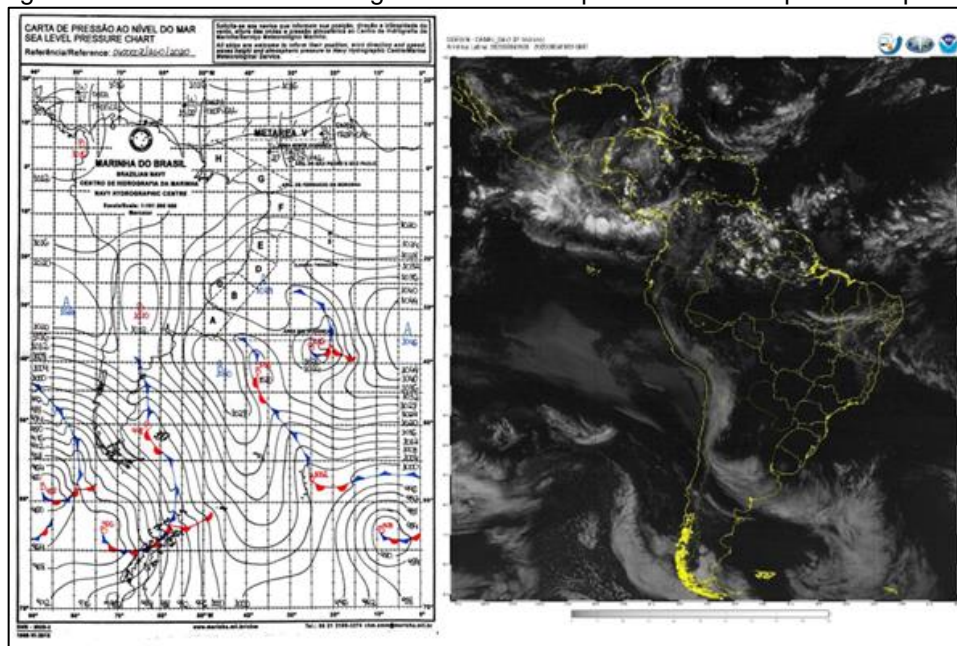
Figura 43 - Carta sinótica e imagem de satélite representativa do tipo de tempo 01.



Fonte: Marinha e CPTEC, 2020.

2 - Tipo de tempo estável anticiclônico polar em 04/08/20:

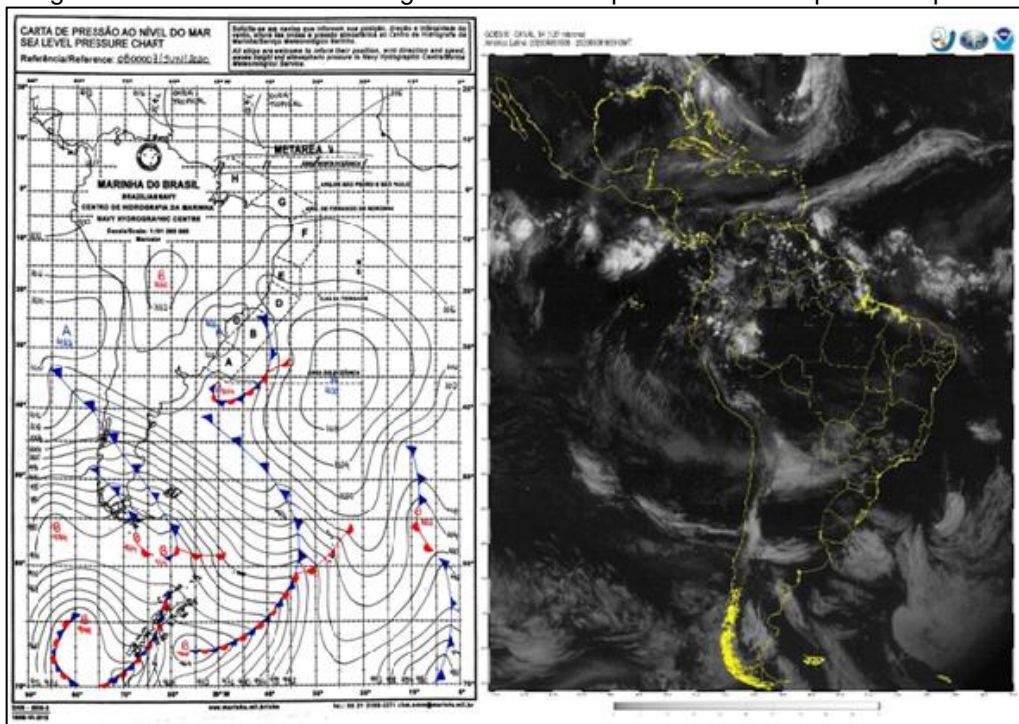
Figura 44 - Carta sinótica e imagem de satélite representativa do tipo de tempo 01.



Fonte: Marinha e CPTEC, 2020.

### 3 - Tipo de tempo anticiclônico estável polar aquecido em 08/06/20:

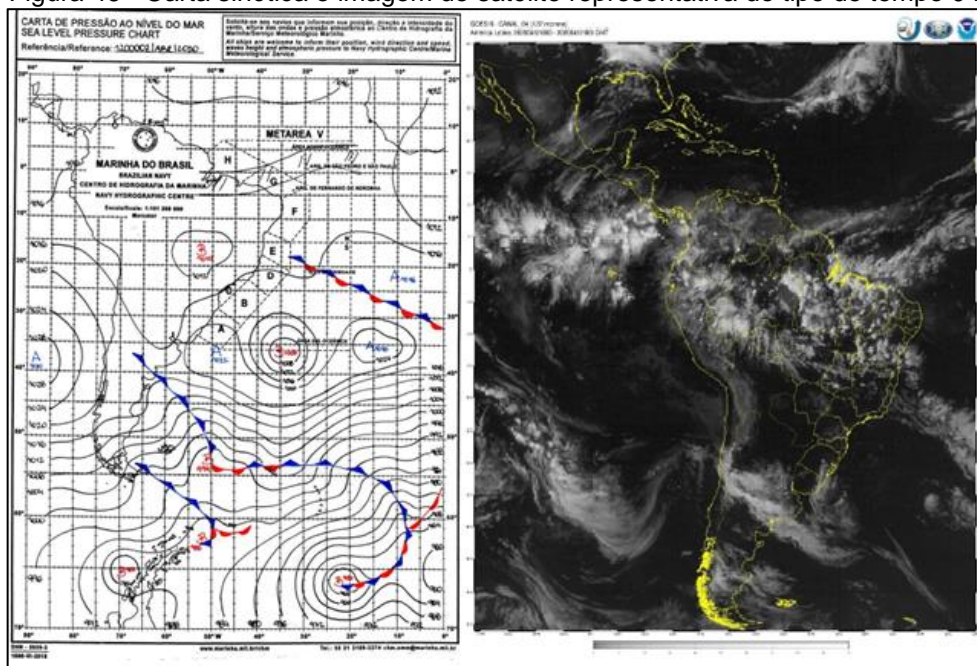
Figura 45 - Carta sinótica e imagem de satélite representativa do tipo de tempo 03.



Fonte: Marinha e CPTEC, 2020.

### 4 - Tipo de tempo anticiclônico estável polar tropicalizado em 12/04/20:

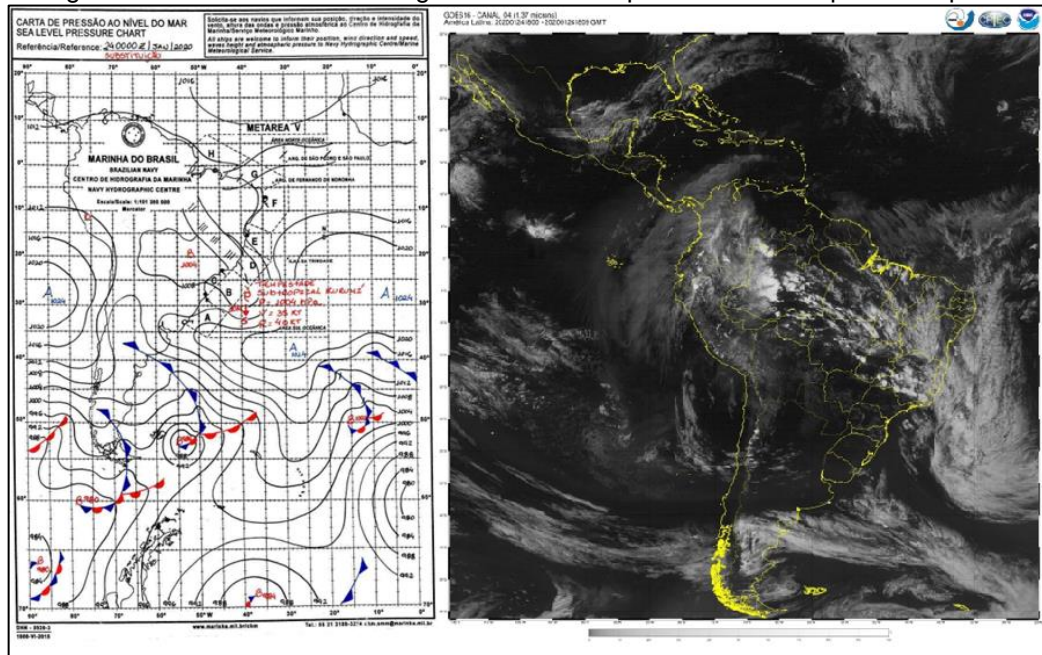
Figura 46 - Carta sinótica e imagem de satélite representativa do tipo de tempo 04.



Fonte: Marinha e CPTEC, 2020.

5 - Tipo de tempo instável chuvoso de NO-SE em 24/01/20:

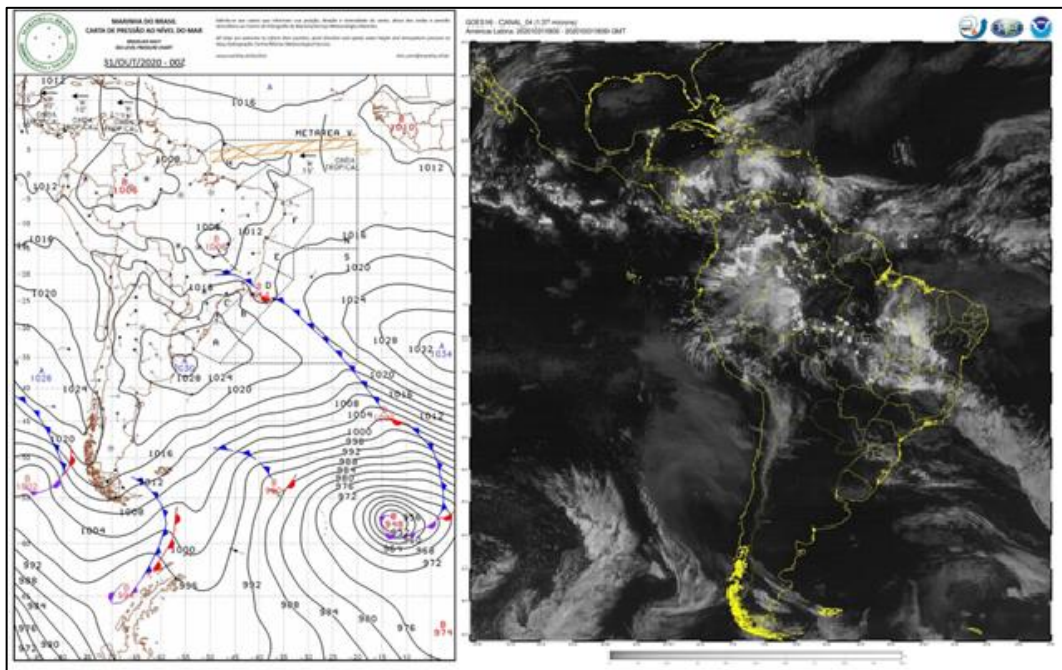
Figura 47 - Carta sinótica e imagem de satélite representativa do tipo de tempo 05



Fonte: Marinha e CPTEC, 2020.

6 - Tipo de tempo instável chuvoso de curta duração em 31/10/20:

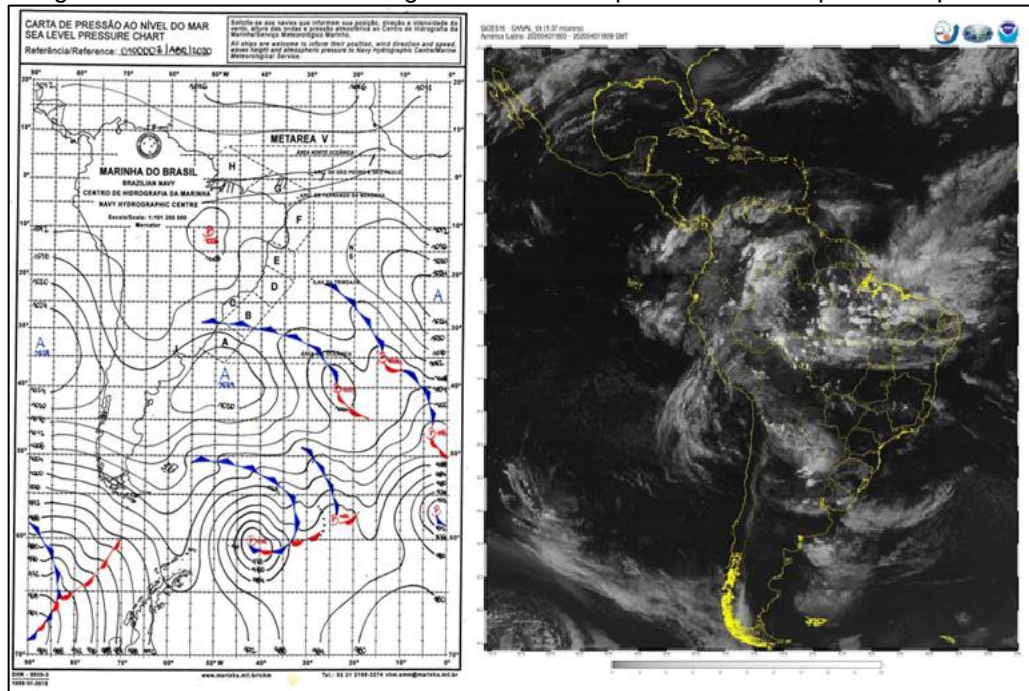
Figura 48 - Carta sinótica e imagem de satélite representativa do tipo de tempo 06.



Fonte: Marinha e CPTEC, 2020.

7 - Tipo de tempo frontal instável polar do Atlântico em 04/04/20:

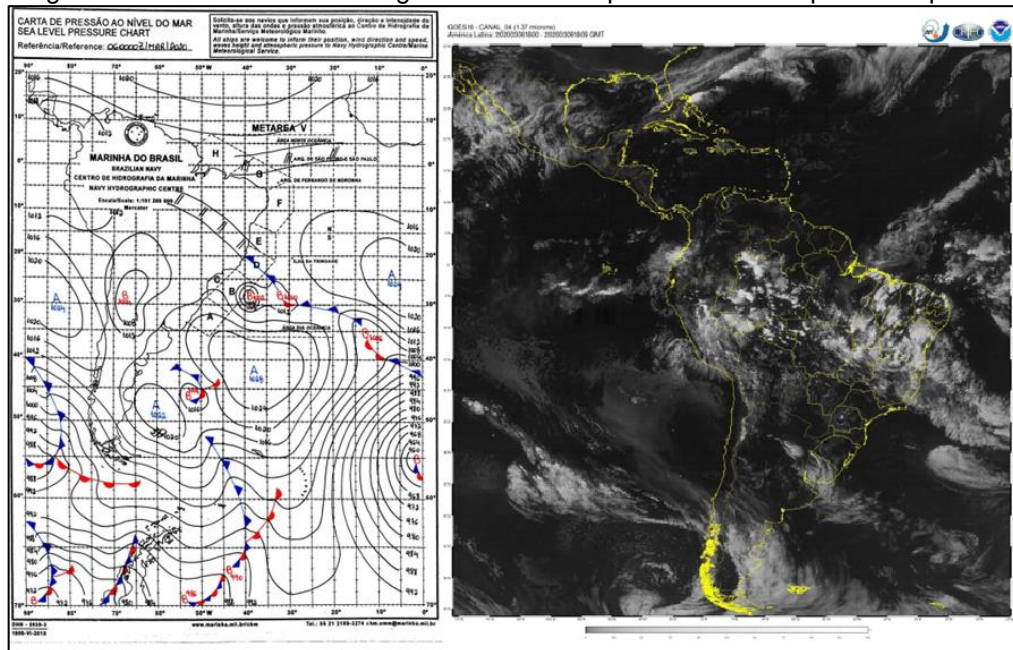
Figura 49 - Carta sinótica e imagem de satélite representativa do tipo de tempo 07.



Fonte: Marinha e CPTEC, 2020.

8 - Tipo de tempo ciclônico convectivo acentuadamente instável em 06/03/20:

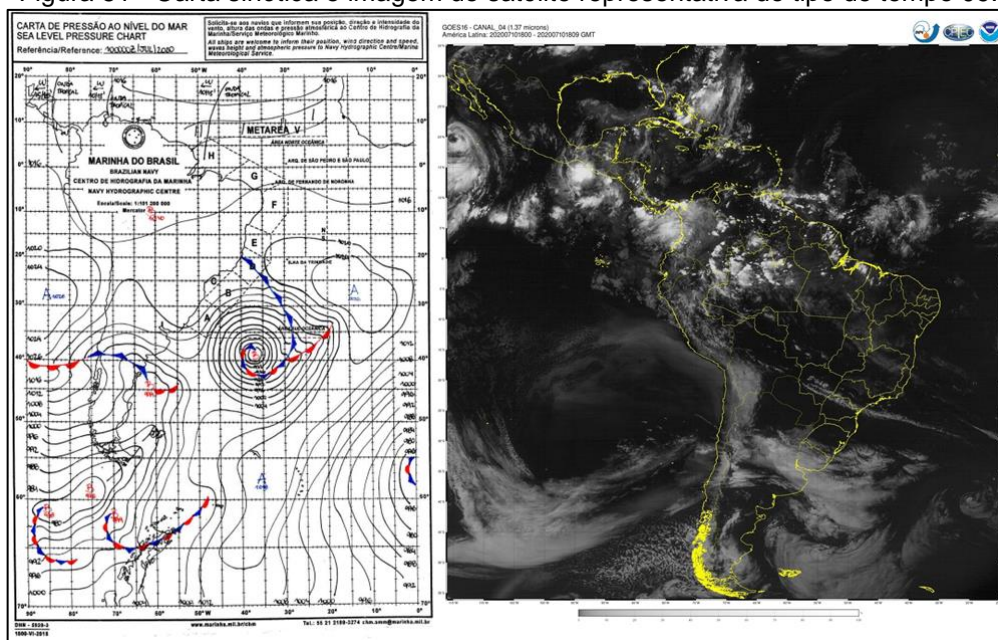
Figura 50 - Carta sinótica e imagem de satélite representativa do tipo de tempo 08.



Fonte: Marinha e CPTEC, 2020.

9 - Tipo de tempo transitório polar do atlântico acompanhado de nebulosidade e precipitação em 10/07/20:

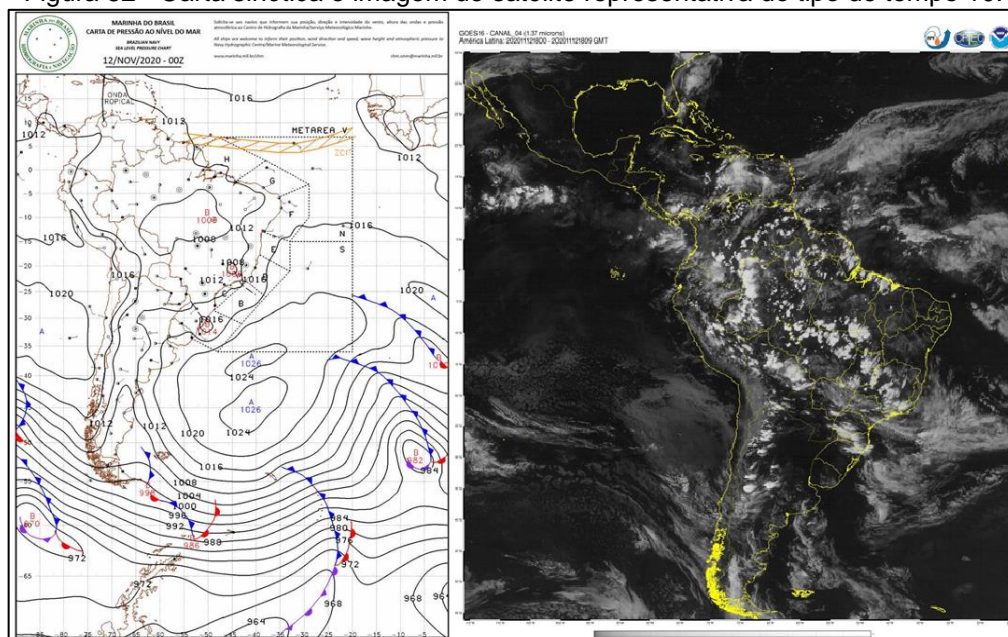
Figura 51 - Carta sinótica e imagem de satélite representativa do tipo de tempo 09.



Fonte: Marinha e CPTEC, 2020.

10 - Tipo de tempo transitório chuvoso com temperaturas reduzidas oriundo de perturbações atmosféricas em 12/11/20:

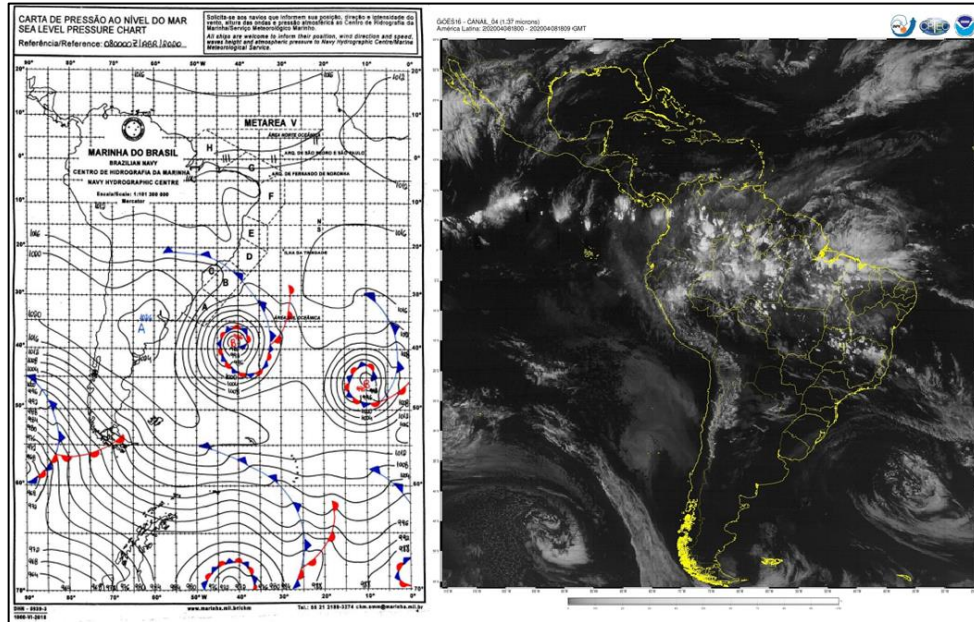
Figura 52 - Carta sinótica e imagem de satélite representativa do tipo de tempo 10.



Fonte: Marinha e CPTEC, 2020.

11 - Tipo de tempo transitório de fraca instabilidade tendendo a chuva e redução sutil das temperaturas em 08/04/20:

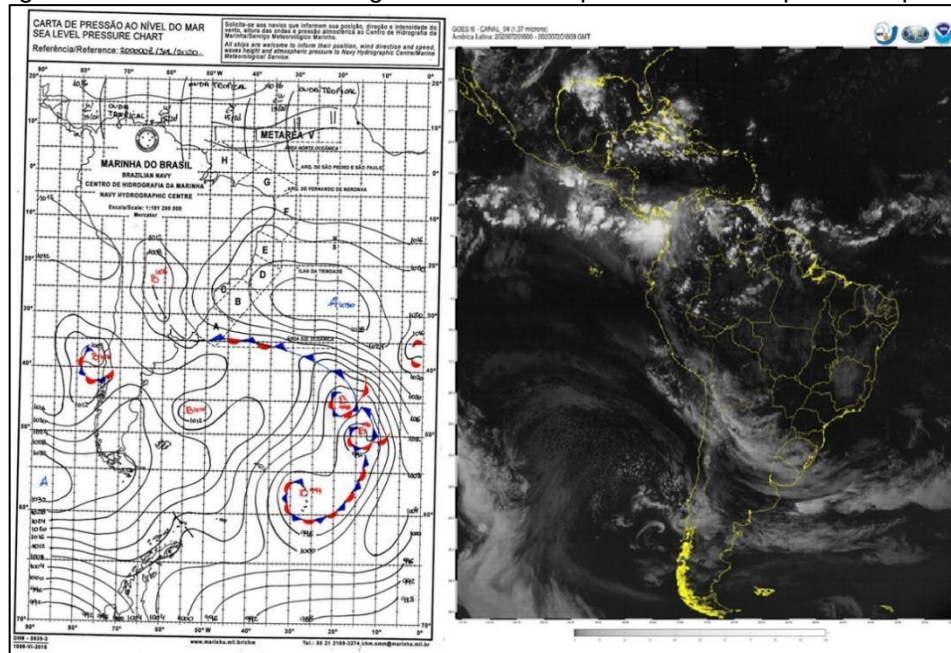
Figura 53 - Carta sinótica e imagem de satélite representativa do tipo de tempo 11.



Fonte: Marinha e CPTEC, 2020.

12 - Tipo de tempo transitório de baixa instabilidade e de sutil aquecimento oriundo da mTa em 20/07/20:

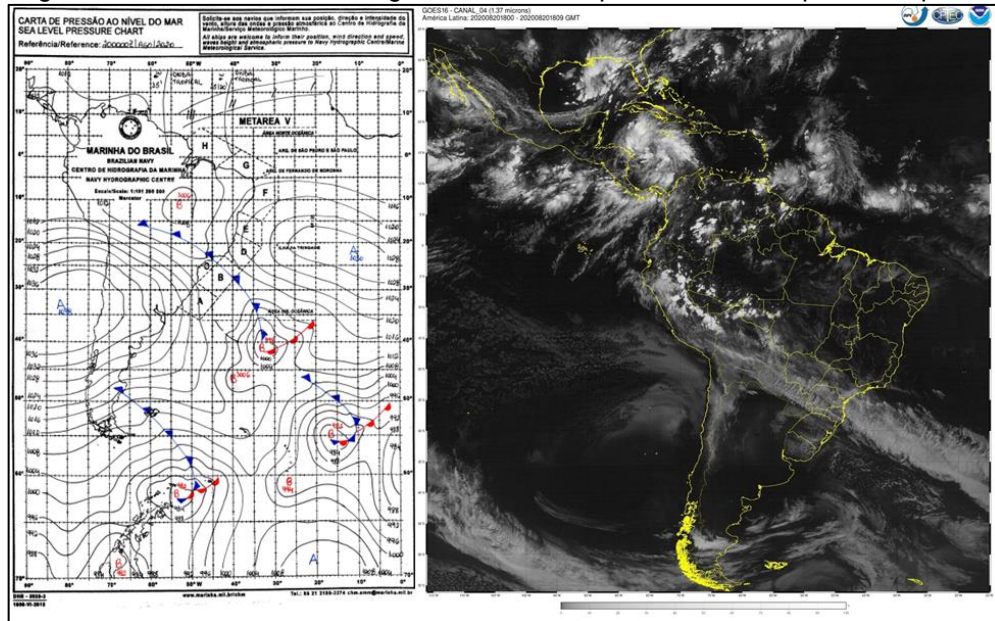
Figura 54 - Carta sinótica e imagem de satélite representativa do tipo de tempo 12.



Fonte: Marinha e CPTEC, 2020.

13 - Tipo de tempo transitório de temperaturas elevadas oriundas da condição pré-frontal em 20/08/20:

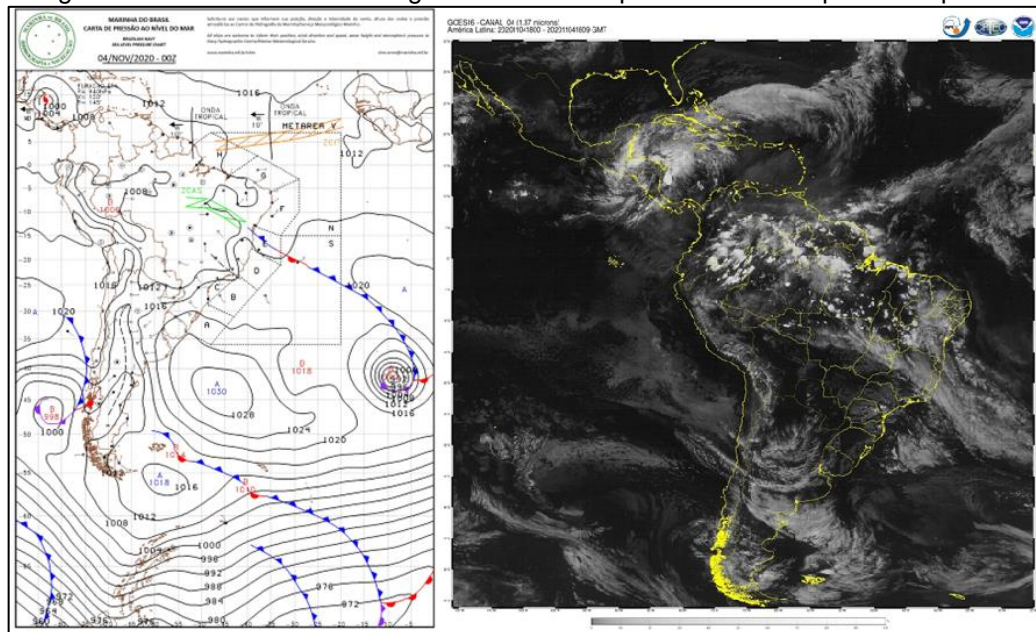
Figura 55 - Carta sinótica e imagem de satélite representativa do tipo de tempo 13.



Fonte: Marinha e CPTEC, 2020.

14 - Tipo de tempo transitório com instabilidade e sutil aumento de temperatura oriundos de perturbação atmosférica em 04/11/20:

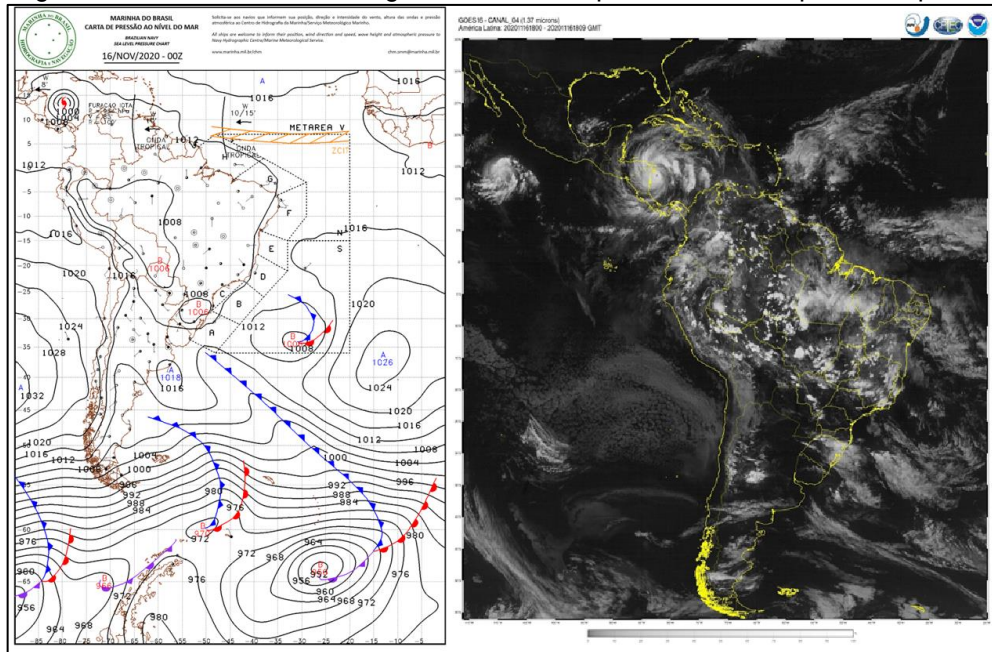
Figura 56 - Carta sinótica e imagem de satélite representativa do tipo de tempo 14.



Fonte: Marinha e CPTEC, 2020.

15 - Tipo de tempo transitório convectivo de temperaturas elevadas e sutil precipitação em 16/11/20:

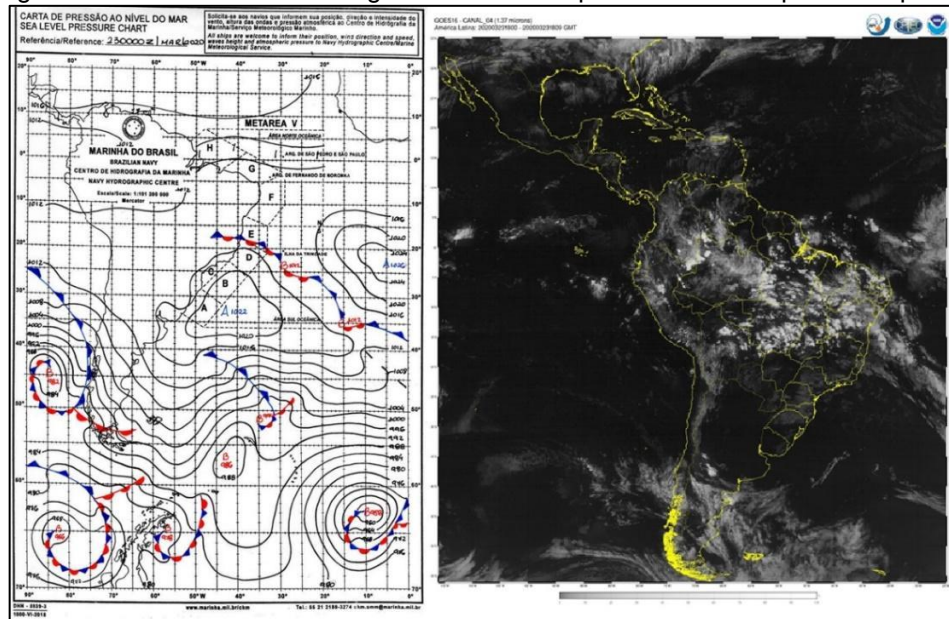
Figura 57 - Carta sinótica e imagem de satélite representativa do tipo de tempo 15.



Fonte: Marinha e CPTEC, 2020.

16 - Tipo de tempo transitório de nebulosidade elevada e sutil registro de chuva em 23/03/20:

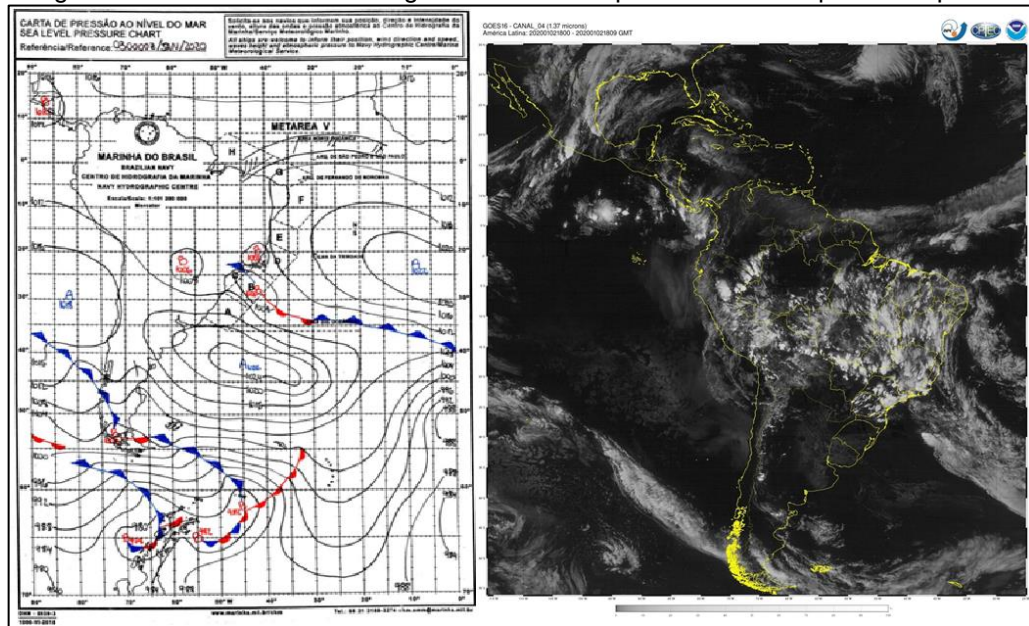
Figura 58 - Carta sinótica e imagem de satélite representativa do tipo de tempo 16.



Fonte: Marinha e CPTEC, 2020.

17 - Tipo de tempo transitório convectivo de L em 02/01/23:

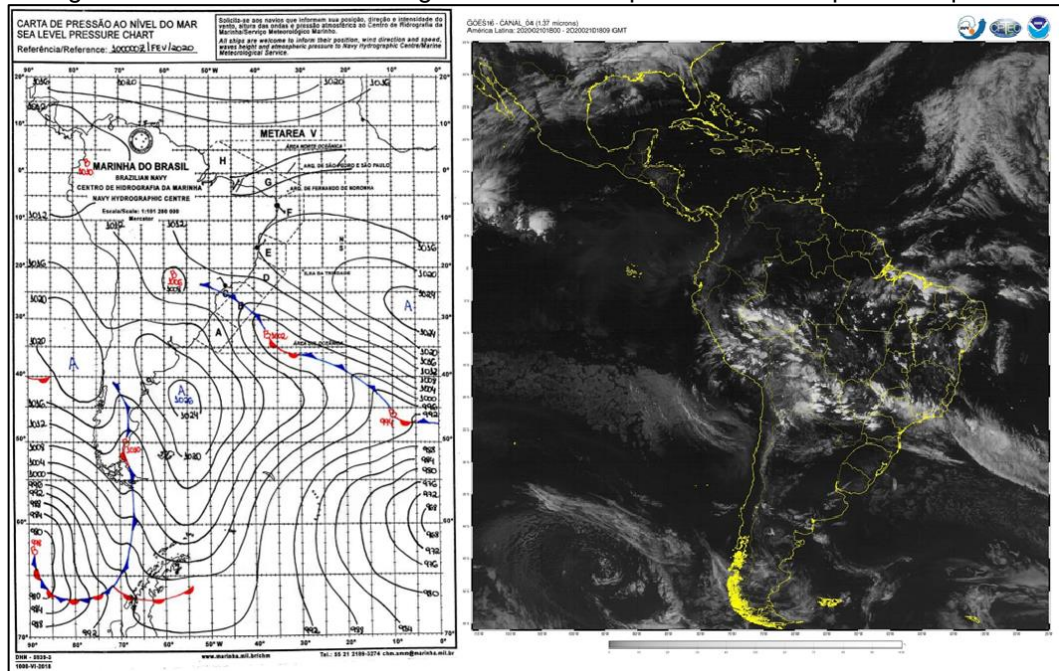
Figura 59 - Carta sinótica e imagem de satélite representativa do tipo de tempo 17.



Fonte: Marinha e CPTEC, 2020.

18 - Tipo de tempo transitório frontal aquecido de baixa instabilidade em 10/02/23:

Figura 60 - Carta sinótica e imagem de satélite representativa do tipo de tempo 18.



Fonte: Marinha e CPTEC, 2020.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O intuito principal da presente pesquisa foi identificar os tipos de tempo presentes em Belo Horizonte considerando as interações atmosfera e superfície. Após o findar da pesquisa, pode-se concluir que a busca por conhecimento/entendimento da dinâmica climática e atmosférica, não somente de Belo Horizonte, mas de qualquer centro urbano é de suma importância para melhorar a ligação que existe entre clima/meio ambiente com a população - em quaisquer localidades.

Registra-se, também, a relevância de reflexões acerca de medidas de convivência com as diferentes manifestações atmosféricas que ocorrem ao longo do ano, e que são particularizadas em nível de superfície. Visto que, a análise geográfica do clima permite a sua decomposição escalar em variados níveis, conforme ocorreu em capítulos anteriores aqui apresentados.

A pesquisa permitiu a identificação de 18 diferentes tipos de tempo em Belo Horizonte, advindos da participação de sistemas atmosféricos atuantes em escala regional e particularizados em escala local. Ou seja, são, no mínimo, 18 combinações de temperatura, umidade relativa, precipitação, dentre outros elementos climáticos que criam contextos atmosféricos únicos.

Foi identificado também que as condições atmosféricas ao longo dos dias em Belo Horizonte são, em sua maioria, estáveis, com marcada participação da Massa Polar do Atlântico (atuante durante todo ano e com suas características térmicas em evidência no outono e inverno) e também da Massa Tropical do Atlântico. Os dias instáveis são caracterizados pela atuação da ZCAS, ZCOU e Frentes Polares, majoritariamente.

Portanto, torna-se necessário que pesquisas com abordagens climáticas continuem a ser realizadas, a fim de compreender cada vez mais as diferentes condições de tempo que ocorrem e que podem ocorrer, gerando impactos na vida da população. O objetivo é que existam formas de organização do ser humano em nível de superfície que

possam mitigar os impactos existentes a partir de eventos climáticos, pois, o evento em si e seus processos genéticos não são passíveis de alteração, visto que ocorrem de forma natural.

Por fim, estudos deste tipo são importantes ferramentas para o planejamento de políticas públicas e podem subsidiar tomadas de decisão, além de contribuir para o planejamento urbano.

Alterações em leitos fluviais, intensa compactação do solo ou impermeabilização são processos humanos que podem intensificar episódios de enchentes e alagamentos, assim como a ausência de áreas verdes, principalmente em centros urbanos, podem aumentar a sensação de desconforto térmico. Todos os exemplos citados fazem parte de ações que partem da ação humana e aumentam o impacto negativo de manifestações climáticas em superfície. Todos eles podem ser mitigados a partir de políticas públicas que, por sua vez, tem em pesquisas de temática climática um meio de subsidiar tais ações e decisões.

## REFERÊNCIAS

ABREU, M. L. Climatologia da estação chuvosa de Minas Gerais: de Nimer (1977) à Zona de Convergência do Atlântico Sul. **Geonomos**, v. 4, n. 2, 1998, p. 17-22.

ARMANI, G.; GALVANI, E. Fluxos polares e o ritmo dos sistemas atmosféricos no nordeste do estado de São Paulo. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, 2011, v. 23, n. 1, p. 7-22.

ASSIS, W. L. **O sistema clima urbano do município de Belo Horizonte na perspectiva têmporo-espacial. 2010.** Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, Belo Horizonte, 2010.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos.** 4. ed. São Paulo: Bertrand Brasil, 1998.

AZEVEDO, T. R. **Derivação antrópica do clima na Região Metropolitana de São Paulo abordada como função do ritmo semanal das atividades humanas.** Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

AZEVEDO, T. R.; TARIFA, J. R. O ritmo semanal das atividades humanas e o clima na Região Metropolitana de São Paulo. **Textos do Laboratório de Climatologia e Biogeografia** – Departamento de Geografia / FFLCH / USP – 2001, p. 1-17.

BARRY, R. G.; CHORLEY, R. J. **Atmosfera Tempo e Clima.** 9. ed. Porto Alegre, Bookman, 2013.

BASTOS, C.; FERREIRA, N. Análise Climatológica da Alta Subtropical do Atlântico Sul. **Anais do XI Congresso Brasileiro De Meteorologia.** Rio de Janeiro, 2000, p. 612-619.

BORSATO, V. C. **A dinâmica climática do Brasil e massas de ar.** 1. ed. Curitiba, PR: CRV, 2016.

BORSATO, V.; MENDONÇA, F. Participação da massa polar atlântica na dinâmica dos sistemas atmosféricos no centro-sul do Brasil. **Revista Mercator.** Fortaleza, 2015, v. 14, n. 1, p. 113-130.

FELIPPE, M. F. **Caracterização e tipologia de nascentes em Unidades de Conservação de Belo Horizonte-MG com base em variáveis geomorfológicas, hidrológicas e ambientais.** Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade

Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009. Disponível em:  
<http://hdl.handle.net/1843/MPBB-83CPWN>. Acesso em: 09 jul. 2021.

FELIPPE, M. F. et al. Evolução da ocupação urbana das zonas preferenciais de recarga de aquíferos de Belo Horizonte-MG. **Revista de Geografia**, 2011, v. 2, p. 1-9.

FERREIRA, A. G. **Meteorologia prática**. Editora Oficina de Textos. São Paulo, 2006.

GALVANI, E.; LUCHIARI, A. Critérios para classificação de anos com regime pluviométrico normal, seco e úmido. In: GALVANI, E.; LUCHIARI, A. (orgs.). **Climatologia aplicada: resgate aos estudos de caso**. 1. ed. Curitiba: CRV, 2012. p. 4-29.

**Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE**. Estimativa da população com referência a 1º de julho de 2019. Rio de Janeiro: Diretoria de Pesquisas – DPE, 2019. Disponível em:  
[https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/media/com\\_mediaibge/arquivos/7d410669a4ae85faf4e8c3a0a0c649c7.pdf](https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/media/com_mediaibge/arquivos/7d410669a4ae85faf4e8c3a0a0c649c7.pdf). Acesso em: 01 jul. 2021.

JARDIM, C. H. “Médias” e “desvios” na análise geográfico-climatológica: o episódio de chuva concentrada do dia 23 de novembro de 2010 e o veranico de janeiro/fevereiro de 2011 em Belo Horizonte - MG. **Revista Geografias**, Belo Horizonte, 2012, v. 8, n. 2, p. 35-49.

\_\_\_\_\_. A 'crise hídrica' no Sudeste do Brasil: aspectos climáticos e repercussões ambientais. **Tamoios**, São Gonçalo (RJ), 2015, v. 11, n. 2, p. 67-83, jul./dez.

JARDIM, C. H.; SILVA, M. R. Extremos de temperatura do ar em Belo Horizonte: variabilidade natural e influência do clima urbano. **Revista do Departamento de Geografia**, Edição Especial, 2016, p. 83-97.

JARDIM, C. H.; GALVANI, E.; SILVA, M. R.; GARCIA, R. A. O clima em áreas limítrofes ao planalto meridional do espinhaço: Belo Horizonte, Sete Lagoas e Conceição do Mato Dentro, Minas Gerais - Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, 2019, v. 25, p. 549-570.

LIMA, N. B. **Interação dos atributos climáticos nos manguezais do litoral sul de São Paulo e suas relações com os controles climáticos**. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

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

MONTEIRO, C. A. F. Análise rítmica em climatologia. Problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. **Climatologia**, São Paulo, 1971, n. 01, p. 1-21.

\_\_\_\_\_. **A frente polar atlântica e as chuvas de inverno na fachada sul-oriental do Brasil: contribuição metodológica à análise rítmica dos tipos de tempo no Brasil**. São Paulo: Série Teses e Monografias 1, USP, 1969. 68 p.

\_\_\_\_\_. **Teoria e clima urbano**. Tese (Livre Docência) – Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1976.

MORAES, A. C. R.; COSTA, W. M.; TARIFA, J. R. Tipos de tempo e balanço de energia na cidade de São Paulo. **Climatologia**, São Paulo, n. 8, 1977.

MOREIRA, G. L. **Estudo dos efeitos de parâmetros meteorológicos nas estruturas elétricas de uma linha de instabilidade e de um complexo convectivo de mesoescala na região sudeste do Brasil**. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2015.

**Instituto Nacional de Meteorologia – INMET**. Normais climatológicas do Brasil 1991-2020. Brasília, DF, 2022.

OLIVEIRA, D. E. **Participação dos sistemas atmosféricos na gênese e ritmo das chuvas na bacia hidrográfica do rio Preto, MG/RJ - anos de 2006, 2007 e 2008**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 149 p.

PALLOTTA, M.; NAKAZATO, R. Y. Caracterização de episódios de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e Zona de Convergência de Umidade (ZCOU) em janeiro e fevereiro de 2010. **Anais do XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia**. Rio de Janeiro, 2010.

PASSOS, D. O. R. A formação urbana e social da cidade de Belo Horizonte: hierarquização e estratificação do espaço na nova capital mineira. **Temporalidades**, Belo Horizonte, v. 1, n. 2, p. 38-52, dez. 2009. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/temporalidades/article/view/5350/3277>. Acesso em: 09 jul. 2021.

**Prefeitura de Belo Horizonte - PBH**. Mapas e estatísticas. 2018. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/politica-urbana/planejamento-urbano/base-dados/mapas-e-estatisticas>. Acesso em: 20 maio 2021.

SANT'ANNA NETO, J. L. A análise geográfica do clima: produção de conhecimento e considerações sobre o ensino. **Geografia**, v. 11, n. 2, p. 321-328, dez. 2002.

\_\_\_\_\_. Da complexidade física do universo ao cotidiano da sociedade: mudança, variabilidade e ritmo climático. **Terra Livre**, São Paulo, v. 1, n. 20, p. 51-63, 2003.

\_\_\_\_\_. Decálogo da climatologia do sudeste brasileiro. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, n. 1, p. 43-60, 2005.

SORRE, M. Objeto e método da climatologia. In: \_\_\_\_\_. **Traité de Climatologie Biologique et Médicale**. Tradução de José Bueno Conti. Paris: M. Piery Masson et Cie Éditeurs, 1934. Vol. 1, p. 1-9. Original em francês.

STEIKNE, E. T. **Climatologia fácil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

TARIFA, J. R.; MONTEIRO, C. A. F. Balanço de energia em sequência de tipos de tempo: uma avaliação no Oeste Paulista (Presidente Prudente) 1968-1969. **Climatologia**, São Paulo, n. 5, 1972.

TARIFA, J. R. **Os climas nos maciços litorâneos da Juréia-Itains: um ensaio de ritmanálise**. Tese (Livre Docência em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002. 2 v.

\_\_\_\_\_. **Sucessão de tipos de tempo e variação do balanço hídrico no extremo oeste Paulista**. Dissertação (Mestrado em Geografia Física), São Paulo, 1973.

VIDE, J. M. **Mapas del tiempo: fundamentos, interpretación e imágenes de satélite**. 2. ed. Barcelona: Oikos-Tau, 1991.