



**RODRIGO RIBEIRO PIGNATON**

**MANUAL DE ORIENTAÇÃO PARA ELABORAÇÃO DE  
DIAGNÓSTICO CLIMÁTICO PARA  
EMPREENDIMENTOS PASSÍVEIS DE  
REGULARIZAÇÃO AMBIENTAL NO ESTADO DE  
MINAS GERAIS**

**BAMBUÍ – MINAS GERAIS**

**2019**

**RODRIGO RIBEIRO PIGNATON**

**MANUAL DE ORIENTAÇÃO PARA ELABORAÇÃO DE  
DIAGNÓSTICO CLIMÁTICO PARA  
EMPREENDIMENTOS PASSÍVEIS DE  
REGULARIZAÇÃO AMBIENTAL NO ESTADO DE  
MINAS GERAIS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - IFMG, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental.

Área de concentração: Ciências Ambientais  
Linha de Pesquisa: Ecologia Aplicada  
Orientador: Prof. Dr. Fulvio Cupolillo

**BAMBUÍ – MINAS GERAIS**

**2019**



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
DE MINAS GERAIS

Avenida Professor Mário Werneck, nº. 2590, Bairro Burity, Belo Horizonte, CEP 30575-180,  
Estado de Minas Gerais



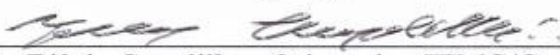
## FICHA DE APROVAÇÃO

Dissertação de Mestrado, intitulada "MANUAL CLIMATOLÓGICO PARA EMPREENDIMENTOS PASSÍVEIS DE REGULARIZAÇÃO AMBIENTAL NO ESTADO DE MINAS GERAIS", de autoria do mestrando em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental **Rodrigo Ribeiro Pignaton**, aprovada pela Banca Examinadora de Defesa, em 08/02/2019, com a média de pontuação de 70,6.

Título do Trabalho – houve alteração (  ) Sim (  ) Não

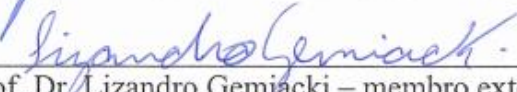
Se sim, qual o título MANUAL DE ORIENTAÇÃO PARA ELABORAÇÃO DE DIAGNÓSTICO CLIMÁTICO NO ESTADO DE MINAS GERAIS

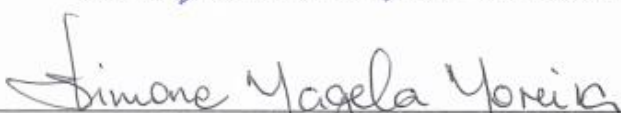
Belo Horizonte (MG), 08 de fevereiro de 2019.

  
Prof. Dr. Fúlvio Cupolillo – Orientador (IFMG/Governador Valadares)

  
Prof. Dr. Carlos Fernando Lemos (UFV/Florestal)

  
Prof. Dr. Felipe Santos de Miranda Nunes – membro externo (FEAM)

  
Prof. Dr. Lizandro Gemjacki – membro externo (INMET)

  
Prof.<sup>a</sup>. Dra. Simone Magela Moreira (IFMG/BambuÍ)  
Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental do IFMG – Campus Bambuí

P632m Pignaton, Rodrigo Ribeiro.  
Manual de orientação para elaboração de diagnóstico climático para empreendimentos passíveis de regularização ambiental no estado de Minas Gerais. / Rodrigo Ribeiro Pignaton. – Bambuí, 2019.  
247 f.: il.; color.

Orientador: Prof. Dr. Fulvio Cupolillo.

Dissertação (Mestrado) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG, Curso Mestrado Profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental, 2019.

1. Licenciamento ambiental. 2. Estudo de impacto ambiental. 3. Relatório de impacto ambiental. I. Cupolillo, Fulvio. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG. III. Título.

CDD 551.5

*A Deus Pai, a Jesus Cristo e ao Espírito Santo. Sejam o louvor, a honra, a glória e o domínio. Obrigado Espírito Santo, meu Amigo e Ajudador! Dedico mais esta conquista à minha esposa Lydia e aos meus filhos Enrico e Laura, que sempre me apoiaram nos momentos difíceis e souberam compreender minhas ausências em nosso lar de Justiça, Paz, Alegria e Amor.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus (YHWH), por intermédio do meu amado Jesus Cristo (Yeshua Hamashiach), que me deu forças para chegar até aqui, através do Espírito Santo. Fui alcançado pela Sua Graça e Sua Justiça por meio da fé, um presente de Deus.

Agradeço em especial a minha amada esposa Lydia Pignaton, por todo apoio, compreensão, amor e encorajamento nos momentos difíceis.

Agradeço pelo amor, alegria e energia que meus amados filhos Enrico Pignaton e Laura Pignaton me transmitiram quando saía em viagem para enfrentar quase 500 km para assistir às aulas no mestrado regular no município de Bambuí quinzenalmente durante um ano.

Agradeço ao ex-colega de IFMG Campus Governador Valadares e meu professor e orientador de mestrado, o Dr. Fulvio Cupolillo, que teve muita paciência em me orientar, pois, se tratando de mestrado profissionalizante, ele pôde perceber quantos desafios existem no cotidiano de um profissional autônomo da área ambiental. E gostaria de honrá-lo por esta sabedoria e resiliência, em compreender a diferença entre um mestrado acadêmico e mestrado profissionalizante. Faço votos que ele transmita esse aprendizado à instituição de ensino, pois muitos professores deste mestrado ainda necessitam de clareza a respeito dessa diferença, embora toda quebra de paradigma exija tempo para mudança de uma conserva cultural obsoleta na área da educação, característica de países subdesenvolvidos.

Agradeço ao meu professor de mestrado, Dr. Carlos Fernando Lemos (grande amigo que aprendi a admirar pelo conhecimento, competência e humildade) e Dr. Lizandro Gemiacki, coordenador do INMET em Minas Gerais.

Agradeço ainda o Dr. Felipe Nunes, analista ambiental da FEAM, que aceitou o convite em participar da banca de mestrado. Agradeço ao Dr. José Cláudio Junqueira pela recomendação do Dr. Felipe Nunes.

### Epígrafe

*Com a sua voz troveja Deus maravilhosamente; faz grandes coisas, que nós não compreendemos. Porque ele diz à neve: Cai sobre a terra; e à chuva e ao aguaceiro: Sede fortes. Assim, torna ele inativas as mãos de todos os homens, para que reconheçam as obras Dele. (Jó 37:5-7)*

## RESUMO

Os diagnósticos climatológicos integram o capítulo do meio físico em Estudos de Impacto Ambiental-EIA e também nos Relatórios de Controle Ambiental-RCA de empreendimentos passíveis de regularização ambiental no estado de Minas Gerais. O cenário atual diagnosticado é preocupante, uma vez que esses estudos raramente são elaborados por profissionais que detêm grau satisfatório de conhecimento na área de climatologia e meteorologia. Esses dados, quando apresentados corretamente, apresentam um baixo grau de correlação com os demais aspectos do meio físico. O trabalho ora proposto tem por objetivo apresentar um manual climatológico para contribuir para a elaboração de diagnósticos climatológicos de empreendimentos passíveis de regularização ambiental no estado de Minas Gerais. A partir da classificação estabelecida pela Deliberação Normativa-DN 217/2017, do Conselho Estadual de Política Ambiental - COPAM realizou-se uma pesquisa no site do Sistema Integrado de Informação Ambiental – SIAM, com o objetivo de encontrar processos administrativos de empreendimentos passíveis de regularização ambiental no referido estado, com estudos ambientais digitalizados e que possuíam diagnósticos climatológicos para serem analisados. A pesquisa foi estabelecida por códigos de atividades da listagem de A G da DN 217/2017, onde foi possível visualizar centenas de empreendimentos para cada código pesquisado. A partir desses resultados buscou-se visualizar processos administrativos que continham estudos ambientais digitalizados, tais como Estudo de Impacto Ambiental -EIA e Relatório de Controle Ambiental - RCA. Estudos ambientais de atividades que possuíam Termo de Referência - TR do Órgão Ambiental para elaboração de diagnósticos foram preferencialmente selecionados para a análise do conteúdo apresentado. A partir dessa análise qualitativa selecionaram-se empreendimentos de classes de 3 a 6 conforme estabelecido pela legislação supracitada. Os resultados encontrados na maioria dos casos avaliados, constatou-se uma baixa qualidade das informações constantes nesses diagnósticos, associados a classificações climáticas obsoletas e a um conteúdo extremamente reduzido, tendo sido evidenciada a necessidade de uma orientação técnica adequada para a melhoria da qualidade desses estudos. Conclui-se que os diagnósticos climatológicos devam abordar sobre temas como os sistemas sinóticos e sua interrelação com as variáveis climatológicas que atuam sobre a região de estudo e seus efeitos sobre a atividade econômica. Dentre os principais sistemas sinóticos podemos citar a Alta da Bolívia (AB), a Baixa do Chaco (BC), a Zona de Convergência da América do Sul (ZCAS), o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), o Cavado do Nordeste (CN), os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN), o Jato Subtropical (JS) e os Sistemas Frontais (SF). A análise da influência desses sistemas sinóticos nos resultados das Normas Climatológicas do Instituto Nacional de Meteorologia-INMET são fundamentais para a avaliação da viabilidade econômico-técnica-ambiental de empreendimentos potencialmente poluidores e/ou degradadores da qualidade ambiental. Dessa forma, propõem-se uma readequação dos TR's vigentes por meio de novas exigências para elaboração de diagnósticos climatológicos em função da característica de cada empreendimento passível de regularização ambiental.

**PALAVRAS-CHAVE:** LICENCIAMENTO AMBIENTAL; EIA – Estudo de Impacto Ambiental RIMA – Relatório de Impacto Ambiental; CLIMA.



## ABSTRACT

The climatological diagnoses integrate the physical environment chapter in Environmental Impact Studies-EIA and also in the Environmental Control Reports-RCA of projects that can be regulated in the state of Minas Gerais. The current scenario diagnosed is worrisome, since these studies are rarely prepared by professionals who hold a satisfactory degree of knowledge in the area of climatology and meteorology. These data, when presented correctly, present a low degree of correlation with the other aspects of the physical environment. The purpose of this work is to present a methodological manual to contribute to the elaboration of climatologic diagnoses of projects that can be regulated in the state of Minas Gerais. Based on the classification established by Normative Deliberation-DN 217/2017, the State Environmental Policy Council (COPAM) conducted a survey on the site of the Integrated Environmental Information System (SIAM), with the objective of finding administrative processes, of projects that could be regulated in the state of Minas Gerais, with digitized environmental studies and that had climatological diagnoses to be analyzed. The research was established by activity codes from listing A to G of DN 217/2017, where it was possible to visualize hundreds of projects for each code searched. From these results we sought to visualize administrative processes that contained digitized environmental studies, such as Environmental Impact Study (EIA) and Environmental Control Report (RCA). Environmental studies of activities that had the Environmental Organ's Reference Term-TR for the elaboration of diagnoses were preferably selected for the analysis of the presented content. Based on this qualitative analysis, enterprises from classes 3 to 6 were selected as established by the aforementioned legislation. The results found in the majority of the cases evaluated showed a low quality of the information contained in these diagnoses, associated with obsolete climatic classifications and extremely low content, and evidenced the need for adequate technical guidance to improve the quality of these studies. It is concluded that climatological diagnostics should address issues such as synoptic systems and their interrelation with the climatological variables that affect the study region and its effects on economic activity. Among the main synoptic systems we can mention the High of Bolivia (AB), the Lower Chaco (BC), the South American Convergence Zone (ZCAS), the South Atlantic Subtropical Anticyclone (ASAS), the Northeast Cavado (CN), the High Level Cyclonic Vortices (VCAN), Subtropical Jet (JS) and Front Systems (SF). The analysis of the influence of these synoptic systems on the results of the Climatological Norms of the National Institute of Meteorology-INMET are fundamental for the evaluation of the economic-technical-environmental feasibility of potentially polluting and / or degrading projects of environmental quality. Therefore, it proposes a new recovery of the TRs through new uses for the elaboration of climatological diagnostics in function of the characteristics of each enterprise subject to environmental regularization.

**KEYWORDS:** ENVIRONMENTAL LICENSING; EIA-RIMA; CLIMATE.

## Lista de figuras

Figura 1 – UHE Aimorés, Aimorés-MG. ....	22
Figura 2 – Diagrama direção X intensidade do vento. ....	30
Figura 3 – Variações das componentes do vento. ....	31
Figura 4 – Modelo de radiossonda .....	34
Figura 5 – Balão com gás hélio acoplado à radiossonda.....	34
Figura 6 – Gráfico obtido dia 04/12/2017 às 12h – Estação Belo Horizonte.....	35
Figura 7 – Psicrômetro (bulbo seco e bulbo úmido) não ventilado.....	36
Figura 8 – Psicrômetro ventilado elétrico.....	37
Figura 9 – Termômetros usados para medir a temperatura do solo: a) Conjunto de geotermômetros; .....	37
Figura 10 – Termômetro de imersão .....	38
Figura 11 – Evaporímetro de Piche .....	39
Figura 12 – Exemplo de balanço hídrico decidual (Ipatinga-MG).....	42
Figura 13 – Nebulosidade em décimos anual no Brasil (1961-1990) .....	43
Figura 14 - GOES-10 meteorological satellite infrared image, in December 18en, 2009, 2345 GMT. Posição do Cavado do Nordeste. ....	45
Figura 15 – Modelo de uma superfície frontal fria.....	47
Figura 16 – Modelo de superfície frontal quente. ....	47
Figura 17 – De cima para baixo, sequência temporal esquemática da oclusão do tipo frio (esquerda) e do tipo quente (direita).....	48
Figura 18 – Modelo de uma frente oclusa do tipo frio. ....	49
Figura 19 – Frente de Origem Polar Semi-Estacionária FE (01/01/2000 – 07h45). ....	49
Figura 20 - GOES-10 meteorological satellite infrared image, in July 23rd, 2009, 2109 GMT. Posição do ASAS.....	50
Figura 21 – Imagem de satélite da América do Sul, destacando uma frente fria, acompanhada do Anticiclone Polar (azul) e o ASAS (vermelho). ....	53
Figura 22 – Padrão de nebulosidade tipo “Y” em 200hPa .....	55
Figura 23 – Linhas de corrente em 200hPa com padrão tipo “S” .....	55
Figura 24 – Posição média e variabilidade do (JS) e do (JP) no inverno e verão .....	56
Figura 25 – Bifurcação do JS em função de um bloqueio atmosférico .....	57
Figura 26 – Atuação das células de Hadley e Ferrel no planeta.....	57
Figura 27 – Baixa do Chaco (BC) representado pelo número 1.....	58
Figura 28 – Baixa do Chaco representado pela letra B (sistema de baixa pressão) entre 2 anticiclones representados pela letra A (sistema de alta pressão) .....	59
Figura 29 – Pluviômetro Ville de Paris .....	63
Figura 30 – Pluviógrafo.....	64
Figura 31 – Barômetro (a) Kew; (b) Fortin .....	66
Figura 32 – Barógrafo.....	66
Figura 33 – Rede integrada nacional .....	69
Figura 34 – Mapa de raios obtidos em 05/12/2017 .....	70
Figura 35 – Inversão térmica registrada em Belo Horizonte em uma manhã de inverno .....	71
Figura 36 – Camada Limite Planetária linear e estável no período da manhã. ....	72

Figura 37 – Camada Limite Planetária linear não linear instável período da tarde. Concentração de poluição.....	72
Figura 38 – Velocidade do vento para eliminação de Ilhas de Calor em algumas cidades. .....	73
Figura 39 – Mapa da temperatura média do ar no município de Belo Horizonte .....	74
Figura 40 – Mapa dos pontos amostrais com os bairros de Belo Horizonte .....	75
Figura 41 – Tipos e fontes de poluentes atmosféricos nos EUA, em 1968.....	76
Figura 42 – Os seis tipos de comportamento dos penachos de fumaça, sob variadas condições de estabilidade e instabilidade. ....	77
Figura 43 - Chuva Acumulada X Chuva Acumulada Mensal (Normal Climatológica) ano 2004. ....	139
Figura 44 - Chuva Acumulada X Chuva Acumulada Mensal (Normal Climatológica) ano 2005 .....	139
Figura 45 – Balanço Hídrico Climatológico - Estação Sete Lagoas (83586) MG .....	140
Figura 46 - Dados de temperatura média mensal – estação Monte Azul-MG de 2000 a 2006 .....	181
Figura 47 - Dados de precipitação mensal de 2000 a 2006 – estação de Monte Azul-MG .....	182
Figura 48 - Balanço hídrico da estação climatológica de Monte Azul (MG) do período de 1975 a 1990 – latitude 15°04’48”, longitude 42°45’, altitude 603 m.....	183
Figura 49 - Curvas de precipitação, ETP e ETR .....	183
Figura 50 - Extrato do balanço hídrico mensal.....	184
Figura 51 - Deficiência / excesso hídrico mensal.....	184
Figura 52 - Gráfico representando o balanço hídrico da estação de Monte Azul - MG, durante o período de 1974 a 1991 .....	185
Figura 53 – Temperaturas extremas em Uberlândia no período de 2001 a 2006.....	188
Figura 54 – Média térmica anual do município de Uberlândia, no ano de 2006.....	188
Figura 55 - Pluviograma do município de Uberlândia no ano de 2006.....	189
Figura 56 – Umidade relativa do ar (%) em Uberlândia durante o ano de 2006.....	189
Figura 57 - Principais sistemas de circulação atmosférica de escala sinótica atuantes na Região (MG).....	194
Figura 58 - Principais sistemas de circulação atmosférica de escala sinótica atuantes no Verão de Ipatinga.....	196
Figura 59 - Principais sistemas de circulação atmosférica de escala sinótica atuantes no Inverno de Ipatinga.....	196
Figura 60 - Comportamento interanual (2005) da precipitação (mm).....	201
Figura 61 – Comportamento interanual (2006) da precipitação (mm).....	201
Figura 62 - Comportamento interanual (2005) das temperaturas médias (°C).....	203
Figura 63 - Comportamento interanual (2006) das temperaturas médias (°C).....	204
Figura 64 - Comportamento interanual (2005) das temperaturas médias máximas (°C) .....	204
Figura 65 - Comportamento interanual (2006) das temperaturas médias .....	205
Figura 66 - Comportamento interanual (2005) das temperaturas médias .....	206
Figura 67 - Comportamento interanual (2006) das temperaturas médias mínimas (°C). .....	206

Figura 68 - Comportamento interanual de 2005 da Umidade Relativa (%).....	207
Figura 69 - Comportamento interanual de 2006 da Umidade Relativa (%).....	208
Figura 70 – Mapa de Unidades Climáticas do Brasil .....	223

## **Lista de abreviaturas e siglas**

AB – Alta da Bolívia

ACP – Ação Civil Pública

AIA – Avaliação de Impacto Ambiental

ANA – Agência Nacional das Águas

Aneel – Agência Nacional de Energia Elétrica

AS – Alta Subpolar

APM – Anticiclone Polar Migratório

ASAS – Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul

BC – Baixa do Chaco

Cemaden – Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais

Cemig – Companhia Energética de Minas Gerais

CN – Cavado do Nordeste

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

COPAM – Conselho Estadual de Política Ambiental

CPTEC – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos

CVRD – Companhia Vale do Rio Doce

DN – Deliberação Normativa

EIA – Estudo de Impacto Ambiental

EPA – Environmental Protection Agency

FAO – Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação

FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente

FF – Frentes Frias

FO – Frentes Oclusas

FPA – Frente Polar Antártica

FQ – Frentes Quentes

Ibama – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICID – Comissão Internacional de Irrigação e Drenagem

IEF – Instituto Estadual de Florestas

IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas  
INMET – Instituto Nacional de Meteorologia  
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
IPCC – Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas  
JS – Jato Subtropical  
mEc – Massa Equatorial Continental  
MG – Minas Gerais  
mPa ou MPA – Massa de Origem Polar Atlântica  
MPF – Ministério Público Federal  
MPU – Ministério Público da União  
mTa – Massa Tropical Atlântica  
NC – Normais Climatológicas  
OMM – Organização Meteorológica Mundial  
ONU – Organização das Nações Unidas  
PA – Pressão Atmosférica  
PCA – Plano de Controle Ambiental  
PNMA – Política Nacional do Meio Ambiente  
RCA – Relatório de Controle Ambiental  
RIMA – Relatório de Impacto Ambiental  
RINDAT – Rede Integrada Nacional de Detecção de Descargas Atmosféricas  
SEMAD – Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável  
SF – Sistemas Frontais  
SIAM – Sistema Integrado de Informação Ambiental  
SIMGE - Sistema de Meteorologia e Recursos Hídricos de Minas Gerais  
SPDA – Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas  
SUPRAM – Superintendência Regional de Meio Ambiente  
TR – Termo de Referência  
UHE – Usina Hidrelétrica  
UTC – Tempo Universal Coordenado  
VCAN – Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis  
ZCAS – Zona de Convergência da América do Sul

## Lista de tabelas

Tabela 1 – Lista de atividades com diagnósticos climatológicos avaliados .....	26
Tabela 2 – Classificação das Escalas Meteorológicas Horizontais .....	28
Tabela 3 – Lista de atividades com diagnósticos climatológicos avaliados .....	80
Tabela 4 – Itens atendidos pelos estudos analisados em relação às Exigências do TR GERAL (EIA/RIMA GER001). A letra p significa atendimento Parcial do TR. ....	82
Tabela 5 – TR Específico para atividades minerárias em Áreas Cársticas .....	84
Tabela 6 – TR Específico para atividade Agroindustrial do setor Sucoalcooleiro .....	86
Tabela 7 – TR Específico para a atividade de loteamento de solo urbano .....	87
Tabela 8 – TR Específico para Sistemas de Tratamento Térmico de Resíduos .....	89
Tabela 9 – TR Específico para Agrossilvipastoril, Silvicultura e Carvoejamento .....	90
Tabela 10 – Proposta para as Novas Exigências de TR's.....	93

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	8
<b>ABSTRACT</b> .....	9
<b>Lista de figuras</b> .....	10
<b>Lista de abreviaturas e siglas</b> .....	13
<b>Lista de tabelas</b> .....	15
<b>SUMÁRIO</b> .....	16
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	20
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	27
<b>2.1. Representatividade de estações meteorológicas</b> .....	28
<b>2.2. Clima e condições meteorológicas</b> .....	29
<b>2.2.1. Perfil do vento</b> .....	29
<b>2.2.2. Temperatura</b> .....	32
<b>2.2.2.1. Temperatura do ar à superfície</b> .....	33
<b>2.2.2.2. Temperatura do ar em altos níveis atmosféricos</b> .....	33
<b>2.2.2.3. Temperatura bulbo úmido e bulbo seco</b> .....	36
<b>2.2.2.4. Temperatura do solo</b> .....	37
<b>2.2.2.5. Temperatura da água</b> .....	38
<b>2.2.3. Umidade do ar</b> .....	38
<b>2.2.4. Componentes de balanço de radiação à superfície do solo</b> .....	40
<b>2.2.5. Componentes do balanço hídrico no solo</b> .....	41
<b>2.2.6. Nebulosidade</b> .....	43
<b>2.2.7. Condições meteorológicas de larga escala e meso-escala</b> .....	44
<b>2.2.7.1. Alta da Bolívia (AB)</b> .....	44
<b>2.2.7.2. Cavado do Nordeste (CN)</b> .....	45
<b>2.2.7.3. Zona de Convergência da América do Sul (ZCAS)</b> .....	45
<b>2.2.7.4. FF – Frentes Frias</b> .....	47
<b>2.2.7.5. FQ – Frentes Quentes</b> .....	47
<b>2.2.7.6. FO – Frentes Oclusas</b> .....	48
<b>2.2.7.7. FE – Frentes Semi-Estacionárias</b> .....	49
<b>2.2.7.8. Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS)</b> .....	50
<b>2.2.7.9. Anticiclone de origem Polar (AP)</b> .....	51
<b>2.2.7.10. Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN)</b> .....	54



2.2.7.11.	Jato Subtropical (JS) .....	56
2.2.7.12.	Baixa do Chaco (BC) .....	58
2.2.7.13.	Características climáticas do estado de Minas Gerais .....	59
2.2.7.14.	Influências de veranicos no Estado de Minas Gerais .....	61
2.2.8.	Precipitação.....	61
2.2.8.1.	Classificação das precipitações .....	62
2.2.9.	Evaporação e Evapotranspiração.....	64
2.2.10.	Pressão atmosférica .....	65
2.2.11.	Radiação solar e insolação .....	66
2.2.12.	Índice ceráunico.....	68
2.2.12.1.	Sistema de Detecção de Descargas Atmosféricas .....	68
2.3.	Fenômenos Atmosféricos Locais.....	71
2.3.1.	Inversão térmica .....	71
2.3.2.	Ilha de calor .....	73
2.3.3.	Poluição atmosférica.....	76
3.	<b>RESULTADOS</b> .....	78
3.1.	Atividades potencialmente poluidoras e/ou degradadoras .....	78
3.1.1.	Diretrizes para os diagnósticos climatológicos aplicados aos processos de licenciamento ambiental (Tabela 10) Grupo A Linhas 1, 2 e 3 - Atividades minerárias.....	83
3.1.2.	Diretrizes para os diagnósticos climatológicos aplicados aos processos de licenciamento ambiental (Tabela 10) Grupo B Linhas 4, 5 e 6 – Atividades industriais / Indústria Metalúrgica e Outras.....	85
3.1.3.	Diretrizes para os diagnósticos climatológicos aplicados aos processos de licenciamento ambiental (Tabela 10) Grupo C Linhas 7, 8 e 9 – Atividades industriais / Indústria Química .....	85
3.1.4.	Diretrizes para os diagnósticos climatológicos aplicados aos processos de licenciamento ambiental (Tabela 10) Grupo D Linhas 10, 11 e 12 – Atividades industriais / Indústria Alimentícia .....	86
3.1.5.	Diretrizes para os diagnósticos climatológicos aplicados aos processos de licenciamento ambiental (Tabela 10) Grupo E Linhas 13, 14 e 15 – Atividades de infraestrutura .....	87
3.1.6.	Diretrizes para os diagnósticos climatológicos aplicados aos processos de licenciamento ambiental (Tabela 10) Grupo F Linhas 16, 17 e 18 – Gerenciamento de Resíduos e Serviços.....	88
3.1.7.	Diretrizes para os diagnósticos climatológicos aplicados aos processos de licenciamento ambiental (Tabela 10) Grupo G Linhas 19, 20 e 21 - Atividades agrossilvipastoris .....	90
4.	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES</b> .....	91

<b>5. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>94</b>
<b>6. ANEXOS .....</b>	<b>99</b>
<b>GRUPO A - Diagnósticos climatológicos analisados aplicados aos processos de licenciamento ambiental (Tabela 4) Grupo A Linhas 1, 2 e 3 - Atividades minerárias.</b>	<b>100</b>
<b>GRUPO A 1 .....</b>	<b>101</b>
<b>GRUPO A 2 .....</b>	<b>113</b>
<b>GRUPO A 3 .....</b>	<b>116</b>
<b>GRUPO B - Diagnósticos climatológicos analisados aplicados aos processos de licenciamento ambiental (Tabela 4) Grupo B Linhas 4, 5 e 6 – Atividades industriais / Indústria Metalúrgica e Outras.....</b>	<b>131</b>
<b>GRUPO B 4.....</b>	<b>132</b>
<b>GRUPO B 5.....</b>	<b>137</b>
<b>GRUPO B 6.....</b>	<b>141</b>
<b>GRUPO C - Diagnósticos climatológicos analisados aplicados aos processos de licenciamento ambiental (Tabela 4) Grupo C Linhas 7, 8 e 9 – Atividades industriais / Indústria Química .....</b>	<b>147</b>
<b>GRUPO C 7 .....</b>	<b>148</b>
<b>GRUPO C 8 .....</b>	<b>161</b>
<b>GRUPO C 9 .....</b>	<b>163</b>
<b>GRUPO D - Diagnósticos climatológicos analisados aplicados aos processos de licenciamento ambiental processos de licenciamento ambiental (Tabela 4) Grupo D Linhas 10, 11 e 12 – Atividades industriais / Indústria Alimentícia .....</b>	<b>165</b>
<b>GRUPO D 10 .....</b>	<b>166</b>
<b>GRUPO D 11 .....</b>	<b>180</b>
<b>GRUPO D 12 .....</b>	<b>187</b>
<b>GRUPO E - Diagnósticos climatológicos analisados aplicados aos processos de licenciamento ambiental (Tabela 4) Grupo E Linhas 13, 14 e 15 – Atividades de infraestrutura .....</b>	<b>191</b>
<b>GRUPO E 13.....</b>	<b>192</b>
<b>GRUPO E 14.....</b>	<b>211</b>
<b>GRUPO E 15.....</b>	<b>214</b>
<b>GRUPO F - Diagnósticos climatológicos analisados aplicados aos processos de licenciamento ambiental (Tabela 4) Grupo F Linhas 16, 17 e 18 – Gerenciamento de Resíduos e Serviços.....</b>	<b>217</b>
<b>GRUPO F 16.....</b>	<b>218</b>
<b>GRUPO F 17.....</b>	<b>220</b>
<b>GRUPO F 18.....</b>	<b>222</b>

<b>GRUPO G - Diagnósticos climatológicos analisados aplicados aos processos de licenciamento ambiental (Tabela 4) Grupo G Linhas 19, 20 e 21 – Atividades agrossilvipastoris .....</b>	<b>226</b>
<b>GRUPO G 19 .....</b>	<b>227</b>
<b>GRUPO G 20 .....</b>	<b>229</b>
<b>GRUPO G 21 .....</b>	<b>242</b>

# 1. INTRODUÇÃO

A Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), criada pela Lei Federal nº 6.938/1981, enfatizou a necessidade de compatibilizar o desenvolvimento econômico com a qualidade ambiental de acordo com (Ministério Público Federal-MPF, 2004).

Os estudos ambientais são fundamentais para a avaliação da viabilidade econômico-técnica-ambiental de empreendimentos potencialmente poluidores e/ou degradadores da qualidade ambiental.

Conforme FERREIRA; CUPOLILLO (2016), o diagnóstico ambiental territorial deve possibilitar conhecer a situação do meio ambiente, objetivando traçar estratégias ou tomar decisões para prevenir, controlar ou corrigir a degradação.

FERREIRA; CUPOLILLO (2016) afirmam que para se evitar erros de diagnóstico são necessárias análises do conjunto sinérgico, por meio de levantamentos de dados secundários e primários, no tempo e no espaço, sem perder a visão do todo.

Os diagnósticos climatológicos integram o capítulo do meio físico em Estudos de Impacto Ambiental-EIA e também nos Relatórios de Controle Ambiental-RCA de empreendimentos passíveis de regularização ambiental no estado de Minas Gerais.

MPF (2004) afirma que a Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) se efetivou, no Brasil, apenas no processo de licenciamento ambiental, por força da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente- CONAMA n. 001/86:

Segundo a qual a condução do procedimento de licenciamento requer, quando a obra ou atividade for potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, a elaboração de Estudo de Impacto Ambiental-EIA e seu respectivo Relatório de Impacto Ambiental-RIMA. Posteriormente, essa exigência ficou estabelecida na Constituição Federal de 1988. (MPF, 2004. p.9)

O Termo de Referência (TR) é um roteiro com a delimitação dos recortes temáticos a serem contemplados nos estudos e avaliações de impactos ambientais de um projeto em particular, analisando-se dessa forma as alternativas conceituais do projeto descritas e avaliadas com base na sua inserção local e regional. O TR constitui-se em uma ferramenta largamente utilizada pelos Órgãos Ambientais para instruir o processo de licenciamento ambiental para elaboração destes estudos.

MPF (2004) comenta que o TR tem um papel muito importante no desenvolvimento das atividades que integram um EIA, papel esse que poderia ser mais bem explorado nos processos de licenciamento, por exemplo, a julgar pelo fato de que aspectos particulares de projetos não têm sido detalhados e analisados satisfatoriamente.

Nesse ínterim, o planejamento territorial associado à análise das condições climáticas locais, influenciada pelas configurações atmosféricas de larga escala, constitui-se em uma ferramenta de gestão ambiental imprescindível para a tomada de decisão de grupos empresariais e do poder público referente à implantação de novos negócios.

As variáveis climáticas, assim como a segurança hídrica de empreendimentos, possuem uma relação direta e, portanto, determinantes da viabilidade técnica, econômica e ambiental de atividades dependentes de recursos naturais e que promovem impactos nas alterações do ambiente. Demonstra-se dessa forma, a vinculação do tema à linha de ecologia aplicada do programa de mestrado.

No diagnóstico ambiental, conforme (FERREIRA; CUPOLILLO, 2016), é feita uma radiografia do estado ambiental da unidade territorial, visando subsidiar as etapas seguintes, que incluem o zoneamento, planejamento e gestão.

Com base em diagnósticos e zoneamentos bem elaborados, o planejamento, através do estabelecimento de cenários, poderá estabelecer as bases para uma boa gestão ambiental em qualquer dimensão territorial. (FERREIRA; CUPOLILLO, 2016).

Conforme MPF (2004), “Em Estudos precedidos de TR foi frequente a ausência de pesquisas e análises que atendessem adequadamente a ele. Em alguns casos analisados, as exigências arroladas nos TR foram desconsideradas”.

Dessa forma, conforme comentado pelo MPF (2004), “não há como negar o prejuízo causado por essa prática, principalmente nos casos de recomendações relativas ao diagnóstico, à qualidade do Estudo de Impacto Ambiental e a todo o processo de AIA, e, por consequência, ao licenciamento ambiental”.

Um dos exemplos mais graves em nível mundial de prejuízos que estudos incompletos e tendenciosos trazem ao meio ambiente, encontrado nesta revisão sistemática é o caso das “barragens do Rio Madeira, incluindo o Santo Antônio, no estado de Rondônia, certamente estão entre os projetos hidrelétricos mais controversos atualmente no mundo por causa de seus impactos e por causa da história do licenciamento” de acordo com Fearnside (2015).

Essa constatação desnudada por Fearnside (2015) corrobora com o resultado da pesquisa publicada pelo Ministério Público Federal conforme supra exposto.

Outro caso emblemático deste viés foi sobre o licenciamento ambiental da Usina Hidrelétrica-UHE Aimorés, no município de Aimorés-MG (Figura 1). De acordo com MPF (2013), em Ação Civil Pública-ACP movida contra: o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – Ibama, Agência Nacional de Energia Elétrica – Aneel, Companhia Energética de Minas Gerais – Cemig, Companhia Vale do Rio Doce – CVRD e Consórcio da Usina Hidrelétrica de Aimorés, em seu capítulo 5 fica claro que além das falhas nos estudos de impacto ambiental e das deficiências nas condicionantes e programas fixados pelo Ibama, houve, desastrosamente, o reiterado descumprimento de condicionantes ambientais por parte do empreendedor.

A análise da documentação constante nos autos permite concluir que o processo de licenciamento ambiental da UHE Aimorés foi pautado pelo descumprimento de acordos firmados com a população atingida e atrasos na implementação das condicionantes e dos programas ambientais que o IBAMA, a seu modo, incluiu nas licenças ambientais que concedia. (MPF, 2013. p.435)

A referida ACP movida pelo MPF comprovou que “*houve uma patente violação dos princípios ambientais da precaução e da prevenção em razão da construção da UHE Aimorés*” tendo em vista que

Desde a petição inicial, havia fortes indícios de que o empreendimento acarretaria impactos superiores aos previstos em um EIA/RIMA mal-emendado, transferido do órgão ambiental estadual para o federal e, finalmente, aprovado. O tempo provou que esses indícios eram reais e que hoje as comunidades de Resplendor, Itueta e Aimorés sofrem com a inexplicável desídia do poder público brasileiro. (MPF, 2013. p.436)



Figura 1 – UHE Aimorés, Aimorés-MG.

Fonte: José Geraldo Brannd /Banco de Imagens do Ibama

Outro fator que merece destaque com relação à qualidade de estudos ambientais apresentados aos órgãos ambientais é a

Falta de integração dos dados de estudos específicos. O EIA deve ser elaborado por uma equipe multidisciplinar de profissionais legalmente habilitados. Ocorre que, para o atendimento às diretrizes mínimas do Estudo, não basta um trabalho apresentado sob a forma de diagnósticos, análises e propostas de programas para três “compartimentos” ou “meios”. É importante uma abordagem interdisciplinar do diagnóstico. (MPF, 2004. p.18)

Notadamente, em estudos ambientais, muitos dados levantados nos diagnósticos frequentemente são subutilizados ou desconsiderados, e de acordo com MPF (2014), enquanto em alguns casos a previsão do impacto é impossibilitada pela ausência de diagnóstico, em outros, apesar da disponibilidade de diagnóstico, ele não é utilizado satisfatoriamente na confecção do prognóstico dos impactos ambientais decorrentes da implementação do projeto.

MPF (2014) comenta que “é exemplar a subutilização de dados de diagnóstico do meio físico, em que extensas informações sobre geomorfologia, pedologia e clima são pouco utilizadas nas etapas posteriores do EIA.”

De acordo com MAGLIO (2000), os números de licenças ambientais realizados são crescentes, mas avalia-se a qualidade ambiental na maior parte dos casos exclusivamente pelas emissões das fontes poluidoras.

Nota-se que há geração de dados, entretanto constata-se que grande parte das empresas de consultoria não interpreta e analisa esses dados de forma a expressá-los em resultados satisfatórios que garantam um equilíbrio ao meio ambiente, que pode ser medido pela qualidade ambiental das áreas de influência desses empreendimentos antes e após a implantação e operação dos mesmos.

Aplica-se de forma insuficiente o planejamento e a avaliação da qualidade ambiental dos ambientes e essa deficiência reduz a importância social das agências e sua capacidade de interferência nas políticas públicas. (MAGLIO, 2000).

MPF (2004), afirma que “o processo de elaboração de EIA ainda está longe do ideal. Entre as funções desse documento, tem prevalecido a de planejamento de medidas mitigadoras”.

Tal fato materializa-se a partir dos prazos disponibilizados para a elaboração do EIA, sempre muito reduzidos, passando pela definição de áreas de influência, avaliação de impactos, proposição de medidas de mitigação e programas de monitoramento de impactos. Ao não identificarem e analisarem suficientemente os potenciais impactos dos empreendimentos, os Estudos deixam de revelar a equação completa de benefícios e ônus. Entendemos como necessários para a melhoria da qualidade dos Estudos de Impacto Ambiental:

- maior rigor na exigência de qualidade em todos os Estudos e maior investimento em multidisciplinaridade das equipes dos órgãos licenciadores, para que orientem em tempo a elaboração adequada, rejeitando aqueles que não resultem em AIA adequada;
- criação e/ou consolidação, por parte dos órgãos ambientais, de banco de dados dos Estudos e informações oriundas da implementação de medidas mitigadoras e de monitoramento, possibilitando o registro e o acesso aos conhecimentos produzidos, inclusive reduzindo prazos e custos para a elaboração de novos Estudos (MPF, 2004. p.34).

A partir dessas informações obtidas dos autores MAGLIO (2000), MPF (2014) e FEARNSSIDE (2015) é possível inferir que empreendimentos de grande porte e significativo potencial poluidor/degradador em sua maioria contratam empresas de consultoria ambiental para justificar a instalação de empreendimentos que já estão com seus projetos executivos prontos e com sua viabilidade técnica e financeira aprovadas, impactando em papel secundário das AIA e conseqüentemente maior impacto que o inicialmente estimado.

O objetivo geral de se desenvolver o presente manual climatológico é de fornecer subsídios práticos na elaboração de diagnósticos climatológicos para empreendimentos passíveis de regularização ambiental no estado de Minas Gerais e dessa forma contribuir significativamente para o aumento da qualidade dos dados apresentados nos estudos ambientais desses empreendimentos.

Para que este objetivo seja alcançado é necessário compor uma base organizada e integrada de informações climatológicas de regiões do estado de Minas Gerais que serão utilizadas por determinadas atividades econômicas e apoiar dessa forma empreendedores e governo na tomada de decisão segundo critérios técnico-econômico-ambientais.

Os fatores climáticos influenciam diversas atividades econômicas, como as agrossilvipastoris e industriais, e por vezes trazem prejuízos financeiros causados por eventos extremos de seca ou de chuva, obrigando determinados setores da economia a se adequarem a essas situações por meio de previsões do tempo.

A partir do conhecimento do clima do estado de Minas Gerais, foi elaborado um manual climatológico para subsidiar a elaboração de diagnósticos climáticos regionais para empreendimentos passíveis de regularização ambiental nesse estado.

A importância deste tema nos dias atuais se faz, cada vez mais, imprescindível para a tomada de decisão sobre a viabilidade técnica, econômica e ambiental de empreendimentos listados de A G pela DN 217/2017 referente aos setores de mineração,



metalurgia, químico, alimentício, infraestrutura, comércio atacadista e agrossilvipastoris, respectivamente. Para fins didáticos denominamos os códigos de atividades com diagnósticos climatológicos avaliados, conforme disposto na Tabela 1 associando o nome do Grupo a qual pertence e às respectivas linhas na sequência de 1 a 21 conforme organizadas, para facilitar o entendimento. Por exemplo: A1 refere-se ao código de atividade A-05-03-7 aplicando-se sequencialmente o mesmo raciocínio.

Estes diagnósticos ora sugeridos serão realizados a partir das atividades elencadas e possuirão elementos norteadores para implantação destes empreendimentos.

Espera-se que com este trabalho, as diretrizes apresentadas para elaboração de diagnósticos climatológicos fidedignos às diversas realidades climáticas existentes no estado de Minas Gerais, possam orientar empreendedores de atividades passíveis de licenciamento ambiental, por meio de EIA/RIMA, na tomada de decisão frente a análise da viabilidade técnica e ambiental do ponto de vista climatológico.

O levantamento das exigências dos termos de referência existentes no estado de Minas Gerais para o diagnóstico climatológico constitui-se no instrumento norteador deste manual. Através das tabelas a seguir será possível ter a visão geral do nível de exigência e a respectiva importância dada a área de meteorologia por parte do Órgão Ambiental.

A tabela a seguir traz uma lista de atividades dos Grupos de A a G dos estudos climatológicos avaliados. Com a revogação da Deliberação Normativa (DN) COPAM 74/2004 por meio da DN COPAM 217/2017, diversos códigos sofreram alterações. Portanto, a tabela 1 mostra o resultado da comparação entre os códigos de atividades revogados e os vigentes. Cabe ressaltar que todos os estudos analisados foram atividades regularizadas ambientalmente sob a vigência da DN 74/2004 tendo em vista que a análise dos mesmos se deu no período entre 2016 e 2017, antes da revogação da referida deliberação.

Tabela 1 – Lista de atividades com diagnósticos climatológicos avaliados

	N.	ESTUDOS CLIMATOLÓGICOS ANALISADOS	
		CÓDIGO DN 74/2004	CÓDIGO DN 217/2017
A	1	A-05-03-7 Barragem de contenção de rejeitos / resíduos	A-05-03-7 Barragem de contenção de resíduos <b>ou rejeitos da mineração</b>
	2	A-05-01-0 – Unidade de Tratamento de Minerais - UTM	A-05-01-0 Unidade de Tratamento de Minerais - UTM, <b>com tratamento a seco</b>
	3	A-02-05-4 Lavra a céu aberto ou subterrânea em áreas cársticas com ou sem tratamento	<b>A-02-07-0 Lavra a céu aberto - Minerais não metálicos, exceto rochas ornamentais e de revestimento</b>
B	4	B-02-01-1 Siderurgia e elaboração de produtos siderúrgicos com redução de minérios, inclusive ferro-gusa	B-02-01-1 Siderurgia e elaboração de produtos siderúrgicos com redução de minérios, inclusive ferro-gusa
	5	B-02-01-1 Siderurgia e elaboração de produtos siderúrgicos com redução de minérios, inclusive ferro-gusa	B-02-01-1 Siderurgia e elaboração de produtos siderúrgicos com redução de minérios, inclusive ferro-gusa
	6	B-02-01-1 Siderurgia e elaboração de produtos siderúrgicos com redução de minérios, inclusive ferro-gusa	B-02-01-1 Siderurgia e elaboração de produtos siderúrgicos com redução de minérios, inclusive ferro-gusa
C	7	C-01-01-05 Fabricação de Celulose	C-01-01-5 Fabricação de celulose <b>e/ou pasta mecânica</b>
	8	C-04-11-1 Fabricação de sabões e detergentes e C-04-12-1 Fabricação de preparados para limpeza e polimento	<b>C-04-10-3 Fabricação de aromatizantes e corantes de origem mineral ou sintéticos e/ou sabões e detergentes e/ou preparados para limpeza e polimento</b>
	9	C-10-01-4 Usina de Produção de Concreto Comum	C-10-01-4 Usinas de produção de concreto comum
D	10	D-02-07-0 Fabricação de refrigerantes (inclusive quando associada à extração de água mineral) e de outras bebidas não alcoólicas, excusive sucos	D-02-07-0 Fabricação de refrigerantes (inclusive quando associada à extração de água mineral) e de outras bebidas não alcoólicas, <b>exceto sucos</b>
	11	D-02-08-9 Destilação de álcool	<b>D-01-08-2 Fabricação de açúcar e/ou destilação de álcool</b>
	12	D-01-03-1 Abate de animais de médio e grande porte (suínos, ovinos, caprinos, bovinos, equinos, bubalinos, muars, etc.) D-01-04-1 - Industrialização da carne, inclusive desossa, charqueada e preparação de conservas D-01-05-8 - Processamento de subprodutos de origem animal para produção de sebo, óleos e farinha	<b>D-01-02-4 Abat e animais de médio porte (suínos, ovinos, caprinos, etc); D-01-02-5 Abat e animais de grande porte (bovinos, eqüinos, bubalinos, muars, etc); D-01-04-1 - Industrialização da carne, inclusive desossa, charqueada e preparação de conservas; D-01-05-8 Processamento de subprodutos de origem animal para produção de sebo, óleos e farinha</b>
E	13	E-01-09-0 Aeroportos	E-01-09-0 Aeroportos
	14	E-04-01-4 Loteamento do solo urbano para fins exclusiva ou predominantemente residenciais.	E-04-01-4 Loteamento do solo urbano, <b>exceto distritos industriais e similares</b>
	15	E-01-01-5 Implantação ou duplicação de rodovias	E-01-01-5 Implantação ou duplicação de rodovias <b>ou contornos rodoviários</b>
F	16	F-05-11-8 Aterro para resíduos perigosos - classe I, <b>de origem industrial</b> ; F-05-12-6 Aterro para resíduos não perigosos - classe II, <b>de origem industrial</b> e F-05-13-4 Incineração de resíduos.	F-05-11-8 Aterro para resíduos perigosos - classe I; F-05-12-6 Aterro para resíduos não perigosos – Classe II-A e II-B, <b>exceto resíduos sólidos urbanos e resíduos da construção civil</b> ; F-05-13-4 <b>Tratamento térmico de resíduos tais como incineração, pirólise, gaseificação e plasma</b>
	17	F-04-02-2 Parques cemitérios	<b>E-05-06-0 Parques cemitérios</b>
	18	F-01-01-5 - <b>Depósito</b> de sucata metálica, papel, papelão, plásticos ou vidro para reciclagem, não contaminados com óleos, graxas ou produtos químicos, exceto embalagens de agrotóxicos	F-01-01-5 <b>Central de recebimento, armazenamento temporário, triagem ou transbordo</b> de sucata metálica, papel, papelão, plásticos ou vidro para reciclagem, não contaminados com óleos, graxas, agrotóxicos ou produtos químicos
G	19	G-02-07-0 Criação de Bovinos de Leite; G-02-08-9 Criação de equinos; G-01-03-1 Culturas anuais excluindo a olericultura; G-05-02-9 Barragens de irrigação ou de perenização para agricultura	G-02-07-0 Criação de bovinos, bubalinos, equinos, muars, ovinos e caprinos, <b>em regime extensivo</b> ; G-02-08-9 Criação de bovinos, bubalinos, equinos, muars, ovinos e caprinos, <b>em regime de confinamento</b> ; G-01-03-1 Culturas anuais, <b>semiperenes e perenes, silvicultura e cultivos agrossilvipastoris, exceto horticultura</b> ; G-05-02-0 Barragem de irrigação ou de perenização para agricultura
	20	G-03-02-6 Silvicultura	G-01-03-1 Culturas anuais, <b>semiperenes e perenes, silvicultura e cultivos agrossilvipastoris, exceto horticultura</b>
	21	G-03-03-4 Produção de carvão vegetal oriunda de floresta plantada	G-03-03-4 Produção de carvão vegetal oriunda de floresta plantada

Fonte: SIAM (2004) e (2017)

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

A pesquisa em estudo consiste em uma pesquisa aplicada, pois tem o intuito de produzir conhecimento para aplicação no cotidiano de consultorias ambientais no tocante a elaboração de estudos ambientais referentes ao clima, que é um subitem do capítulo do meio físico de estudos ambientais como EIA/RIMA ou RCA/PCA. A mesma terá uma abordagem qualitativa tendo em vista que se pretende avaliar a qualidade desses estudos ambientais e será descritiva, pelo fato de requerer utilização de bibliografia produzida pelas empresas de consultoria.

A base de dados bibliográficos utilizados para elaboração da dissertação consistiu em consultas documentais a estudos ambientais disponíveis publicamente no acervo do Sistema Integrado de Informação Ambiental – SIAM, normais climatológicas do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET referente ao período de 1961 a 1990, estações do Sistema de Meteorologia e Recursos Hídricos de Minas Gerais/ Instituto Mineiro de Gestão das Águas – SIMGE/IGAM, rede de pluviômetros e estações automáticas da Agência Nacional das Águas – ANA.

O produto ambiental ora desenvolvido trata-se de um manual climatológico com sugestões para subsidiar e padronizar a elaboração de diagnósticos climatológicos para empreendimentos passíveis de regularização ambiental no estado de Minas Gerais.

O problema que se pretende minimizar com este produto é no tocante à baixa qualidade dos serviços ambientais de consultorias prestados – falhas na elaboração do diagnóstico climatológico dos estudos ambientais desses empreendimentos – o que implica diretamente na viabilidade técnica-econômica-ambiental dos mesmos e indiretamente na qualidade de vida de grande parte da população de Minas Gerais, atingida por empreendimentos liberados cujos impactos serão maiores do que o documentado ou estimado.

A partir dos dados levantados, as seguintes variáveis climáticas deverão ser analisadas por meio de gráficos: perfil do vento, temperatura, umidade do ar, radiação ao nível do solo, balanço hídrico, nebulosidade, condições meteorológicas de larga e meso-escala e precipitação, variáveis extraídas do Termo de Referência Geral para EIA-Rima da SEMAD. Para tanto, o manual climatológico que abarca o capítulo de clima dos diagnósticos do meio físico deverá seguir a seguinte estrutura:

## 2.1. Representatividade de estações meteorológicas

Segundo a WMO (2012), a representatividade de uma observação é o grau ao qual descreve com precisão o valor da variável necessária para uma finalidade específica. Conseqüentemente, não é uma qualidade fixa de nenhuma observação, mas resulta da avaliação comum da instrumentação, do intervalo da medida e da exposição de encontro às exigências de alguma aplicação particular.

A WMO (2012) sugere que as observações sinóticas devem tipicamente ser representativas de uma área até 100 quilômetros em torno da estação. Assim como para aplicações em escalas regionais a locais a área considerada pode ter dimensões que variam de 10 quilômetros a 30 quilômetros.

Portanto, a depender da tipologia dos empreendimentos, pode-se considerar as observações representativas de uma área até 30 quilômetros em torno da estação quando se tratar de aplicações de pequena escala ou locais.

De acordo com a WMO (2012) as escalas meteorológicas horizontais podem ser classificadas como segue, com um fator dois de incerteza:

Tabela 2 – Classificação das Escalas Meteorológicas Horizontais

<b>Classificação das Escalas Meteorológicas Horizontais</b>		
Microescala	< 100m	Agrometeorologia
Topo escala ou escala local	100m a 3km	Poluição do ar, tornados
Mesoescala	3km a 100km	Tempestades, brisas de montanha
Grande escala	100km a 3.000km	Frentes, vários ciclones
Escala planetária	> 3.000km	Ondas troposféricas superiores longas

Fonte: (WMO, 2012)

## **2.2. Clima e condições meteorológicas**

“Os elementos climáticos são definidos pelos atributos físicos que representam as propriedades da atmosfera geográfica em um dado local” (Mendonça e Danni-Oliveira, 2007). Os mais utilizados para caracterização dessa atmosfera são a temperatura do ar, a pressão atmosférica e a umidade relativa do ar, manifestando-se por meio de nebulosidade, vento, precipitação, evaporação, insolação e radiação solar.

O estudo das condições climáticas proporciona informações úteis para a abordagem de aspectos relativos aos recursos hídricos regionais que, por sua vez, são fundamentais para o dimensionamento de obras diversas nas variadas atividades que serão estudadas. Além disso, as variáveis climáticas incluindo dados de precipitação, temperatura e evaporação estão diretamente relacionadas à capacidade de armazenamento de água pelo solo, e, portanto, é determinante na quantificação do escoamento superficial da água e nos processos erosivos decorrentes, cujas mudanças provocam impactos no ambiente.

As normais padrão são médias de 30 anos conforme (INMET, 2005) e as médias de 10 a 29 anos são normais provisórias. As normais climatológicas são geradas pelo INMET e atualizadas a cada 20 a 30 anos, sendo conveniente utilizar as mais recentes para fins de elaboração de diagnósticos climatológicos.

CUPOLILLO (2015) sugere que, como a pluviosidade nos trópicos tem grande variabilidade no mesmo mês, os estudos climatológicos de pluviosidade sejam trabalhados em decêndios, pois a variação pluviométrica de um decêndio para outro dentro do mesmo mês é grande.

### **2.2.1. Perfil do vento**

A intensidade, direção e velocidade do vento também se tornam imprescindíveis nesta análise, onde será possível correlacioná-la com as demais variáveis.

O valor diário é calculado pelo INMET através da média aritmética simples dos valores registrados nos três horários de observação.

Os valores horários da intensidade foram decompostos em suas componentes zonal (variável **u**) e meridional (variável **v**). O valor diário dessas variáveis foi computado como a média dos valores dos três horários de medida (INMET, 2005).

A Figura 2 ilustra as definições da direção do vento,  $\Theta$ , e das componentes zonal (**u**) e meridional (**v**), utilizadas em meteorologia. A direção do vento foi tratada neste

trabalho de duas formas complementares. A primeira consistiu no cômputo direto do valor resultante da direção do vento pela expressão:

$$n(\Theta) = \begin{cases} |\tan^{-1}(n(v)/n(u)) - 270^\circ|, \text{sen}(u) > 0 \\ |\tan^{-1}(n(v)/n(u)) - 90^\circ|, \text{sen}(u) < 0 \end{cases}$$

Onde o contra-domínio da função arcotangente,  $\tan^{-1}(x)$  é o intervalo  $(-90^\circ, 90^\circ)$ , e  $n(u)$  e  $n(v)$  representam as Normais Climatológicas das componentes zonal e meridional, respectivamente.

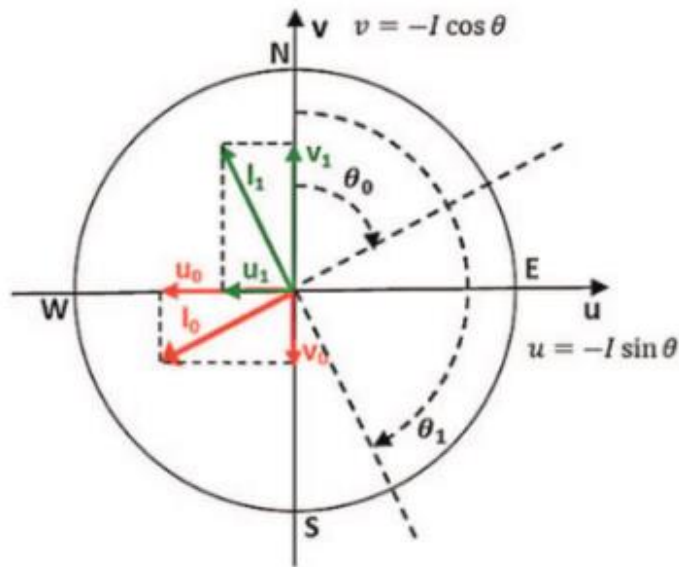


Figura 2 – Diagrama direção X intensidade do vento.  
Fonte: INMET (2005).

Diagrama ilustrando (Figura 2) a definição do ângulo que determina a direção do vento e a decomposição do vento em suas componentes zonal (u) e meridional (v), para dois vetores de vento de intensidades  $I_0$  e  $I_1$  e direções  $\theta_0$  (nordeste) e  $\theta_1$  (sudeste)

Intensidade do vento ( $m \cdot s^{-1}$ )

Componente zonal do vento ( $m \cdot s^{-1}$ )

Componente meridional do vento ( $m \cdot s^{-1}$ )

Direção resultante do vento (graus)

Direção predominante do vento (pontos cardeais e colaterais)

A segunda forma utilizada pelo INMET consistiu no levantamento, para cada estação e cada mês do ano, da direção predominante do vento. Para isto, levantou-se, primeiramente, a frequência relativa de ocorrência do vento proveniente de oito direções principais, a saber: Norte (N), Nordeste (NE), Leste (E), Sudeste (SE), Sul (S), Sudoeste (SW), Oeste (W) e Noroeste (NW) (INMET, 2005).

Para este propósito, todas as medidas horárias de direção do vento referentes ao mês em questão, disponíveis na estação para o período 1961-1990, foram classificadas nas oito faixas de direção especificadas acima. Em seguida determinou-se a faixa (direção) de maior frequência relativa, sujeita à restrição de que esta frequência fosse superior a 20%. Quando esta condição não foi atendida, a direção predominante foi considerada INDEFINIDA (INDEF). (WMO, 1989) *apud* (INMET, 2005).

No cômputo desses valores diários, bem como no cômputo da temperatura média compensada e da umidade relativa do ar compensada, a recomendação da OMM (WMO, 1989) *apud* (INMET, 2005) é de que a falta de uma das parcelas implique na ausência de valor diário.

Segundo VAREJÃO-SILVA (2006), a velocidade do vento à superfície varia com o tempo e caracteriza-se por intensas oscilações, cuja rapidez e amplitude estão relacionadas com o estado de agitação do ar, que constitui a turbulência – característicos de turbilhões como vórtices ou redemoinhos.

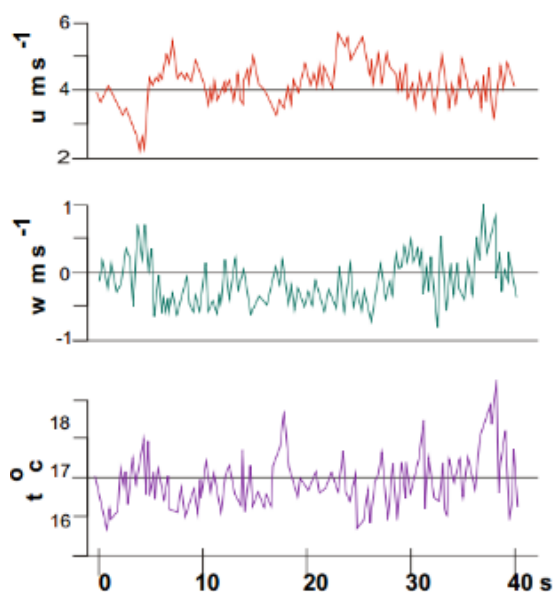


Figura 3 – Variações das componentes do vento.  
Fonte: Ibbetson (1981) *apud* VAREJÃO-SILVA (2006).

A *Figura 3* mostra as flutuações da componente horizontal ( $u$ ) e vertical ( $w$ ) da velocidade do ar, comparadas com a variação da temperatura ( $t$ ), conforme observações feitas à superfície, durante 40 segundos, por Ibbetson (1981) *apud* VAREJÃO-SILVA (2006).

A uma variação brusca na velocidade do vento chama-se rajada. Em geral, a rajada é acompanhada por uma variação, igualmente brusca, na direção. As observações do vento à superfície destinadas a fins meteorológicos ou sinóticos devem referir-se aos valores médios ou intervalo de dez minutos.

Um erro comum na interpretação de dados de direção do vento é com relação às terminologias. Quando se descreve em um diagnóstico a predominância de um vento sul, necessariamente o significado é que predominantemente o vento está vindo do sul, e não indo para o sul.

### **2.2.2. Temperatura**

Segundo VAREJÃO-SILVA (2006), as mudanças no comportamento médio da atmosfera, causadas por diferenças no aquecimento da superfície, são expressas principalmente em termos de variações na temperatura média. Entretanto, alterações no aquecimento afetam conseqüentemente a umidade do ar, direção dos ventos, chuva, dentre outros elementos climáticos.

A vegetação nativa costuma responder a essas mudanças, às quais ajustam suas fases de desenvolvimento. Nas latitudes médias muitas árvores perdem suas folhas durante o outono. Durante um inverno rigoroso as plantas o atravessam em hibernação, e logo após iniciam uma intensa atividade vegetativa com a chegada da primavera, na estação das flores. No verão os frutos crescem, quando ocorrem as maiores temperaturas e a máxima atividade fotossintética. De acordo com VAREJÃO-SILVA (2006), comportamentos semelhantes podem ser notados em muitas plantas que vegetam nos estados do Sul do Brasil.

A temperatura do ar é a medida do calor sensível nele armazenado, medida por termômetros. Sugere-se que sejam diagnosticadas as estações em relação à temperatura: quente e fria e que sejam extraídos os valores das temperaturas máximas e mínimas do local onde se pretende instalar o empreendimento. A partir desses dados os autores deverão proceder com a classificação climática, utilizando o que é adotado por Nimer.



No caso da classificação de Nimer (1989), as características do clima de uma região são determinadas a partir de um conjunto de fatores climáticos, sobretudo a circulação atmosférica, e os elementos climáticos pluviosidade e temperatura. É a única classificação climática voltada para a realidade brasileira, em que se preocupa com a temperatura e amplitude pluviométrica por ser um país tropical.

As temperaturas mínima e máxima diárias utilizadas pelo (WMO, 1989) *apud* (INMET, 2005) são registradas em termômetros especiais (termômetro de mínima e termômetro de máxima) e lidas pelo observador, usualmente, nos horários de 12 UTC (Tempo Universal Coordenado) e 24 UTC, respectivamente, medida no abrigo meteorológico.

Nota: UTC é o acrônimo em inglês para Tempo Universal Coordenado, o fuso horário de referência a partir do qual se calculam todas as outras zonas horárias do mundo.

#### **2.2.2.1. Temperatura do ar à superfície**

Na meteorologia, as expressões “temperatura do ar à superfície” e “temperatura do ar à sombra” são usadas, de modo equivalente, para traduzir a temperatura reinante em um ponto próximo à superfície da Terra. A análise sinótica do estado da atmosfera utiliza dados de observações da temperatura do ar à superfície a uma altura de 1,25 a 2,00 m acima do terreno, simultaneamente em todas as estações integrantes da rede sinótica mundial.

Ainda, segundo VAREJÃO-SILVA (2006), para fins climatológicos o ideal seria que as observações de temperatura do ar fossem feitas de acordo com a hora solar média local, já que pode haver uma grande defasagem entre esta e a hora legal.

A maioria das estações meteorológicas em funcionamento no Brasil, realiza uma rotina de observações orientada à previsão do tempo e não à climatologia.

#### **2.2.2.2. Temperatura do ar em altos níveis atmosféricos**

De acordo com VAREJÃO-SILVA (2006), as prospecções aerológicas são utilizadas para se obter a distribuição vertical da temperatura, bem como de pressão, umidade e vento. O aparelho que se utiliza nesta sondagem é denominado radiossonda.

A radiossonda (Figura 4) é um transmissor de rádio, dotado de sensores de temperatura, pressão e de umidade, que é lançado na atmosfera conduzido por um balão de borracha (Figura 5), inflado com gás (hidrogênio ou hélio).



Figura 4 – Modelo de radiossonda  
Fonte: VAREJÃO-SILVA (2006).

Os sensores alteram a frequência do sinal emitido, em função da variação da temperatura, da pressão e da umidade relativa reinantes em cada nível, à medida em que a radiossonda vai atravessando a atmosfera. Um receptor analisa continuamente os sinais recebidos e transforma aquelas mudanças de frequência em valores das variáveis observadas (VAREJÃO-SILVA, 2006).



Figura 5 – Balão com gás hélio acoplado à radiossonda  
Fonte: Inmet (2006) *apud* Franklin e Bicalho (2013).

As radiossondas alcançam cerca de 30km de altitude (limite determinado pela ruptura do balão). A conversão de pressão em altitude é feita identificando-se as camadas em que a temperatura virtual (deduzida a partir da temperatura e da umidade relativa observada a cada nível) varia linearmente com a altura. O receptor está acoplado a um microcomputador que efetua todos os cálculos necessários.

Esses dados podem ser obtidos, também, com o auxílio de balões cativos, de aviões, de foguetes. Os satélites meteorológicos são utilizados com o objetivo de obter informações gerais sobre áreas muito amplas, para identificação e monitoramento de perturbações atmosféricas, estimativa de temperatura no topo das nuvens e da superfície, distribuição espacial do vapor d'água, mapeamento de parâmetros, dentre outros.

As radiossondas são largamente utilizadas em aeroportos. Como exemplo, apresentamos a Figura 6 com o Gráfico gerado pela Radiossonda do Aeroporto de Confins no dia 04/12/2017 às 12h.

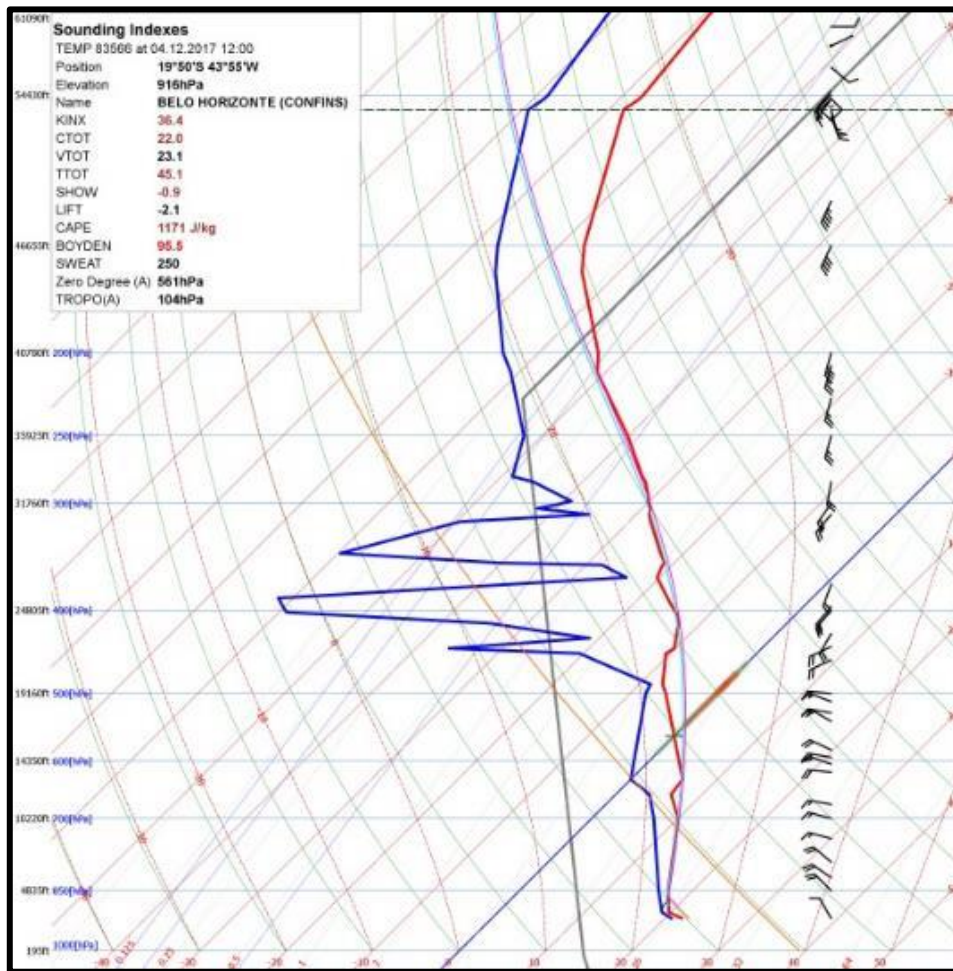


Figura 6 – Gráfico obtido dia 04/12/2017 às 12h – Estação Belo Horizonte

Fonte: INMET (2017).

Os dados gerados pelas radiossondas podem auxiliar na identificação de inversões térmicas e conseqüentemente aplicar em estudos de dispersão atmosférica de poluentes em estudos de qualidade do ar.

### 2.2.2.3. Temperatura bulbo úmido e bulbo seco

De acordo com VAREJÃO-SILVA (2006), os modelos convencionais de psicrômetro (Figura 7) são constituídos por dois termômetros comuns (mercúrio em vidro), sendo um com o bulbo descoberto (termômetro de bulbo seco) e o outro com o bulbo revestido por um tecido fino (gaze), que é molhado (com água destilada preferencialmente) imediatamente antes do uso (termômetro de bulbo úmido).

Haverá evaporação da água que embebe o revestimento do bulbo úmido caso o ar não esteja saturado. O calor latente necessário à evaporação é retirado do próprio bulbo e a temperatura indicada pelo termômetro de bulbo úmido começa a diminuir. Atingido o regime estacionário, o calor latente de evaporação é integralmente cedido pelo ar que flui junto ao bulbo úmido. Estando o ar saturado, nenhuma evaporação irá ocorrer, portanto, a diferença psicométrica é um indicador do estado de umidificação da atmosfera adjacente, sendo menor quanto mais úmido estiver o ar. VAREJÃO-SILVA (2006).



Figura 7 – Psicrômetro (bulbo seco e bulbo úmido) não ventilado.

Fonte: Vianello (2011).

Entretanto, atualmente têm-se preferido os psicrômetros elétricos ventilados (Figura 8), que usam como sensores resistências, termopares, ou termistores.

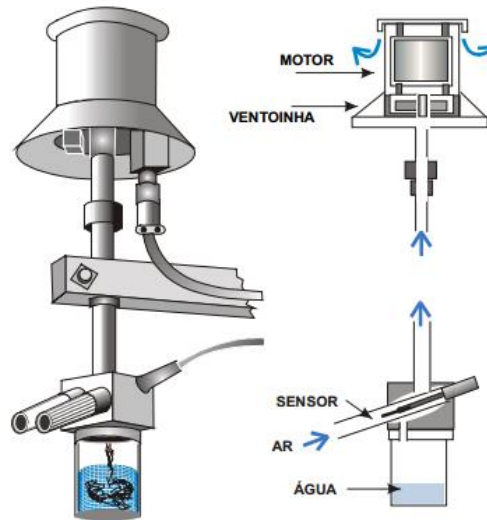


Figura 8 – Psicrômetro ventilado elétrico

Fonte: VAREJÃO-SILVA (2006).

#### 2.2.2.4. Temperatura do solo

Conforme WMO (2012), nas observações de rotina, executadas por estações meteorológicas convencionais, a temperatura do solo deve ser sistematicamente tomada às profundidades padrão de 2, 5, 10, 20, 50 e 100 cm.

Os termômetros utilizados para essas aferições estão ilustrados na Figura 9.

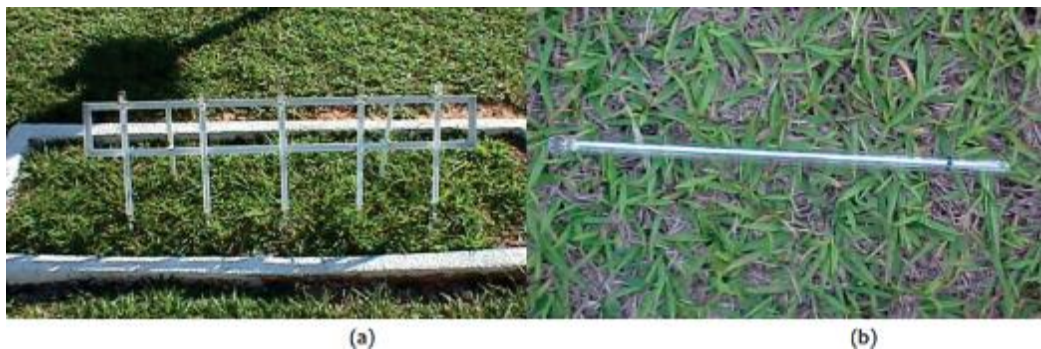


Figura 9 – Termômetros usados para medir a temperatura do solo: a) Conjunto de geotermômetros;

b) Termômetro de relva.

Fonte: Vianello (2011)

### 2.2.2.5. Temperatura da água

VAREJÃO-SILVA (2006) relata que temperaturas da superfície do mar (TSM) são rotineiramente obtidas a partir de satélites e utilizadas na previsão numérica do tempo, em simulações de comportamento da atmosfera através de modelos numéricos. Os dados de TSM são importantes na previsão de rotas de tormentas, especialmente dos furacões tropicais.



Figura 10 – Termômetro de imersão

Fonte: Inmet (2006) *apud* Franklin e Bicalho (2013).

Termômetros de imersão (Figura 10) são usados para medir a temperatura da água. O bulbo se situa em uma haste cilíndrica metálica que contém orifícios laterais. Para fazer a leitura, o recipiente é parcialmente imerso, de modo que somente a água da superfície entre em contato com o bulbo. Franklin e Bicalho (2013)

### 2.2.3. Umidade do ar

A umidade relativa do ar é outro parâmetro importante na análise proposta, sendo possível correlacionar com as demais variáveis.

No cômputo do valor diário da umidade relativa do ar, o (WMO, 1989) *apud* (INMET, 2005) utiliza, também, o valor de média compensada, dado por:

$$UR_{C, k i j} = (UR_{12, k i j} + UR_{18, k i j} + 2UR_{24, k i j})/4$$

Onde:

$UR_{C, k i j}$  é a umidade relativa do ar compensada (%) no dia  $k$ , do mês  $i$ , do ano  $j$ ;

$UR_{12, k i j}$  é a umidade relativa do ar lida no horário 12 UTC (%) no dia  $k$ , do mês  $i$ , do ano  $j$ ;

$UR_{18, k i j}$  é umidade relativa do ar lida no horário 18 UTC (%) no dia  $k$ , do mês  $i$ , do ano  $j$ ;

$2UR_{24, k i j}$  é duas vezes a umidade relativa do ar lida no horário 24 UTC (%) no dia  $k$ , do mês  $i$ , do ano  $j$ ;

Nota: Como as coletas de dados nas estações convencionais do INMET são realizadas nos horários 12, 18 e 24 UTC faz-se a média desses 4 valores ( $UR_{C, k i j}$ ). A unidade é expressa em (%).

Na meteorologia, para medir a Umidade Relativa do Ar utiliza-se recorrentemente o Evaporímetro de Piche (Figura 11). Segundo o (WMO, 1989) *apud* (INMET, 2005) esse instrumento mede a evaporação - em mililitro (ml) ou em milímetros de água evaporada - a partir de uma superfície porosa, mantida permanentemente umedecida por água.



Figura 11 – Evaporímetro de Piche  
Fonte: Vianello (2011).

O Evaporímetro de Piche é constituído por um tubo de vidro transparente, tendo uma das extremidades fechada que vem de um anel para dependurá-lo. Ele é instalado dentro do abrigo meteorológico, pois fica protegido da radiação solar e do vento. Quando está em funcionamento, a água contida no tubo conserva úmido o disco de papel. A evaporação é avaliada pela diferença entre duas leituras consecutivas (início e fim de um intervalo de tempo). Franklin e Bicalho (2013).

Entretanto, existem outros instrumentos clássicos como o Tanque Evaporimétrico Classe A, que mede a evaporação - em milímetros (mm) - numa superfície livre de água. Este último não é muito utilizado na meteorologia, pois as Normais Climatológicas do INMET são obtidas por meio de Evaporímetro de Piche.

Sugere-se, portanto, que ao elaborar um relatório em que haja a necessidade de dados de evaporação, não sejam utilizados dados de tanque classe A.

#### **2.2.4. Componentes de balanço de radiação à superfície do solo**

De acordo com VAREJÃO-SILVA (2006) a **radiação solar** ou energia radiante é a energia que se propaga sem necessidade da presença de um meio material, sendo, portanto, seu aspecto ondulatório que interessa a Meteorologia. Desse modo, a velocidade de propagação da luz no vácuo ( $c$ ) é igual ao produto da frequência ( $\nu$ ) da radiação pelo comprimento de onda ( $\lambda$ ) representada pela fórmula ( $c = \nu \lambda$ ).

O espectro eletromagnético se subdivide em 3 faixas: ultravioleta ( $< 0,36\mu$ ), visível ( $>0,36\mu$  a  $0,74\mu$ ) e infravermelha ( $>0,74\mu$ ).

A atmosfera e a superfície terrestre emitem radiação, comportando-se como um corpo negro às respectivas temperaturas. Admite-se que a emitância dos corpos reais seja expressa como uma fração da emitância do corpo negro, sendo  $E = \sigma T^4$ , onde ( $\sigma$ ) corresponde à constante de Stefan-Boltzman e ( $T$ ) a temperatura absoluta em Kelvin.

Denomina-se albedo o coeficiente de reflexão de todo o intervalo da radiação visível. Em geral utiliza-se o valor médio em um dado intervalo de tempo e é expresso em (%) de radiação global que é refletida.

Ainda, de acordo com VAREJÃO-SILVA (2006), deve-se salientar que a superfície terrestre transfere energia para a atmosfera sob forma de calor latente e sensível (este por condução e radiação). O calor transferido por condução gera correntes de ar ascendentes que transportam energia térmica para níveis atmosféricos através de convecção.



O balanço médio de radiação em escala planetária, segundo VAREJÃO-SILVA (2006), do total de radiação solar (100%) incidente sobre a Terra, 36% retornam diretamente para o espaço por reflexão das nuvens, partículas em suspensão e da superfície; 64% são absorvidos, porém retornam ao espaço como radiação infravermelha perdida pela superfície e pela atmosfera.

Não se deve confundir foto-período com insolação. Esta representa o número de horas nas quais, durante um dia, o disco solar é visível para um observador situado à superfície terrestre, em local com horizonte desobstruído.

### **2.2.5. Componentes do balanço hídrico no solo**

As informações sobre a quantificação da disponibilidade de água no solo também são importantes neste diagnóstico, para tanto serão utilizados os registros históricos das estações existentes nas regiões de estudo. Cabe ressaltar que o método que normalmente é utilizado foi idealizado por Thornthwaite e Matter (1955). Com isso será possível verificar o déficit hídrico, momento das ocorrências das chuvas de reposição e a capacidade máxima de retenção de água pelo solo, sendo possível visualizar os excedentes hídricos – quando os solos não conseguem mais absorver água, e essa passa a escoar livremente sobre a superfície.

UNESCO (1982) *apud* TUCCI (2013) cita o balanço hídrico superficial, aerológico, isotópico, balanços energéticos, balanços hídricos de superfícies líquidas e modelos matemáticos.

O primeiro utiliza a equação da continuidade composta dos termos de precipitação, evapotranspiração e escoamento, cada qual calculado pelas equações conhecidas.

O balanço hídrico aerológico envolve o uso de informações climatológicas para estabelecer a conservação de massa na atmosfera, calculando a diferença efetiva entre a precipitação e a evaporação.

Esse tipo específico de isótopo para identificar a fonte da água e quantificar seus componentes.

O balanço energético estabelece o balanço de calor na superfície de interesse, para cálculo de evaporação ou evapotranspiração.

O balanço hídrico se refere principalmente a lagos, reservatórios ou trechos de rios.

Os modelos matemáticos representam os principais fenômenos envolvidos e procuram estimar no tempo e no espaço esses componentes através de diferentes equações de continuidade integradas.

Os processos que normalmente apresentam maior dificuldade de estimativa são a evaporação e a evapotranspiração, já que existem diferentes equações

para sua estimativa. Normalmente o balanço hídrico é apresentado como uma sequência dos métodos de evaporação e evapotranspiração. O balanço hídrico agrícola envolve um balanço de detalhe, para o cálculo da necessidade hídrica real de diferentes cultivos. (TUCCI, 2009, p.279)

De acordo com CUPOLILLO (2015) a deficiência hídrica é o resultado (negativo) do balanço hídrico no qual o total de água que entra no sistema via precipitação é menor que a quantidade total de água perdida pela evaporação e pelas plantas por meio da transpiração. A retirada hídrica é a máxima capacidade de perda da quantidade total de água no solo e pelas plantas, e atinge cotas acima da deficiência.

Já o excedente hídrico, afirma o referido autor, representa resultado (positivo) do balanço hídrico no qual o total de água que entra no sistema via precipitação é maior que a quantidade total de água perdida pela evaporação e pela transpiração das plantas. A reposição hídrica representa as primeiras chuvas que começam a repor ao solo a água retirada na estação seca.

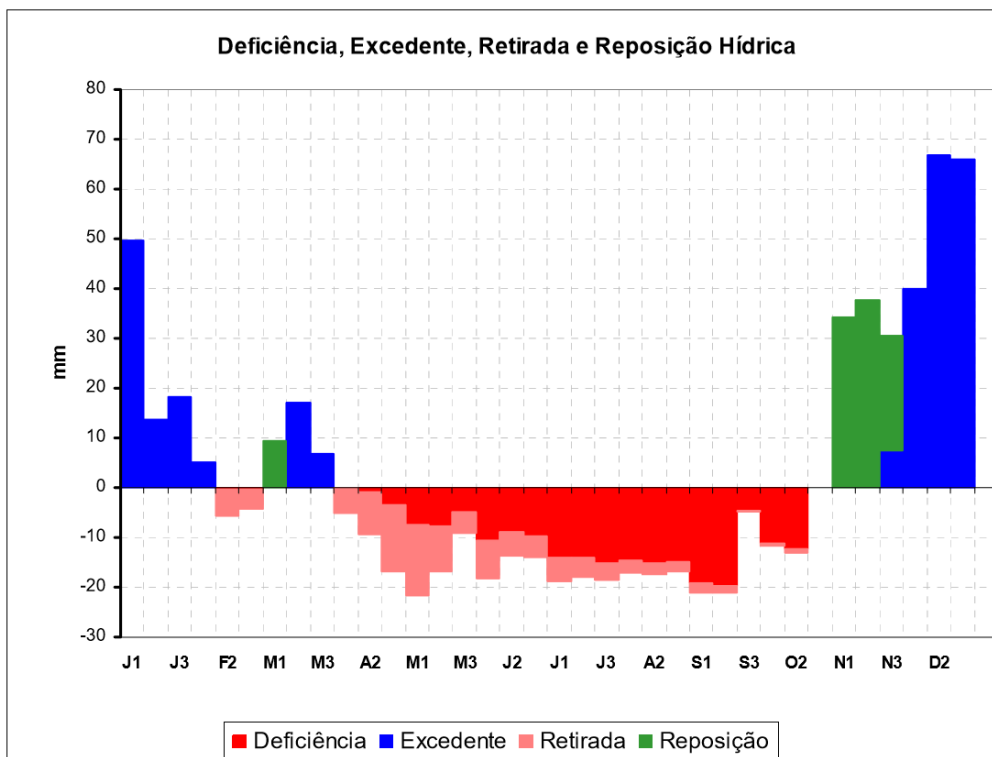


Figura 12 – Exemplo de balanço hídrico decendial (Ipatinga-MG)

Fonte: CUPOLILLO (2015)

CUPOLILLO (2015) recomenda, portanto, que os dados decendiais (Figura 12) de precipitação, evapotranspiração potencial, evapotranspiração real sejam plotados dando origem às barras representando as variáveis deficiência, excedente, retirada e reposição.

### 2.2.6. Nebulosidade

De acordo com VAREJÃO-SILVA (2006) denomina-se nebulosidade a fração da abóbada celeste que, em um dado momento, encontra-se encoberta por nuvens.

A nebulosidade é indicada em oitavos ou em décimos (Figura 13) de céu encoberto, devendo-se esclarecer qual das duas escalas está sendo usada. Nebulosidade de 4/8 corresponde à metade da abóbada celeste encoberta. O valor zero indica que nenhuma nuvem foi detectada na observação. VAREJÃO-SILVA (2006, p.335).

O valor diário é calculado pela média aritmética simples dos valores registrados nos três horários de observação.

$$Nb_{ij} = \sum_k Nb_{kij} / N$$

Onde  $Nb_{kij}$  é o valor observado da variável *Nebulosidade-Nb* no dia  $k$ , do mês  $i$ , do ano  $j$ , e  $N$  é o número de dias no mês  $i$ , do ano  $j$ , para os quais se dispõe de observações.

No cômputo desses valores diários, bem como no cômputo da temperatura média compensada e da umidade relativa do ar compensada, a recomendação da OMM (WMO, 1989) *apud* (INMET, 2005) é de que a falta de uma das parcelas implique na ausência de valor diário. A unidade de medida é expressa em (décimos ou em oitavos).

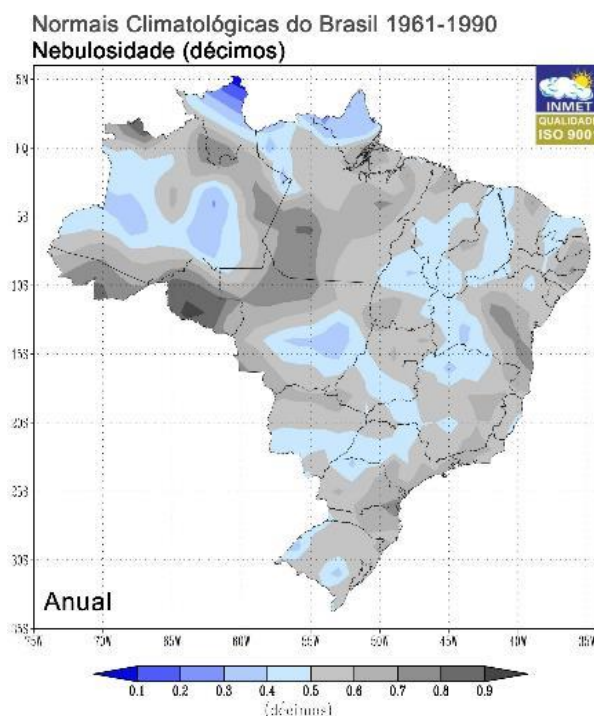


Figura 13 – Nebulosidade em décimos anual no Brasil (1961-1990)  
Fonte: Inmet (2005)

A nebulosidade é importante na análise climatológica, onde será possível correlacioná-la com as demais variáveis. As informações obtidas podem ser úteis aos empreendimentos com atividades de geração de energia elétrica fotovoltaica, os quais dependem de incidência direta de raios solares nas placas fotovoltaicas para um melhor rendimento.

### **2.2.7. Condições meteorológicas de larga escala e meso-escala**

A região Sudeste está sob ação de sistemas atmosféricos de grande escala: Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), Baixa do Chaco (BC), Alta da Bolívia (AB), Alta Subpolar (AS), correntes de jato ou Jato Subtropical (JS) (VIANELLO e ALVES, 1991 *apud* LEMOS, 2006).

#### **2.2.7.1. Alta da Bolívia (AB)**

Atualmente vários autores atribuem a formação das instabilidades tropicais ao fenômeno conhecido como Alta da Bolívia (AB), representada na *Figura 14*. Segundo Jones e Horel (1990) e Silva Dias e Marengo (2002) *apud* CUPOLILLO (2015), trata-se de uma circulação anticiclônica nos altos níveis da troposfera, que atua no verão do hemisfério sul, com forte atividade convectiva e intensas precipitações na região tropical da América do Sul.

A presença da AB nos meses de verão pode ser entendida como uma compensação local ao grande movimento ascendente, associado à atividade convectiva, atuante nesta época do ano CUPOLILLO (2015).

Embora a Alta da Bolívia, atue especialmente sobre a Região Centro-Oeste, gerada a partir do forte aquecimento convectivo (liberação de calor latente) da atmosfera durante os meses de verão do HS (Virgi, 1981 *apud* CPTEC, 1996), é considerada como um sistema típico semi-estacionário da Região. (CPTEC, 1996).

Uma situação estacionária da circulação de grande escala em latitudes médias pode influir diretamente na precipitação e temperatura sobre o Sudeste, caso a Região esteja ou não sendo afetada por sistemas associados ao escoamento ondulatorio da atmosfera. Esse tipo de situação é denominado de bloqueio e afeta, além do Sudeste, também a Região Sul do Brasil. (CPTEC, 1996).

Portanto, a AB pode ser caracterizada como um sistema modulador de precipitação em Minas Gerais. (CPTEC, 2011).

### 2.2.7.2. Cavado do Nordeste (CN)

O Cavado do Nordeste (CN), indicado na *Figura 14*, é mecanismo atmosférico que atua no clima do Brasil e em Minas Gerais, sendo importante para os estudos climatológicos. (CUPOLILLO, 2015).

(SAUCIER, 1969) correlaciona as configurações topográficas, às superfícies isobáricas podendo se apresentar onduladas, formando cavados (vales) e cristas.

O CN, também denominado Cavado Compensador Leste (Vianello, 1986 *apud* CUPOLILLO 1996), por ter um escoamento de leste para oeste, é classificado como do tipo cavado invertido atuante em Minas Gerais, ocasionando períodos longos de estiagens na estação seca e veranicos na estação chuvosa em função da forte subsidência do ar.

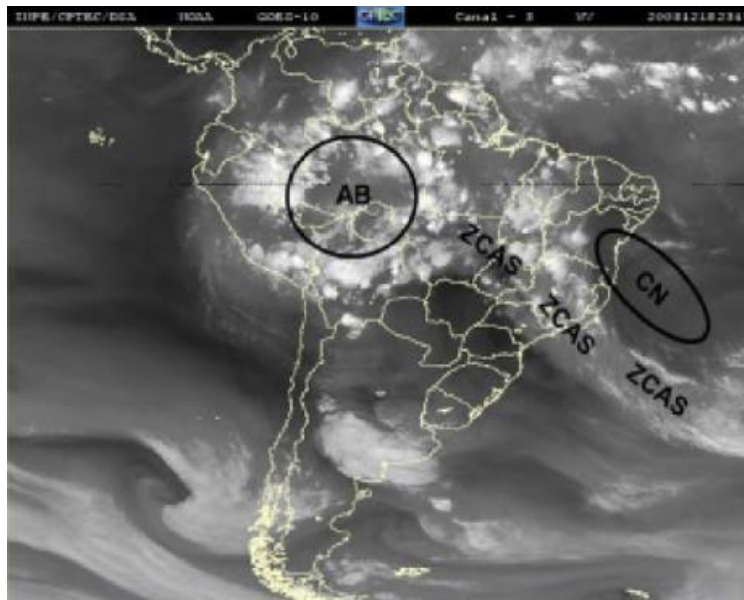


Figura 14 - GOES-10 meteorological satellite infrared image, in December 18en, 2009, 2345 GMT.  
Posição do Cavado do Nordeste.  
Fonte: BILIBIO et al (2012)

### 2.2.7.3. Zona de Convergência da América do Sul (ZCAS)

No verão chuvas persistentes atingem o estado de Minas Gerais. Elas se originam da associação entre os sistemas convectivos tropicais e os sistemas frontais (SFs) que estacionam no centro e sudeste do país. Essa associação, que caracteriza a interação entre

fenômenos de larga escala, equatoriais e de latitudes médias, é denominada Zona de Convergência do Atlântico Sul – ZCAS (CLIMANÁLISE ESPECIAL, 1996; ABREU, 1998 *apud* CUPOLILLO 2015).

A ZCAS é composta por uma combinação de mecanismos atmosféricos atuantes no continente sul americano. Estes mecanismos são a Alta da Bolívia, a convecção tropical continental originária da Amazônia e os sistemas frontais oriundos da porção meridional do continente. Dessa maneira forma-se uma banda de nebulosidade, sentido NW-SE sobre a América do Sul, conforme *Figura 14*. Na superfície o ar úmido é transportado da Amazônia para o sudeste do Brasil, atingindo o estado de Minas Gerais. (CUPOLILLO, 2015).

O papel da Frente Polar Atlântica (FPA) é o de organizar a convecção tropical originada da região amazônica. Tal organização ocorre, pois, a FPA funciona como uma esteira transportadora de umidade nos baixos níveis. O ar úmido vindo da Amazônia é transportado para sudeste por ação dos ventos em baixos níveis que se desviam da Cordilheira dos Andes. Ao encontrar a convergência nos baixos níveis associada à FPA o ar sobe, resfria e condensa, formando nuvens que se alinham com a convecção tropical, relacionada à Alta da Bolívia (CLIMANÁLISE, 1996 *apud* CUPOLILLO 2015).

Vianello e Maia (1986), Abreu (1998) e Moreira (2002) *apud* CUPOLILLO (2015) afirmam que, por estar associada a convecção tropical, que se estabelece na Região Amazônica, a ZCAS começa a se manifestar na primavera e, na região sudeste, muitas vezes no mês de outubro. Em novembro e dezembro, ela atua principalmente no norte de Minas Gerais e sul da Bahia. No início do verão, ela predomina sobre o centro-sul de Minas Gerais, norte do Rio de Janeiro e do Espírito Santo. Posteriormente se desloca para o sul, atingindo os estados de São Paulo e Rio de Janeiro. Portanto, a ZCAS apresenta uma variabilidade espacial, deslocando-se latitudinalmente de norte (no início da estação chuvosa) para sul (no meio da estação chuvosa).

Vianello (2006) *apud* CUPOLILLO (2015) define para Minas Gerais a ocorrência da estação chuvosa entre os meses de outubro e março, sendo os meses de setembro e abril períodos de transição, respectivamente, do inverno para o verão e do verão para o inverno. No entendimento de MOLION e BERNARDO (2002) a expressão ZCAS, refere-se a Zona de Convergência da América do Sul e não do Atlântico Sul, pois a convergência ocorre sobre o continente e não sobre o Oceano Atlântico Sul.

#### 2.2.7.4. FF – Frentes Frias

Segundo VAREJÃO-SILVA (2006), uma frente é dita fria quando sua passagem por um local da superfície terrestre provoca substituição do ar quente que ali existia, por ar frio (Figura 15, Figura 20 e Figura 21).

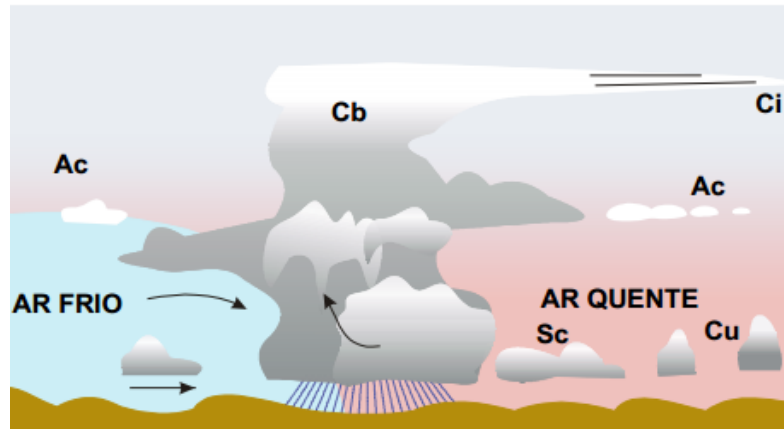


Figura 15 – Modelo de uma superfície frontal fria.  
Fonte: VAREJÃO-SILVA (2006).

#### 2.2.7.5. FQ – Frentes Quentes

Segundo VAREJÃO-SILVA (2006), a passagem de uma frente quente por um local da superfície, acarreta a substituição de ar frio por ar quente (Figura 16).

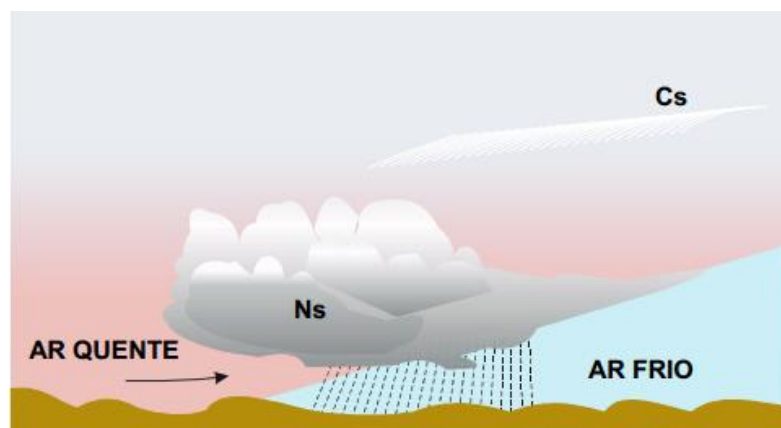


Figura 16 – Modelo de superfície frontal quente.  
Fonte: VAREJÃO-SILVA (2006).

A superfície frontal quente se estende, na mesma direção do deslocamento da massa de ar quente, situando-se por cima do ar frio. Simultaneamente, a presença de um centro ciclônico desencadeia movimentos ascendentes, movendo-se por cima do ar frio.

### 2.2.7.6. FO – Frentes Oclusas

De acordo com VAREJÃO-SILVA (2006), na Frente Oclusa (Figura 17) a densidade do ar frio (procedente do pólo), sendo maior que a do ar quente (oriundo da zona tropical), o obriga a se manter justaposto à superfície, se opondo ao movimento ascendente imposto pela circulação ciclônica inerente ao centro de baixa pressão presente (ciclone extratropical).

O deslocamento do ar frio, em direção à zonal tropical, portanto, deverá fazer-se por sob o ar quente pré-frontal da frente fria, atuando a superfície frontal fria como se fosse uma cunha. Por outro lado, o ar quente procedente dos trópicos é menos denso e tende a se deslocar em direção ao pólo fluindo por sobre o ar frio pré-frontal da frente quente. O movimento ascendente do ar quente decorre da ação do próprio centro de baixa pressão. O ar quente parece usar a superfície frontal como uma rampa, elevando-se lentamente ao longo dela, o que explica a menor velocidade da frente quente em relação à frente fria. VAREJÃO-SILVA (2006).

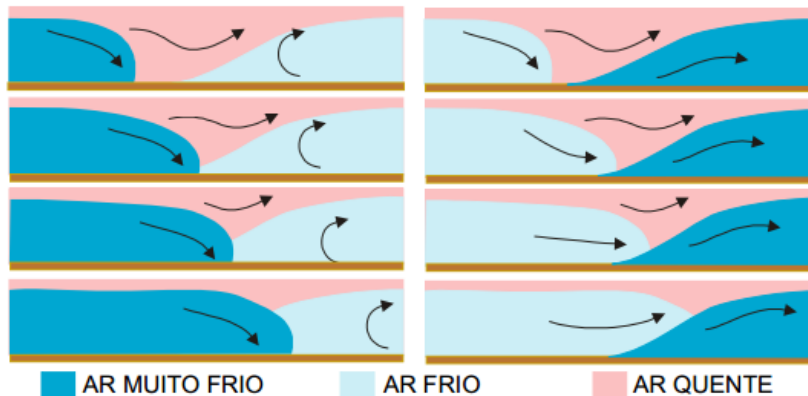


Figura 17 – De cima para baixo, seqüência temporal esquemática da oclusão do tipo frio (esquerda) e do tipo quente (direita).

Fonte: VAREJÃO-SILVA (2006).

Como a frente fria possui maior velocidade de deslocamento, a mesma alcança a frente quente, passando sobre o ar quente, provocando o desaparecimento do setor quente a superfície. Fenômeno este, chamado de oclusão (Figura 18).



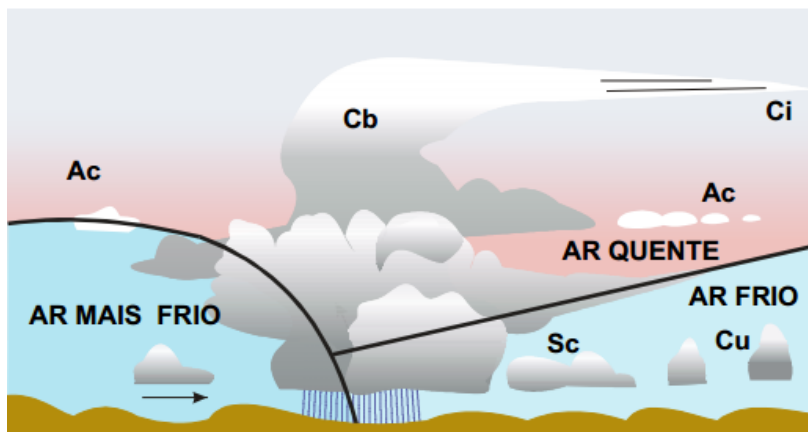


Figura 18 – Modelo de uma frente oclusa do tipo frio.  
 Fonte: VAREJÃO-SILVA (2006).

### 2.2.7.7. FE – Frentes Semi-Estacionárias

Quando não há nenhum ou pouco avanço das massas de ar, a frente é dita estacionária. Em uma frente semi-estacionária o movimento do ar não se dirige para a massa de ar quente ou frio, mas paralelo à linha da frente. A precipitação associada é geralmente leve e estratiforme, mas pode-se tornar bem significativa se permanecer semi-estacionária por muito tempo. (Oliveira et al., 2001 *apud* Andrade, 2005).

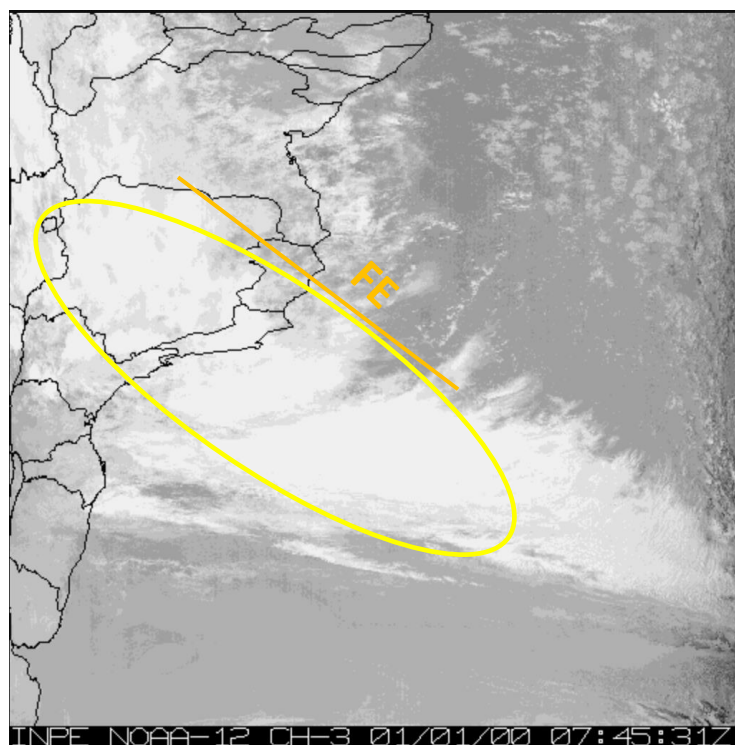


Figura 19 – Frente de Origem Polar Semi-Estacionária FE (01/01/2000 – 07h45).  
 Fonte: INPE (2000).

A imagem do satélite NOAA-12 mostra uma Frente de Origem Polar Semi-Estacionária sobre a região Sudeste no dia 01/01/2000. Segundo CONTI (2001) neste período se registraram as mais elevadas quedas de chuva. Em Passa Quatro, na vertente da Serra da Mantiqueira, os dados acumulados de precipitação, entre os dias 01 e 04, somaram 600,6mm. (CONTI, 2001).

#### 2.2.7.8. Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS)

No inverno predomina a atuação das frentes frias e do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul – ASAS, conforme *Figura 20*.

O ASAS que afeta Minas Gerais (*Figura 21*) é um sistema de larga escala que se origina da circulação geral da atmosfera, tendo seu centro sobre o Oceano Atlântico Sul com atuação de circulação anti-horária e subsidente. A Massa de Origem Polar Atlântica – MPA que acompanha esses sistemas frontais atinge o estado, provocando queda de temperatura.



Figura 20 - GOES-10 meteorological satellite infrared image, in July 23rd, 2009, 2109 GMT. Posição do ASAS.

Fonte: BILIBIO et al (2012)

No verão, o ASAS posiciona-se mais sobre o oceano. O estado de Minas Gerais sofre forte influência de sistemas convectivos, responsáveis pelo padrão climático de precipitação sobre a leste. Sobre esta região, o efeito da circulação oceânica é minimizado por estes sistemas convectivos, também conhecidos como instabilidades tropicais

(correntes de oeste provenientes da Massa Equatorial Continental - MEC). Nimer (1989) *apud* CUPOLILLO (2015) se refere a esse fenômeno como Instabilidades Tropicais, originárias do que ele denomina correntes perturbadas de oeste.

#### **2.2.7.9. Anticiclone de origem Polar (AP)**

De acordo com FRANCA (2009), os Anticiclones de origem Polares (AP) conforme indicado na *Figura 21*, são sistemas transientes que invadem periodicamente o continente sul-americano com ventos de oeste a sudoeste. Embora possam ocorrer em qualquer época do ano, sua atuação é mais intensa e frequente entre o outono e o inverno (NIMER, 1979 *apud* FRANCA, 2009). Constituem a Massa de origem Polar Marítima ou Continental proveniente das latitudes altas e se caracterizam por possuir ar frio, denso e seco em sua origem. Ao longo de seu curso rumo aos trópicos, os AP têm suas características iniciais modificadas e tornam-se menos frios e secos.

A princípio, o deslocamento desse sistema em direção às latitudes tropicais pode organizar a formação de frentes frias que provocam chuva ou ao menos elevam a umidade do ar. Em seguida, seu avanço na retaguarda da frente reduz a temperatura e a umidade, exceto quando percorre trajetória oceânica e costuma manter a umidade em patamares adequados. (FRANCA, 2009)

A invasão do AP na América do Sul se dá entre dois anticiclones semiestacionários: o ASAS e o Anticiclone Subtropical do Pacífico Sul (ASPS). O posicionamento das altas subtropicais exerce grande influência na penetração do sistema polar (VIANELLO; MAIA, 1986 *apud* FRANCA, 2009), algumas vezes impedindo sua progressão em direção a latitudes mais baixas.

Os AP costumam desenvolver três trajetórias preferenciais em seu deslocamento próximo a América do Sul. Na mais comum, ao alcançarem o extremo sul da Cordilheira dos Andes, na Patagônia, avançam a oeste dessa cadeia montanhosa constituindo a Massa Polar Pacífica (mPp). Quando se deslocam a leste dos Andes, em outras duas trajetórias, influenciam as condições climáticas do Brasil. Esse percurso caracteriza a Massa de origem Polar Atlântica (mPa), capaz de atingir o país via interior ou litoral com ventos de sul a sudeste (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007 *apud* FRANCA, 2009).

Em seu ramo continental, o ar frio e seco da Massa de origem Polar Atlântica – MPA é conduzido ao Brasil por uma calha natural – a Planície do Chaco. Nesse percurso, sua influência sobre a temperatura e a umidade é ocasionalmente sentida até próximo a linha do equador, como exemplificado pelo conhecido fenômeno da friagem na Amazônia meridional (MOLION, 1987 *apud* FRANCA, 2009). Segundo MONTEIRO (2007) *apud* FRANCA (2009), durante o inverno, o ramo continental da mPa é responsável pela redução da umidade relativa do ar no centro-sul do Brasil, além de acentuadas quedas de temperatura durante as madrugadas e formação de geadas nas áreas mais elevadas do Sul e Sudeste do país. Sette (2005, p. 35) utiliza a denominação “Sistema Polar Continentalizado (SPC)” para distinguir a atuação do ramo continental da mPa sobre o Brasil Central.

Quando desenvolve seu ramo marítimo pelo Oceano Atlântico, o AP adquire umidade e, devido à maior incidência de radiação tropical e subtropical, absorve calor (TUBELIS; NASCIMENTO, 1992 *apud* FRANCA, 2009). Nessa trajetória, o sistema é capaz de provocar ligeira queda de temperatura e aumento de nebulosidade estratiforme no litoral e parte do interior das regiões Sul e Sudeste do país. Em alguns casos, o transporte de umidade do oceano para continente é tão intenso que gera precipitações fracas e contínuas. Tais efeitos, decorrentes da infiltração marítima, estão relacionados à circulação anticiclônica de sudeste (VIANELLO; MAIA, 1986 *apud* FRANCA, 2009). Ainda nessa trajetória, não são raros episódios em que a tropicalização do sistema polar o modifica de tal forma a permitir sua incorporação ao ASAS, fortalecendo este último (MONTEIRO, 2007 *apud* FRANCA, 2009). O AP em avançado estágio de descaracterização é denominado “Massa Polar Velha (PV)” (SANT’ANNA NETO, 1990, p. 41) *apud* FRANCA (2009).

Maia (1986) *apud* FRANCA (2009) ressaltou que durante o inverno, os AP possuem mais energia e maior dimensão. Já no verão, têm pequena penetrabilidade continental, são menos baroclínicos e interferem pouco na temperatura. Nessa estação, a descontinuidade atmosférica resultante do avanço do sistema em direção ao equador é um dos principais mecanismos responsáveis pela organização da convecção tropical e ocorrência de chuvas (frontais) sobre o centro-sul do Brasil.

Nimer (1979) *apud* FRANCA (2009) destaca a importante influência das correntes perturbadas de Sul (frentes frias associadas ao AP) sobre o volume de chuvas no verão do Sudeste brasileiro.

As consequências do avanço do AP sobre o estado de Minas Gerais são sentidas sobretudo no inverno. Quando esse sistema adquire trajetória continental, sua atuação na região pode resultar em tempo bastante seco e baixas temperaturas mínimas. O resfriamento radiativo associado à advecção de ar frio e seco costuma causar geadas na porção centro-sul do estado<sup>7</sup> (VIANELLO; MAIA, 1986 *apud* FRANCA, 2009). Já seu ramo oceânico, por efeito da circulação marítima, é capaz de manter a umidade elevada e reduzir principalmente as temperaturas máximas. Essa atuação é mais visível nas regiões mineiras próximas ao oceano, como o Sul, Zona da Mata e vales dos rios Doce, Mucuri e Jequitinhonha.

No verão, os AP costumam atingir a latitude de Belo Horizonte totalmente descaracterizados, interferindo pouco ou nada nas condições térmicas da região (ASSIS, 2001 *apud* FRANCA, 2009). Nessa época, o avanço de frentes frias – resultantes do deslocamento do AP em direção ao equador – organiza a convecção tropical e provoca expressivos volumes de chuva em Minas Gerais (LUCAS, 2007) *apud* FRANCA (2009).

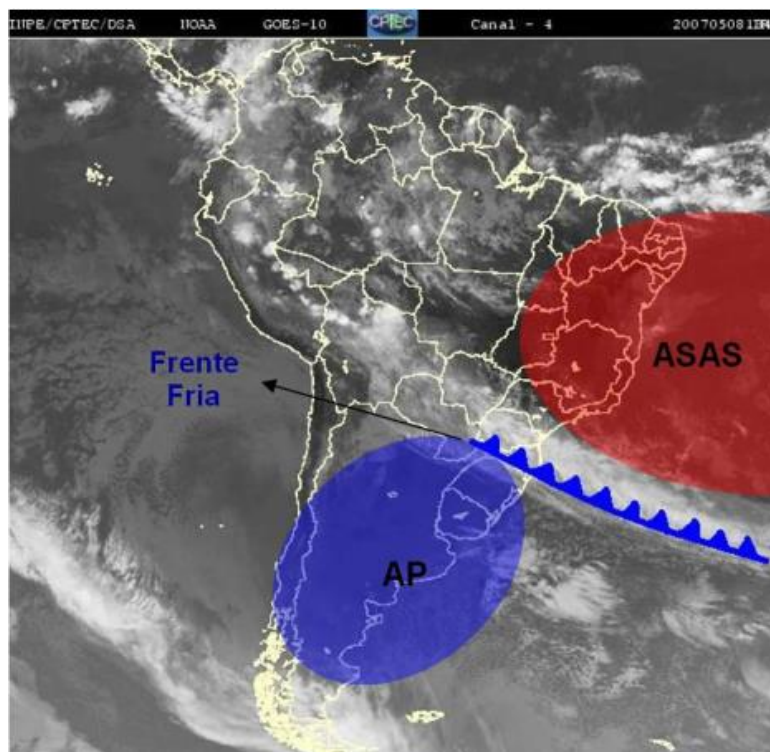


Figura 21 – Imagem de satélite da América do Sul, destacando uma frente fria, acompanhada do Anticiclone Polar (azul) e o ASAS (vermelho).  
Fonte: FRANCA, 2009.

### 2.2.7.10. Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN)

Os vórtices ciclônicos em altos níveis (VCAN) de origem subtropical atuam sobre as Regiões Sul e Sudeste do Brasil por um período de 1 ou 2 dias provocando chuvas e ventos fortes. Um dos primeiros estudos a respeito de VCAN foi feito por Palmer (1951) *apud* LOURENÇO (1996), que documentou a ocorrência de dois casos sobre o Oceano Pacífico Norte.

A influência de VCAN na região sudeste do Brasil foi estudada por Silva Dias e (GRAMMELSBACHER, 1991; SAKURAGI, 1992 *apud* LOURENÇO, 1996). O primeiro trabalho mostrou que a possível ocorrência de um tornado no dia 26 de abril de 1991 sobre Franco da Rocha e São Bernardo do Campo estava associada à interação de um sistema frontal com um VCAN. Sakuragi (1992) *apud* LOURENÇO (1996) demonstrou que chuvas intensas ocorridas em São Paulo, no dia 19 de março de 1991, estavam associadas a um VCAN que atuava na região.

Além de causar chuvas fortes, os VCAN também estão muitas vezes associados a ocorrência de geadas. Fortune (1982) *apud* LOURENÇO (1996), estudou a severidade de uma grande geada ocorrida em 1981 e ele constatou que um VCAN foi o elemento importante para a ocorrência de geadas nas regiões Sul e Sudeste do Brasil. Situações desse tipo geralmente causam grandes prejuízos para a agricultura, principalmente para a cultura cafeeira.

Apesar da grande influência dos VCAN no tempo das regiões Sul e Sudeste do Brasil, diversas características sinóticas desses sistemas (variações sazonais e interanuais, processos físicos envolvidos, manutenção, etc.) ainda não são bem conhecidas. (Lourenço, 1996).

De acordo com CAVALCANTI *et al* (2009) existem padrões de nebulosidade associados aos VCANs, sendo duas configurações: tipo “Y” (*Figura 22*) e tipo “S” (*Figura 23*).

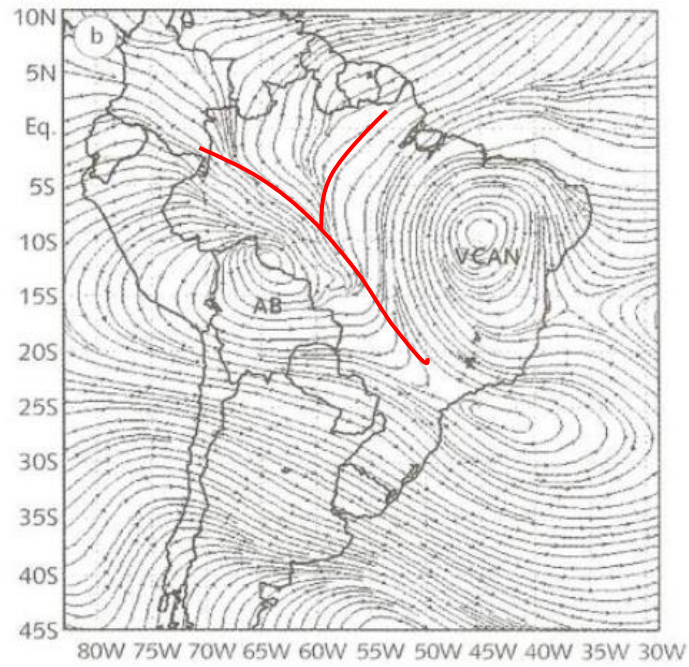


Figura 22 – Padrão de nebulosidade tipo “Y” em 200hPa  
 Fonte: Cavalcanti *et al*, 2009

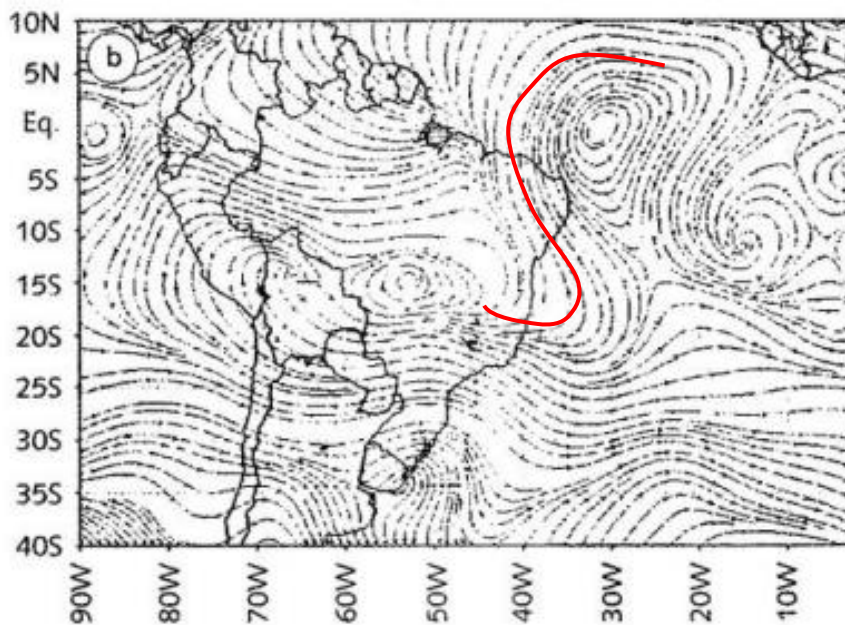


Figura 23 – Linhas de corrente em 200hPa com padrão tipo “S”  
 Fonte: Cavalcanti *et al*, 2009.

### 2.2.7.11. Jato Subtropical (JS)

Outro mecanismo atmosférico que atua no clima do Brasil com influência em Minas Gerais é o Jato Subtropical (JS).

Em altos níveis da atmosfera, próximo à tropopausa, existe uma região composta de ventos intensos que apresentam um sentido oeste – leste (zonal), denominados de Corrente de Jato ou Jato e está associado à circulação da célula de Hadley, localizando-se na porção extrema desta célula voltada para a região polar CUPOLILLO (2015).

A seguir, Cavalcanti (2009) caracteriza a posição média e a variabilidade do (JS) e Jato Polar (JP) para o inverno e o verão. As linhas em amarelo indicam as posições extremas e as posições médias foram caracterizadas em vermelho (JS) e azul (JP).

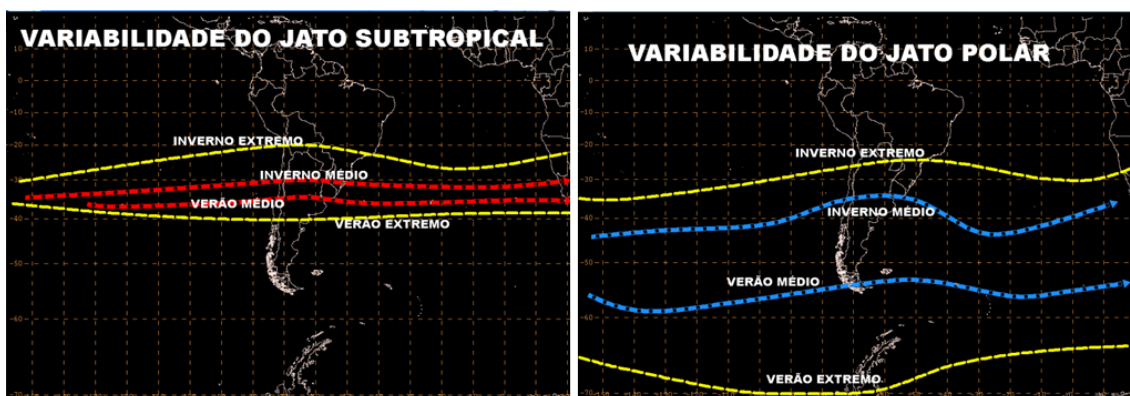


Figura 24 – Posição média e variabilidade do (JS) e do (JP) no inverno e verão  
Fonte: CAVALCANTI *et al*, 2009

De acordo com Cavalcanti *et al* (2009), no hemisfério Sul o JS aparece acima dos 13.000 m, na faixa de latitude que vai de 20° a 40°S. A altura dependerá da intensidade da massa de ar; quanto mais fria, mais baixo o JS será. A localização média do JS (Figura 24) é no paralelo 30°S e concentrado próximo aos 200hPa. Pode se observar uma menor variabilidade do JS em relação ao JP.

O JS tem sua posição média oscilando aproximadamente entre 30° e 35°S, ao passo que o JP apresenta uma posição média que oscila entre 55° e 35°S.

No inverno o JS (Figura 25) encontra-se mais zonal, destacando a maior intensidade dos ventos de oeste. No verão, menos intenso, praticamente desaparece, e no outono apresenta-se bem definido e em processo de intensificação. Na primavera começa a perder



força e o escoamento começa a apresentar uma curvatura anticiclônica em resposta ao aparecimento da AB (CUPOLILLO, 2015).

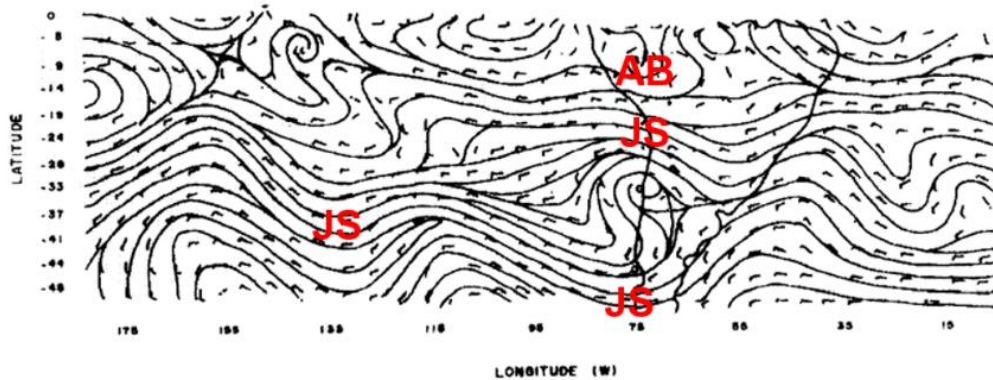


Figura 25 – Bifurcação do JS em função de um bloqueio atmosférico  
 Fonte: Casarin (1983) *apud* CUPOLILLO (2015)

As correntes de jato são provocadas pela combinação da rotação do planeta sobre o seu eixo e o aquecimento da atmosfera (por radiação solar e, em outros planetas para além da Terra, pelo calor interno). (LEMOS, 2006).

Tal afirmativa leva-se a pensar que as duas subsidiem no mesmo ponto.

As correntes de jato formam-se perto dos limites das massas de ar adjacentes com significantes diferenças de temperatura, tais como a região polar e o ar quente que segue em direção ao equador. (LEMOS, 2006).

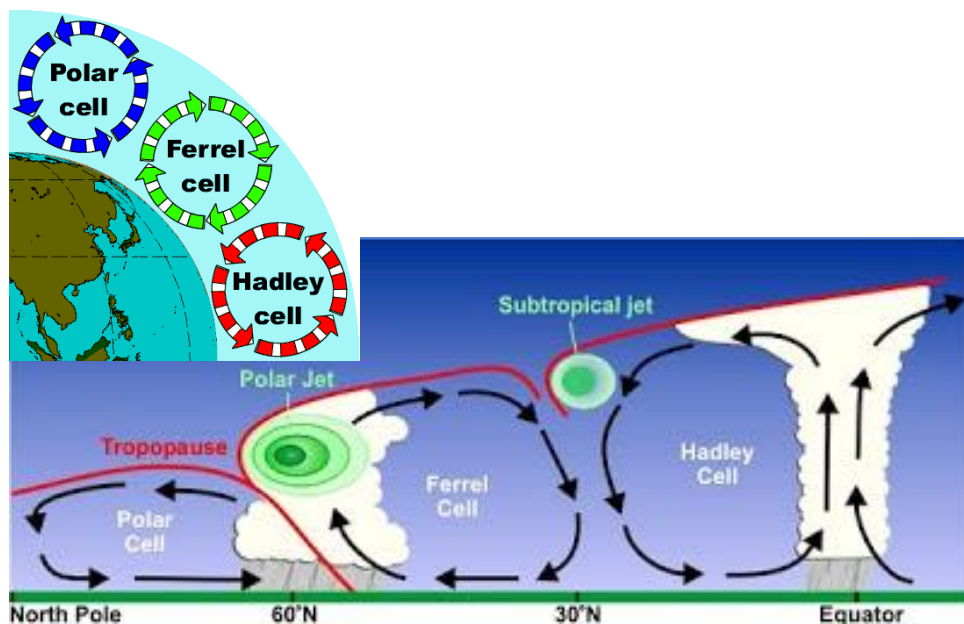


Figura 26 – Atuação das células de Hadley e Ferrel no planeta  
 Fonte: MUSK, 1988.

Existem três unidades ou células principais interconectadas na circulação da troposfera, em cada hemisfério; a célula de Hadley nas latitudes tropicais; a célula de Ferrel em latitudes médias; e a menos organizada e definida célula Polar. Os limites de cada célula são marcados na superfície pelos anticiclones subtropicais, pela frente polar e pela menos definida frente Ártica ou Antártica, respectivamente. Em níveis altos, o limite polar da célula de Hadley é marcado pela corrente de oeste do jato subtropical, e o limite polar da célula de Ferrel é marcado pela frente polar (MUSK, 1988).

#### 2.2.7.12. Baixa do Chaco (BC)

A Baixa do Chaco (*Figura 27*) é uma das componentes das Monções da América do Sul e se manifesta como uma fraca depressão nas cartas de superfície, normalmente localizada na região do “Chaco”, entre a Bolívia, o Paraguai e o sudoeste do Brasil. (SELUCHI e SAULO, 2010).

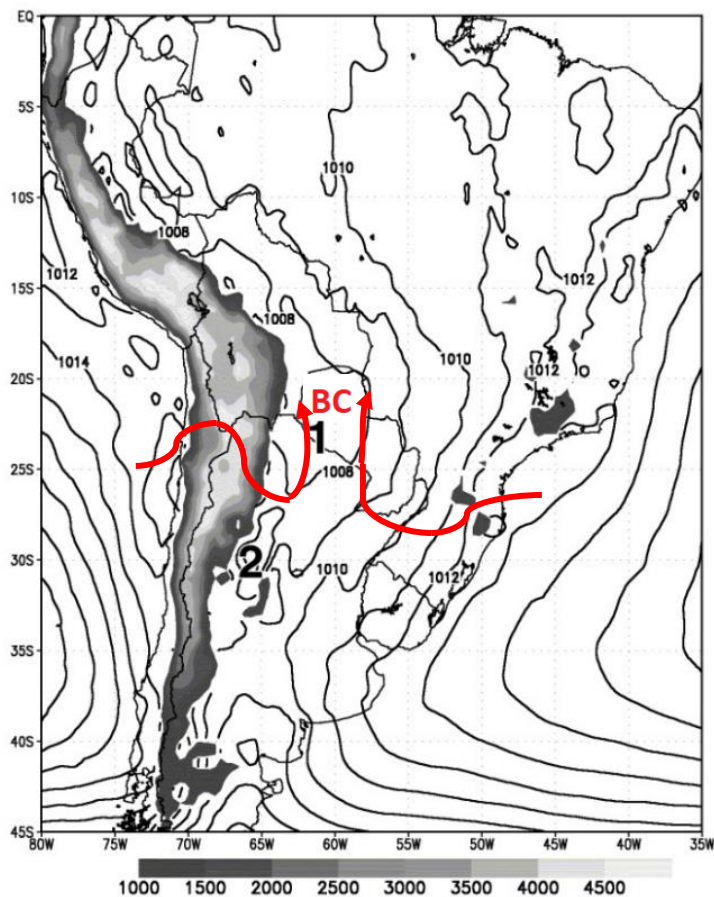


Figura 27 – Baixa do Chaco (BC) representado pelo número 1.  
Fonte: Adaptado de ESCOBAR e SELUCHI, 2012

Figuroa *et al* (1995) *apud* SELUCHI e SAULO (2010) a partir de simulações idealizadas reproduzem parcialmente a presença da Baixa do Chaco e da Alta da Bolívia como resposta a uma fonte de calor contínua localizada no centro do continente.

Conforme Vianello, “a Baixa do Chaco localiza-se sobre o Chaco Paraguai e é formada pelo grande aquecimento continental” Na *Figura 28 a* (BC) pode ser vista entre os dois anticiclones.

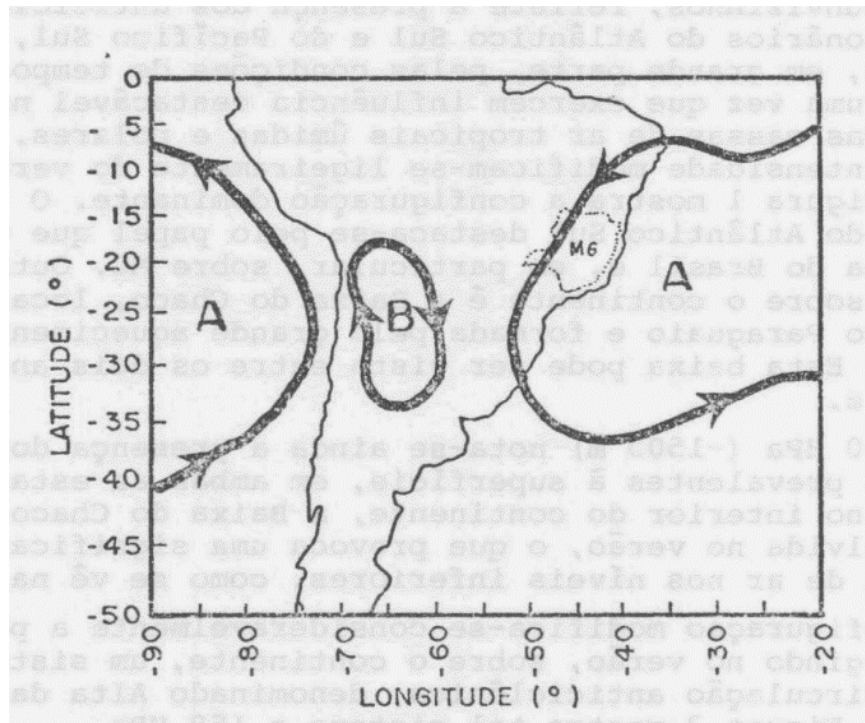


Figura 28 – Baixa do Chaco representado pela letra B (sistema de baixa pressão) entre 2 anticiclones representados pela letra A (sistema de alta pressão)  
Fonte: Vianello, 2012

Esse sistema, quando suprido de vapor d'água pelo ASAS, provoca elevados índices pluviométricos.

### 2.2.7.13. Características climáticas do estado de Minas Gerais

O estado de Minas Gerais é influenciado pela massa tropical atlântica (mTa), origem massa polar atlântica (mPa) e massa equatorial continental (mEc). A mEc atua na primavera e no verão, causando altas temperaturas médias anuais, mínima (não somente no inverno) e máxima. As altas temperaturas ocorrem na primavera principalmente nos

meses de setembro e outubro devido a UR ser muito baixa. (NIMER, 1989 *apud* CUPOLILLO 2015),

Segundo Nimer (1989), apesar de sua notável diversificação climática, o Sudeste do Brasil constitui, inegavelmente, uma certa unidade climatológica, advinda do fato desta Região estar sob a zona onde mais frequentemente o choque entre o sistema de altas tropicais e o de altas polares se dá em equilíbrio dinâmico. Desta circunstância decorre o caráter de transição na climatologia regional do Sudeste, o qual é expresso, principalmente, no seu regime térmico. De fato, o que mais caracteriza a Região Sudeste é o predomínio de clima subquente.

Interferindo sobre o fator geográfico Orografia, a atuação dos mecanismos atmosféricos também influencia em importantes elementos climáticos como temperatura e pluviosidade. Nenhuma outra Região brasileira possui em seu território tanta diversificação climática. (NIMER, 1989). Esta diversidade se deve à zona de transição equatorial e subequatorial.

Quase toda Região Sudeste possui, em média, pelo menos um mês seco, e a maior parte de seu território possui mais de 3 meses secos, chegando em alguns locais a atingir 6 meses. (NIMER, 1989)

A notável diversificação climática desempenha um papel muito importante na diversificação que bem caracteriza a economia agrícola do Sudeste. Entretanto esta vantagem oferecida pela climatologia regional do Sudeste poderá ser melhor aproveitada, desde que a utilização do solo e do clima venha a ser realizada de forma cientificamente planejada. (NIMER, 1989)

O clima do estado de Minas Gerais é influenciado pela dinâmica atmosférica regional que atua no Sudeste e pela de larga escala que atua no Brasil. De acordo com Nimer (1989) *apud* CUPOLILLO (2015) o sudeste do Brasil caracteriza-se por ser uma região de transição entre os climas quentes de latitudes baixas e os climas mesotérmicos de tipo temperado das latitudes médias. O macro clima do estado se caracteriza por uma sazonalidade responsável por duas estações distintas e bem definidas, um verão úmido e quente e um inverno seco e ameno, bem como outras duas de transição, o outono e a primavera.

#### **2.2.7.14. Influências de veranicos no Estado de Minas Gerais**

Durante a estação chuvosa observa-se uma interrupção que provoca durante um certo período, baixos totais de precipitação. Essa interrupção é observada em toda Minas Gerais e é conhecida como veranico. Vários processos de perturbações de escala sinótica têm sido mencionados como possíveis mecanismos associados ao fenômeno veranico em Minas Gerais.

Segundo Silva *et al* (1994, citado por RESENDE *et al*, 1996) *apud* CUPOLILLO (2015), alguns autores consideram o veranico como um período de curta estiagem, de aproximadamente dez a vinte dias durante a estação chuvosa, podendo mostrar seus efeitos negativos cerca de cinco dias após a última chuva, quando coincidir com a emergência ou a floração de várias espécies vegetais.

O fenômeno veranico foi caracterizado por Cochrace *et al* (1988), Nieuwolt (1989) e Luchiari Jr. *et al* (1986), *apud* (ASSAD; SANO, 1993), como um período de interrupção da precipitação durante a estação chuvosa que ocorre em toda a zona intertropical e forte insolação baixa UR em estação chuvosa; e forte insolação e temperaturas altas no período inverno.

CUPOLILLO (2015) afirma que o elemento de maior amplitude nos trópicos é a pluviosidade. Por isso o conceito de veranico nos trópicos é entendido como período de estiagem dentro da estação chuvosa.

Portanto, os veranicos podem ser classificados baseando-se no grau de intensidade, frequência e tempo de duração. Quanto maior a intensidade, a frequência de ocorrência e a longevidade de dias consecutivos em que ocorre este fenômeno durante um período chuvoso, maiores os impactos negativos nas atividades humanas.

#### **2.2.8. Precipitação**

Para essa variável, sugere-se que seja verificado o período de seca e de chuva nas regiões de estudo extraindo os valores quantitativos e de intensidade das precipitações, conforme a metodologia do INMET (2005).

### 2.2.8.1. Classificação das precipitações

Conforme o mecanismo fundamental pelo qual se produz a ascensão do ar úmido, as precipitações podem ser, conforme TUCCI (2013), classificadas em:

**Convectivas:** quando em tempo calmo, o ar úmido for aquecido na vizinhança do solo, podem-se criar camadas de ar que se mantêm em equilíbrio instável. Perturbado o equilíbrio, forma-se uma brusca ascensão local de ar menos denso que atingirá seu nível de condensação conformativa de nuvens e, muitas vezes, precipitações. São as chuvas convectivas, características das regiões equatoriais, onde os ventos são fracos e os movimentos de ar são essencialmente verticais, podendo ocorrer nas regiões temperadas por ocasião do verão (tempestades violentas). São, geralmente, chuvas de grande intensidade e de pequena duração, restritas a áreas pequenas. São precipitações que podem provocar importantes inundações em pequenas bacias;

**Orográficas:** quando ventos quentes e úmidos, soprando geralmente do oceano para o continente, encontram uma barreira montanhosa, elevam-se e se resfriam adiabaticamente havendo condensação do vapor, formação de nuvens e ocorrência de chuvas. São chuvas de pequena intensidade e de grande duração, que cobrem pequenas áreas. Quando os ventos conseguem ultrapassar a barreira montanhosa, do lado oposto projeta-se a sombra pluviométrica, dando lugar a áreas secas ou semi-áridas causadas pelo ar seco, já que a umidade foi descarregada na encosta oposta;

**Frontais ou ciclônicas:** provêm da interação de massa de ar quentes e frias. Nas regiões de convergência na atmosfera, o ar mais quente e úmido é violentamente impulsionado para cima, resultando no seu resfriamento e na condensação do vapor de água, de forma a produzir chuvas. São chuvas de grande duração, atingindo grandes áreas de intensidade média. Essas precipitações podem vir acompanhadas por ventos fortes com circulação ciclônica. Podem produzir cheias em grandes bacias.

Observam-se diferentes formas de precipitações na natureza:

**Chuvisco:** (neblina ou garoa): precipitação muito fina e de baixa intensidade;

**Chuva:** é a ocorrência da precipitação na forma líquida. A chuva congelada é a precipitação constituída por gotas de água sobrefundida que congelam instantaneamente quando se chocam contra o solo, formando uma capa de gelo;

**Neve:** é a precipitação em forma de cristais de gelo que durante a queda coalescem formando blocos de dimensões variáveis;

**Saraiva:** é a precipitação sob a forma de pequenas pedras de gelo arredondadas com diâmetro de cerca de 5mm;

**Granizo:** Quando as pedras, redondas ou de forma irregular, atingem grande diâmetro (diâmetro  $\geq$  5mm); (TUCCI, 2013, p. 180 e 181).

Ainda, segundo (TUCCI, 2013) as grandezas principais que caracterizam uma chuva são:

**Altura Pluviométrica (P):** é a espessura média da lâmina de água ao volume de 1 litro por metro quadrado de superfície. A quantidade de chuva é expressa em (mm).

**Duração (t):** é o período de tempo durante o qual a chuva cai. As unidades normalmente utilizadas são o minuto ou a hora.

**Intensidade (i):** é a precipitação por unidade de tempo.

A fórmula que define a intensidade é  $i=P/t$  expressa em (mm/h) ou (mm/min.).

Os aparelhos utilizados para quantificar volume e intensidade de chuvas mais comuns são o pluviômetro (*Figura 29*) e pluviógrafo (*Figura 30*).

Pluviômetro – Mede a quantidade de precipitação pluvial (chuva), em milímetros (mm).



Figura 29 – Pluviômetro Ville de Paris  
Fonte: Vianello (2011)

Pluviógrafo – Registra a quantidade de precipitação pluvial (chuva), em milímetros (mm).



Figura 30 – Pluviógrafo  
Fonte: Vianello (2011)

### 2.2.9. Evaporação e Evapotranspiração

Quanto à evaporação sugere-se que seja determinada a incidência de sol nas regiões estudadas com a identificação dos períodos de maior e menor insolação durante o ano.

De acordo com Allen *et al* (1998) *apud* Medeiros (2002), a Comissão Internacional de Irrigação e Drenagem (ICID) e a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), consideram o método de Penman-Monteith como padrão de estimativas de evapotranspiração de referência, a partir de dados meteorológicos.

$$ET_{o_{PM}} = \frac{0,408\Delta(Rn - G) + \gamma \frac{900}{(T + 273)} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)}$$

em que:

$ET_{o_{PM}}$  = evapotranspiração da cultura de referência ( $\text{mm.d}^{-1}$ )

$\Delta$  = declividade da curva de pressão de vapor contra a temperatura ( $\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$ )

$\gamma$  = constante psicrométrica modificada ( $\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$ )

$Rn$  = saldo de radiação à superfície da cultura ( $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ );

$G$  = fluxo de calor no solo ( $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ );

$T$  = temperatura média diária ( $^\circ\text{C}$ );



$U_2$  = velocidade do vento a 2 m de altura ( $\text{ms}^{-1}$ );

$(e_s - e_a)$  = déficit de pressão de vapor do ar (kPa)

$0,408 = 1/\lambda$

$\lambda$  = calor latente de evaporação da água a  $2,45\text{MJ.kg}^{-1}$  a  $20^\circ\text{C}$ ;

$900$  = coeficiente para a cultura de referência ( $\text{kJ}^{-1} \cdot \text{Kg.K}^0 \cdot \text{d}^{-1}$ ).

No tocante à evapotranspiração existem 3 formas de estimativa para se obter resultados, sendo:

1. Equações com base nos dados do tanque classe A.
2. Equações com base na temperatura do ar:
  - Método de Thornthwaite,
  - Método de Blaney-Criddle;
  - Método de Hargreaves (EToH)
3. Equações com base na evapotranspiração potencial:
  - Método do Balanço de Energia;
  - Método Aerodinâmico;
  - Método Combinado ou de Penman;
  - Método de Priestley-Taylor;
  - Método de Penman-Montheith (FAO)

#### 2.2.10. Pressão atmosférica

O valor diário é calculado pela média aritmética simples dos valores registrados nos três horários de observação.

$$PA_{ij} = \sum_k PA_{kij} / N$$

Onde  $PA_{kij}$  é o valor observado da variável *Pressão Atmosférica ao Nível do Barômetro-PA* no dia  $k$ , do mês  $i$ , do ano  $j$ , e  $N$  é o número de dias no mês  $i$ , do ano  $j$ , para os quais se dispõe de observações.

No cômputo desses valores diários, bem como no cômputo da temperatura média compensada e da umidade relativa do ar compensada, a recomendação da OMM (WMO, 1989) *apud* (INMET, 2005) é de que a falta de uma das parcelas implique na ausência de valor diário. A unidade de medida é expressa em (hPa).

Os instrumentos utilizados na meteorologia para medir a Pressão Atmosférica mais comuns são: Barômetro de Torricelli (de Mercúrio) e o Barógrafo.

De acordo com (WMO, 1989) *apud* (INMET, 2005), o Barômetro de Mercúrio (Figura 31) mede a pressão atmosférica em coluna de milímetros de mercúrio (mm Hg) e em hectopascal (hPa).



Figura 31 – Barômetro (a) Kew; (b) Fortin

Fonte: Inmet (2012) *apud* Franklin e Bicalho (2013).

Já o Barógrafo (Figura 32), registra continuamente a pressão atmosférica em milímetros de mercúrio (mm Hg) ou em milibares (mb).

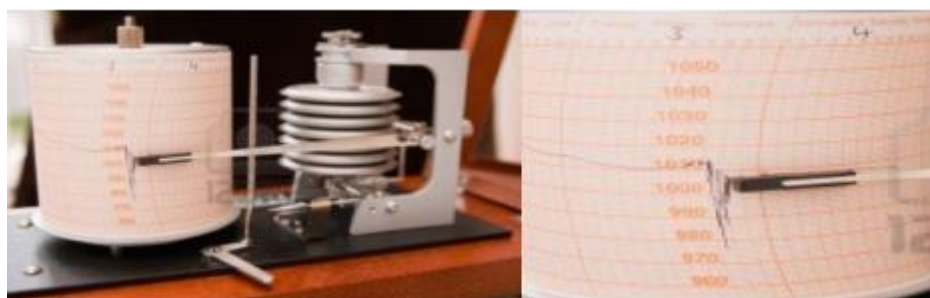


Figura 32 – Barógrafo

Fonte: Inmet (2012) *apud* Franklin e Bicalho (2013).

### 2.2.11. Radiação solar e insolação

De acordo com VAREJÃO-SILVA (2006) a **radiação solar** ou energia radiante é a energia que se propaga sem necessidade da presença de um meio material, sendo portanto, seu aspecto ondulatório que interessa à Meteorologia. Desse modo, a velocidade de propagação da luz no vácuo ( $c$ ) é igual ao produto da frequência ( $\nu$ ) da radiação pelo comprimento de onda ( $\lambda$ ) representada pela fórmula ( $c = \nu \lambda$ ).

O espectro eletromagnético se subdivide em 3 faixas: ultravioleta ( $< 0,36\mu$ ), visível ( $>0,36\mu$  a  $0,74\mu$ ) e infravermelha ( $>0,74\mu$ ).

A atmosfera e a superfície terrestre emitem radiação, comportando-se como um corpo negro às respectivas temperaturas. Admite-se que a emitância dos corpos reais seja expressa como uma fração da emitância do corpo negro, sendo  $E = \sigma T^4$ , onde ( $\sigma$ ) corresponde à constante de Stefan-Boltzman e (T) a temperatura absoluta em Kelvin.

Denomina-se albedo o coeficiente de reflexão de todo o intervalo da radiação visível. Em geral utiliza-se o valor médio em um dado intervalo de tempo e é expresso em (%) de radiação global que é refletida.

Ainda, de acordo com VAREJÃO-SILVA (2006), deve-se salientar que a superfície terrestre transfere energia para a atmosfera sob forma de calor latente e sensível (este por condução e radiação). O calor transferido por condução gera correntes de ar ascendentes que transportam energia térmica para níveis atmosféricos através de convecção.

O balanço médio de radiação em escala planetária, segundo VAREJÃO-SILVA (2006), do total de radiação solar (100%) incidente sobre a Terra, 36% retornam diretamente para o espaço por reflexão das nuvens, partículas em suspensão e da superfície; 64% são absorvidos, porém retornam ao espaço como radiação infravermelha perdida pela superfície e pela atmosfera.

Não se deve confundir foto-período com insolação. Esta representa o número de horas nas quais, durante um dia, o disco solar é visível para um observador situado à superfície terrestre, em local com horizonte desobstruído. A **insolação** é, pois, o intervalo de tempo (entre o nascimento e o ocaso) em que o disco solar não esteve oculto por nuvens ou fenômenos atmosféricos de qualquer natureza. A insolação é sempre menor ou (no máximo) igual ao foto-período, sendo este designado como insolação máxima teoricamente possível. (VAREJÃO-SILVA, 2006)

### **2.2.12. Índice ceráunico**

Quanto ao índice ceráunico, sugere-se que seja avaliada a incidência de relâmpagos nas áreas de estudos. Essa consulta pode ser realizada por meio de dados do mapa isoceráunico do Brasil.

Os dados deste índice auxiliam na obtenção da densidade de ocorrência de raios nuvem-solo de uma região (DIAS; MESQUITA; VISACRO, 2009, p. 2) *apud* (RIBEIRO e NOVAIS, 2010), o que significa a quantidade de raios que atingem o solo por quilômetro quadrado por ano. Este índice é útil também para a confecção de cálculos visando determinadas necessidades para os Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA) de edificações em geral (NBR-5.419/ABNT *apud* STÉFANI, 2011, p. 18) *apud* (RIBEIRO e NOVAIS, 2010). Além disso, a sistemática disposição de índices ceráunicos de muitas localidades é o que faz compor os mapas isoceráunicos, que são as isolinhas destes índices para áreas extensas (OUTÃO; BARROS, 2009, p. 3) *apud* (RIBEIRO e NOVAIS, 2010).

#### **2.2.12.1. Sistema de Detecção de Descargas Atmosféricas**

A Rede Integrada Nacional (*Figura 33*) de Detecção de Descargas Atmosféricas (RINDAT) é uma rede de sensores especializados e centrais de processamento que permitem detectar, em tempo real, as descargas atmosféricas nuvem-solo, isto é, a maior parte das descargas que atingem o solo, em parte do território brasileiro. (RINDAT, 2017).

O Sistema de Detecção e Localização de Descargas Atmosféricas gera pesquisa científica e produtos destinados a aplicações na previsão de tempo, na análise e manutenção de sistemas elétricos de transmissão, de distribuição e na emissão de laudos de análise de eventos severos para seguradoras e empresas de engenharia.

O sistema utiliza as tecnologias denominadas "Tempo de Chegada" ("Time of Arrival" - TOA) e "Localização da Direção Magnética" ("Magnetic Direction Finder" - MDF). A precisão das informações de localização de raios do sistema é, em média, de 500 metros dentro do perímetro definido pela posição das estações remotas de recepção. O sistema opera através do Sistema de Posicionamento Global ("Global Positioning

System" - GPS), o qual proporciona informações de temporização de raios com resoluções de até 300 nanossegundos.

Entre os produtos de visualização gerados pelo sistema se destacam:

- Localização geográfica e temporal de descargas atmosféricas nuvem-terra;
- Localização de temporais;
- Determinação de características de descargas como: valor estimado do pico da corrente de retorno, polaridade e número de componentes (multiplicidade) se a descarga for de natureza múltipla.

Após os sinais das descargas serem registrados pelos sensores, eles são enviados as centrais de processamento onde são então processados para obter-se a localização e características das descargas, e disponibilizados para visualização em tempo real (*Figura 34*) ou armazenados para análises históricas. A RINDAT possui 4 centrais em: Belo Horizonte, Curitiba, Rio de Janeiro e São José dos Campos.

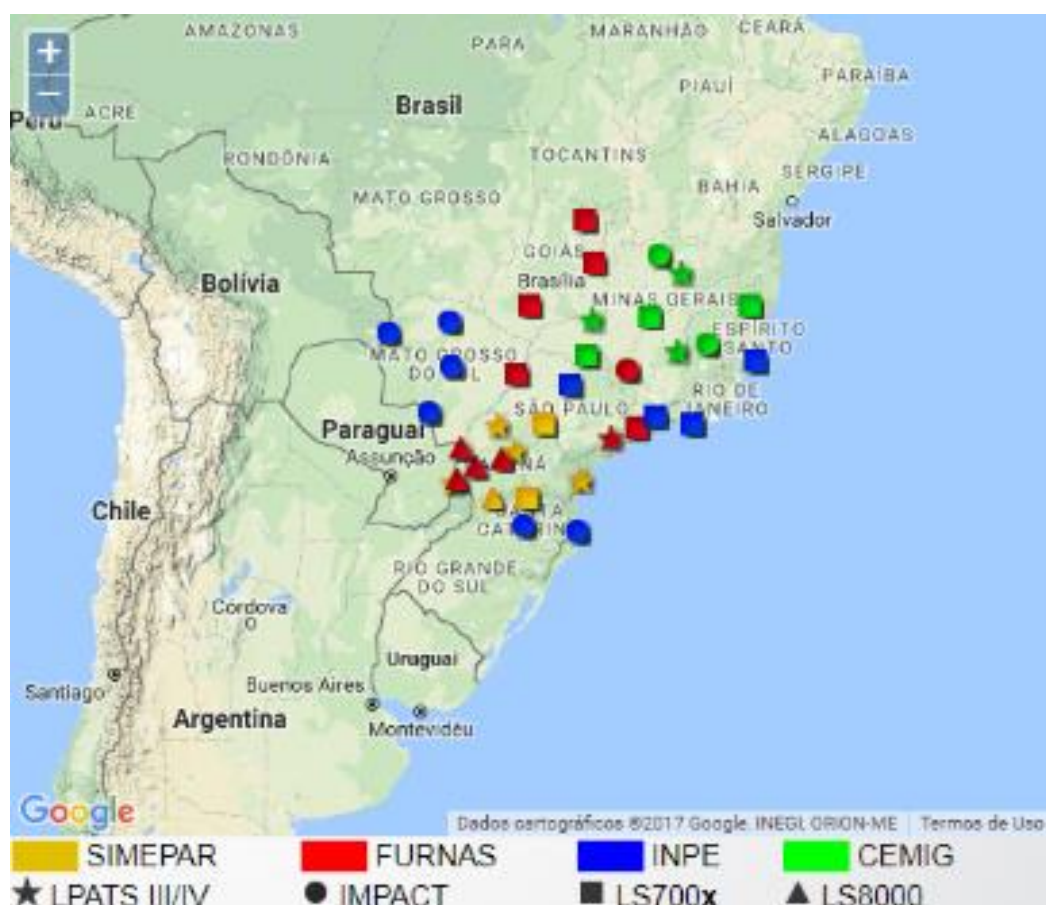


Figura 33 – Rede integrada nacional  
Fonte: RINDAT, 2017.

Os sinais dos sensores são transmitidos através de canal de comunicação dedicado para as centrais de processamento, onde são processados e distribuídos para unidades de visualização e armazenamento de dados. (RINDAT, 2017)

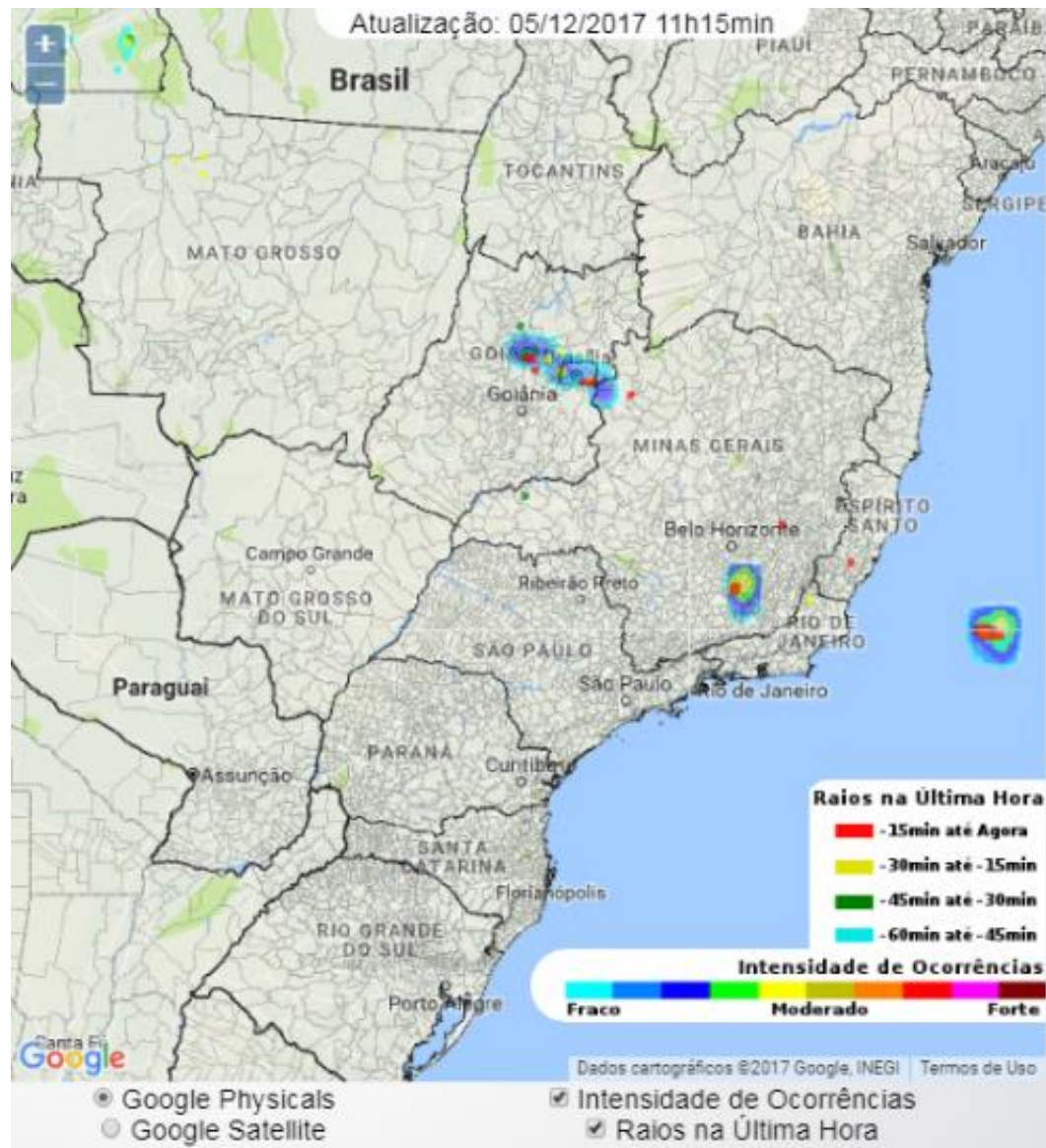


Figura 34 – Mapa de raios obtidos em 05/12/2017  
 Fonte: RINDAT, 2017.

## 2.3. Fenômenos Atmosféricos Locais

### 2.3.1. Inversão térmica

De acordo com AYOADE (2011) a topografia é um fator importante que controla a taxa de dispersão e diluição de poluentes na atmosfera. Os vales ou as bacias comprimidas entre montanhas tendem a apresentar uma alta frequência de condições de inversão térmica (Figura 35), dificultando a dispersão de poluentes.

Em noites claras e calmas, que sucedem a um período de excessiva radiação terrestre para o espaço das vertentes montanhosas, o ar se torna frio e denso e desce vertente abaixo empurrando o ar mais quente do fundo do vale, criando uma condição de inversão térmica.

“Diversos fatores meteorológicos influenciam a taxa de dispersão e de diluição dos poluentes na atmosfera, porém os mais importantes são a direção e a velocidade do vento e o perfil térmico vertical, que determina a estabilidade ou instabilidade do ar.” (AYOADE, 2011)

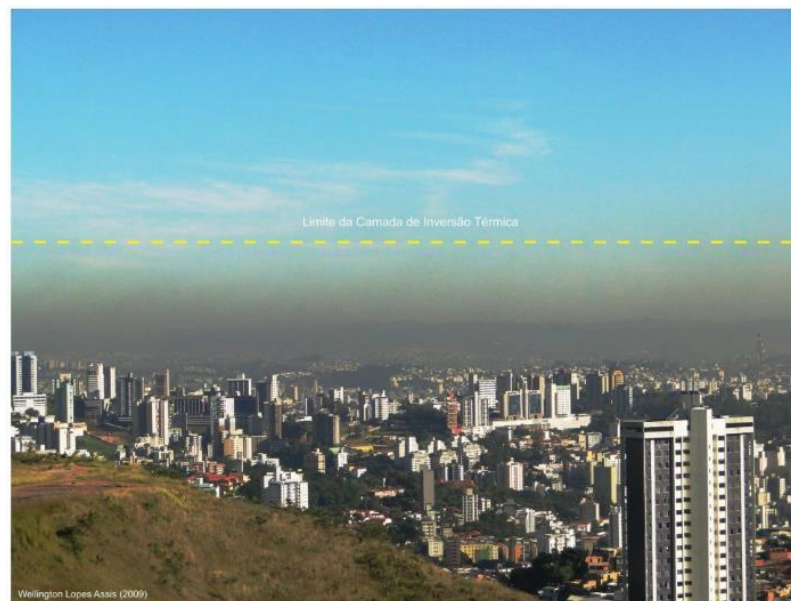


Figura 35 – Inversão térmica registrada em Belo Horizonte em uma manhã de inverno

Fonte: ASSIS, 2010



Figura 36 – Camada Limite Planetária linear e estável no período da manhã.  
Fonte: Fotografia registrada por Lemos, 2003.

Na Figura 36 a Camada Limite Planetária (CLP) apresenta-se linear e estável, com baixa atividade térmica e dinâmica.

Ainda, segundo VAREJÃO-SILVA (2006), a inversão térmica bloqueia a difusão dos poluentes, aumentando drasticamente sua concentração na camada justaposta ao solo conforme registrado na Figura 35 e Figura 37.



Figura 37 – Camada Limite Planetária linear não linear instável período da tarde. Concentração de poluição  
Fonte: Fotografia registrada por Lemos, 2003.

Na Figura 37 a Camada Limite Planetária (CLP) apresenta-se não linear e instável, com forte atividade térmica e dinâmica.



### 2.3.2. Ilha de calor

O fenômeno de ilha de calor urbano é causado pelos seguintes fatores:

- a) A capacidade térmica de calor e a condutividade das superfícies urbanas que acarretam absorção da radiação durante o dia e sua liberação na atmosfera, à noite;
- b) O acréscimo de calor por combustão, aquecimento do espaço e metabolismo do corpo humano;
- c) A secura das superfícies urbanas implica que não será usada muita energia para evaporação. A maior parte da energia será usada para aquecer o ar. A secura das superfícies urbanas deve-se à remoção do escoamento superficial por sistemas de esgotos urbanos, por falta de extensa cobertura vegetal e ausência de lagoas ou reservatórios de água, nos quais possa ocorrer a evaporação/transpiração;
- d) A diminuição no fluxo dos ventos por causa do efeito de fricção das estruturas urbanas reduz a troca de ar da cidade com o ar mais frio da zona rural circundante, afetando os processos evaporativos que podem contribuir para os resfriamentos;
- e) O efeito de estufa da camada de poluição sobre as cidades também ajuda no desenvolvimento do fenômeno da ilha de calor urbano. Há redução na radiação terrestre infravermelha para o espaço à noite, de modo que a energia fica conservada dentro da atmosfera urbana, abaixo da camada de poluição. (AYOADE, 2011, p.302).

Cidade	População	Período de observação	Velocidade crítica do vento (m/s)
Londres, Inglaterra	8.500.000	1959–61	12
Montreal, Canadá	2.000.000	1967– 8	11
Bremen, Alemanha	400.000	1933	8
Hamilton, Canadá	300.000	1965– 6	6–8
Reading, Inglaterra	120.000	1951– 2	4–7
Kumagaya, Japão	50.000	1956– 7	5
Palo Alto, Califórnia, EUA	33.000	1951– 2	3–5

Figura 38 – Velocidade do vento para eliminação de Ilhas de Calor em algumas cidades.

Fonte: AYOADE, 2011

Segundo ASSIS (2010), as ilhas de calor coincidem com locais mais adensados e impermeabilizados. Pelo mapa da temperatura média do ar (*Figura 39*) é possível identificar três núcleos de aquecimento contínuo e as áreas mais arrefecidas do município de Belo Horizonte. Nos pontos onde há um alto índice de impermeabilização e elevada densidade demográfica, as temperaturas ficaram acima da média geral e nos locais mais arborizados e de elevada altitude, abaixo.

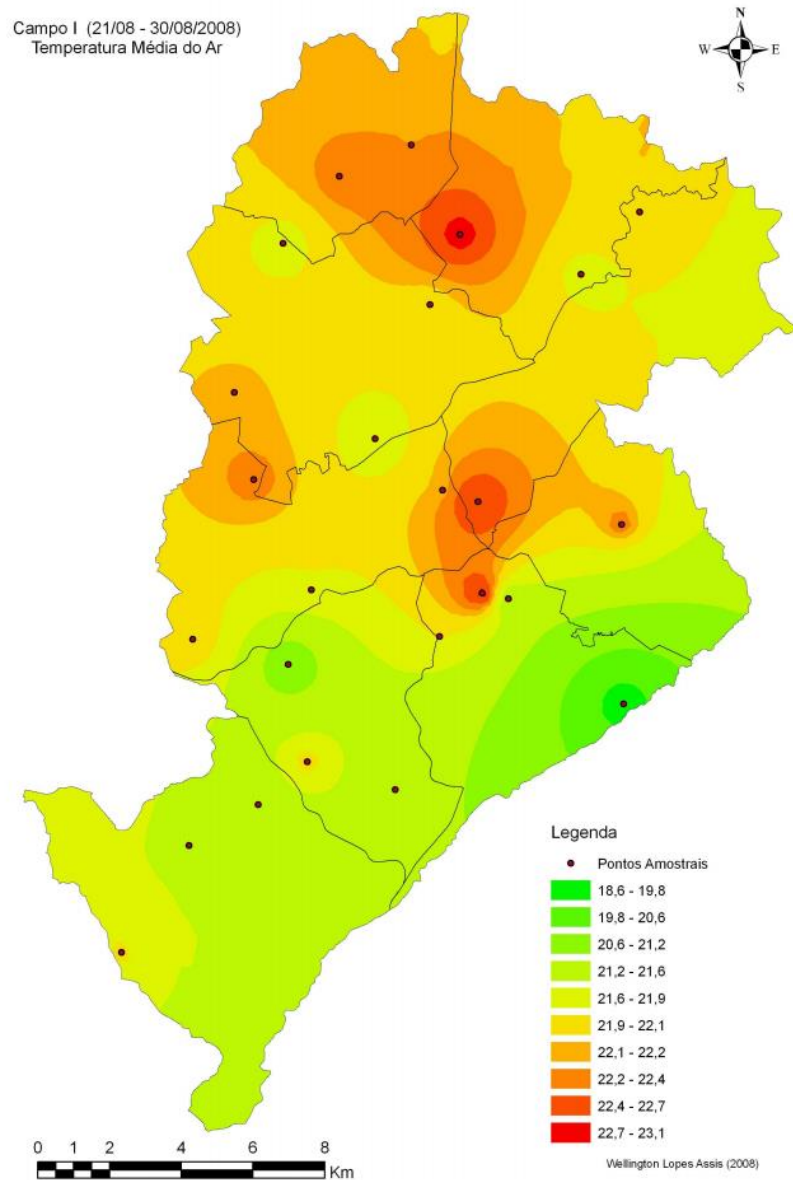


Figura 39 – Mapa da temperatura média do ar no município de Belo Horizonte  
Fonte: ASSIS, 2010

A existência dessa fragmentação e diversidade dos bolsões de calor em Belo Horizonte já havia sido registrada por Assis (2001) que as classificou como arquipélagos de calor.

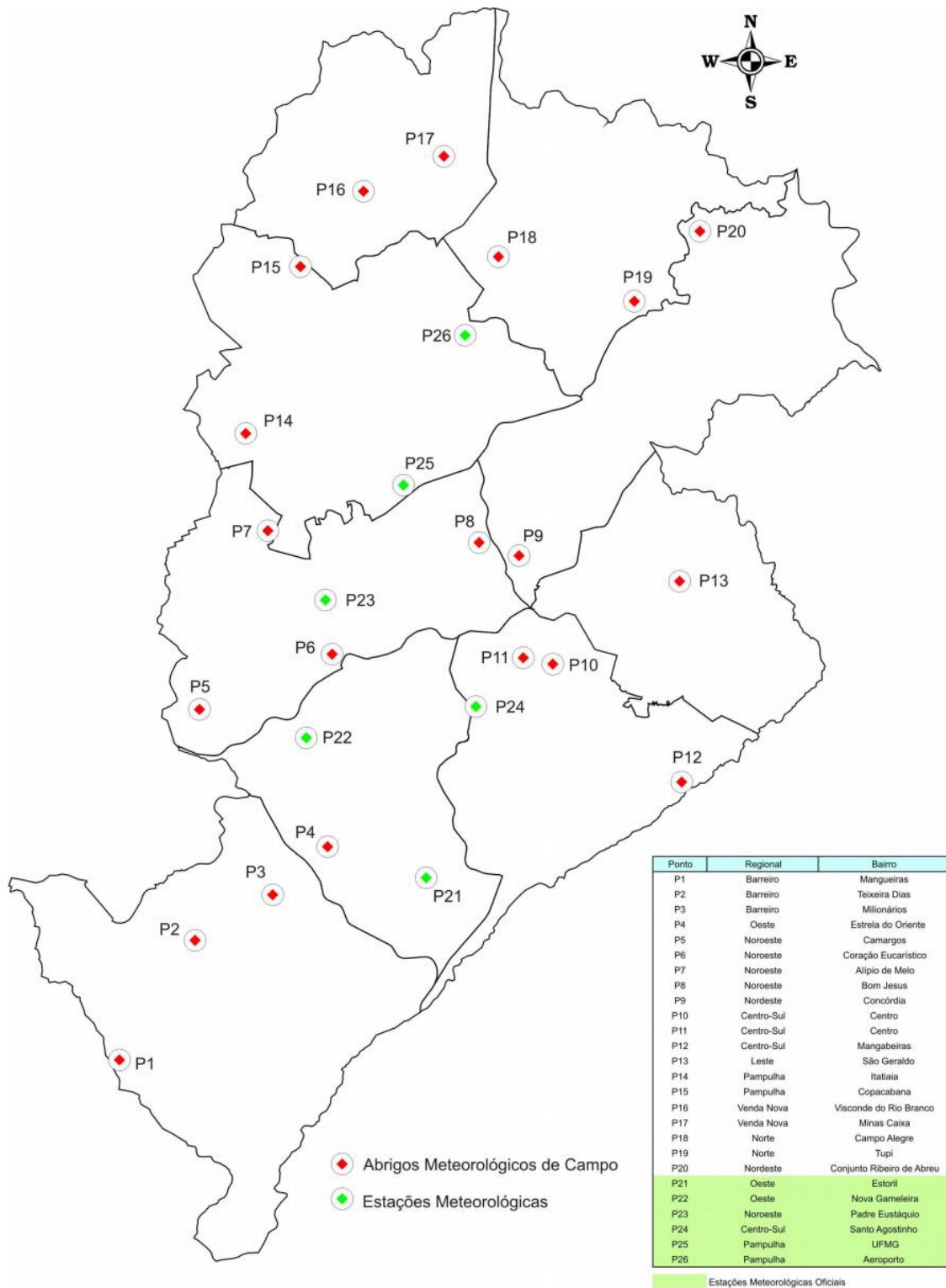


Figura 40 – Mapa dos pontos amostrais com os bairros de Belo Horizonte  
 Fonte: ASSIS, 2010

### 2.3.3. Poluição atmosférica

De acordo com AYOADE (2011), a poluição do ar é a introdução na atmosfera de quaisquer substâncias diferentes dos seus contribuintes naturais. Os poluentes podem derivar de fontes naturais ou artificiais.

<b>Tipos de poluentes</b>	<b>% de peso</b>
Monóxido de carbono	47
Óxido de enxofre	15
Hidrocarbonetos	15
Particulados	13
Óxido de nitrogênio	10

<b>Fontes de poluentes</b>	<b>% de contribuição</b>
Transportes	42
Queima de combustíveis em fontes estacionárias	21
Processos industriais	14
Incêndios de florestas	8
Detritos sólidos	5
Diversos	10

Figura 41 – Tipos e fontes de poluentes atmosféricos nos EUA, em 1968  
Fonte: AYOADE, 2011

Os poluentes que ocorrem naturalmente são: pólenes, bactérias, esporos, partículas de poeiras sólidas das erupções vulcânicas ou carregadas do solo pelo vento, assim como as partículas de fumaça oriundas dos incêndios causados por raios.

Os poluentes produzidos pelo homem (*Figura 41*) incluem as partículas de fumaça, o SO<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, hidrocarbonetos e vários óxidos de nitrogênio.

Conforme AYOADE (2011), o mais importante controle meteorológico da poluição do ar é a sua estabilidade, que é determinada pela natureza do gradiente térmico vertical. Este fator determina o comportamento do formato do penacho de fumaça (*Figura 42*).

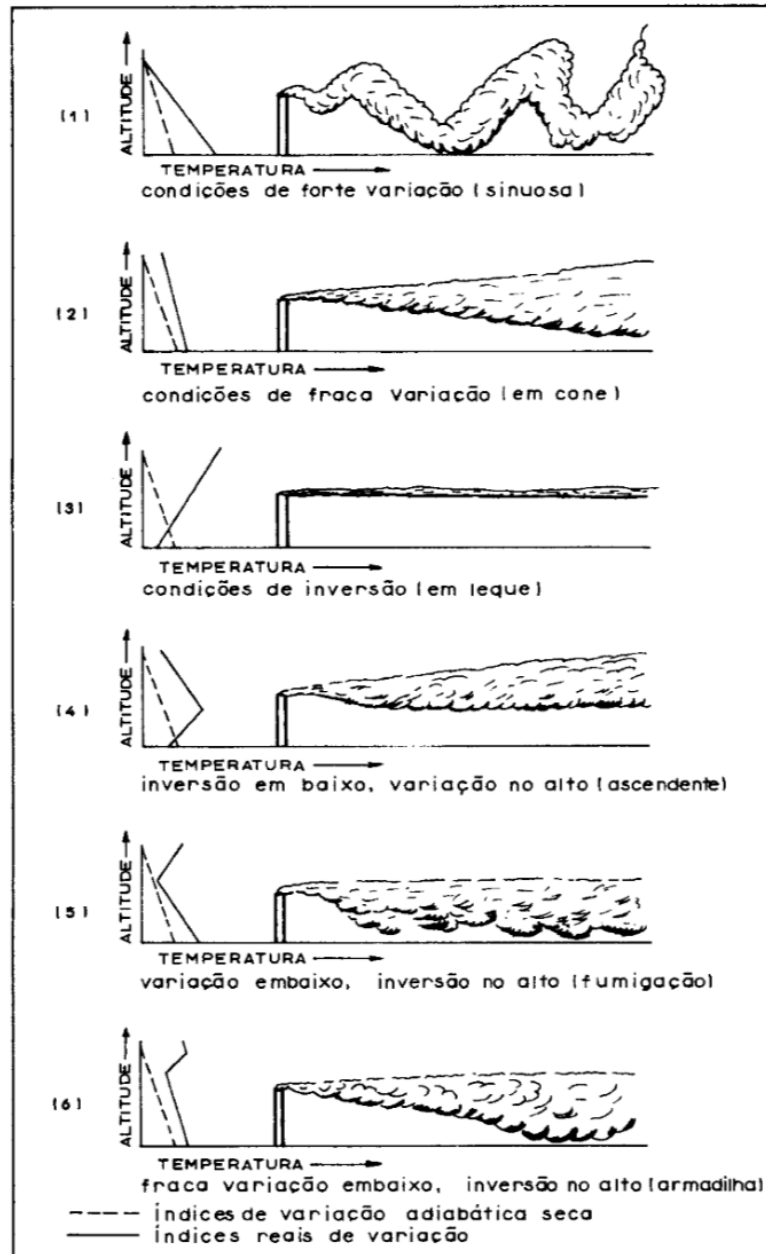


Figura 42 – Os seis tipos de comportamento dos penachos de fumaça, sob variadas condições de estabilidade e instabilidade.

Fonte: SELLERS, 1965 *apud* AYOADE, 2011

É o equilíbrio entre as fontes fornecedoras dos poluentes e os fatores favoráveis à sua diluição e dispersão na atmosfera que determina se os poluentes constituirão ou não um perigo para a saúde humana (OMM, 1965 *apud* AYOADE, 2011).

O intuito de se apresentar as definições neste capítulo foi de orientar ao usuário onde buscar informações para elaboração de diagnósticos climatológicos para estudos ambientais.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Atividades potencialmente poluidoras e/ou degradadoras

A legislação ambiental vigente no estado de Minas Gerais que classificava as atividades dos empreendimentos segundo o porte e potencial poluidor era, até dezembro de 2017, a Deliberação Normativa COPAM n.º 74, de 09 de setembro de 2004, publicada no Diário do Executivo conhecido como “Minas Gerais” na data de 02/10/2004. Entretanto, em dezembro de 2017, a SEMAD publicou uma revisão da DN 74/2004, revogando-a por meio da Deliberação Normativa Copam n.º 217, de 06 de dezembro de 2017.

A norma revogadora estabelece critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor, bem como os **critérios locacionais** a serem utilizados para definição das modalidades de licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais no estado de Minas Gerais.

A Deliberação Normativa 217/2017 possui em seu ANEXO ÚNICO uma LISTAGEM DE ATIVIDADES, conforme transcrito a seguir:

1 - Os empreendimentos e atividades foram organizados conforme a lista constante deste Anexo Único nas seguintes listagens:

- Listagem A – Atividades Minerárias
- Listagem B – Atividades Industriais / Indústria Metalúrgica e Outras
- Listagem C – Atividades Industriais / Indústria Química e Outras
- Listagem D – Atividades Industriais / Indústria Alimentícia
- Listagem E – Atividades de Infraestrutura
- Listagem F – Gerenciamento de Resíduos e Serviços (excluiu o Comércio Atacadista e incluiu o Gerenciamento de Resíduos)
- Listagem G – Atividades Agrossilvipastoris

A partir da classificação estabelecida pela legislação realizou-se uma pesquisa no site do Sistema Integrado de Informação Ambiental – SIAM, com o objetivo de encontrar processos administrativos de empreendimentos passíveis de regularização ambiental no estado de Minas Gerais, com estudos ambientais digitalizados e que possuíssem diagnósticos climatológicos para serem analisados.

Dessa forma, a pesquisa foi estabelecida por códigos de atividades da listagem de A G da DN 217/2017, onde foi possível visualizar centenas de empreendimentos para cada código pesquisado. A partir desses resultados buscou-se visualizar processos administrativos que continham estudos ambientais digitalizados, tais como Estudo de Impacto Ambiental-EIA e Relatório de Controle Ambiental-RCA.

Estudos ambientais de atividades que possuíam Termo de Referência-TR do Órgão Ambiental para elaboração de diagnósticos foram preferencialmente selecionados para a análise do conteúdo apresentado.

Cabe ressaltar que empreendimentos enquadrados nas classes 1 e 2 eram submetidos à AAF – Autorização Ambiental de Funcionamento. O procedimento para regularização ambiental por meio de AAF não exigia estudos de clima para essas classes de empreendimentos, o que nos levou a pesquisar somente as classes em que haveria possibilidades de encontrar esses estudos.

Através das análises realizadas nos estudos climatológicos presentes desse trabalho foi possível identificar uma tendência geral quanto ao atendimento parcial (P) e não atendimento, dos Termos de Referência (TR) existentes (geral e específicos) no site da SEMAD – Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. O que se pretende com o manual climatológico é preencher essa lacuna para que os profissionais possam se orientar no momento da elaboração dos diagnósticos visando o atendimento pleno dos TR's.

A partir dessa análise qualitativa selecionaram-se empreendimentos de classes de 3 a 6 conforme estabelecido pela legislação supracitada. Na Tabela 3 apresenta-se as tipologias de empreendimentos analisados.

Portanto, os resultados apresentados a seguir se referem somente às análises dos códigos de atividades presentes na Tabela 3 de seus respectivos grupos de atividades, constituindo-se dessa forma uma pequena amostra de 27 códigos (11,25%) dos 240 códigos da DN 217/2017.

Tabela 3 – Lista de atividades com diagnósticos climatológicos avaliados

		ESTUDOS CLIMATOLÓGICOS ANALISADOS
		CÓDIGO DN 217/2017
A	1	A-05-03-7 Barragem de contenção de resíduos <b>ou</b> rejeitos <b>da mineração</b>
	2	A-05-01-0 Unidade de Tratamento de Minerais - UTM, <b>com tratamento a seco</b>
	3	<b>A-02-07-0</b> Lavra a céu aberto - <b>Minerais não metálicos, exceto rochas ornamentais e de revestimento</b>
B	4	B-02-01-1 Siderurgia e elaboração de produtos siderúrgicos com redução de minérios, inclusive ferro-gusa
	5	B-02-01-1 Siderurgia e elaboração de produtos siderúrgicos com redução de minérios, inclusive ferro-gusa
	6	B-02-01-1 Siderurgia e elaboração de produtos siderúrgicos com redução de minérios, inclusive ferro-gusa
C	7	C-01-01-5 Fabricação de celulose <b>e/ou pasta mecânica</b>
	8	<b>C-04-10-3</b> Fabricação de <b>aromatizantes e corantes de origem mineral ou sintéticos e/ou</b> sabões e detergentes <b>e/ou</b> preparados para limpeza e polimento
	9	C-10-01-4 Usinas de produção de concreto comum
D	10	D-02-07-0 Fabricação de refrigerantes (inclusive quando associada à extração de água mineral) e de outras bebidas não alcoólicas, <b>exceto sucos</b>
	11	<b>D-01-08-2</b> Fabricação de <b>açúcar e/ou</b> destilação de álcool
	12	<b>D-01-02-4</b> Abate de animais de médio porte (suínos, ovinos, caprinos, etc); <b>D-01-02-5</b> Abate de animais de grande porte (bovinos, eqüinos, bubalinos, muares, etc); D-01-04-1 - Industrialização da carne, inclusive desossa, charqueada e preparação de conservas; D-01-05-8 Processamento de subprodutos de origem animal para produção de sebo, óleos e farinha
E	13	E-01-09-0 Aeroportos
	14	E-04-01-4 Loteamento do solo urbano, <b>exceto distritos industriais e similares</b>
	15	E-01-01-5 Implantação ou duplicação de rodovias <b>ou contornos rodoviários</b>
F	16	F-05-11-8 Aterro para resíduos perigosos - classe I; F-05-12-6 Aterro para resíduos não perigosos – Classe II-A e <b>II-B, exceto resíduos sólidos urbanos e resíduos da construção civil</b> ; F-05-13-4 <b>Tratamento térmico de resíduos tais como</b> incineração, <b>pirólise, gaseificação e plasma</b>
	17	<b>E-05-06-0</b> Parques cemitérios
	18	F-01-01-5 <b>Central de recebimento, armazenamento temporário, triagem ou transbordo</b> de sucata metálica, papel, papelão, plásticos ou vidro para reciclagem, não contaminados com óleos, graxas, agrotóxicos ou produtos químicos
G	19	G-02-07-0 Criação de bovinos, <b>bubalinos, eqüinos, muares, ovinos e caprinos, em regime extensivo</b> ; G-02-08-9 Criação de <b>bovinos, bubalinos, eqüinos, muares, ovinos e caprinos, em regime de confinamento</b> ; G-01-03-1 Culturas anuais, <b>semiperenes e perenes, silvicultura e cultivos agrossilvipastoris, exceto horticultura</b> ; G-05-02-0 Barragem de irrigação ou de perenização para agricultura
	20	<b>G-01-03-1</b> Culturas anuais, <b>semiperenes e perenes, silvicultura e cultivos agrossilvipastoris, exceto horticultura</b>
	21	G-03-03-4 Produção de carvão vegetal oriunda de floresta plantada

Fonte: Adaptado de SIAM (2017)



Para fins didáticos trabalhamos com 21 estudos, associando um número a seu respectivo código de atividade. As atividades do grupo B foram as mesmas devido a dificuldade de se encontrar estudos digitalizados e disponíveis publicamente. Já alguns diagnósticos avaliados dos grupos de atividades D (Linha 12), F (Linha 16) e G (Linha 19) concentraram 3 ou mais códigos de atividades em função da caracterização do empreendimento.

O resultado apresentado na Tabela 4 refere-se a análise dos estudos climatológicos quanto ao nível de atendimento aos itens em relação às Exigências do TR GERAL (EIA/RIMA GER001). A letra p significa atendimento Parcial do TR e quando o campo aparece em branco, significa que não houve atendimento do quesito.

Ao final da análise dos estudos analisados das atividades selecionadas nos Grupos de A à G, apresenta-se na Tabela 10 a proposta para novas exigências de elaboração de novos termos de referência (TR) em função da característica de cada empreendimento analisado.

Tabela 4 – Itens atendidos pelos estudos analisados em relação às Exigências do TR GERAL (EIA/RIMA GER001). A letra p significa atendimento Parcial do TR.

TERMO DE REFERÊNCIA PARA ELABORAÇÃO DO ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) E RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL (RIMA) EIA/RIMA GER001																					
EXIGÊNCIAS DO TR EIA/RIMA GER 001	ITENS ATENDIDOS PELOS 21 ESTUDOS CLIMATOLÓGICOS ANALISADOS																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
perfil do vento na camada-limite planetária	x	x	x		x		x	p		x	x			x				p		x	x
perfil da temperatura na camada-limite planetária	x	x	x	x	x	x	x	p	p	x	x	x	x	x	x	p	p	p	p	x	x
umidade do ar na camada-limite planetária	x	x	x		x	x	x			x	x	x	x	x	x					x	x
componentes de balanço de radiação à superfície do solo																					
componentes de balanço hídrico do solo	x	x	x	x					x	x	x								p	x	
nebulosidade		x	x															p		x	
caracterização das condições meteorológicas, de larga escala e meso-escala, favoráveis à formação de concentrações extremas de poluentes, danosas à saúde humana, à fauna, flora e à qualidade da água e do solo	x		x	x		x	x			x			x					p		x	
avaliação da frequência de ocorrência de condições meteorológicas de larga escala, favoráveis à formação de fortes concentrações de poluentes, incluindo a frequência de ocorrência e intensidade de anticiclones subtropicais semipermanentes e transientes			x	x		p	x					p									
parâmetros meteorológicos, necessários para a caracterização do regime de chuvas, incluindo:	x		x	x			x														
precipitação total média: mensal, semanal e anual;	x	p	x	x	p	x	x	p	p	x	x	p	x	x	p	p	p	p	p	x	x
frequência de ocorrência de valores mensais e semanais máximos e mínimos;		p	x			x	x														x
número médio, máximo e mínimo de dias com chuva no mês;			x				x			x										x	
delimitação do período seco e chuvoso;			x	x	x	x	x			x			x							x	x
relação de intensidade, duração e frequência da precipitação para períodos de horas e dias;			x																		x
parâmetros meteorológicos necessários para avaliação da razão de transferência medida, mensal e semanal da água para a atmosfera (evaporação e evapotranspiração) e dos demais componentes do balanço hídrico do solo (escoamento superficial e infiltração).		p	x	x					p		p										x

Fonte: Adaptado de SEMAD (2017)

### **3.1.1. Diretrizes para os diagnósticos climatológicos aplicados aos processos de licenciamento ambiental (Tabela 10) Grupo A Linhas 1, 2 e 3 - Atividades minerárias**

As diretrizes contidas neste subitem servirão de referência para estudos climatológicos ora apresentados como item indispensável da análise da viabilidade ambiental de empreendimentos minerários no estado de Minas Gerais.

As empresas do setor da mineração cada vez mais, a exemplo de outros setores, estão sujeitas à implantação de estratégias de negócio relacionadas às vicissitudes das mudanças climáticas, em busca de resiliência e competitividade futura. (Ferreira *et al.* 2014).

Ainda, de acordo com Ferreira *et al.* (2014), nos negócios do setor da mineração, o risco climático pode se manifestar em várias áreas, como:

- Comprometimento do fornecimento de água ao complexo minerário;
- Danos ao complexo minerário e à infraestrutura de transportes provocados por enchentes, vendavais e incêndios.

Risco climático refere-se ao nível em que a infraestrutura, as operações e os mercados de uma organização são afetados pela variabilidade e alterações em longo prazo, em eventos médios e extremos do clima (Armitage *et al.*, 2008 *Apud* Ferreira *et al.* 2014).

Os efeitos dos riscos climáticos podem incluir: atrasos operacionais, lucro cessante, aumento dos custos de produção, falta de mão de obra, danos ambientais. Se forem compreendidos e gerenciados de forma apropriada e na hora certa durante a vida útil da mina, tais riscos podem ser previstos no planejamento de investimentos e decisões operacionais (Ferreira *et al.* 2014).

Uma técnica para analisar e gerenciar o risco climático é considerar os impactos climáticos prováveis em todas as etapas do projeto de mineração. Isso inclui analisar outros itens além do que é considerado normalmente, objetivando acrescentar uma avaliação de risco climático e oportunidades, metas e métodos de entrega do projeto (Ferreira *et al.* 2014).

Dessa forma, se faz necessária a elaboração de um diagnóstico fidedigno à realidade local para um planejamento assertivo da área a ser minerada. Portanto, recomenda-se que

o diagnóstico aborde todas as informações exigidas no TR EIA/RIMA GER 001, e adicionalmente os demais itens propostos na Tabela 10.

Tabela 5 – TR Específico para atividades minerárias em Áreas Cársticas

TERMO DE REFERÊNCIA (TR) PARA ELABORAÇÃO DE ESTUDOS DE IMPACTO AMBIENTAL PARA ATIVIDADES MINERÁRIAS EM ÁREAS CÁRSTICAS NO ESTADO DE MINAS GERAIS																			
EXIGÊNCIAS DO TR	ITENS ATENDIDOS PELOS ESTUDOS CLIMATOLÓGICOS																		
			3																
Hidrografia: a caracterização deve considerar a bacia hidrográfica da Área de Influência Indireta, devendo incluir: Parâmetros hidroclimáticos de pluviosidade			x																
Temperaturas			x																
Umidade relativa do ar			x																
Evapotranspiração total			x																
Pluviometria			x																
Nebulosidade			x																
Insolação			x																
Direção dos ventos			x																
Balanco hídrico (não climatológico) obs. Do autor			x																

Fonte: Adaptado de SEMAD (2017).

Quando se analisa os estudos climatológicos deste Grupo A sob a exigência do TR GER001 (Tabela 4) para EIA-Rima, todos os estudos do Grupo A Linhas 1, 2 e 3 apresentaram informações incompletas. Já a atividade de Lavra a céu aberto – Minerais não metálicos Grupo A Linha 3, foi a que mais se aproximou do atendimento pleno do TR GER001 (Tabela 4), e quando analisado sob o crivo do TR específico (Tabela 5), eles atenderam plenamente a exigência.

Cabe ressaltar que o TR específico supracitado, faz exigências menos restritivas do que as existentes no TR EIA/RIMA GER001 e, portanto, apresenta menor complexidade quanto ao atendimento.

Portanto, para as atividades do Grupo A propõem-se adicionalmente como sugestão a itemização existente no TR EIA/RIMA GER001 e para o TR Específico para os relatórios de clima, os itens assinalados na Tabela 10, por entendermos que se torna mais completo e representativo. Apontamos alguns erros comuns e sugerimos atenção

para que sejam evitados ao se elaborar os estudos, conforme apresentado no anexo do Grupo A (A1, A2 e A3).

### **3.1.2. Diretrizes para os diagnósticos climatológicos aplicados aos processos de licenciamento ambiental (Tabela 10) Grupo B Linhas 4, 5 e 6 – Atividades industriais / Indústria Metalúrgica e Outras**

Quando se analisa os estudos sob a exigência do TR GER001 (Tabela 4) para EIA-Rima todos os estudos do Grupo B Linhas 4, 5 e 6 apresentam informações incompletas. Neste caso foi utilizado para a análise dos estudos somente o TR GER001, pois não foi encontrado no sítio eletrônico da SEMAD o TR específico para Siderurgia.

Nestes casos, recomenda-se que seja utilizado adicionalmente à itemização do TR GER001 os itens assinalados na Tabela 10 para as atividades com potencial poluidor grande para que o diagnóstico climatológico possa ser elaborado de forma completa.

Portanto, para as atividades do Grupo B Linhas 4, 5 e 6 propõem-se a itemização existente na proposta sugerida na (Tabela 10) para os relatórios de clima por entendermos que se torna mais completo e representativo, em função do porte e grande potencial poluidor característicos desta atividade. Apontamos alguns erros comuns e sugerimos atenção para que sejam evitados ao se elaborar os estudos, conforme apresentado no anexo do Grupo B (B4, B5 e B6).

### **3.1.3. Diretrizes para os diagnósticos climatológicos aplicados aos processos de licenciamento ambiental (Tabela 10) Grupo C Linhas 7, 8 e 9 – Atividades industriais / Indústria Química**

Quando se analisa os estudos sob a exigência do TR GER001 (Tabela 4) para EIA-Rima todos os estudos Grupo C Linhas 7, 8 e 9 apresentam informações incompletas. Neste caso foi utilizado para a análise do estudo o TR GER001, pois, com a simplificação do licenciamento ambiental e exigência do TR de RCA específico para Indústria de Papel e Papelão o TR específico não faz qualquer exigência sobre clima.

Para os casos da indústria química recomenda-se que seja utilizada a nova proposta sugerida na (Tabela 10) para as atividades com potencial poluidor grande para que o diagnóstico climatológico possa ser elaborado de forma completa.

Portanto, para as atividades do Grupo C Linhas 7, 8 e 9 propõem-se a itemização existente sugerida na (Tabela 10) para os relatórios de clima por entendermos que se torna mais completo e representativo.

Apontamos alguns erros recorrentes e sugerimos atenção para que sejam evitados ao se elaborar os estudos, conforme apresentado no anexo do Grupo C (C7, C8 e C9).

**3.1.4. Diretrizes para os diagnósticos climatológicos aplicados aos processos de licenciamento ambiental (Tabela 10) Grupo D Linhas 10, 11 e 12 – Atividades industriais / Indústria Alimentícia**

Quando se analisa os estudos sob a exigência do TR GER001 (Tabela 4) para EIA-Rima todos os estudos do Grupo D Linhas 10, 11 e 12 apresentam informações incompletas. Já a atividade de Destilação de álcool do estudo do Grupo D Linha 11, quando analisado sob o crivo do TR específico para atividade Agroindustrial do setor sucroalcooleiro (Tabela 6), eles atenderam à exigência.

Cabe ressaltar que o TR específico supracitado, faz exigências menos restritivas do que as existentes no TR EIA/RIMA GER001, sendo dessa forma menos complexo o atendimento, tendo em vista a subjetividade da única exigência: “clima”.

Tabela 6 – TR Específico para atividade Agroindustrial do setor Sucroalcooleiro

TERMO DE REFERÊNCIA PARA ELABORAÇÃO DE ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL E RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA/RIMA) ATIVIDADE AGROINDUSTRIAL DO SETOR SUCROALCOOLEIRO																
EXIGÊNCIAS DO TR	ITENS ATENDIDOS PELOS ESTUDOS CLIMATOLÓGICOS															
											11					
Clima											x					

Fonte: Adaptado de SEMAD (2017).

No caso da indústria alimentícia, recomenda-se que o TR específico seja revisado com base no TR GER001 para as atividades com potencial poluidor grande para que o diagnóstico climatológico possa ser elaborado de forma completa.

Portanto, para as atividades do Grupo D propõem-se a itemização existente no TR EIA/RIMA GER001 para os relatórios de clima por entendermos que se torna mais completo e representativo. Apontamos alguns erros comuns e sugerimos atenção para que sejam evitados ao se elaborar os estudos, conforme apresentado no anexo do Grupo D (D10, D11 e D12).

### 3.1.5. Diretrizes para os diagnósticos climatológicos aplicados aos processos de licenciamento ambiental (Tabela 10) Grupo E Linhas 13, 14 e 15 – Atividades de infraestrutura

Quando se analisa os estudos sob a exigência do TR GER001 (Tabela 4) para EIA-Rima todos os estudos do Grupo E Linhas 13, 14 e 15 apresentam informações incompletas. Já a atividade de Loteamento do estudo do Grupo E Linha 14 (Tabela 7), quando analisado sob o crivo do TR específico, eles atenderam à exigência.

Cabe ressaltar que o TR específico supracitado, faz exigências menos restritivas do que as existentes no TR EIA/RIMA GER001, sendo, portanto, atendido com menor grau de complexidade.

Tabela 7 – TR Específico para a atividade de loteamento de solo urbano

TERMO DE REFERÊNCIA (TR) PARA APRESENTAÇÃO DE ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL – (EIA) E RESPECTIVO RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL – (RIMA) REFERENTES: 1) LOTEAMENTO DE SOLO URBANO PARA FINS INDUSTRIAIS / DISTRITOS INDUSTRIAIS; 2) LOTEAMENTO DE SOLO URBANO EXCLUSIVA OU PREDOMINANTEMENTE RESIDENCIAL															
EXIGÊNCIAS DO TR	ITENS ATENDIDOS PELOS ESTUDOS CLIMATOLÓGICOS														
Caracterização climática e meteorológica:															X
Indicando as Temperaturas máximas, médias e mínimas															X
Índice pluviométrico															X
Umidade relativa															X
Velocidade dos ventos															X
Direção predominante dos ventos															X

Fonte: Adaptado de SEMAD (2017).

Esse TR específico (Tabela 7) para infraestrutura traz um detalhamento razoável, entretanto, sugere-se uma revisão com base na proposta da Tabela 10 para que possa contemplar outras variáveis importantes ao planejamento e implantação de infraestruturas, visando sua segurança e otimização dos recursos envolvidos em grandes obras.

Portanto, para as atividades do Grupo E Linhas 13, 14 e 15 propõem-se a itemização existente na proposta da Tabela 10 para os relatórios de clima por entendermos que se torna mais completo e representativo.

Apontamos alguns erros comuns e sugerimos atenção para que sejam evitados ao se elaborar os estudos, conforme apresentado no anexo do Grupo E (E13, E14 e E15).

### **3.1.6. Diretrizes para os diagnósticos climatológicos aplicados aos processos de licenciamento ambiental (Tabela 10) Grupo F Linhas 16, 17 e 18 – Gerenciamento de Resíduos e Serviços**

Ao analisarmos os estudos climatológicos desse Grupo sob a exigência do TR GER001 (Tabela 4) para EIA-Rima todos os estudos do Grupo F Linhas 16, 17 e 18 apresentaram informações incompletas, além disso todos parcialmente (P), conforme Tabela 4.

Já a atividade de tratamento térmico do estudo do Grupo F Linha 16, quando analisado sob o crivo do TR específico (Tabela 8), não atenderam à exigência.

Cabe ressaltar que o TR específico supracitado, faz exigências sobre eventos extremos e sobre qualidade do ar, o que não se pede no TR EIA/RIMA GER001.



Tabela 8 – TR Específico para Sistemas de Tratamento Térmico de Resíduos

TERMO DE REFERÊNCIA PARA APRESENTAÇÃO DE ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) E RESPECTIVO RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL (RIMA) DE SISTEMAS DE TRATAMENTO TÉRMICO DE RESÍDUOS E DO PLANO DE CONTROLE AMBIENTAL (PCA)																
EXIGÊNCIAS DO TR	ITENS ATENDIDOS PELOS ESTUDOS CLIMATOLÓGICOS															
<p>Climatologia e qualidade do ar</p> <p>caracterização climático-meteorológica específica da região em que se insere o empreendimento, considerando a ocorrência de eventos extremos;</p>																
<p>apresentar tabelas e gráficos com as médias históricas e com as médias recentes dos parâmetros meteorológicos ao longo dos meses do ano, com ênfase para pluviosidade e regime de ventos (direção e velocidade), indicando as fontes dos dados apresentados;</p>																
<p>caracterizar a qualidade do ar na área, tendo como referência os padrões primários estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 03/1990, considerando os parâmetros partículas totais em suspensão, fumaça, partículas inaláveis, dióxido de enxofre, monóxido de carbono, ozônio e dióxido de nitrogênio;</p>																
<p>informar sobre a ocorrência ou não de episódios agudos de poluição do ar, nos termos da Resolução CONAMA 03/1990 e, havendo registros de tais episódios, citar as datas das 3 últimas ocorrências registradas e a fonte da informação.</p>																

Fonte: Adaptado de SEMAD (2017).

Portanto, para as atividades do Grupo F propõem-se adicionalmente a itemização existente no TR Específico, sugerimos os itens assinalados na Tabela 10 para os relatórios de clima por entendermos que abrange de forma representativa as atividades.

Elencamos alguns erros recorrentes e sugerimos atenção para que sejam evitados ao se elaborar os estudos, conforme apresentado no anexo do Grupo F (F16, F17 e F18).

**3.1.7. Diretrizes para os diagnósticos climatológicos aplicados aos processos de licenciamento ambiental (Tabela 10) Grupo G Linhas 19, 20 e 21 - Atividades agrossilvipastoris**

Quando se analisa os estudos sob a exigência do TR GER001 (Tabela 4) para EIA-Rima todos os estudos apresentam informações incompletas, sendo que o estudo do Grupo G Linha 19 apresentou informações de forma parcial (P) nos itens em que se propôs escrever. Entretanto, quando analisado sob o crivo do TR específico, todos atenderam a exigência.

Neste caso foi utilizado para a análise dos estudos somente o TR GER001, pois, com a simplificação do licenciamento ambiental e exigência do TR específico para Silvicultura e Carvoejamento (Tabela 9) as exigências são somente informações sobre clima.

Tabela 9 – TR Específico para Agrossilvipastoril, Silvicultura e Carvoejamento

TERMO DE REFERÊNCIA PARA ELABORAÇÃO DE ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL E RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA/RIMA)																
ATIVIDADE AGROSSILVIPASTORIL; SILVICULTURA E CARVOEJAMENTO																
EXIGÊNCIAS DO TR	ITENS ATENDIDOS PELOS ESTUDOS CLIMATOLÓGICOS															
														19	20	21
Clima														x	X	x

Fonte: Adaptado de SEMAD (2017).

Para os casos de atividades agrossilvipastoris recomenda-se que seja utilizada a proposta sugerida na Tabela 10 para as atividades com potencial poluidor grande para que o diagnóstico climatológico possa ser elaborado de forma completa. Apontamos alguns erros comuns e sugerimos atenção para que sejam evitados ao se elaborar os estudos, conforme apresentado no anexo do Grupo G (G19, G20 e G21).

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES**

Este estudo é uma iniciativa pioneira e inédita na tentativa de organizar as informações relacionadas à elaboração de diagnóstico de clima, item integrante do capítulo do meio físico em Estudos de Impacto Ambiental-EIA, bem como nos Relatórios de Controle Ambiental-RCA de empreendimentos passíveis de regularização ambiental no estado de Minas Gerais.

O cenário atual diagnosticado é preocupante, uma vez que os diagnósticos climáticos raramente são elaborados por profissionais que detém grau satisfatório de conhecimento na área de climatologia e meteorologia. Esses dados, quando apresentados corretamente, apresentam um baixo grau de correlação com os demais aspectos do meio físico.

Como trata-se de um assunto dinâmico, este manual poderá ser flexibilizado por meio de futuras revisões de assuntos relacionados ao clima que porventura não tenham sido considerados atualmente.

À medida que os empreendimentos se tornarem mais complexos, haverá necessidade de modificações, complementações e atualizações deste manual, que possam condizer com a realidade climática de Minas Gerais e que estejam em consonância com as futuras diretrizes do Órgão Ambiental em função das legislações correlatas e da evolução da análise ambiental nos processos administrativos.

Concluimos com este primeiro trabalho que o mesmo poderá atender inicialmente a várias questões relacionadas à elaboração de estudos climatológicos para EIA e RCA, possibilitando uma visão mais profunda, clara e assertiva do estudo ambiental a ser apresentado, com o intuito de facilitar a análise do Órgão Ambiental, de forma a contribuir para o surgimento de soluções sustentáveis do ponto de vista climatológico, para a implantação e operação de empreendimentos potencialmente poluidores e/ou degradadores.

Espera-se que a divulgação deste manual se torne útil às empresas de consultoria ambiental (que elaboram estudos) e aos analistas ambientais (analisam estudos) da SUPRAM e FEAM.

A legislação ambiental vem sofrendo alterações constantes ao longo dos últimos 20 anos. Fato mais recente registrado no curso da elaboração desta dissertação foi a

revogação da DN 74/2004 (após 13 anos de vigência), através da DN 217/2017, com sua entrada em vigor efetivamente no primeiro semestre de 2018.

Outros documentos norteadores, como os Termos de Referência, frequentemente são atualizados em função da flexibilização da legislação ambiental. Dessa forma, sugere-se para os próximos trabalhos, a avaliação completa de todos os códigos de atividades da DN 217/2017 ou da legislação que porventura venha revogá-la, juntamente com os respectivos Termos de Referência atualizados.

Das 21 atividades elencadas que tiveram seus estudos analisados, 13 atividades não apresentavam TR específicos por não haver no sítio eletrônico da SEMAD até o ano de 2017 sendo: A1, A2, B4, B5, B6, C8, C9, D10, D12, E13, E15, F17 e F18. Recomenda-se que estes TR's específicos sejam elaborados e que sejam disponibilizados no sítio eletrônico da SEMAD para nortearem cada atividade conforme sua necessidade e característica.

Recomenda-se para futuros trabalhos, que sejam realizadas adequações neste manual para que possam condizer com as realidades dos demais Órgãos Ambientais Estaduais da federação, bem como ao Órgão Ambiental Federal, o Ibama-Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.

Portanto, recomenda-se a utilização deste manual durante a elaboração e análise de diagnósticos climatológicos para empreendimentos passíveis de regularização ambiental no estado de Minas Gerais.

A seguir, apresenta-se na Tabela 10 a proposta para novas exigências de elaboração de novos termos de referência (TR) em função da característica de cada empreendimento analisado

Tabela 10 – Proposta para as Novas Exigências de TR’s.

PROPOSTA DE NOVAS EXIGÊNCIAS EM TERMOS DE REFERÊNCIA PARA ELABORAÇÃO DO ESTUDOS DE EIA/RIMA E RCA/PCA.																							
PROPOSTA PARA NOVAS EXIGÊNCIAS DE TR’S		ITENS PROPOSTOS AOS 21 ESTUDOS CLIMATOLÓGICOS ANALISADOS																					
		Grupos	A			B			C			D			E			F			G		
		Linhas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1) <b>Perfil do vento</b> na camada-limite planetária		x	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	
2) <b>Perfil da temperatura</b> na camada-limite planetária		x	X	x	x	x	x	x			x	x	x	x			x		x	x	x	x	
3) <b>Umidade do ar</b> na camada-limite planetária		x	X	x	x	x	x	x			x	x	x	x			x			x	x	x	
4) Componentes de <b>balanço de radiação à superfície do solo</b>		x	X	x	x	x	x	x				x	x				x			x	x	x	
5) Componentes de <b>balanço hídrico do solo</b>		x	X	x				x				x	x	x		x	x	x		x	x	x	
6) <b>Nebulosidade</b>		x	X	x	x	x	x	x				x	x	x			x			x	x	x	
7) Caracterização das <b>condições meteorológicas, de larga escala e meso-escala</b> , favoráveis à formação de concentrações extremas de poluentes, danosas à saúde humana, à fauna, flora e à qualidade da água e do solo. Avaliação da frequência de ocorrência de condições meteorológicas de larga escala, favoráveis à formação de fortes concentrações de poluentes, incluindo a frequência de ocorrência e intensidade de anticiclones subtropicais semipermanentes e transientes		x	X	x	x	x	x	x				x					x				x	x	x
8) Caracterização do <b>regime de chuvas</b> , incluindo: precipitação total média: mensal, semanal e anual; frequência de ocorrência de valores mensais e semanais máximos e mínimos; número médio, máximo e mínimo de dias com chuva no mês; delimitação do período seco e chuvoso; relação de intensidade, duração e frequência da precipitação para períodos de horas e dias.		x	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x
9) Parâmetros meteorológicos necessários para avaliação da razão de transferência medida, mensal e semanal da água para a atmosfera ( <b>evaporação e evapotranspiração</b> ) e dos demais componentes do balanço hídrico do solo (escoamento superficial e infiltração).		x	X	x	x	x	x	x					x	x	x			x	x		x	x	x
10) <b>Pressão atmosférica</b>		x	X	x	x	x	x	x															
11) <b>Radiação solar e insolação</b>		x	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	
12) <b>Índice cerâmico</b>		x	X	x				x				x		x			x					x	
13) Fenômenos atmosféricos locais (inversão térmica; ilha de calor; poluição atmosférica)		x	X	x	x	x	x	x				x							x			x	

Fonte: Adaptado de SEMAD (2017)

## 5. REFERÊNCIAS

ANDRADE, K. M. **Climatologia e comportamento dos sistemas frontais sobre a América do Sul** – São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2005. 185 p.; - (INPE-14056-TDI/1067).

ASSAD, E.D.; SANO, E.E. **Sistemas de informações geográficas (Aplicações na Agricultura)**. 2.ed. Brasília: SPI/EMBRAPA-CPAC, 1998. 434 p.

ASSIS, W. L. **O sistema clima urbano do município de Belo Horizonte na perspectiva têmporo-espaial**. 2010. 319p. Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 15. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. 350 p.

BILIBIO, Carolina; HENSEL, Oliver; SELBACH, Jeferson Francisco. **Sustainable water management in the tropics and subtropics - and case studies in Brazil**. VI 3. Jaguarão - RS: Fundação Universidade Federal do Pampa, UNIKASSEL, PGCult-UFMA, 2012.1.183p.

BRANDT MEIO AMBIENTE. **Estudo de Impacto Ambiental (EIA) – Terceiro Concentrador de Germano, Adutora e Linha de Transmissão, Mariana, Ouro Preto, Catas Altas e Santa Bárbara, MG**. Mariana: Samarco, maio/2009. (Relatórios)

CAVALCANTI, Iracema F. A. [et al.] organizadores. **Tempo e Clima no Brasil**. 2009. Oficina de Textos. São Paulo, SP.

CPTEC, 1996. Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE). **CLIMANÁLISE ESPECIAL**. Cachoeira Paulista, edição comemorativa de 10 anos, 1996. Disponível em <  
<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/cliesp10a/index1.shtml>>

CPTEC, 2011. Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE). **CLIMANÁLISE - BOLETIM DE MONITORAMENTO E ANÁLISE CLIMÁTICA**. Disponível em <  
<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/pdf/pdf11/jan11.pdf>>

CONTI, J. B., 2001. **Resgatando a “Filosofia da Paisagem”**. Revista do Departamento de Geografia, n.14, p. 59-68.

CUPOLILLO, F. **Diagnóstico hidroclimatológico da bacia do rio Doce**. 2015. Novas Edições Acadêmicas. – Copirraite © 2015 OmniScriptum GmbH & Co. KG.

ESCOBAR, G. C. J.; SELUCHI, M. E. Classificação Sinótica dos Campos de Pressão Atmosférica da América do Sul e sua Relação com as Baixas do Chaco e do Noroeste Argentino. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.27, n.3, 365 - 375, 2012

ESTADUAL. Secretaria de estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Sistema Integrado de Informação Ambiental. **Sistema de Legislação Ambiental**. Disponível em <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/>>

FEDERAL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resoluções e Portarias**. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/>>

FEDERAL. Presidência da República. Palácio do Planalto. **Legislações**. Disponível em <<http://www4.planalto.gov.br/legislacao>>

FERREIRA, V. O.; CUPOLILLO, F.; 2016. **Diagnóstico, zoneamento, planejamento e gestão ambiental na dimensão territorial: diferenças e complementos**. *Revista Brasileira de Geografia Física* v.09, n.05 (2016) 1428-1440.

FERREIRA *et al.*, 2014. **A resiliência climática e sua aplicação na mineração**. CBMINA.

FEARNSIDE, P.M. 2015. **Hydropower in the Clean Development Mechanism: Brazil's Santo Antônio Dam as an example of the need for change**. *Climatic Change* doi:10.1007/s10584-015-1393-3

FRANCA, R. R. **Anticiclones e umidade relativa do ar: um estudo sobre o clima de Belo Horizonte**. 2009. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Minas Gerais. p.109. 2009.

Franklin, E. C. S.; Bicalho, L. C. C. INSTITUTO FEDERAL MINAS GERAIS – CAMPUS GOVERNADOR VALADARES. Técnico Integrado em Meio Ambiente. **Estações meteorológicas automáticas e convencionais**. Trabalho de conclusão de curso. 2013.

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (2005). **Normais Climatológicas. Período de avaliação: 1961-1990/1981-2010**.

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (2017). **Gráfico Radiossonda**. Acesso em 04/12/2017. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesRadiossondas>> 2017.

INPE – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (2000). **Imagem do Satélite NOAA 12 em 01/01/2000**. Centro de Previsão do Tempos e Estudos Climáticos. Acesso em 28/08/2019. Disponível em <[http://satellite.cptec.inpe.br/repositorio9/noaa12/noaa\\_web/quicklook\\_ch3/2000/01/S11304500\\_200001010745.gif](http://satellite.cptec.inpe.br/repositorio9/noaa12/noaa_web/quicklook_ch3/2000/01/S11304500_200001010745.gif)>

LEMOS, C.F. **O Índice de Haines como indicador de desenvolvimento dos focos de calor no Brasil através do modelo regional “Eta”**. Niteroi-RJ, 2006. Universidade Federal Fluminense.

LOURENÇO, M.C.M.; FERREIRA, N.J.F.; GAN, M. **Vórtices Ciclônicos em Altos Níveis de Origem Subtropical**. Edição Comemorativa de 10 anos. P. 163-167, 1996.

MAGLIO, I., 2000 **A descentralização da gestão ambiental no Brasil: o papel dos órgãos estaduais e as relações com o poder local, 1990/1999**. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Saúde Pública. 2000. USP.

MEDEIROS, ALMIRO TAVARES. **Estimativa da evapotranspiração de referência a partir da equação de Penman-Monteith, de medidas lisimétricas e de equações empíricas em Paraipaba, CE**. Piracicaba-SP, 2002.

MENDONÇA, FRANCISCO; DANNI-OLIVEIRA, INÊS MORESCO. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MINUZZI, R. B., 2006. Influência de algumas forçantes climáticas no período chuvoso da região Sudeste do Brasil e suas consequências para as culturas da soja e do milho. Universidade Federal de Viçosa-UFV.

MOLION, L.C.B.; BERNARDO, S.O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no nordeste brasileiro. Revista Brasileira de Meteorologia, Vol. 17, n.1.Junho / 2002 - P. 1-10

MPF, 2013. **Ação Civil Pública Nº 2006.38.13.010224-2 Autor: Ministério Público Federal. Requeridos: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – Ibama, Agência Nacional de Energia Elétrica – Aneel, Companhia Energética de Minas Gerais – Cemig, Companhia Vale do Rio Doce – CVRD e Consórcio da Usina Hidrelétrica de Aimorés**. Procuradoria da República no Município de Governador Valadares-MG, 2013. 450p.

MPF, 2004. **Deficiências em estudos de impacto ambiental: síntese de uma experiência**. ESMPU - Escola Superior do Ministério Público da União, 2004. Brasília: Ministério Público Federal / 4ª Câmara de Coordenação e Revisão, 38p.

MUSK, Leslie. Weather Systems. Cambridge University Press: 1988.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1989. 421p.

PAIVA, Célia Maria. **Determinação das datas de início e fim da estação chuvosa e da ocorrência de verânicos na bacia do rio Doce**. Viçosa-MG, UFV, 1997. 65p.

PINTO, N.L.S; HOLTZ, A.C.T.; MARTINS, J.A.; GOMIDE, F. L.S. **Hidrologia Básica**. São Paulo, Edgard Blücher; Rio de Janeiro, Fundação Nacional de Material Escolar, 1976. 278p.



PLANALTO – Presidência da República. 2010. **Decreto nº 7.390 de 09 de dezembro de 2010.** [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7390.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7390.htm)

PLANALTO – Presidência da República. 2009. **Lei nº 12.187 de 29 de dezembro de 2009.** [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2009/lei/12187.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/12187.htm)

RIBEIRO, F. F.; NOVAIS, G.T. **Análise da Variabilidade das Trovoadas e exibição de Índice Cerâmico entre os anos de 1989 a 2012 no Aeroporto de Uberlândia/MG.** OBSERVATORIUM: Revista Eletrônica de Geografia, v.6, n.17, p. 52-73, out. 2014

RINDAT, 2017. **Rede Integrada Nacional de Detecção de Descargas Atmosféricas (RINDAT).** Acessado em 05/12/2017. Disponível em < <http://www.rindat.com.br/> >

SAUCIER, W. J. Princípios de análise meteorológica. Ministério da Educação e Cultura. Ao Livro Técnico S. A., Rio de Janeiro, 1969. 462p.

SIAM – Sistema de Informações Ambientais. 2016. DECRETO Nº 46.953, DE 23 DE FEVEREIRO DE 2016. Dispõe sobre a organização do Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM, de que trata a Lei nº 21.972, de 21/01/2016. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=40255>

SIAM – Sistema de Informações Ambientais. 2017. Deliberação COPAM nº 1.168, de 17 de agosto de 2017. Dispõe sobre a criação de Grupo de Trabalho visando elaboração de proposta de lista de regulados e cronograma para inclusão gradativa no Programa de Registro Público das Emissões de Gases de Efeito Estufa do Estado de Minas Gerais. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=45059>

SIAM – Sistema de Informações Ambientais. 2004. Deliberação Normativa COPAM nº 74, de 09 de setembro de 2004. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=37095>

SIAM – Sistema de Informações Ambientais. 2017. Deliberação Normativa COPAM nº 217, de 06 de dezembro de 2017. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=45558>

SELUCHI, M.E.; SAULO, C, Mecanismos físicos associados à formação da Baixa do Chaco, XVI Congresso Brasileiro Meteorologia, Belém, PA, Anais..., 2010

TUCCI, C.E.M.. **Hidrologia: Ciência e aplicação.** Porto Alegre: UFRGS / ABRH, 2013. 4ª Ed, 5ª reimpressão. 940p.

VAREJÃO-SILVA, M. A.; **Meteorologia e Climatologia,** Versão Digital 2, Recife, 2006.

VIANELLO, R.L. – **A ESTAÇÃO METEOROLÓGICA E SEU OBSERVADOR. Uma parceria secular de bons serviços prestados à humanidade.** 2011. INMET. 19 p.

VIANELLO, R. L.; MAIA, L. F. P. G.. **Estudo preliminar da climatologia dinâmica do estado de Minas Gerais.** 185-194p. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Rubens\\_Vianello/publication/267832399\\_85\\_ESTUDO\\_PRELIMINAR\\_DA\\_CLIMATOLOGIA\\_DINAMICA\\_DO\\_ESTADO\\_DE\\_MINAS\\_GERAIS/links/54a2bfeb0cf267bdb90425b3/85-ESTUDO-PRELIMINAR-DA-CLIMATOLOGIA-DINAMICA-DO-ESTADO-DE-MINAS-GERAIS.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Rubens_Vianello/publication/267832399_85_ESTUDO_PRELIMINAR_DA_CLIMATOLOGIA_DINAMICA_DO_ESTADO_DE_MINAS_GERAIS/links/54a2bfeb0cf267bdb90425b3/85-ESTUDO-PRELIMINAR-DA-CLIMATOLOGIA-DINAMICA-DO-ESTADO-DE-MINAS-GERAIS.pdf)

VIANELLO, R. L.; ADIL, R. A. **Meteorologia básica e aplicações.** 2. ed. rev. ampl. - Viçosa, MG: Ed. UFV-Universidade Federal de Viçosa, 2012. 460p.

ZEE – MG – Zoneamento Ecológico Econômico de Minas Gerais. **Disponível em:** <http://www.zee.mg.gov.br>

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO), 2012: **Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation.** WMO-No.8, Geneva. (edition 2008, Updated in 2010). 716p.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO), 1989: **Calculation of monthly and annual 30-year standard normals.** Geneva, 1989. (WMO. Technical document, n . 341; WCDP, n .10)

## **6. ANEXOS**

Diagnósticos climatológicos

**GRUPO A - Diagnósticos climatológicos analisados aplicados aos processos de licenciamento ambiental (Tabela 4) Grupo A Linhas 1, 2 e 3 - Atividades minerárias**

## **GRUPO A 1**

O estudo trata-se de um Diagnóstico Climático da região do Projeto Aduora Samarco, que compreende os municípios de Santa Bárbara, Catas Altas, Ouro Preto e Mariana. Os dados foram coletados no *site* do Instituto Nacional de Meteorologia INMET e analisados.

### **1 – Metodologia**

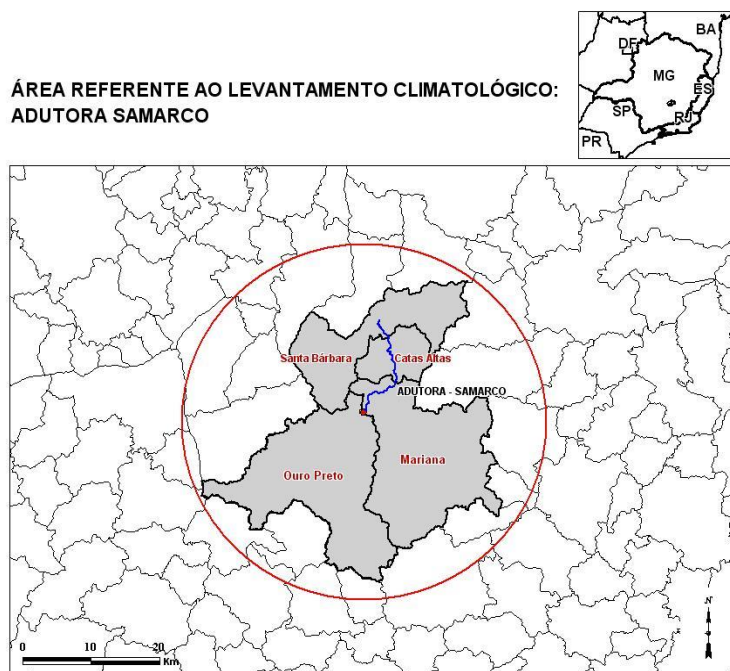
Os parâmetros meteorológicos disponíveis foram obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), que fazem parte das Normais Climatológicas de Ouro Preto (1961-1990), com destaque para as variáveis de precipitação, temperatura, umidade relativa média, déficit e superávit hídrico. Os dados da direção do vento foram referentes a um ano de informações aferidas nas estações automáticas INMET de Ouro Branco, somando ao todo 8760 registros horários.

Outros parâmetros, como insolação, pressão atmosférica e nebulosidade não foram contemplados neste diagnóstico, uma vez que, os mesmos não exercem influência direta em relação à característica do empreendimento.

A análise foi realizada de acordo com padrões adotados pela OMM (Organização Mundial de Meteorologia), abrangendo a área demarcada na Figura 1.1.

Figura 1.1 – Localização da Adutora Samarco e área de abrangência da climatologia proposta

Elaboração: ClimAgora – Núcleo de Climatologia Aplicada / TerraVision.



Em relação a variável direção predominante do vento, além da informação climatológica optou-se pela utilização de informações oriundas da estação automática INMET, localizada em Ouro Branco.

## 2 - Caracterização Climática Regional

Conforme a classificação do IBGE (Nimer), a área do empreendimento apresenta o tipo climático Tropical Subquente Semi-úmido, com 4 a 5 meses secos.

Os sistemas sinóticos que atuam no sul do país também exercem sua influência, com algumas diferenças em termos de intensidade e sazonalidade dos mesmos. As linhas de instabilidade pré-frontais, geradas a partir da associação de fatores dinâmicos de grande escala e características de mesoescala são responsáveis por intensa precipitação durante o verão, segundo Cavalcanti *et al.* (1982).

Os sistemas frontais são causadores de distúrbios meteorológicos na área. O deslocamento desses sistemas está associado ao escoamento ondulatório de grande escala, conforme figura 2.1. Esses sistemas são acompanhados por anticiclones de origem polar, que durante o inverno produzem condições de queda acentuada das temperaturas. Sob sua influência registram-se as temperaturas mínimas absolutas nesta época do ano.



Figura 2.1 - Sumarização da atuação dos sistemas frontais no qual são acompanhados por anticiclones de origem polar em escala sinótica na região do Projeto Adutora Samarco.

A predominância da atuação do ASAS de abril a setembro, de modo em geral, garante a estabilidade atmosférica, períodos longos de insolação e baixa nebulosidade sobre toda a região em estudo (Figura 2.2)



Figura 2.2 - A atuação da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) em escala sinótica e em escala regional para a região do Projeto Adutora Samarco.

Entre os sistemas de tempo que atuam na região Sudeste do País durante o verão, a Zona de Convergência da América do Sul (ZCAS), que possui orientação NW-SE e funciona como uma espécie de corredor que conduz a umidade oriunda da Amazônia para as regiões Centro-Oeste e Sudeste, traz como consequência chuvas de intensidade variada, podendo perdurar de 4 a 14 dias. Ancorada por sistemas frontais, esta configuração sinótica é responsável por índices pluviométricos acima do normal até a vir se dissipar (Figura 2.3).





Figura 2.3 – Representação da Zona de Convergência da América do Sul (ZCAS), que influencia o tempo e o clima na região do Projeto Adutora Samarco.

Outros fenômenos que atuam na região Sudeste e provocam mudanças significativas nas condições atmosféricas local, são os anos de atuação do El Niño quando a precipitação é reduzida e anos de atuação de La Nina, quando os índices pluviométricos aumentam na região Sudeste do Brasil.

### **3 - Caracterização Climática Local**

#### *Análise pluviométrica*

Precipitação é uma das variáveis meteorológicas mais importantes para os estudos climáticos. Quando ocorridas em excesso (precipitação intensa), causam enchentes, assoreamentos dos rios, quedas de barreiras, dentre outros. Dentro da característica do empreendimento, trata-se da principal variável a ser observada.

O total pluviométrico ao longo do ano para a região da adutora é de 1670,3 mm, que por sua vez é marcado por uma variação interanual (um período seco e chuvoso) com uma média mensal de 139 mm.

Os meses mais chuvosos estendem-se de outubro a março (Figura 3.1). Os meses de abril e setembro são meses de transição entre um regime e outro e são marcados pela estação seca na região. Contudo, tanto a estação seca quanto a chuvosa pode sofrer variações intra e interanuais.

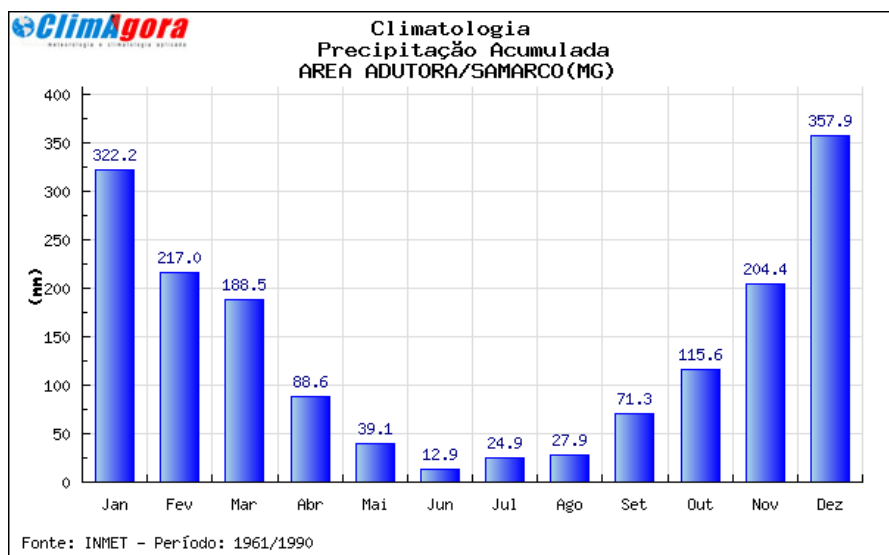


Figura 3.1 - Comportamento climatológico da precipitação (mm).

Entre os meses de outubro a março, meses de maior precipitação no período, apresenta-se um total de 1405,6 mm. No trimestre junho-julho-agosto, devido à baixa atividade convectiva, os valores não ultrapassam a 65,7 mm no total, pois a região fica sob a ação do ASAS, induzindo um período de seca bem característico. Não é incomum o registro da quase ausência de precipitação no trimestre mais seco do ano.

### ***Caracterização do número de dias de chuva mensal***

Os meses com maior número de dias de chuva estendem-se de outubro a março e os meses de abril e setembro são meses de transição entre os regimes de chuva.

Os meses de dezembro e janeiro apresentam destaque em relação ao número de dias de chuvas, somando 39 (trinta e nove) dias segundo a climatologia local. Por outro lado, no trimestre junho-julho-agosto, devido à baixa atividade convectiva, os dias de chuvas não ultrapassam 9 (nove) dias somado os três meses (Figura 3.2).

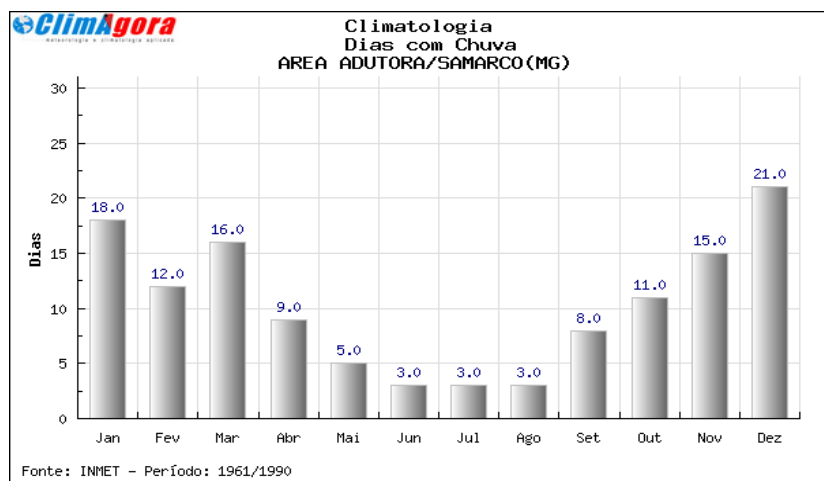


FIGURA 3.2 - Comportamento climatológico do número de dias de chuvas mensais.

### *Análise de Temperatura*

As maiores temperaturas médias anuais (TMED) são registradas no trimestre de janeiro-fevereiro-março. Pode-se observar que as médias ao longo do ano não ultrapassam a casa dos 21°C com verão e inverno bem caracterizados termicamente (Figura 3.2).

A variabilidade anual da temperatura local é considerada relativamente baixa e variam de 5,7°C (TMED), 4,3°C (TMAX) e 7,2°C (TMIN).

No trimestre de janeiro-fevereiro-março, são registradas as maiores médias das máximas ao longo do ano (TMAX) com temperaturas de 24,8°C, 25,2°C e 25,0°C, respectivamente (Figura 3.3) e estão relacionadas à maior quantidade de energia solar disponível no sistema terra-atmosfera, resultante da modificação do eixo de inclinação da terra neste período no hemisfério sul, onde os raios solares ficam mais paralelos diminuindo o ângulo de incidência sobre a superfície terrestre, e consequentemente maior quantidade de energia disponível.

As menores médias das mínimas ao longo do ano (TMIN) são registradas no período de inverno, nos meses junho, julho e agosto, com temperaturas de 11,8°C, 11,2°C e 11,9°C, respectivamente e estão relacionadas à predominância de baixa

nebulosidade, o que de certa forma contribui para o registro das menores mínimas, uma vez que neste período, a permanência de céu claro induz perda radioativa mais rápida durante o período noturno para a atmosfera, ocorrendo um importante fator natural do efeito estufa.

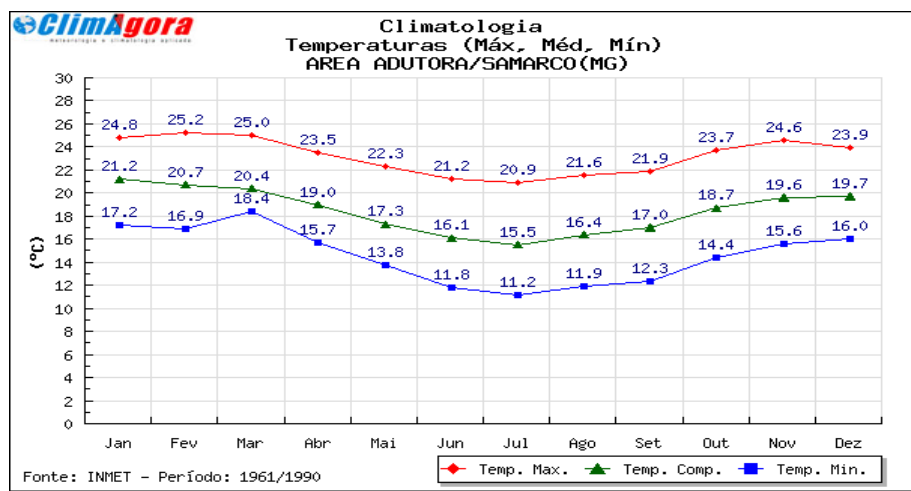


Figura 3.3 - Comportamento climatológico das temperaturas médias máximas e mínimas

Fonte: Estações automáticas INMET Ouro Branco (MG).

Outro fenômeno que induz as temperaturas baixas é o eixo de inclinação da Terra, que neste período no hemisfério sul, proporcionam raios solares mais inclinados sobre a superfície, diminuindo a quantidade de energia ( $Kj/cm^2$ ).

### ***Caracterização da umidade relativa do ar***

Seus menores índices se apresentam nos meses de julho a setembro. No restante do ano, a variação se mantém entre 81,0% a 86,0% (Figura 3.4). Os índices relativamente constantes da umidade na região sofrem influência das características geográficas locais como a topografia e vegetação, além das massas de ar que atuam no sudeste, como frentes úmidas no verão e frentes frias no inverno.

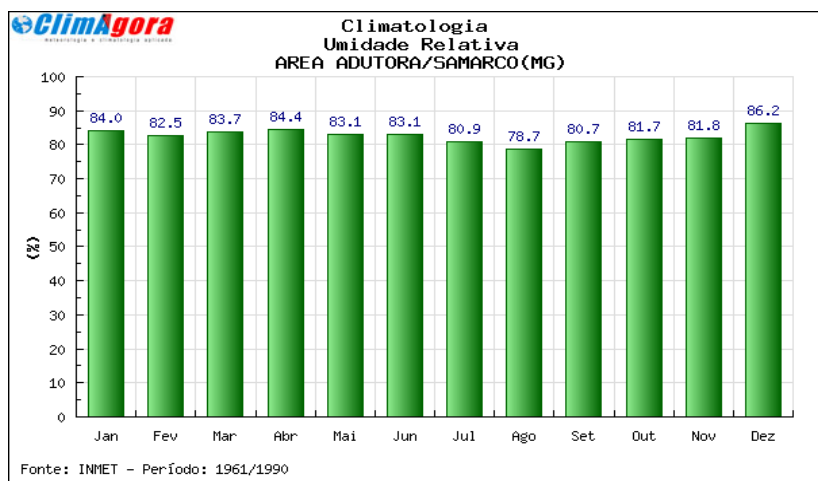


Figura 3.4 - Comportamento climatológico da Umidade Relativa do Ar Média.

Fonte: Estações automáticas INMET Ouro Branco (MG).

### *Caracterização do déficit e superávit hídrico*

Considerando a relação entre precipitação e evaporação, de outubro até o final de abril, o sistema terra-atmosfera trabalha com balanço positivo que pode chegar até 288 mm em dezembro e 237 mm em janeiro e relativo déficit hídrico no período de maio a setembro, devido à redução dos índices de precipitação.

No período de transição da primavera para o verão, o sistema já trabalha com superávits em virtude do coeficiente citado, influenciado diretamente pelas chuvas que se iniciam em setembro (Figura 3.5).

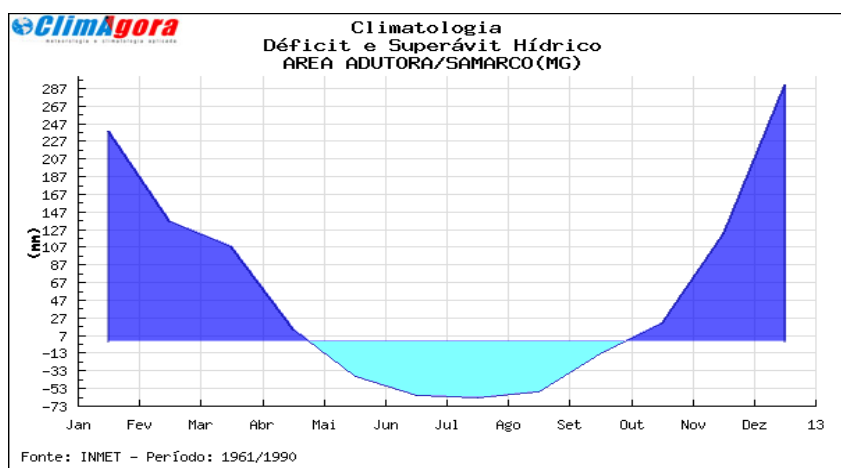


Figura 3.5 - Comportamento climatológico – coeficiente precipitação / evaporação

Fonte: Estações automáticas INMET Ouro Branco (MG).

O autor constata que, na região de estudo há um período de deficiência hídrica que dura aproximadamente quatro meses, considerando que os meses de abril e setembro são períodos de transição.

#### 4 - Caracterização das direções predominantes e velocidades médias dos ventos

##### *Direção dos ventos*

A região de abrangência da Adutora Samarco apresenta direção predominante dos ventos de sudeste, com variações significativas de leste durante todos os meses do ano.

A Figura 4.1 demonstra uma média anual da direção predominante dos ventos na área de abrangência da Adutora Samarco, confirmando a climatologia oficial. Em todos os meses do ano de 2008, ocorreu predominância de sudeste, com variação significativa para leste, resultando em uma porcentagem de aproximadamente 80%.

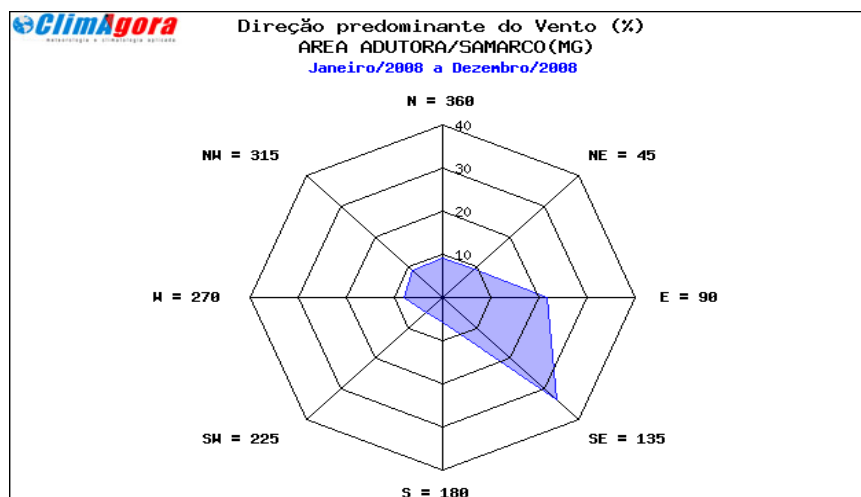


Figura 4.1 – Direção predominante dos ventos na região Adutora Samarco (média anual 2008).

Fonte: Estações automáticas INMET Ouro Branco (MG).

## Velocidade dos Ventos

A climatologia oficial para a região demonstra uma variação anual entre 1,9 m/s e 2,6 m/s, sendo os meses de novembro a março os que apresentam maior índice dessa variável. Observa-se um padrão em relação à variação anual dos ventos, no entanto, pode-se detectar uma ligeira alteração em relação aos períodos chuvoso e seco. Na Figura 4.2, pode ser observado a climatologia da velocidade média dos ventos para a região de interesse.

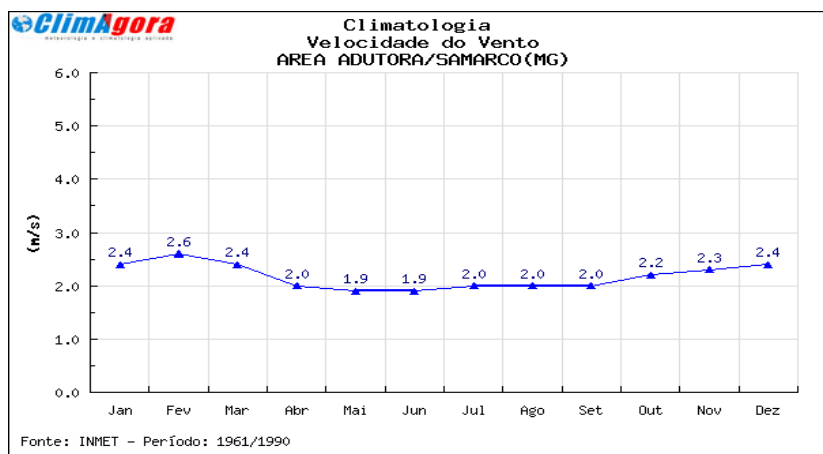


Figura 4.2 – Comportamento climatológico da velocidade média dos ventos

Fonte: Estações automáticas INMET Ouro Branco (MG).

## 5 – Conclusão

Conclui-se que o comportamento de todos os parâmetros meteorológicos da área de interesse segue praticamente o mesmo padrão de comportamento de outras áreas da Região Metropolitana de Belo Horizonte, assim como da região Central de Minas Gerais, com clima tropical típico e duas estações bem marcadas (chuvosa e seca).

O diagnóstico em questão faz uma análise coesa dos dados disponíveis apresentados, apresentando boa fundamentação e relato didático.

Os dados a serem trabalhados deveriam ser de 1991 a 2016. Portanto, todos os gráficos deveriam usar este período, pois, a variabilidade climática de 1961 a 1990 não representa a variabilidade atual.

Com relação ao balanço hídrico climatológico apresentado, embora o autor tenha relatado sobre os períodos de transição entre o déficit e o excedente hídrico, o mesmo não traz informação visual sobre a retirada e a reposição. Sugere-se que seja trabalhado conforme metodologia adotada pelo INMET.

O estudo analisado não atendeu a todas exigências do TR GER001 para EIA-Rima, tendo sido apresentadas informações incompletas.



## **GRUPO A 2**

**AMP, 2016. Aston Martin Participações S.A. Relatório de Impacto Ambiental-RIMA da Unidade de Tratamento de Minério-UTM a Seco: Minério de Ferro.** Ambiente Vivo Engenharia.

O presente documento consiste em uma resenha de um diagnóstico de clima elaborado pela empresa Ambiente Vivo Engenharia Ltda, para um Relatório de Impacto Ambiental-Rima de um empreendimento de Unidade de Tratamento de Minério-UTM a Seco: Minério de Ferro, da empresa Aston Martin Participações S.A., localizado no município de Itabirito-MG.

Trata-se de um empreendimento enquadrado na Listagem A – Atividades Minerárias da Deliberação Normativa nº 74/2004, de 09 de setembro de 2004, do Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM.

Os estudos climatológicos incluíram as análises dos parâmetros: Pressão Atmosférica; Temperatura do ar; Precipitação; Insolação; Umidade relativa do ar; e Balanço hídrico.

A classificação adotada foi a de Köppen, identificando o tipo climático existente em Itabirito como Cwb – clima tropical de altitude, com verões temperados e úmidos e invernos secos, sendo registradas geadas ocasionais no município.

Quanto aos tipos climáticos aplicáveis à zona climática C, tem-se o tipo w, a qual apresenta inverno seco, com precipitação média inferior a 60 mm em pelo menos um dos meses desta estação. Sendo a variável b, que é caracterizada por um verão moderadamente quente com temperatura média do mês mais quente inferior a 22°C e, durante pelo menos quatro meses, a temperatura média é superior a 10°C.

Na sequência, foram apresentados gráficos referentes a pressão atmosférica, temperatura média compensada, umidade relativa do ar média compensada, médias mensais de precipitação acumulada, médias mensais de insolação total, nebulosidade (décimos), médias mensais de evaporação total e o balanço hídrico climatológico. Os dados foram extraídos das Normais Climatológicas (1961-1990) do Instituto Nacional de

Metereologia-INMET referente à estação n° 83587 localizada no município de Belo Horizonte.

Os dados de direção dos ventos foram obtidos através da estação Cercadinho (F501) código OMM 86799, localizada no bairro Buritis, Belo Horizonte, para o período de 27/03/2015 a 24/06/2015. Os ventos chegaram a atingir uma velocidade máxima maior que 11,1 m/s predominando a direção Leste e Sudeste.

Quanto a variável temperatura, o estudo conclui que fevereiro é o mês mais quente, com valores médios de 23,0°C, sendo a média máxima de 28,8°C e a mínima de 19,0°C. E o mês mais frio, julho, apresentou temperatura média de 18,0°C, sendo a máxima de 24,6°C e mínima de 13,10°C. Outono e primavera são estações de transição. Os predomínios são de temperaturas medianas durante todo o ano.

Importante ressaltar que no RIMA a abordagem técnica apresenta uma linguagem acessível, conforme exigido pelo Parágrafo Único do artigo 9º da RESOLUÇÃO CONAMA N° 001, de 23 de janeiro de 1986 a seguir:

Parágrafo único - O RIMA deve ser apresentado de forma objetiva e adequada a sua compreensão. As informações devem ser traduzidas em linguagem acessível, ilustradas por mapas, cartas, quadros, gráficos e demais técnicas de comunicação visual, de modo que se possam entender as vantagens e desvantagens do projeto, bem como todas as consequências ambientais de sua implementação. (CONAMA, 1986).

Já em seu artigo 11º, fica garantida o princípio constitucional da publicidade das informações e a acessibilidade ao público, conforme o texto da norma:

Artigo 11 - Respeitado o sigilo industrial, assim solicitando e demonstrando pelo interessado o RIMA será acessível ao público. Suas cópias permanecerão à disposição dos interessados, nos centros de documentação ou bibliotecas da SEMA e do órgão estadual de controle ambiental correspondente, inclusive durante o período de análise técnica. (CONAMA, 1986).

Ainda, a Constituição Federal de 1988 em seu artigo 5º inciso XXXIII garante que todos têm direito a receber dos órgãos públicos informações de seu interesse particular, ou de interesse coletivo ou geral, que serão prestadas no prazo da lei, sob pena de responsabilidade, ressalvadas aquelas cujo sigilo seja imprescindível à segurança da sociedade e do Estado.

Cabe ressaltar que o objetivo da análise dos dados do diagnóstico climatológico é para fins acadêmicos, não expondo segredos industriais e preservando a imagem das empresas envolvidas.

Nota-se que a metodologia apresentada para a classificação climática é a de Köppen, que recorrentemente é utilizada por profissionais de consultoria ambiental. Entretanto, posteriormente à publicação de Köppen, os autores Thornthwaite e Nimer avaliaram mais parâmetros climáticos e chegaram a classificações mais precisas. No caso da classificação de Nimer, as características do clima de uma região são determinadas a partir de um conjunto de fatores climáticos, sobretudo a circulação atmosférica, e os elementos climáticos pluviosidade e temperatura.

Ainda, o autor não trouxe informações sobre a meteorologia sinótica.

Com relação à informação trazida pelos autores, os dados das variáveis climáticas não apontam para uma conclusão para aplicação prática diretamente à atividade proposta, tão somente foram extraídos os dados das Normais Climatológicas de 1961-1990 para o diagnóstico climático, sem correlacioná-los aos demais temas do relatório de impacto ambiental. Os dados a serem trabalhados deveriam ser de 1991 a 2016. Portanto, todos os gráficos deveriam usar este período, pois a variabilidade climática de 1961 a 1990 não representa a variabilidade atual.

A precipitação acumulada mensal para esse tipo de empreendimento não agrega informações relevantes para um adequado planejamento da infraestrutura de drenagem, ao passo que seria mais interessante trabalhar com um histórico de dados decenais para determinar o início e fim do período chuvoso, bem como a quantificação do volume de chuva.

Por outro lado, a quantificação do volume médio mensal apresentada pode servir para um manejo adequado das águas pluviais e seu aproveitamento nos aspectos geradores de emissões de particulados, mitigando assim um impacto atmosférico sem impactar na disponibilidade hídrica da bacia do córrego ribeirão do Eixo.

O estudo analisado não atendeu a todas exigências do TR GER001 para EIA-Rima, tendo sido apresentadas informações incompletas.

### GRUPO A 3

BRANDT, 2017. **EIA GERDAU**. Atividade A-02-05-4 Atividade A-02-05-4 Lavra a céu aberto ou subterrânea em áreas cársticas com ou sem tratamento, listada no grupo A – Indústria Minerária, da Deliberação Normativa nº 74/2004, de 09 de setembro de 2004, do Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM. BRANDT Meio Ambiente.

Trata-se de um diagnóstico de clima elaborado pela empresa BRANDT Meio Ambiente Ltda., para um empreendimento cuja atividade é A-02-05-4 Lavra a céu aberto ou subterrânea em áreas cársticas com ou sem tratamento, localizado no município de Sete Lagoas-MG.

Esse empreendimento está enquadrado no grupo de atividades da Listagem A – Indústria Minerária, da Deliberação Normativa nº 74/2004, de 09 de setembro de 2004, do Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM.

O diagnóstico climático avaliado neste Estudo de Impacto Ambiental (EIA), apresentou-se bem estruturado e objetivo, contendo a caracterização climática regional e local da região do estudo, sendo avaliados os parâmetros meteorológicos pluviometria, temperatura, umidade relativa do ar, insolação total, nebulosidade, pressão atmosférica, balanço hídrico, evapotranspiração, direção predominante e velocidade médias dos ventos.

Os dados utilizados neste diagnóstico foram obtidos pela estação meteorológica do INMET em Sete Lagoas. O período das Normais Climatológicas analisado foi 1961-1990.

Inicialmente, foram analisados os Sistemas Sinóticos de Grande Escala que Atuam Sobre a América do Sul, Brasil e Sete Lagoas (MG)

As condições gerais da atmosfera em uma região estão relacionadas com a Circulação Geral da Atmosfera (CGA). Para um melhor entendimento da dinâmica atmosférica sobre uma determinada área, deve iniciar-se uma observação mais global desta circulação, na qual a localidade de interesse esteja inserida. No caso em tela, os autores apresentaram as características dinâmicas dominantes sobre a América do Sul, o Brasil e o Estado de Minas Gerais, a fim de entender melhor o tempo e o clima de Sete Lagoas.

Foram analisadas as circulações médias oriundas do modelo global da CGA (Circulação Geral da Atmosfera) do NCEP (*National Centers for Environmental Prediction*) através dos dados da reanálise e estudos estatísticos sobre a frequência e trajetórias preferenciais dos sistemas frontais, bem como de aspectos sinóticos sobre o Brasil.

O escoamento atmosférico médio à superfície sobre a América do Sul e oceanos circunvizinhos mostram a presença dos Anticiclones Semi-Estacionários do Atlântico Sul e do Pacífico Sul, responsáveis, em grande parte, pelas condições de tempo sobre o Continente Sul Americano, uma vez que exercem influência destacável na penetração das massas de ar tropicais úmidas e polares (VIANELLO e ALVES, 1991). Suas posições e intensidade modificam-se ligeiramente entre os períodos de verão e de inverno.

Na primavera-verão e outono-inverno, o Anticiclone do Atlântico Sul (AAS) destaca-se pelo papel que desempenha sobre o clima do Brasil. Outro centro de destaque sobre o Continente é a Baixa do Chaco (BC) - representada por uma confluência muito intensa de ventos, localizada sobre o Chaco Paraguaio e formada pelo grande aquecimento do continente. Esta baixa ocorre nos meses de verão ao nível de 1000 hPa.

Em 850 hPa (aproximadamente 1500 m) nota-se ainda a presença dos anticiclones prevalecentes na superfície, em ambas as estações. Entretanto, no interior do continente a Baixa do Chaco (BC) mostra-se mais desenvolvida no verão, que está associada a uma significativa convergência de ar nos níveis inferiores.

O AAS, durante o período de inverno e primavera, basicamente inibe a formação de nuvens sobre a região em que está atuando, deixando a região em questão com céu claro e com poucas nuvens. Os ventos sopram do seu centro para a sua extremidade e seu centro possui pressões atmosféricas superiores as suas extremidades.

Esta configuração modifica-se consideravelmente a partir de 500 hPa, surgindo no primavera/verão, sobre o continente, um sistema fechado de circulação anticiclônica. A presença destes sistemas em 150 hPa fica evidente, denominado Alta da Bolívia (AB) (KOUSKY e KAYANO, 1981).

Existem perturbações transitórias que abrangem sistemas de grande escala, que modificam as condições de tempo local. Esses sistemas são chamados de transitórios pois têm durações variadas, desde horas até dias. As frentes frias são as principais perturbações transitórias que atuam sobre o Brasil, originárias do deslocamento das massas de ar de origem polares em direção às latitudes baixas e os sistemas transitórios dominantes nas latitudes médias (KOUSKY, 1985)

As frentes quentes e as linhas de instabilidade também ocorrem nas latitudes tropicais, embora essas regiões, por serem condicionalmente instáveis e essencialmente sub-barotrópicas, estejam principalmente sujeitas aos mecanismos convectivos, tendo nas nuvens cumuliformes seus agentes mais importantes.

As linhas de instabilidade, com formações frequentes no interior do continente são depressões barométricas formadas principalmente pelo aquecimento diurno, topografia e deslocamento de sistemas frontais. No verão as principais características dessas linhas de instabilidade são as chuvas fortes.

## **Caracterização climática regional**

A região de Sete Lagoas é afetada pela maioria dos sistemas sinóticos que atingem o sul do país, com algumas diferenças em termos de intensidade e sazonalidade do sistema. Também as linhas de instabilidade pré-frontais, geradas a partir da associação de fatores dinâmicos de grande escala e características de meso-escala são responsáveis por intensa precipitação durante o verão, segundo Cavalcanti *et al.* (1982).

Os sistemas frontais (SF) que atuam durante o ano todo sobre a região são um dos maiores causadores de distúrbios meteorológicos na área. O deslocamento desses sistemas está associado ao escoamento ondulatório de grande escala. Os (SF) são originários das latitudes extra-tropicais e possuem vital importância para a climatologia da região Sudeste e em Sete Lagoas. No verão produzem instabilidade e forte nebulosidade associada. Os sistemas frontais são acompanhados por anticiclones de origem polar. Durante o inverno a atuação dos Anticiclones de origem polar produzem condições de queda acentuada das temperaturas. Sob sua influência registram-se as temperaturas mínimas absolutas nesta época do ano.

Segundo Ayoade (1998), as baixas latitudes são dominadas por ventos predominantes de leste, originários do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) compõem o sistema de circulação de larga-escala. Sua forte influência é sentida durante todo o ano, impondo à região as características de sua área de origem. Sob sua influência predominam condições de estabilidade atmosférica e temperaturas elevadas, fatos relativizados pela interação com a superfície subjacente.

A predominância da atuação do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) durante o período que se estende de abril a setembro, de modo em geral, garante a estabilidade atmosférica, períodos longos de insolação e baixa nebulosidade sobre toda a região em estudo.

O conhecimento das características estruturais da convecção tropical é importante para a compreensão da organização individual das células convectivas e sua interação com a circulação em grande escala. Vários tipos de sistemas foram estudados na década de 70 e início dos anos 80, definindo-se diferentes tipos de sistemas convectivos de mesoescala (SCM) tais como: linhas de instabilidade e Complexos Convectivos de Mesoescala.

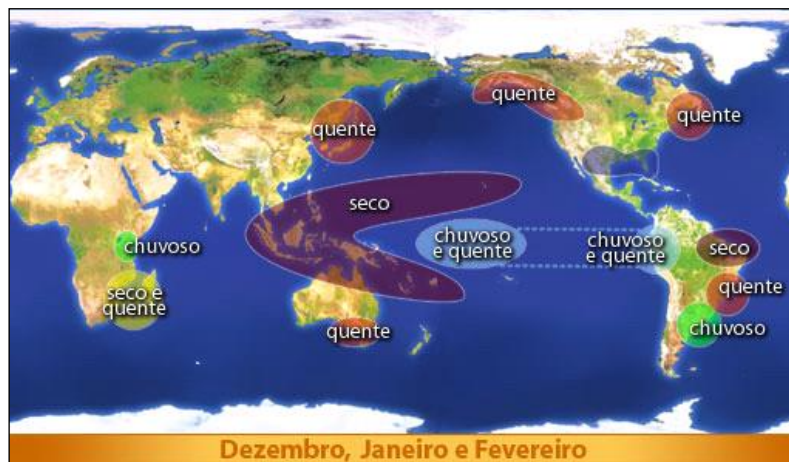
Ainda durante o verão configura-se a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), um eixo de intensa atividade convectiva, de orientação NW-SE, que funciona como uma espécie de calha que conduz a umidade oriunda da Amazônia para as regiões Centro-Oeste e Sudeste. Ancorada por sistemas frontais, esta configuração sinótica é responsável por índices pluviométricos acima do normal, numa configuração sinótica que pode durar vários dias até vir se dissipar.

Outros fenômenos de frequência menos intensa e mais irregular atuam na região Sudeste e provocam mudanças significativas nas condições atmosféricas local. O evento do El Niño/Oscilação Sul (ENOS) de 1982-1983 foi um dos mais intensos e afetou o tempo e clima da América do Sul de várias maneiras. Este período (Janeiro/Fevereiro 82/83) foi caracterizado por possuir o menor índice pluviométrico nos últimos 50 anos. Anos de El-Niño muito intenso, como foram os anos de 1925-26, 1976 ou 1982-83, a precipitação do verão foi mais baixa que nos anos normais.

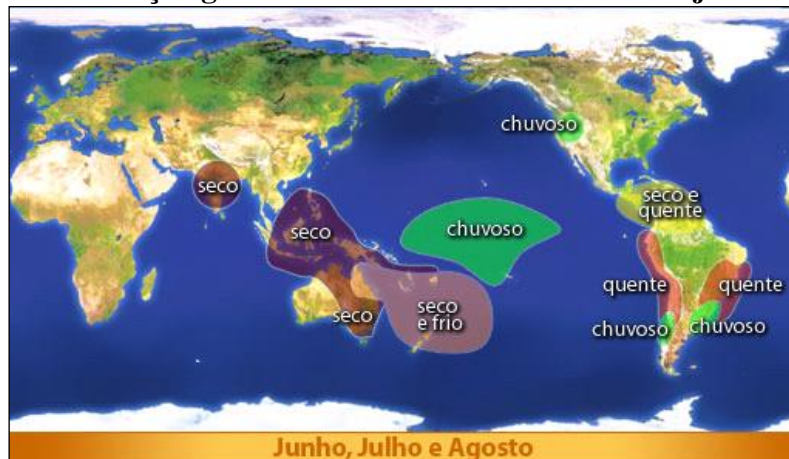
Estudos realizados por Marengo e Hastenrath (1993), e que foram comprovados por estudos de modelagem do clima de Marengo et al. (1993), mostram que, durante anos de grande aquecimento das águas do Pacífico equatorial (El-Niño), a ZCIT situa-se anormalmente mais ao norte do que sua posição normal sobre o Atlântico tropical. Conseqüentemente os ventos alísios de NE são mais fracos.

Assim, verificou-se também que sobre a região Sudeste entre dezembro a agosto do ano seguinte as temperaturas ficam acima do normal sobre a região sudeste.

**FIGURA 3.15 a - Atuação global e anomalias do El Nino entre dezembro e fevereiro**



**FIGURA 3.15 b - Atuação global e anomalias do El Nino entre julho e agosto**



O Jato Subtropical atua em altos níveis da atmosfera, próximo à tropopausa, existe uma região onde a componente do vento zonal, de oeste, atinge valores máximos. Esta componente aumenta com a altura devido a existência de gradientes meridionais de temperatura. O escoamento caracterizado por valores máximos é denominado de Corrente de Jato (Figura 3.11: d).

Várias pesquisas já foram realizadas, e direta ou indiretamente estudou-se a Corrente de Jato e assim pode-se verificar sua importância associada a alguns casos de precipitação, ou o inverso, bloqueios de sistemas frontais provenientes da região sul.

A posição longitudinal e a intensidade dos jatos no Hemisfério Sul apresentam, geralmente, uma variação interanual em altos níveis (150 hPa) que podem ser observados mais frequentemente no trimestre de inverno (JJA). O trimestre de verão (DJF) o Jato Subtropical praticamente desaparece, prevalecendo o Jato Polar ou Extratropical (Figura 3.11: h).

Distúrbios Ondulatórios de Leste atuam em várias regiões da faixa tropical. Tem sido observada a presença de um fenômeno de tempo caracterizado por distúrbios nos ventos de leste, que vem sendo estudado há mais de quarenta anos. Esses distúrbios foram chamados de ondas de leste e foram encontrados no Pacífico leste e oeste, no Atlântico Norte e na faixa tropical perto da África.

As condições de tempo relacionadas a essas ondas são: bom tempo associado à subsidência a oeste do cavado e mau tempo a leste do cavado; na baixa troposfera, a onda se move mais lentamente que a corrente básica, e possui um núcleo de ar mais frio que a vizinhança; a intensidade máxima da onda se dá em torno de 700 hPa a 500 hPa, e a inclinação é para leste com a altura.

### ***Caracterização climática local***

#### Análise pluviométrica

A precipitação é uma das variáveis meteorológicas mais importantes para os estudos climáticos das diversas regiões do Brasil. Tal importância deve-se às consequências que elas podem ocasionar, quando ocorridas em excesso (precipitação intensa), para os setores produtivos da sociedade tanto econômico e social (agricultura, transporte, hidrologia, etc.), causando enchentes, assoreamentos dos rios, quedas de barreiras, etc.

Chuva intensa define-se como sendo aquela que registra um grande volume de água precipitado num curto espaço de tempo. Estas chuvas intensas ocorrem isoladamente ou associadas a outros sistemas meteorológicos. As precipitações intensas, geralmente estão acompanhadas de trovões, descargas elétricas, granizos e ventos fortes. A nuvem dessas características é o cumulonimbus (Cb), cuja base pode ter entre 300 e 4000 m e pode atingir até 15.000 m de altura.

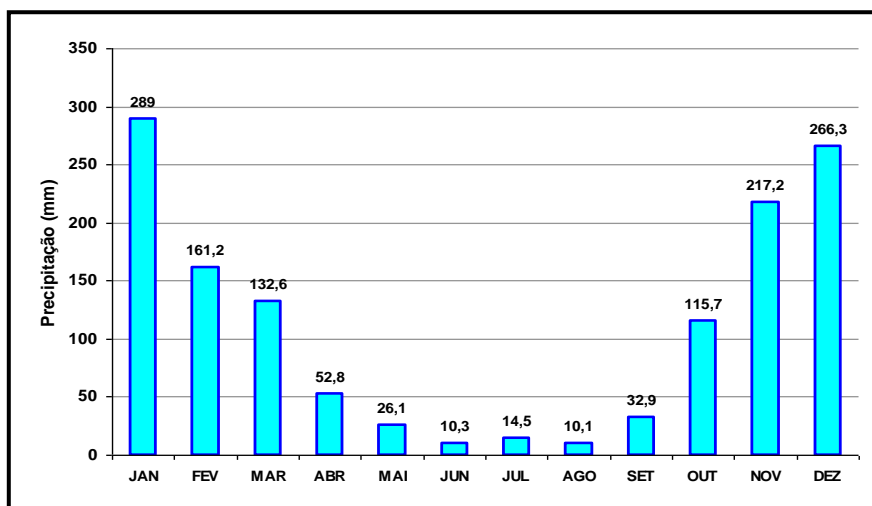


A distribuição da média pluviométrica ao longo do ano para a região de Sete Lagoas é de 1328,7 mm, que por sua vez é marcado por uma grande variação inter-anual (um período seco e chuvoso).

Os meses mais chuvosos estendem-se de outubro-março (Figura 3.16). Os meses de abril e setembro são meses de transição entre um regime e outro e são marcados pela estação seca na região. Contudo, devido à dinâmica atmosférica e a ação de vários elementos interagindo e alterando esta dinâmica, tanto a estação seca quanto a chuvosa podem prolongar-se ou sofrerem atrasos cronológicos.

A distribuição de chuva no trimestre dezembro-janeiro-fevereiro (DJF) apresenta os meses de maior precipitação no período, uma média de 716,5 mm. Por outro lado, no trimestre junho-julho-agosto (JJA), devido a baixa atividade convectiva, os valores não ultrapassam a 34,9mm, pois a região fica sob a ação do Anticiclone do Atlântico Sul, induzindo um período de seca bem característico. Não é incomum o registro de ausência de precipitação no trimestre mais seco do ano.

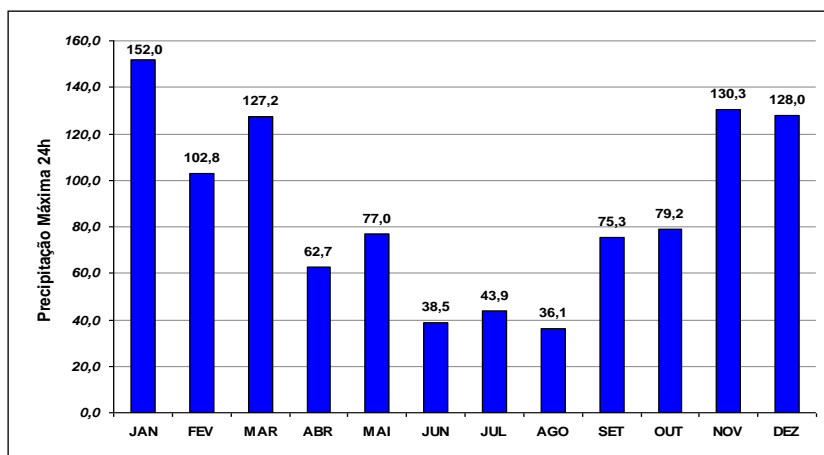
**FIGURA 3.16 - Comportamento climatológico da precipitação (mm) de Sete Lagoas**



**Fonte:** INMET Período: 1961 / 1990

Pode-se observar na Figura 3.17, que há uma tendência ao aumento de precipitação nos meses de verão (NDJF), onde a atividade convectiva é mais intensa. As chuvas intensas podem ser problemáticas e provocarem inundações de grandes proporções na região. Os meses de dezembro até abril são os mais propícios a este tipo de evento extremo.

**FIGURA 3.17 - Comportamento climatológico da precipitação (mm) máxima em 24 horas de Sete Lagoas**



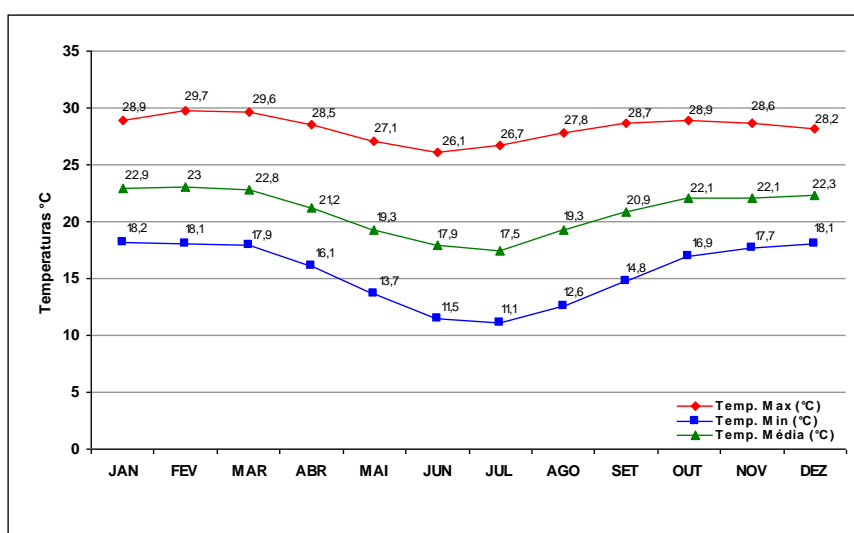
Fonte: INMET Período: 1961 / 1990

### Caracterização térmica

Durante o período 1961-1990 as maiores temperaturas médias anuais (TMED) são registradas no trimestre de janeiro-fevereiro-março (JFM). Pode-se observar que as médias ao longo do ano não ultrapassam a casa dos 23°C com verão e inverno bem caracterizados termicamente (Figura 3.18).

A variabilidade da temperatura local pode ser considerada baixa conforme atestam os valores de amplitude térmica que variam de 5,5°C (TMED), 6,2°C (TMAX) e 7,1°C (TMIN). Este comportamento reflete a tropicalidade do clima local, mesmo sendo verificada uma variação sazonal significativa.

**FIGURA 3.18 - Comportamento climatológico das temperaturas médias, máximas e mínimas de Sete Lagoas**



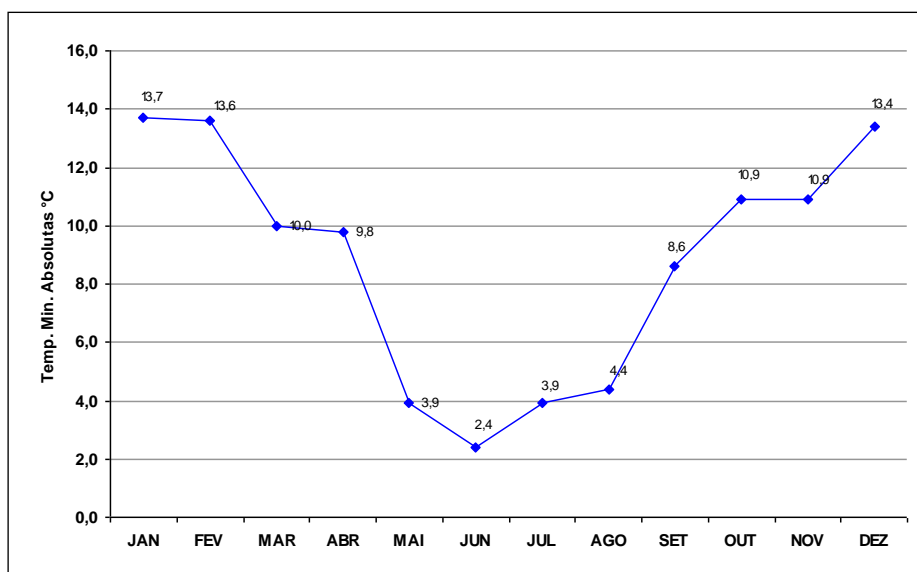
Fonte: INMET Período: 1961 / 1990

As maiores médias das máximas ao longo do ano (TMAX) são registradas no trimestre de janeiro-fevereiro-março (JFM), com temperaturas de 28,9°C, 29,7°C e 29,6°C, respectivamente (Figura 3.18). Tais características estão relacionadas à maior quantidade de energia solar disponível no sistema terra-atmosfera, resultante da modificação do eixo de inclinação da terra neste período, no hemisfério sul, onde os raios solares ficam mais paralelos diminuindo o ângulo de incidência sobre a superfície terrestre, e conseqüentemente maior quantidade de energia (Kj/cm<sup>2</sup>) disponível.

As menores médias das mínimas ao longo do ano (TMIN) são registradas no período de inverno, nos meses junho, julho e agosto (JJA), com temperaturas de 11,5°C, 11,1°C e 12,6°C, respectivamente (Figuras 3.21 e 3.22).

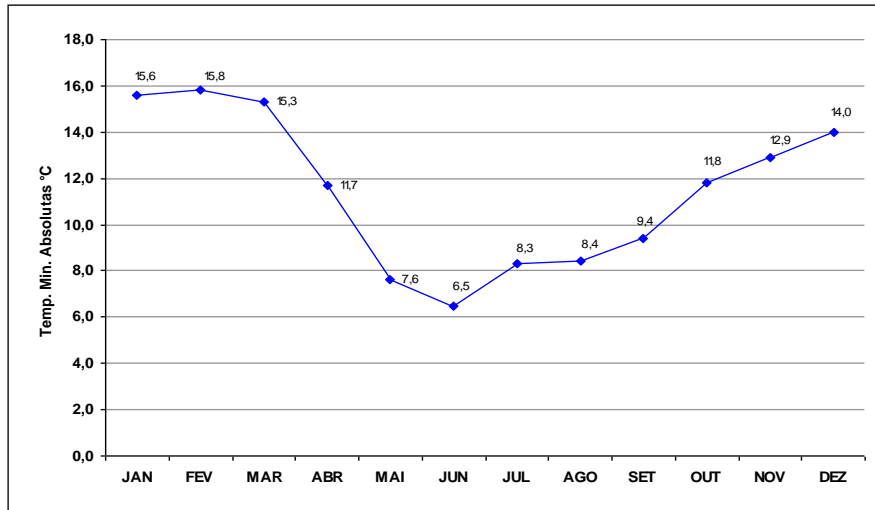
Em uma análise mais criteriosa do comportamento atmosférico da região, tais características estão relacionadas à predominância de baixa nebulosidade, o que de certa forma contribui para o registro das menores mínimas, uma vez que neste período, a permanência de céu claro induz perda radioativa mais rápida durante o período noturno para a atmosfera ocorrendo um importante fator natural do efeito estufa. Outro fenômeno que induz as temperaturas baixas permanecerem mínimas é o eixo de inclinação da Terra que neste período no hemisfério sul, onde os raios solares ficam mais inclinados sobre a superfície terrestre, diminuindo a quantidade de energia (Kj/cm<sup>2</sup>) no sistema terra-atmosfera. Como podem ser observados, os meses de maio, junho e julho (MJJ) registraram as menores temperaturas mínimas absolutas (Figura 3.19).

FIGURA 3.19 - Comportamento climatológico das temperaturas mínimas absolutas Sete Lagoas



Fonte: INMET Período: 1961 / 1990

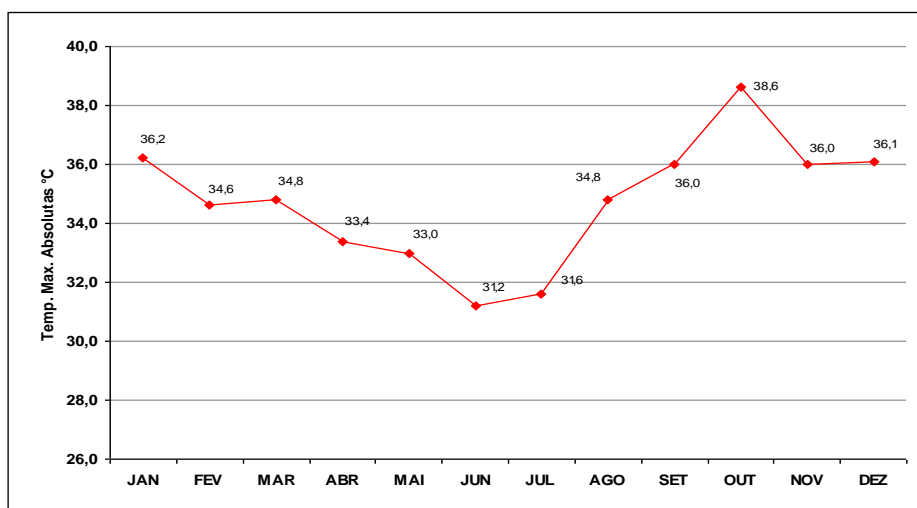
**FIGURA 3.20 - Comportamento climatológico das temperaturas mínimas absolutas de Sete Lagoas**



**Fonte:** INMET Período: 1961 / 1990

As temperaturas máximas absolutas ocorrem, geralmente, nos meses de setembro e outubro, com registros superiores a 36,0°C. Essas temperaturas acontecem principalmente no fim do verão e início da primavera, período em que a umidade do ar está baixa e há pouca nebulosidade, além do que a Alta Subtropical do Atlântico (ASA) está atuando sobre a costa do continente sul americano e sobre o Estado de Minas Gerais (Figura 3.21).

**FIGURA 3.21 - Comportamento climatológico das temperaturas máximas absolutas de Sete Lagoas**

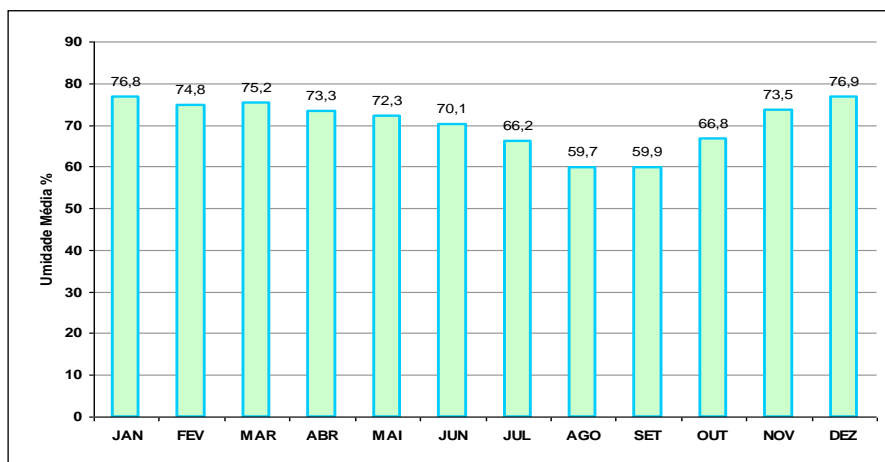


**Fonte:** INMET Período: 1961 / 1990

Caracterização da umidade relativa do ar

A umidade relativa do ar na região apresenta seus menores índices nos meses de julho a outubro, não ultrapassando 67%. No restante do ano a variação se mantém entre 70% a 77%. A baixa umidade pode ser explicada por esta região se localizar na faixa inter-tropical, observa-se que os meses mais úmidos são os de dezembro a março (Figura 3.22).

**FIGURA 3.22 - Comportamento climatológico da Umidade Relativa de Sete Lagoas**



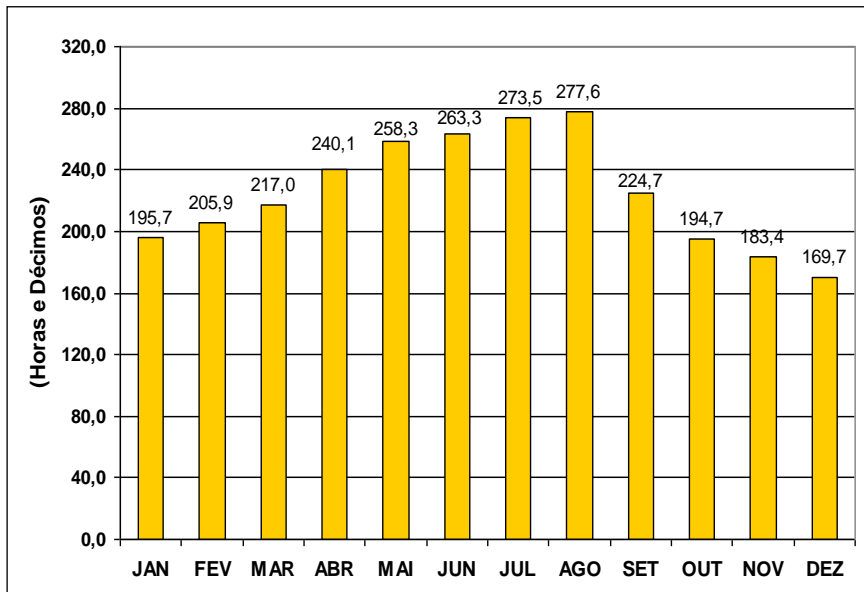
**Fonte:** INMET Período: 1961 / 1990

#### Caracterização da insolação total (em horas e décimos)

O total anual médio de insolação registrado em Sete Lagoas no período de 1961 e 1990 foi de aproximadamente 2704 horas (Figura 3.23), o que representa cerca de 7,4 horas diárias de insolação na área. Os meses de maior insolação são maio, junho, julho e agosto, período no qual a atuação do Anticiclone do Atlântico Sul está intensa e enseja a inibição da formação de nuvens que poderiam bloquear a incidência dos raios solares.

Dos meses de setembro a abril, e principalmente de outubro a janeiro, a insolação total apresentou valores menores, o que era de se esperar, uma vez que esse período corresponde ao período mais chuvoso do ano, e, logo, o período mais nebuloso também, causando uma menor insolação em Sete Lagoas.

**FIGURA 3.23 - Comportamento climatológico da insolação total em Sete Lagoas**

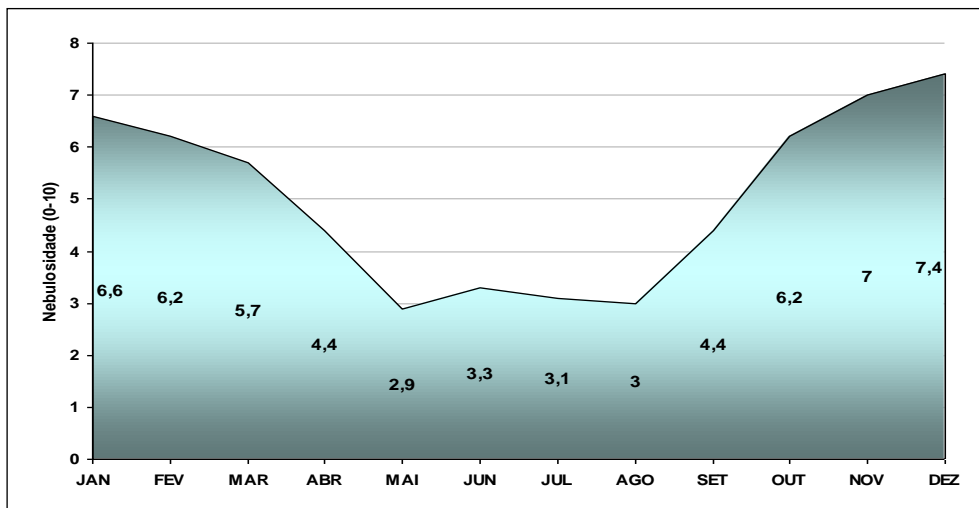


Fonte: INMET Período: 1961 / 1990

Caracterização da nebulosidade média

Como já era de se esperar a nebulosidade é reduzida no período de inverno onde a atuação do anticiclone do Atlântico Sul se faz mais intenso na região (Sudeste do Brasil). Com a atuação do anticiclone a região se torna área de subsidência de ventos de leste e inibe a formação de nuvens de grande desenvolvimento vertical. Como consequência os invernos na área possuem grande quantidade de horas de brilho solar e baixa nebulosidade. No verão a situação se inverte, a alta atividade convectiva propicia a formação de nuvens e baixa a quantidade de horas de brilho solar. (Figura 3.24)

**FIGURA 3.24 - Comportamento climatológico da nebulosidade de Sete Lagoas**

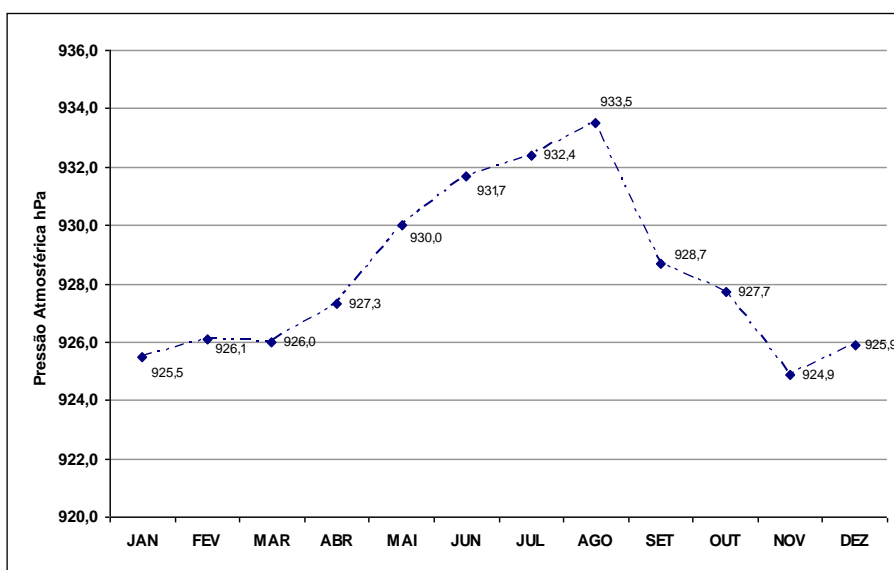


Fonte: INMET Período: 1961 / 1990

### Caracterização da pressão atmosférica

A pressão atmosférica na região está condicionada a atuação e intensificação dos anticiclones (alta pressão) e dos sistemas de baixa pressão. Nota-se que a pressão atmosférica na região aumenta gradativamente à medida que o ASAS desloca-se em seu trajeto oscilatório para dentro do Continente, estando em seu ponto máximo sobre a região Sudeste e em Sete lagoas no mês de agosto, a partir daí começa a sua migração para leste em direção ao Oceano Atlântico. De modo geral as chuvas na região são ocasionadas a partir da diminuição da pressão ao longo do ano conforme pode ser observado nos dados de precipitação (Figura 3.25).

**FIGURA 3.25 - Comportamento climatológico da pressão atmosférica de Sete Lagoas**



Fonte: *INMET Período: 1961 / 1990*

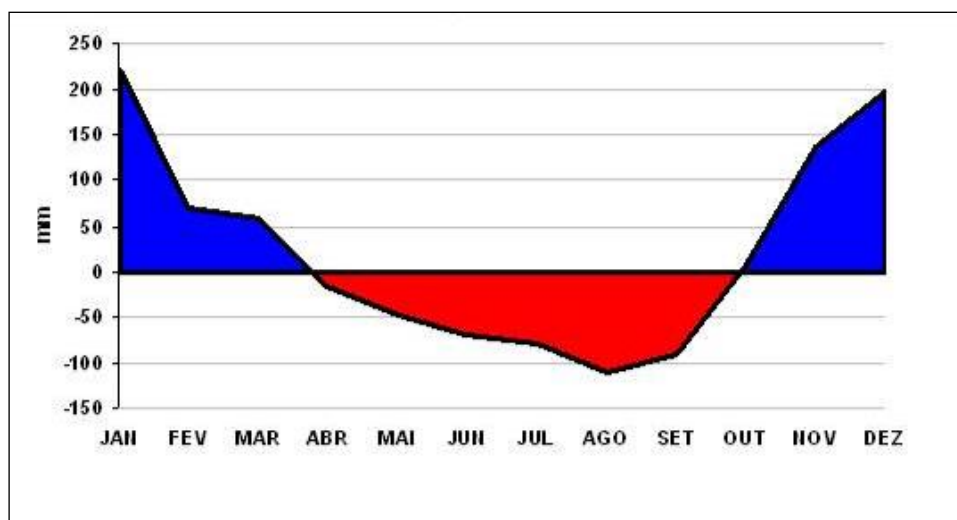
### Caracterização do balanço hídrico

O Balanço Hídrico, é a somatória das quantidades de água que entram e saem do(s) perfil(s) do solo, num dado intervalo de tempo. O resultado desse balanço é um indicativo da quantidade de água que permanece no perfil, ou seja, a real umidade do solo. O perfil de solo para fins do balanço hídrico deve coincidir com a profundidade do sistema radicular, pois o que interessa é a quantidade de água disponível para a vegetação natural e/ou as culturas agrícolas. É importante observar que a água num ambiente de mineração e ecológico é fornecida a de duas maneiras: a) naturalmente, ou seja, através da precipitação pluviométrica (chuvas); b) artificial, com a interferência do homem, através de água fornecidas por sistema de irrigação.

De outubro a abril o sistema terra-atmosfera trabalha com balanço hídrico positivo que pode chegar até 180 mm em janeiro e 150 mm em dezembro. No período de abril a meados de setembro (MJJAS), devido a baixa significativa de precipitação o sistema trabalha com déficit hídrico. Apenas no mês de outubro é que o sistema supera as perdas e trabalha com superávit em virtude do coeficiente de precipitação menos evaporação ser positivo no período (Figura 3.26).

Pode-se constatar que na região de estudo há um período de deficiência hídrica longa, durando cerca de cinco meses e meio sucessivos. Devido a grande variabilidade inter-anual da pluviosidade sugere-se que o uso dos recursos hídricos seja feito de maneira criteriosa, principalmente das águas superficiais, prevendo-se a flutuabilidade no ritmo das precipitações e da disponibilidade hídrica local.

**FIGURA 3.26 - Comportamento climatológico balanço de precipitação e evaporação de Sete Lagoas**



**Fonte:** INMET Período: 1961 / 1990

#### Caracterização da evapotranspiração fonte

O conceito de evapotranspiração potencial, o mais significativo avanço no conhecimento dos aspectos da umidade climática, foi introduzido em 1944 por Thornthwaite, quando trabalhava com problemas de irrigação, no México (MATHER, 1958).

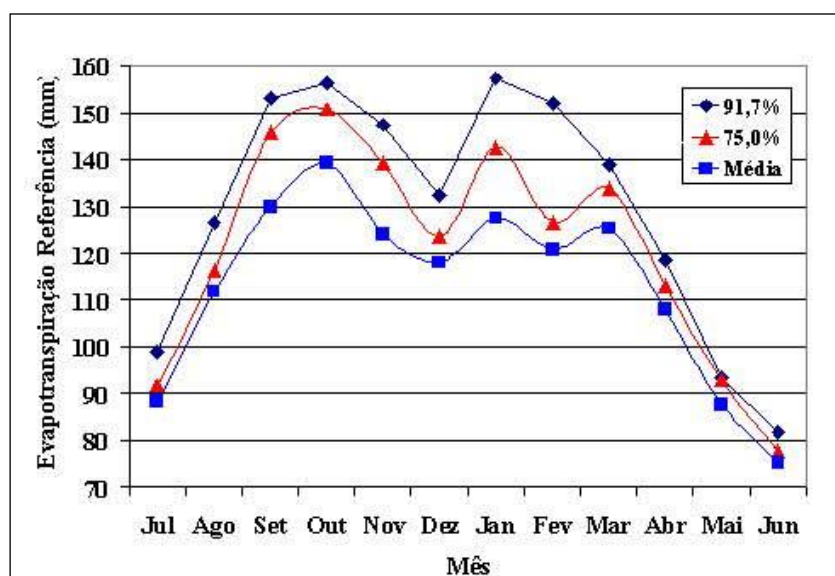
A evapotranspiração potencial (ETp), que representa a chuva necessária, é o processo de perda de água para a atmosfera, através de uma superfície natural gramada, padrão, sem restrição hídrica para atender as necessidades da evaporação do solo e da transpiração. A evapotranspiração real (ETr) constitui a perda de água de uma superfície natural, em qualquer condição de umidade e de cobertura vegetal.



A chuva e a ETp são elementos meteorológicos de sentidos opostos, expressos em milímetros pluviométricos. Seus parâmetros, quando cotejados em processo contábil, conhecido como balanço hídrico climático, fornecem dados acerca de deficiências e de excedentes hídricos, essenciais nas pesquisas e trabalhos agrometeorológicos (THORNTHWAITE, 1948).

O máximo de ETp ocorre na região no verão (Figura 3.27), quando há maior quantidade de energia solar para condicionar a evapotranspiração, ao passo que a maior evaporação se dá na estação seca. Nota-se, portanto, que os maiores valores de evapotranspiração ocorrem de outubro a março e os menores valores de abril a setembro.

FIGURA 3.27 - Comportamento da evapotranspiração de referência média e provável de Sete Lagoas, MG

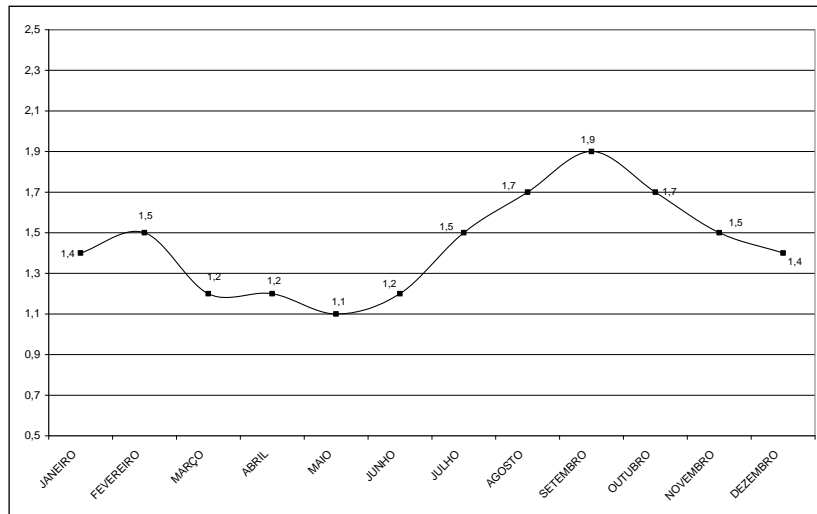


Fonte: Embrapa (1988 a 1998)

### Caracterização dos ventos

As normais de ventos da região indicam um sistema local que proporciona baixa velocidade. Os ventos mais fortes na região não ultrapassam a média de 1,9 m/s no mês de outubro (Figura 3.28). As menores velocidades estão em média na casa de 1 m/s, no final do verão e início do outono. A baixa velocidade dos ventos dá indícios de uma atmosfera local estável em relação às demais áreas de entorno, pois quanto maior a velocidade dos ventos mais instável caracteriza-se a atmosfera. A direção preferencial dos ventos na região de Sete Lagoas é de origem de leste.

FIGURA 3.28 - Velocidade média dos ventos



### OBSERVAÇÕES REFERENTES AO DIAGNÓSTICO

Embora o autor tenha analisado os dados do período das Normais Climatológicas de 1961-1990, poderia ter utilizado mais recentes.

Entretanto, o estudo climatológico da atividade de Lavra a céu aberto – Minerais não metálicos do estudo 3, foi o que mais se aproximou do atendimento pleno do TR GER001, e quando analisado sob o crivo do TR específico, atenderam plenamente à exigência.

**GRUPO B - Diagnósticos climatológicos analisados aplicados aos processos de licenciamento ambiental (Tabela 4) Grupo B Linhas 4, 5 e 6 – Atividades industriais / Indústria Metalúrgica e Outras**

## GRUPO B 4

### **Diagnóstico Estudo de Impacto Ambiental – João Monlevade – Minas Gerais**

O primeiro tópico do estudo utilizado para o desenvolvimento da presente resenha, descreve as fontes utilizadas para a confecção do diagnóstico climatológico que compôs o Estudo de Impacto Ambiental - EIA, para empreendimento localizado no município de João Monlevade, Minas Gerais. Foram utilizados dados retirados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE e do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, o primeiro para os dados que caracterizaram os contextos regionais e o segundo para dados de contextos locais.

No segundo tópico, “A circulação de larga e mesoescala”, cita alguns estudos das décadas de 70 e 80, que auxilia na caracterização da circulação atmosférica de um determinado local ou região. Na região de João Monlevade, a partir dessas referências, observa-se o sistema Hadley-Walker, sistema de escala sinótica (Frentes Polares - FP) que possui características geográficas geradoras de sistemas de ordem regional e local, ressaltando-se que este é responsável pela manutenção de ventos predominantes de leste em todo o cinturão intertropical.

Foram utilizadas também nessa caracterização, as considerações de Ayoade que discrimina o Anticiclone do Atlântico Sul. Este, durante o período que envolve os meses de abril a setembro, de modo em geral, garante a estabilidade atmosférica, forte insolação e baixa nebulosidade sobre toda a região em estudo. Já no período de outubro a março, na região e ainda considerando-se o sistema Hadley-Walker, observa-se o início da precipitação em grande parte do Brasil. Tem-se também a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), esta é responsável pela precipitação de grandes volumes de chuvas.

Foram citados e explicados, alguns fenômenos climáticos que afetam e provocam alterações nas condições atmosféricas da região de estudo. O primeiro descrito foi o *El Niño*, este causa queda nos índices pluviométricos, quando comparados com os habituais, principalmente quando verificado aquecimento nas águas Pacífico Equatorial (El-Niño), a ZCIT instala-se mais ao norte do que sua posição normal sobre o Atlântico tropical, e assim os ventos alísios de NE, são mais fracos.

Outro fenômeno influente na região é o Jato Subtropical, este ocorre próximo a descontinuidade da Tropopausa, em torno de 25° de latitude, no extremo do sistema de Hadley, estes apresentam uma variação interanual em altos níveis de pressão, que podem ser observados no inverno. Segundo algumas pesquisas já realizadas, verificou-se que estes “jatos” podem ocasionar alguns casos de precipitação, ou o inverso, bloqueios de frentes polares advindas da região sul, em altos níveis.

Na região de João Monlevade tem-se também a interferência do Jato Polar ou Extratropical, este apresenta velocidade média de 125 km/h no inverno e aproximadamente a 62,5 km/h no verão. A velocidade pode chegar a 350 km/h. A diferença sazonal é devida ao gradiente mais forte de temperatura que existe em latitudes médias durante o inverno. Durante o inverno, o jato polar pode desviar-se em direção ao equador até 30° de latitude. No verão, sua posição média é usualmente em torno de 50° de latitude. Como a frente polar, o jato polar não é uniformemente bem definido ao redor do globo. Onde a frente polar é bem definida, com grandes gradientes de temperatura, os ventos no jato são acelerados. O jato não tem uma trajetória retilínea leste-oeste, mas apresenta ondulações, com grande componente norte-sul.

Já os Vórtices ciclônicos em altos níveis, outro fenômeno que gera influência nas condições atmosférica da região estudada, são caracterizados no texto utilizado por uma área onde os ventos nos níveis mais altos da atmosfera giram no sentido horário, fazendo com que o ar seco desses níveis mais altos da atmosfera gire no sentido horário, fazendo com que o ar seco, desses níveis mais altos desça para a superfície.

Nesse sentido, o VCAN funciona como uma massa de ar seco para as áreas que estão mais próximas ao seu centro, já nas bordas deste sistema, ocorre a formação de nuvens.

E por fim, foram citados os Complexos convectivos de mesoescala e os Distúrbios Ondulatórios de Leste. O primeiro refere-se à presença de um jato em baixos níveis (850 hPa) de norte que proporciona forte advecção de ar quente e úmido e estão associados a chuvas torrenciais, rajadas violentas de vento, granizo e descargas atmosféricas. E o segundo, os Distúrbios Ondulatórios de Leste, refere-se:

As condições de tempo relacionadas a estas ondas são: bom tempo associado à subsidência a oeste do cavado e mau tempo a leste do cavado; na baixa troposfera, a onda se move mais lentamente que a corrente básica, e possui um núcleo de ar mais frio que a vizinhança; a intensidade máxima da onda se dá em torno de 700 hPa a 500 hPa, e a inclinação é para leste com a altura. Essas características são usadas até hoje na determinação dos distúrbios de leste (BRANDT, 2010).

No tópico “Parâmetros meteorológicos”, além das fontes citadas no início desta resenha (INPE e INMET), foi utilizado o pesquisador Nimer (referência em assuntos climáticos), com a sua classificação de Climatologia do Brasil. Foram utilizados os dados da Estação Climatológica de Governador Valadares, no período de 1961 a 1990, do INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. Através dessa estação foram analisados os parâmetros de precipitação, temperatura, evapotranspiração e balanço hídrico climatológico.

A referida estação foi escolhida a partir da classificação definida por Nimer (1979, Climatologia do Brasil) e levou-se em consideração que o tipo climático dos municípios de Governador Valadares e João Monlevade é o Tropical Quente Semi-úmido.

Para os dados de precipitação foi observado que o período de seca na região de estudo ocorre entre maio e setembro, e a precipitação mínima ocorre no mês de julho (aproximadamente 12 mm). Já o período chuvoso abrange o intervalo de outubro ao final de abril, e as máximas geralmente ocorrem em janeiro (203,9 mm). A precipitação média total anual é de 1.113,8mm.

Os meses secos relacionam-se àqueles onde a temperatura é menos elevada, o que ocasiona menor taxa de evaporação de água para a atmosfera, e, portanto, menor nebulosidade.

Em agosto, já com o início do aumento da temperatura, aumenta a taxa de evaporação, que se repercute no aumento da nebulosidade, ocasionando um aumento gradativo na média de precipitação, na região de estudo.

Em relação às temperaturas da região, estas apresentam duas estações bem marcadas em relação à temperatura: uma estação quente, que inicia em setembro e termina em meados do mês de março e uma estação mais fria, que inicia no mês de abril

e termina com o mês de agosto. Os predomínios são de temperaturas medianas durante todo o ano, sendo a média anual de 24,5°C.

Quanto à evaporação esta é relacionada à variação das temperaturas. No período de temperaturas mais elevadas, a evaporação aumenta, enquanto no período de temperaturas mais baixas, a quantidade de água evaporada diminui.

Segundo dados retirados do (EIA da BRANDT, 2010), os meses de menor evaporação na região de estudo são de abril a julho, estes caracterizam o período seco na área, uma vez que não há disponibilidade de água suficiente para aumentar as coberturas de nuvens e, conseqüentemente, aumentar a precipitação.

Para os parâmetros de Balanço Hídrico Climatológico é possível verificar que o déficit hídrico se inicia em abril e finaliza em setembro, sendo que o mês de setembro é o de maior déficit hídrico. As chuvas de reposição ocorrem em outubro e novembro e, após a capacidade máxima de retenção de água pelo solo, entre dezembro e março, ocorrem os excedentes hídricos – quando os solos não conseguem mais absorver água, e essa passa a escoar livremente sobre a superfície – sendo dezembro e janeiro os meses de maiores excedentes.

No tópico de conclusão do texto utilizado, é apresentado um aparato geral das condições climáticas discriminadas para a região, nas quais estas são relacionadas como, por exemplo, relatado em (BRANDT, 2010), a cobertura vegetal, a manutenção da vegetação nativa disposta ao longo da área do empreendimento permite a manutenção de um micro-clima local próximo ao “natural” em virtude de suas características fisiológicas.

Outro fator importante no diagnóstico climático é em relação aos índices pluviométricos, estes são capazes de dimensionar os sistemas de drenagens que o empreendimento deve apresentar, foi constatado que a região apresenta meses de concentração pluviométrica.

Além disso, estes índices também foram fundamentais para a orientação dos cumprimentos de programas que exigem o plantio de espécies arbóreo-arbustivo, para a dissipação de poluentes particulados na atmosfera inerentes à atmosfera e para a execução de um eficiente Programa de Educação Ambiental que aborde questões relacionadas a sistemas hidráulicos racionais, com a premissa da diminuição do consumo de água

captada superficialmente, permitindo assim, a manutenção e uma boa vazão do corpo d'água em períodos de estiagem.

Mediante ao texto utilizado para a elaboração desta resenha foi verificado que o autor utilizou fontes e pesquisadores renomados, dentro do cenário relacionado aos assuntos climáticos, para a integração técnica do diagnóstico.

No entanto no tópico: A circulação de larga e mesoescala, e na parte do texto que cita os outros fenômenos climáticos existentes na região, foram passagens do estudo de difícil entendimento, uma vez que tais fenômenos foram apresentados de forma conceitual, proporcionando ao leitor dúvidas em relação de seu acontecimento ou não na região, de fato.

Com relação à fonte dos dados meteorológicos utilizados, foram analisados e considerados que as Normais Climatológicas da estação do INMET de Governador Valadares refletem a realidade de João Monlevade, o que não é verdade. O autor traz como justificativa a mesma classificação de clima segundo Nimer para ambos municípios.

Outro ponto limitante do texto é a falta de um tópico referente à metodologia do estudo, foram citados apenas as fontes e referências utilizadas para a construção do diagnóstico.

Quando se analisou este estudo considerando a exigência do TR GER001 para EIA-Rima observou-se que este apresentou informações incompletas.



## GRUPO B 5

VM, 2005. **VM FUNDIDOS LTDA.** Relatório de Controle Ambiental-RCA da atividade B-02-01-1 Siderurgia e elaboração de produtos siderúrgicos com redução de minérios, inclusive ferro-gusa, listada no grupo B – Indústria Metalúrgica e Outras, da Deliberação Normativa nº 74/2004, de 09 de setembro de 2004, do Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM. Pró Ambiente Engenharia Projetos e Consultoria Ltda.

O presente documento consiste em uma resenha de um diagnóstico de clima elaborado pela empresa Pró Ambiente Engenharia Projetos e Consultoria Ltda, para um Relatório de Controle Ambiental-RCA de um empreendimento de Siderurgia e elaboração de produtos siderúrgicos com redução de minérios, inclusive ferro-gusa, da empresa VM Fundidos Ltda., localizado no município de Sete Lagoas-MG.

Trata-se de um empreendimento enquadrado na Listagem B – Indústria Metalúrgica e Outras, da Deliberação Normativa nº 74/2004, de 09 de setembro de 2004, do Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM.

Os estudos climatológicos incluíram as análises dos parâmetros: Pluviometria; Temperatura; Umidade relativa do ar; Direção predominante e velocidade média dos ventos e Balanço hídrico.

### Caracterização climática

A definição dos parâmetros climatológicos e meteorológicos para a região estudada, teve como base de análise os dados monitorados pela estação meteorológica de Sete Lagoas, situado a aproximadamente 20 km de distância. Os dados permitem sua extrapolação para a área em estudo devido a homogeneidade nos parâmetros que vão definir as características climáticas para as duas regiões.

A classificação climática foi definida da seguinte forma:

- KÖPPEN – 1.936 - clima Temperado Chuvoso e quente – Cwa, com chuvas com chuvas de verão e estação seca bem definida.
- THORNTHWAITTE – 1.948 - clima regional úmido e mesotérmico, massas de ar polares, influenciam a região condicionando a uma queda de temperatura no inverno.

- NIMER & BRANDÃO – 1.989 - clima tropical sub-quente e sub úmido, com estação seca bem caracterizada atingindo em média de 4 a 5 meses. As altitudes de ocorrência variam entre 900 e 1.000 m e a temperatura média anual varia entre 18°C e 20°C.

Os dados coletados baseiam-se nas médias mensais de janeiro a dezembro de 2003, sendo que a normal climatológica refere-se à média dos dados coletados entre 1961/1990.

#### Pluviometria

A precipitação anual total é de 1.195,8 mm, com maior concentração no trimestre novembro/janeiro, contribuindo com 74,34% do total, sendo que o trimestre de junho/agosto, período mais seco, contribui com apenas 0,5% do total.

#### Temperatura

A temperatura média compensada varia no ano entre 17,7°C no mês de julho, e 23,6°C em dezembro, com média de 21,65°C. O trimestre dezembro/fevereiro representa o período mais quente. O trimestre maio/julho representa o período de temperaturas mais baixas.

#### Umidade relativa do ar

A umidade relativa do ar para a região apresenta uma média de 64,83%. O período de maior umidade ocorre no mês de janeiro, média de 80%, e o período de menor umidade ocorre em setembro com média de 57%.

#### Direção predominante e velocidade média dos ventos

A direção leste (E) representa a direção predominante dos ventos em praticamente todos os meses do ano, a exceção do mês de janeiro em que a direção predominante foi norte (N). A velocidade média dos ventos registrada para o período foi de 1,5 m/s, sendo que o período de maior intensidade dos ventos compreende o trimestre agosto/outubro,

com média de 1,8 m/s, e o de menor intensidade, trimestre março/maio, com média de 1,2 m/s.

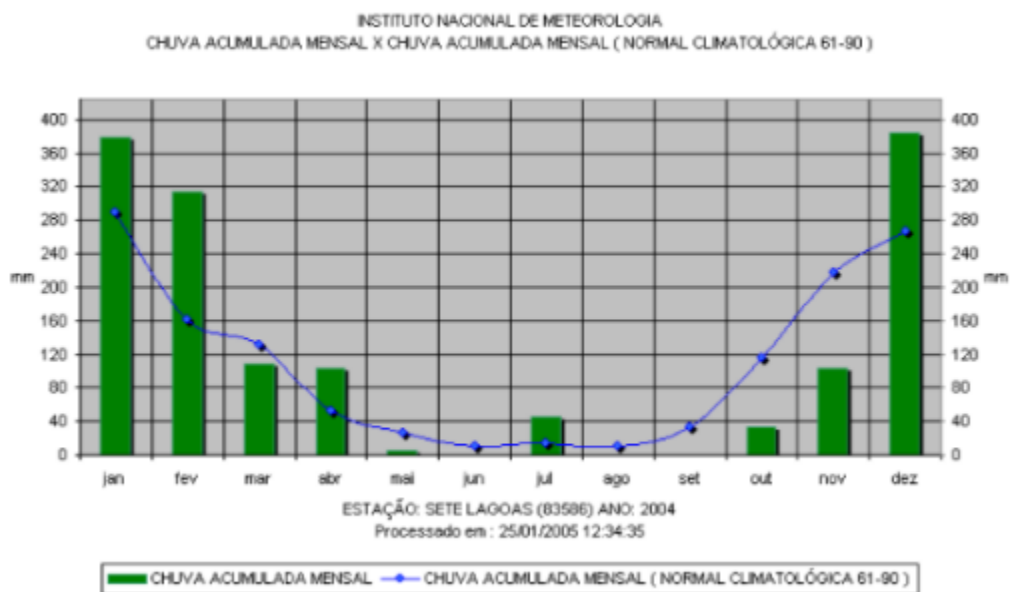


Figura 43 - Chuva Acumulada X Chuva Acumulada Mensal (Normal Climatológica) ano 2004.

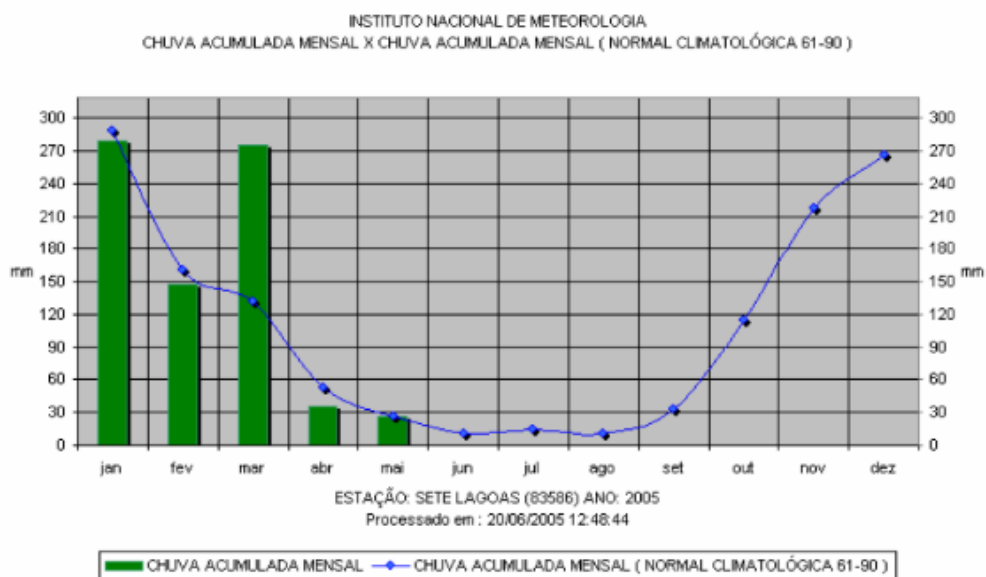


Figura 44 - Chuva Acumulada X Chuva Acumulada Mensal (Normal Climatológica) ano 2005

Com a finalidade de avaliar os índices de evapotranspiração, foi avaliado o balanço hídrico na região. Nos períodos de setembro a março existem contribuições positivas do saldo hídrico, sendo que seus maiores excessos ocorrem nos meses de

dezembro e janeiro. Em contrapartida, de meados do mês de março a meados de setembro, ocorre o período de déficit hídrico, estando aí compreendido o período de estiagem, sendo que seu período mais crítico ocorre em julho e agosto.

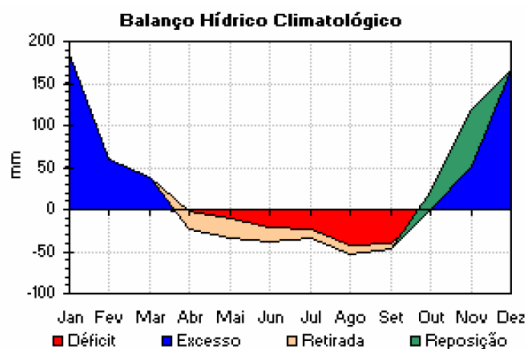


Figura 45 – Balanço Hídrico Climatológico - Estação Sete Lagoas (83586) MG  
Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia apud VM, 2005.

## DEFEITOS ENCONTRADOS NO DIAGNÓSTICO

Trata-se de um estudo frágil e com poucas informações relevantes referente ao clima local do empreendimento, sem quaisquer dados sobre a meteorologia sinótica. O autor traz três classificações climáticas (1-KÖPPEN – 1.936; 2-THORNTHWAITE – 1.948 e 3-NIMER & BRANDÃO – 1.989) sem compará-las e nem escolher a mais adequada.

Com relação à informação trazida pelos autores os dados das variáveis climáticas não apontam para uma conclusão para aplicação prática diretamente à atividade proposta, tão somente foram extraídos os dados das Normais Climatológicas de 1961-1990 para o diagnóstico climático, sem correlacioná-los aos demais temas.

Os dados a serem trabalhados deveriam ser de 1991 a 2016. Portanto, todos os gráficos deveriam usar este período, pois, a variabilidade climática de 1961 a 1990 não representa a variabilidade atual.

Nota-se a ausência de gráficos de Pluviometria, Temperatura, Umidade relativa do ar e Direção predominante e velocidade média dos ventos, que poderiam tornar a interpretação mais rica com a visualização dos resultados gráficos que poderiam ter sido

extraídos do site do INMET. Com relação ao balanço hídrico, o autor não traz o descritivo do gráfico com relação à reposição e retirada.

Quando se analisou este estudo considerando a exigência do TR GER001 para EIA-Rima observou-se que o mesmo apresentou informações incompletas.

## **GRUPO B 6**

BRANDT, 2017. **EIA GERDAU**. Atividade B-02-01-1 Siderurgia e elaboração de produtos siderúrgicos com redução de minérios, inclusive ferro-gusa, listada no grupo F – Indústria Metalúrgica e Outras, da Deliberação Normativa nº 74/2004, de 09 de setembro de 2004, do Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM. BRANDT Meio Ambiente.

Trata-se de um diagnóstico de clima elaborado pela empresa BRANDT Meio Ambiente Ltda., para um empreendimento cuja atividade é B-02-01-1 Siderurgia e elaboração de produtos siderúrgicos com redução de minérios, inclusive ferro-gusa, localizado no município de Ouro Branco-MG.

Esse empreendimento está enquadrado no grupo de atividades da Listagem F – Indústria Metalúrgica e Outras, da Deliberação Normativa nº 74/2004, de 09 de setembro de 2004, do Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM.

O diagnóstico climático avaliado neste Estudo de Impacto Ambiental (EIA), apresentou-se bem estruturado e objetivo, contendo a caracterização de fatores de larga e mesoescala que atuam na região do estudo, sendo avaliados os parâmetros meteorológicos temperatura, precipitação, umidade relativa do ar, direção predominante e velocidade médias dos ventos.

Os dados utilizados neste diagnóstico foram obtidos pelas estações meteorológicas instaladas pela empresa na cidade de Ouro Branco. O período analisado foi de 1989 a 2004.

### Clima e condições meteorológicas

#### **Fatores de larga e mesoescala**

A região em estudo sofre a influência de fenômenos meteorológicos de latitudes médias e tropicais, que imprimem à mesma, características de um clima de transição.

A circulação atmosférica na área é controlada pela presença de células de circulação termicamente diretas: células de Hadley e Walker.

A célula de Hadley é um sistema que tem como eixos os anticiclones subtropicais localizados sobre os oceanos, que por sua persistência e amplitude compõem o principal sistema de circulação de macro-escala atuante no Brasil. É importante para troca de energia entre altas e baixas latitudes, que permite o equilíbrio no balanço de energia terrestre (Moreira, 1999).

Conforme MUSK (1988), citado por Moreira (1999), a célula de Hadley possui variações longitudinais influenciadas pelos anticiclones; pelos ventos alísios, que sopram de NE e SE, em direção ao Equador; e pela Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) nas zonas de baixa pressão. A célula de Hadley é mantida pelo gradiente de temperatura Equador e Pólo e pela liberação de calor latente através do contínuo processo conectivo estabelecido na região da ZCIT. Este processo é o responsável pela abundante umidade disponível na região tropical (MOREIRA, 1999).

Na célula de Walker predomina uma circulação de sentido E-W (fria-quente) sobre o Oceano Pacífico. A baixa temperatura das águas associada à presença do Anticiclone do Pacífico Sul agrava as condições de estabilidade atmosférica, tornando esta região extremamente seca e fria, a despeito da presença de nuvens estratiformes (Moreira, 1999).

As duas células interagem entre si, de forma sistêmica e em função das condições oceânicas. Mudanças no comportamento de um destes componentes provoca alterações nos demais, forçando a atmosfera a buscar um novo ponto de equilíbrio dinâmico (Moreira, 1999).

A região de estudo encontra-se durante todo o ano sob o domínio do Anticiclone do Atlântico Sul (ASAS), que é um sistema estacionário, com temperaturas em seu interior bastante elevadas, principalmente no verão, devido à intensa radiação solar incidente; e com um elevado grau de umidade absoluta. Entretanto, apesar de ser um anticiclone quente e úmido, ocorre a predominância das condições de estabilidade

atmosférica, devido aos efeitos de subsidência (correntes verticais descendentes), que não permitem a formação de nuvens extensas e desenvolvidas. Este fato caracteriza a estabilidade de um sistema dessa natureza.

No verão, o ASAS atua sobre a parte leste do continente sul-americano, apresentando limite latitudinal de 14° S 33° S, incluindo grande parte do estado de Minas Gerais, inclusive a área de estudo. Nesta estação, o clima do estado de Minas Gerais é também influenciado indiretamente pela Baixa do Chaco, sistema puramente térmico gerado sobre o Chaco Paraguaio, formado a partir do grande aquecimento continental neste período. Este sistema é sazonal, uma vez que não ocorre no inverno, o que gera convergência do ar circunvizinho nos baixos níveis. Como resposta da atmosfera, surge uma perturbação anticiclônica nos níveis próximos à tropopausa sobre o Planalto Boliviano, denominada Alta da Bolívia.

Esses sistemas geram uma extensa faixa de convergência com a circulação N/NE proveniente do ASAS, que induz a penetração de umidade, sendo responsável pela estação chuvosa nas regiões central e sudeste do Brasil, incluindo o estado de Minas Gerais (Maia, 1986).

No inverno, a influência do ASAS sobre o Estado é intensificada devido à sua maior penetração continental, impondo condições predominantemente de pouca ou nenhuma nebulosidade e ausência de precipitação, caracterizando o período seco, eventualmente interrompido pelas penetrações de sistemas frontais de origem polar (Maia, 1986).

Além das células de circulação intertropical, componentes de sistemas de larga escala, as condições climáticas e meteorológicas são influenciadas por sistemas de meso escala, denominados sistemas transientes, que são as frentes polares, os anticlones polares móveis e as linhas de instabilidade tropical (Santos, 1999).

As massas polares atingem a região sudeste principalmente pelo oeste, segundo uma trajetória compreendida entre a Cordilheira dos Andes e o maciço brasileiro. Apresentam maior frequência no inverno, sendo também mais intensas e de maior dimensão. Devido à pouca umidade, as frentes frias formadas a partir do deslocamento das massas polares, embora causem quedas de temperatura, não geram precipitações

expressivas nessa estação. Entretanto, as poucas ocorrências de precipitação verificadas no inverno em Minas Gerais são causadas exclusivamente pela ação dessas frentes.

As linhas de instabilidade (IT) associadas à umidade favorecem a formação de forte convecção, que contribui para os altos índices pluviométricos observados nas regiões norte, centro e sudeste, incluindo o estado mineiro. (SANTOS, 1999).

A associação entre uma FPA que chega ao Sudeste e as linhas de instabilidade forma a Zona de Convergência do Atlântico Sul - ZCAS - responsável por chuvas intensas e prolongadas, principalmente na primavera e verão (SANTOS, 1999).

Em termos locais, o clima da região de Ouro Branco é influenciado principalmente pelo relevo, destacando-se a presença da Serra de Ouro Branco, que influencia os valores espaciais da temperatura do ar e da precipitação.

### **Parâmetros meteorológicos**

A região apresenta dois períodos bem marcados em relação à temperatura: uma estação fria de maio a agosto, e uma estação quente de setembro a abril.

Nos meses de maio a agosto, a menor nebulosidade da área associada à frequente ocorrência de frentes frias contribui para a redução da temperatura, caracterizando o período de inverno.

Nos meses de setembro a abril, ocorre o enfraquecimento do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), favorecendo a ocorrência de temperaturas mais elevadas, caracterizando o período de verão.

A região apresenta temperaturas amenas ao longo do ano, com temperatura média anual de 21,8 °C. As temperaturas máxima e mínima acompanham a evolução da temperatura média ao longo do ano.

A análise das médias anuais da temperatura na área indica a ocorrência de sucessivos episódios de aumento e redução das temperaturas ao longo dos anos. Os picos de valores mais elevados ocorreram em 1990 (20,8 °C), 1998 (21,8 °C) e 2003 (22,4 °C). Os menores valores ocorreram em 1989, 1991, 1993 e 1994 (20,1 °C) e 1999 (20,2 °C).



A evolução das médias ao longo dos anos indica um aumento de 1,1 °C nas temperaturas, que subiram de 20,1 em 1989 para 21,2 em 2004.

A distribuição anual das precipitações na região indica a ocorrência de um regime pluviométrico tipicamente tropical, com concentração de chuvas no verão e com chuvas mais intensas de novembro a fevereiro.

O período seco compreende os meses de maio a setembro, sendo este o mês de maior escassez de chuvas.

O trimestre mais chuvoso, correspondente aos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, contribui, em média, com 63,7% do total anual de precipitação. O período mais seco, que se estende de junho a setembro, contribui com apenas 3% da precipitação total, evidenciando a ocorrência de duas estações, seca e chuvosa, bem definidas.

O regime de precipitação é influenciado pelos processos de larga escala. No inverno, a atuação do ASAS é intensificada, inibindo a ocorrência de chuvas na região. Além disso, a chegada de frentes frias e secas impede a ocorrência de processos convectivos de ascendência do ar, provocando decréscimo na precipitação. No verão, ocorre o enfraquecimento do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul e maior aquecimento das parcelas de ar, promovendo a ascendência das mesmas. A chegada de frentes frias das latitudes médias (sul) associadas às correntes perturbadas de oeste (conduzidas pelas linhas de instabilidade tropical) compõem os sistemas frontais, principais responsáveis pela grande precipitação neste período.

O histórico de precipitação total na área indica que o ano mais chuvoso foi 1992 com média de 1967,9 mm de chuva; e 1993 o ano menos chuvoso, com média de 789,3 mm. Exceto os anos de 1990 (807,6 mm), 1993 (789,6 mm) e 1994 (884,9 mm), os demais anos apresentaram média de precipitação acima de 1000 mm.

A evolução dos valores de precipitação ao longo dos anos está, provavelmente, associada aos fatores de larga escala, como a maior ou menor atuação do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS).

A umidade relativa do ar apresenta episódios de ascensão e queda durante o ano. Os picos acontecem nos meses de janeiro (74%), junho (70%) e dezembro (74,1%). Os

menores valores, oriundos de quedas bruscas, acontecem nos meses de março (66%) e setembro (57%).

A evolução dos valores médios anuais indica uma redução na umidade relativa ao longo dos anos, caindo de 80% em 1989 para 69% em 2004 (Figura 5.21). Este comportamento pode estar associado a fatores de larga escala ou a fatores locais, como a diminuição de cobertura vegetal e maior impermeabilização do solo, que diminuem as taxas de evaporação e transpiração de vapor d'água para a atmosfera.

No período de 1989 a 2004, a direção predominante dos ventos na região foi a SE (ventos provenientes de sudeste), representando 35,7% das observações efetuadas no período. A direção N foi a segunda direção de maior ocorrência, representando 25% do total observado. A direção S correspondeu a 14,3 % das observações efetuadas, enquanto que os ventos provenientes de E e NE ocorreram com menor frequência, representando 10,7% das observações para cada uma das direções.

Com relação à velocidade dos ventos, a média histórica foi de 2,7 m/s, com menor velocidade de 2,0m/s em 1996 e maior velocidade de 3,1 m/s em 1997.

## DEFEITOS ENCONTRADOS NO DIAGNÓSTICO

Neste estudo a qualidade dos dados apresentados foi muito boa. No momento da apresentação do EIA/Rima para o Órgão Ambiental a série de dados coletados na estação meteorológica instalada na empresa era de 16 anos de informações.

Nota-se que de 2004 para 2016 existem mais 12 anos de dados para serem utilizados em estudos ambientais.

Entretanto, para fins de comparação, poderiam ter utilizados os dados das Normais Climatológicas da Estação do INMET em Ouro Branco.

Outro fato que merecia mais atenção é uma definição mais clara do que seria o clima de transição. Um dos itens mais importantes de um diagnóstico é justamente a caracterização climática da região de estudo e a metodologia utilizada para correto levantamento. Quando se analisou este estudo considerando a exigência do TR GER001 para EIA-Rima observou-se que o mesmo apresentou informações incompletas.

**GRUPO C - Diagnósticos climatológicos analisados aplicados aos processos de licenciamento ambiental (Tabela 4) Grupo C Linhas 7, 8 e 9 – Atividades industriais / Indústria Química**

## **GRUPO C 7**

BRANDT, 2017. **EIA Celulose Nipo-brasileira S.A. – CENIBRA.** Atividade C-01-01-05 Fabricação de Celulose, listada no grupo C – Indústria Química, da Deliberação Normativa nº 74/2004, de 09 de setembro de 2004, do Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM. BRANDT Meio Ambiente.

Trata-se de um diagnóstico de clima elaborado pela empresa BRANDT Meio Ambiente Ltda., para um empreendimento cuja atividade é C-01-01-05 Fabricação de Celulose, localizado no município de Belo Oriente-MG.

O empreendimento enquadra-se na Listagem C – Atividades Industriais (Indústria Química) da Deliberação Normativa nº 74/2004, de 09 de setembro de 2004, do Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM. O código da atividade é o C-01-01-05 Fabricação de Celulose e a classe foi enquadrada em 6.

O diagnóstico climático avaliado neste Estudo de Impacto Ambiental (EIA), apresentou-se bem estruturado e com grande riqueza de informações, contendo a caracterização climática, sendo avaliados ainda os parâmetros meteorológicos de temperatura, precipitação, umidade relativa do ar, direção predominante e velocidade médias dos ventos.

Os dados utilizados neste diagnóstico foram obtidos da estação meteorológica da empresa na cidade de Belo Oriente. O período analisado foi de 2000 a 2008.

### **Caracterização Climática**

O conhecimento das características estruturais da convecção tropical é importante para a compreensão da organização individual das células convectivas e sua interação com a circulação em grande escala. Vários tipos de sistemas foram estudados na década de 70 e início dos anos 80, definindo-se diferentes tipos de sistemas convectivos de mesoescala (SCM) tais como: linhas de instabilidade e Complexos Convectivos de Mesoescala.

Situada na região intertropical do globo, a região de Belo Oriente (MG) tem a circulação atmosférica e suas características climáticas explicadas a partir da interação do modelo de larga-escala, termicamente forçada, representado pelo sistema Hadley-Walker, os sistemas de escala sinótica (Frentes Polares - FP) e as características geográficas geradoras de sistemas de ordem regional e local.

“O sistema Hadley-Walker apresenta movimentos de ar ascendentes nas regiões onde a atmosfera está sendo aquecida pela liberação de calor latente da condensação de nuvens convectivas profundas”. (Climanálise, 1986,4)

Por outro lado, verificam-se movimentos de subsidência atmosférica nas latitudes subtropicais o que inibe a formação de nuvens e a precipitação. O sistema Hadley-Walker é determinante na compreensão da dinâmica atmosférica e é responsável pela manutenção de ventos predominantes de leste em todo o cinturão intertropical.

Conforme Ayoade (1998), as baixas latitudes são dominadas por ventos predominantes de leste - os alíseos - que, originários do Anticiclone do Atlântico Sul (AAS) compõem o sistema de circulação de larga-escala. Sua forte influência é sentida durante todo o ano, impondo à região as características de sua área de origem. Sob sua influência predominam condições de estabilidade atmosférica e temperaturas elevadas, fatos relativizados pela interação com a superfície subjacente.

A predominância da atuação do Anticiclone do Atlântico Sul durante o período que se estende de abril a setembro, de modo em geral, garante a estabilidade atmosférica, forte insolação e baixa nebulosidade sobre toda a região em estudo.

Durante o período primavera-verão o aquecimento solar intenso sobre o continente sul-americano desloca o ramo ascendente da circulação Hadley-Walker para o Hemisfério Sul e observa-se o início da precipitação em grande parte do Brasil (Climanálise, 1986).

Ainda durante o verão configura-se a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), um eixo de intensa atividade convectiva, de orientação NW-SE, que funciona como uma espécie de calha que conduz a umidade oriunda da Amazônia para as regiões Centro-Oeste e Sudeste. Ancorada por sistemas frontais, esta configuração sinótica é

responsável pela precipitação de grandes volumes pluviométricos, numa configuração sinótica que pode durar vários dias até vir se dissipar.

Os sistemas frontais são originários das latitudes extratropicais e possuem vital importância para a climatologia da região e entorno de Belo Oriente. No verão produzem instabilidade e forte nebulosidade associada. Os sistemas frontais são acompanhados por anticiclones polares móveis. Durante o inverno a atuação dos Anticiclones Polares Móveis (APM) produz condições de redução das temperaturas médias. Sob sua influência registram-se as temperaturas mínimas absolutas.

A região de Belo Oriente (MG) é afetada pela maioria dos sistemas sinóticos que atingem o sul do país, com algumas diferenças em termos de intensidade e sazonalidade do sistema. Vórtices ciclônicos em altos níveis, oriundos da região do Pacífico, organizam-se com intensa convecção associada à instabilidade causada pelo jato subtropical. Linhas de instabilidade pré-frontais, geradas a partir da associação de fatores dinâmicos de grande escala e características de meso-escala são responsáveis por intensa precipitação, segundo Cavalcanti *et al.* (1982).

A região é caracterizada pela atuação de sistemas que se associam características de sistemas tropicais com sistemas típicos de latitudes médias. Durante os meses de maior atividade convectiva, a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) é um dos principais fenômenos que influenciam no regime de chuvas nessa região. O fato da banda de nebulosidade e chuvas permanecerem semi-estacionárias por dias seguidos favorece a ocorrência de inundações nas áreas afetadas.

Os sistemas frontais que atuam durante o ano todo sobre a região são um dos maiores causadores de distúrbios meteorológicos na área. O deslocamento desses sistemas está associado ao escoamento ondulatorio de grande escala. A intensificação ou dissipação dos mesmos está relacionada com as características atmosféricas da região, denominadas de regiões frontogênicas, ou seja, locais onde as frentes podem se intensificar ou podem se formar.

Durante o regime de verão, as frentes frias ao ingressarem no sul do país, associam-se a um sistema de baixa pressão em superfície sobre o Paraguai conhecida como Baixa do Chaco e intensificam-se. Estes sistemas, neste período, frequentemente

ficam semi-estacionados na região de Belo Oriente, devido à presença de vórtices ciclônicos em altos níveis. A permanência dos sistemas frontais sobre esta região organiza a convecção tropical e caracteriza a formação de ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul) escoando grande parte da umidade da região amazônica para a região Sudeste, e, é claro para a região de Belo Oriente.

Outros fenômenos de frequência menos intensa e mais irregular atuam na região de Belo Oriente (MG) e provocam mudanças significativas nas condições atmosféricas local.

## **Outros Fenômenos**

### A interferência do El - Niño

O evento do El Niño/Oscilação Sul (ENOS) de 1982-1983 foi um dos mais intensos e afetou o tempo e clima da América do Sul de várias maneiras. Este período (Janeiro/Fevereiro 82/83) foi caracterizado por possuir o menor índice pluviométrico nos últimos 50 anos. Anos de El-Niño muito intenso, como foram os anos de 1925-26, 1976 ou 1982-83, a precipitação do verão foi mais baixa que nos anos normais.

Estudos realizados por Marengo e Hastenrath (1993), e que foram comprovados por estudos de modelagem do clima de Marengo et al. (1993), mostram que, durante anos de grande aquecimento das águas do Pacífico equatorial (El-Niño), a ZCIT situa-se anormalmente mais ao norte do que sua posição normal sobre o Atlântico tropical. Consequentemente os ventos alísios de NE são mais fracos.

### O Jato Subtropical

Em altos níveis da atmosfera, próximo à tropopausa, existe uma região onde a componente do vento zonal, de oeste, atinge valores máximos. Esta componente aumenta com a altura devido a existência de gradientes meridionais de temperatura. O escoamento caracterizado por valores máximos é denominado de Corrente de Jato.

Várias pesquisas já foram realizadas, onde direta ou indiretamente estudou-se a Corrente de Jato e assim pôde-se verificar sua importância associada a alguns casos de precipitação, ou o inverso, bloqueios de frentes polares advindas da região sul em altos níveis.

A posição longitudinal e a intensidade dos jatos no Hemisfério Sul apresentam, geralmente, uma variação interanual em altos níveis (200 hPa) que pode ser observada mais frequentemente no trimestre de inverno (JJA).

O trimestre de verão (DJF) o Jato Subtropical praticamente desaparece, prevalecendo o Jato Polar ou Extratropical. Durante os meses de Verão, no Hemisfério Sul, o jato em média fica situado entre 40° S e 50° S. No outono o Jato Subtropical apresenta-se bem definido e em processo de intensificação. A intensificação do jato é uma resposta ao gradual aumento do gradiente meridional de temperatura. Nos meses de Inverno (Junho, Julho, Agosto), o jato atinge a sua máxima intensidade e atuação sobre a América do Sul.

#### Vórtices ciclônicos em altos níveis

Os VCAN são definidos como sistemas fechados de baixa pressão, de escala sinótica, que se formam na alta troposfera. São comumente chamados de baixas frias, pois apresentam centro mais frio que a periferia. Com o auxílio de imagens de satélite meteorológico, observa-se que os VCAN, em determinadas situações, causam grande precipitação na região de Belo Oriente. Normalmente, estes vórtices originam-se no Oceano Pacífico e quando penetram no continente, ocorrem instabilidade e precipitação nos setores leste e nordeste do vórtice. Os vórtices ciclônicos possuem uma vida média que varia consideravelmente, uns duram apenas algumas horas, outros mais de duas semanas. Ocasionalmente, os vórtices ciclônicos intensificam-se para baixo na vertical e podem refletir no campo de pressão em superfície.

Os vórtices ciclônicos em altos níveis (VCAN) atuam sobre a região de Belo Oriente (MG) por um período de 1 ou 2 dias provocando chuvas e ventos fortes. Além de causar chuvas fortes na região os VCAN também estão muitas vezes associados à



ocorrência de baixas temperaturas que geralmente podem causar grandes prejuízos para a agricultura.

Apesar da grande influência dos VCAN no tempo da região, diversas características sinóticas desses sistemas (variações sazonais e interanuais, processos físicos envolvidos, manutenção, etc.) ainda não são bem conhecidas.

Os VCAN formam-se devido à pré-existência de um cavado frio em altos níveis de latitudes médias, que ao penetrar nos subtropicais pode ter uma inclinação meridional bem acentuada. Essa inclinação faz com que a parte do cavado, em baixas latitudes, tenha uma velocidade zonal inferior ao resto do cavado atrasando-se até desprender-se completamente. Desse modo, uma circulação ciclônica fechada nesta parte despreendida, ou seja, quando massas de ar de altas latitudes associadas com cavados estendidos, tornam-se despreendidas.

Os vórtices ciclônicos podem também ser classificados como "úmidos" ou "secos", dependendo da quantidade de nebulosidade associada. Os vórtices confinados na média e alta troposfera possuem pouca nebulosidade e são denominados secos. Os vórtices "secos", como descritos por Frank (1970), estão caracterizados por movimento descendente e seco no seu centro. Os vórtices que atingem os níveis mais baixos da troposfera possuem bastante nebulosidade, sendo chamados de vórtices "úmidos". A nebulosidade associada varia, ocorrendo muitas vezes intensa nebulosidade e precipitação e outras vezes o céu está quase claro. Isto sugere uma reversão na circulação vertical.

#### Complexos convectivos de meso-escala

A trajetória dos CCM subtropicais tem geralmente início na região a leste dos Andes numa latitude média de 25° S e sobre os vales dos rios Paraná e Paraguai. As condições de grande escala médias associadas ao CCM foram enfocadas tanto em Guedes (1985) como em Velasco e Fritsch (1987). A característica principal é a presença de um jato em baixos níveis (850 hPa) de norte que proporciona forte advecção de ar quente e úmido. A borda sul desse jato costuma coincidir com a posição do CCM denotando forte convergência de umidade.

Embora essa situação de grande escala seja favorável ao início do sistema convectivo, a evolução temporal subsequente não é inteiramente definida por essas características. Numa simulação numérica de um sistema convectivo de mesoescala, com características de CCM, realizada por Rocha (1992), mostra-se através de experimentos de sensibilidade, que a evolução do CCM está simbioticamente ligada à liberação de calor latente nos processos convectivos: sem essa fonte de energia o sistema decai rapidamente.

### Distúrbios Ondulatórios de Leste

Na atmosfera tropical, caracterizada por muita umidade e intensa atividade convectiva, são observados fenômenos meteorológicos em várias escalas de espaço e de tempo, desde a convecção cúmulos até a oscilação quase-bienal.

Em várias regiões da faixa tropical tem sido observada a presença de um fenômeno de tempo caracterizado por distúrbios nos ventos de leste, que vem sendo estudado há mais de quarenta anos. Estes distúrbios foram chamados de ondas de leste e foram encontrados no Pacífico leste e oeste, no Atlântico Norte e na faixa tropical perto da África.

As condições de tempo relacionadas a estas ondas são: bom tempo associado à subsidência a oeste do cavado e mau tempo a leste do cavado; na baixa troposfera, a onda se move mais lentamente que a corrente básica, e possui um núcleo de ar mais frio que a vizinhança; a intensidade máxima da onda se dá em torno de 700 hPa a 500 hPa, e a inclinação é para leste com a altura. Essas características são usadas até hoje na determinação dos distúrbios de leste.

Numa análise com uma escala relativamente menor, é possível apresentar especificações sobre a climatologia da região de Belo Oriente, localizada na bacia do rio Doce. Segundo a classificação de Köppen e apresentado pela ANA - Agência Nacional de Águas, identificam-se basicamente três tipos climáticos na bacia do rio Doce, a saber:

- o clima tropical de altitude com chuvas de verão e verões frescos, presente nas vertentes das serras da Mantiqueira e do Espinhaço e nas nascentes do rio Doce;

- o clima tropical de altitude com chuvas de verão e verões quentes, presentes nas nascentes de seus afluentes; e

- o clima quente com chuvas de verão, presentes nos trechos médio e baixo do rio Doce e de seus afluentes.

A precipitação média anual da bacia varia de 1.500 mm, nas nascentes localizadas nas serras da Mantiqueira e do Espinhaço, a 900 mm, na região da cidade de Aimorés (MG), voltando a crescer em direção ao litoral.

O regime climático de uma região é determinado pelas condições médias da circulação da atmosfera, pela sua localização em relação à fonte de umidade e também pela topografia.

A área em estudo localiza-se entre as latitudes 18° 00` S e 20° 30` S e entre a longitude 42° 00` W e 43° 45` W, no leste do Estado Minas Gerais, na região sudeste do Brasil.

### **Temperatura**

As variações das temperaturas médias são tipicamente tropicais: o intervalo observado vai de 19,6°C a 25,7°C. Regiões tropicais geralmente apresentam o intervalo de variação 20-25°C e são marcadas por, basicamente, duas sazonalidades.

A sazonalidade da variação das temperaturas interanuais da região ocorre de forma a corresponder com as estações verão (temperaturas mais altas) e inverno (temperaturas mais baixas). Como pode ser observado, o trimestre mais frio do ano corresponde aos meses junho (19,8°C), julho (19,6°C) e agosto (20,9°C); o trimestre mais quente, por sua vez, corresponde aos meses janeiro (25,3°C), fevereiro (25,7°C) e março (25,2°C). Tal comportamento está relacionado a alteração da quantidade de energia solar disponível no sistema terra-atmosfera, resultante da modificação do eixo de inclinação da Terra: no verão, no hemisfério sul, os raios solares incidem mais paralelamente sobre a região intertropical, e, portanto, enseja uma maior quantidade de energia sobre a superfície (W/m<sup>2</sup>), causando um aumento da temperatura. No inverno, a relação contrária causa a diminuição da temperatura do ar.

A variação das médias das temperaturas máximas acompanha o comportamento descrito acima: o trimestre mais frio do ano corresponde aos meses junho (27,8°C), julho (27,3°C) e agosto (28,6°C); e o mais quente aos meses janeiro (32,4°C), fevereiro (32,8°C) e março (32,9°C).

A variação das médias das temperaturas mínimas acompanha o comportamento descrito acima: o trimestre mais frio do ano corresponde aos meses junho (15,1°C), julho (14,2°C) e agosto (15,0°C); e o mais quente aos meses dezembro (20,9°C), janeiro (21,1°C), fevereiro (20,9°C) e março (20,9°C).

Em uma análise mais criteriosa do comportamento atmosférico da região, tais características da atmosfera local estão relacionadas à predominância de baixa nebulosidade no inverno que induz o registro das mínimas neste período do ano, proveniente da permanência de céu claro que induz a liberação de calor no período noturno para a atmosfera mais eficientemente, sem ser barrado pelas nuvens, um importante elemento do efeito estufa natural. Outro fator importante é a diminuição de energia solar que chega a Terra proveniente do eixo de inclinação neste período.

### **Precipitação**

A precipitação é uma das variáveis meteorológicas mais importantes para os estudos climáticos das diversas regiões do Brasil. Tal importância deve-se às consequências que elas podem ocasionar, quando ocorridas em excesso (precipitação intensa), tanto para os setores produtivos da sociedade, quanto para sociedade em geral (agricultura, transporte, hidrologia, etc.), causando enchentes, assoreamentos dos rios, quedas de barreiras, etc.

A distribuição pluviométrica na região de Belo Oriente foi de 1176,0 mm. Observa-se, também, que a precipitação da região é marcada por uma grande variação interanual (um período seco, correspondente ao inverno, e um chuvoso, correspondente ao verão). O mês de dezembro apresenta o período com maior precipitação (300,1 mm).

Os meses mais chuvosos estendem-se de novembro a março. Os meses de abril e outubro são meses de transição entre um regime e outro. O quadrimestre de maio-agosto (MJJA) em anos não anômalos, geralmente, é marcado pela estação seca na região. Os

meses com maior precipitação correspondem aos meses com maior número de dias com chuva (Figura 6.9), o que indica que a precipitação ocorre de forma bem distribuída ao longo dos meses. Contudo, devido a dinâmica atmosférica e a ação de vários elementos que se interagem e alteram esta dinâmica, tanto a estação seca quanto a chuvosa podem prolongar-se ou sofrerem atrasos.

Os meses de novembro (209,1 mm) e dezembro (300,1 mm) correspondem ao período de maior precipitação. Os meses de janeiro (150,5 mm) e fevereiro (161,4 mm) também apresentam alta precipitação, porém já reduzidas, se comparada aos dois meses anteriores. O mês de março (135,6 mm) apresenta também uma diminuição na quantidade de chuva precipitada, sendo que os próximos meses já apresentam precipitações abaixo de 100 mm. Este é o período da estiagem, quando a atividade convectiva se reduz bastante. A precipitação começa a dar sinais em setembro (35, mm); em outubro atinge 63 mm; o maior aumento, porém se dá do mês de outubro para o mês de novembro - o aumento é de 146,1 mm. Todo este comportamento está de acordo com o ciclo anual da atividade convectiva na região.

### **Umidade**

A umidade relativa do ar na região de Belo Oriente é bastante homogênea ao longo de todo o ano. Os valores registrados superam ao longo do ano, em média, 70% de umidade. O período com a menor umidade relativa média interanual do ar corresponde aos meses de agosto (73,1%), setembro (70,8%) e outubro (67,4%).

Durante o ano, o mês de junho é o que apresenta o maior valor de umidade relativa (82,1%), contradizendo os conceitos da climatologia para a região (tropical). Alguns fatores podem dar indício dessa aparente contradição. Apesar da atuação do anticiclone estar intensa no período de inverno, dando à região estabilidade e dificultando a penetração de massas de ar que trazem umidade, fatores de ordem local podem estar interferindo no comportamento da umidade relativa, como, por exemplo, a cobertura vegetal, topografia e circulação dos ventos locais. Contudo, se faz necessário uma investigação de maior rigor científico no que se diz respeito a essa aparente contradição.

Foi realizada uma tentativa de diagnosticar possíveis alterações ou mudanças climáticas no comportamento das temperaturas. Contudo, os valores atestam que no intervalo de tempo monitorado, nos últimos sete anos não há indícios de alterações na temperatura local. Os anos analisados estiveram dentro da climatologia esperada para a região. O que se vê são apenas oscilações perfeitamente admissíveis em se tratando de um fluido como a atmosfera.

Ainda, tentou-se diagnosticar como vem comportando as oscilações do regime de chuva na região de Belo Oriente. Os valores nos atestam que o ano de 2003 e 2007 estiveram bem abaixo da climatologia esperada para a região. O ano de 2005 também foi bem atípico, mas com anomalia positiva em relação a média histórica esperada para a região, superior a 1.800 mm. Os demais anos tiveram comportamento médio esperado.

Os anos de 2002 e 2004 foram os que mais apresentaram umidade em relação aos demais anos. Contudo, os valores entre um ano e outro não são tão representativos, demonstrando certa homogeneidade da umidade relativa do ar. Os demais anos registraram valores na casa dos 73% e 79% .

## **Ventos**

Conforme já descrito, a região de Belo Oriente (MG) tem a circulação atmosférica e suas características climáticas explicadas a partir da interação do modelo de larga-escala, representado pelo sistema Hadley-Walker. Sabe-se, contudo, que a região de estudo é dominada por ventos predominantes de leste-originários do Anticiclone do Atlântico Sul (AAS). Sua forte influência é sentida durante todo o ano, impondo à região as características de sua área de origem.

A direção e velocidade preferencial dos ventos foram caracterizadas a partir dos dados obtidos nos monitoramentos dos anos de 2004 e 2005, e, posteriormente 2006 a 2008, considerando a estação meteorológica instalada nas dependências da planta industrial da Fábrica, identificada como Estação da Fábrica.

Através dos dados da estação meteorológica da Fábrica, foram identificados dois grupos direcionais distintos de direção preferencial de ventos, correspondendo aos ventos NNE - SSW em sua maioria, aproximadamente 10% do total dos dados avaliados e ventos

SSE - NNW como segunda rota preferencial. Cabe ainda ressaltar que o índice de calmaria foi identificado como 66% dos valores considerados. O estado de calmaria foi considerado para os ventos com velocidades inferiores a 1,0m/s.

Já no intervalo de 2006-2008 os ventos tiveram predominância de 50% de SE, 10% de E e 40% de NE, refletindo assim muito mais a climatologia esperada para o escoamento superficial dos ventos na região que o intervalo de 2004-2005.

O comportamento médio da velocidade dos ventos considerando o intervalo de 2001-2008. Os ventos na região do empreendimento não ultrapassam 1,65 m/s ao longo do ano. O mês que apresentou maior estabilidade atmosférica foi junho (0,71 m/s). Isto pode ser explicado pelo fato de que esse período (inverno) é caracterizado por uma maior estabilização da atmosfera, promovida pela atuação do Anticiclone do Atlântico Sul.

O comportamento das velocidades máximas é caracterizado por ventos de maior velocidade no verão e ventos de menor intensidade no inverno. Os valores registrados no verão não ultrapassam a 4 m/s e no inverno, inferiores a 3 m/s. Se comparada à média histórica do Brasil a região está entre as áreas com menor índice de velocidade dos ventos, conforme pode ser observado nos estudos realizados pela ANEEL e a iniciativa privada durante mais de uma década (ver [www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br)).

## DEFEITOS ENCONTRADOS NO DIAGNÓSTICO E RECOMENDAÇÕES

Embora se tenha realizado um excelente diagnóstico, trazendo informações de larga e mesoescala, a classificação climática utilizada foi a de Köppen. A classificação de Nimer é mais recomendada, pois, as características do clima de uma região são determinadas a partir de um conjunto de fatores climáticos, sobretudo a circulação atmosférica, e os elementos climáticos pluviosidade e temperatura.

Sugere-se como modelo para empreendimentos da Indústria Química a seguinte estrutura de diagnóstico climatológico: Diagnóstico regional e local, com análise variáveis

determinantes para a melhor qualidade do ar, como a modelagem de dispersão de poluentes.

A proposta não somente atenderia ao Termo de Referência da SEMAD, como também traria uma análise pormenorizada de todas as variáveis mais importantes no tocante às atividades da indústria química.

Quando analisam-se os estudos sob a exigência do TR GER001 para EIA-Rima o estudo apresentou informações incompletas.

Para os casos da indústria química recomenda-se que seja utilizado o TR GER001 para as atividades com potencial poluidor grande para que o diagnóstico climatológico possa ser elaborado de forma completa.



## **GRUPO C 8**

BOMBRIL, 2012. **RCA BOMBRIL S/A** – Sete Lagoas-MG. Atividade C-04-11-1 Fabricação de sabões e detergentes e C-04-12-1 Fabricação de preparados para limpeza e polimento, listada no grupo C – Indústria Química, da Deliberação Normativa n° 74/2004, de 09 de setembro de 2004, do Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM.

Trata-se de um diagnóstico de clima elaborado pela própria empresa, para um empreendimento cuja atividade é C-04-11-1 Fabricação de sabões e detergentes; C-04-12-1 Fabricação de preparados para limpeza e polimento listadas no grupo C – Indústria Química, localizada no município de Sete Lagoas-MG. Encontrava-se em fase de licença de instalação LI (LP+LI), entretanto não informou a classe do empreendimento. Todavia a classificação foi possível ser localizada no FOB, classe 5.

O diagnóstico climático avaliado neste Relatório de Controle Ambiental (RCA), trouxe informações sobre os parâmetros meteorológicos, entretanto as informações não fazem correlações com outros aspectos ambientais.

### **Clima**

O clima da região caracteriza-se de temperado a seco, com temperaturas médias de 22,9 °C e índice médio pluviométrico anual de 1.260 mm. Observa-se uma média de 76,5 dias de chuva por ano. O período seco situa-se entre os meses de maio a setembro período nos quais a média histórica indica precipitações inferiores a 22,9 mm. O mês de dezembro é o mais chuvoso com precipitação máxima girando em média de 58 mm. O mês de janeiro apresenta-se igualmente chuvoso com média de 50 mm.

A velocidade dos ventos varia muito pouco no decorrer do ano, atingindo médias mensais entre 0,5 a 4,0 m/s. Na região de Prudente de Moraes, tem-se para o mês de janeiro ventos com direção predominantemente NW, com velocidade média de 1,6 m/s, o mesmo ocorrendo para o mês de julho, porém com velocidade média de 1,8 m/s.

### **Defeitos encontrados no diagnóstico e recomendações**

O autor não identificou a fonte de dados de onde foram extraídas as informações. Ainda, não apresenta qualquer representação gráfica com relação aos dados de precipitação, temperatura, velocidade e direção de ventos. Não define de qual estação foram retirados esses dados. Não apresentou uma metodologia para a classificação climática, sendo que a metodologia de Nimer é a mais recomendada. Ainda, o autor não traz informações a respeito da climatologia sinótica e os principais mecanismos atmosféricos. Recomenda-se que seja utilizado o TR GER001 para as atividades com potencial poluidor grande para que o diagnóstico climatológico possa ser elaborado de forma completa.

## GRUPO C 9

Itamix, 2009. **RCA Itamix** – Itabira-MG. Atividade C-10-01-4 Usina de Produção de Concreto Comum, listada no grupo C – Indústria Química, da Deliberação Normativa nº 74/2004, de 09 de setembro de 2004, do Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM. WE Engenharia Ltda.

Trata-se de um diagnóstico de clima elaborado pela empresa WE Engenharia Ltda, para um empreendimento cuja atividade é C-10-01-4 Usina de Produção de Concreto Comum, localizado no município de Itabira-MG. O autor não trouxe informações sobre a fase do licenciamento, entretanto no FOB identifica-se tratar de uma LO.

O diagnóstico climático avaliado neste Relatório de Controle Ambiental (RCA), trouxe informações sobre os parâmetros meteorológicos e uma classificação climática segundo IBGE, entretanto as informações não fazem correlações com outros aspectos ambientais.

### Clima

O clima da região pode ser enquadrado como tropical, sub-quente, semi-úmido, segundo a classificação adotada por NIMER (IBGE, 1989), o qual se caracteriza pela existência de uma estação seca bem definida, com duração de quatro a cinco meses.

As áreas de clima sub-quente apresentam pelo menos um mês com temperatura média inferior a 18°C. A temperatura média anual é quase sempre inferior a 22°C.

O balanço hídrico elaborado a partir dos dados coletados na estação meteorológica de Itabira (NIMER E BRANDÃO, IBGE, 1989 *apud* Itamix, 2009) situada na mesma região e enquadrada no mesmo domínio climático, permite a verificação de importantes parâmetros hidrológicos e climáticos:

- Precipitação média anual (PRE) = 1.508,8mm
- Evapotranspiração potencial (EP) = 901,1mm
- Precipitação efetiva (PEF= PRE-EP) = 608mm

- Evapotranspiração Real (ER) = 821mm
- Excedente hídrico (nov. a março:  $EXC=PRE-ER$ ) = 688mm
- Déficit hídrico (maio a set.:  $DEF=EP-ER$ ) = 80mm

### **Defeitos encontrados**

O autor não apresenta qualquer representação gráfica do mapa de clima do Brasil conforme citado e nem gráficos com dados de precipitação, temperatura, evaporação e balanço hídrico climatológico. Entretanto não ficou claro quais Normais Climatológicas foram utilizadas.

Ainda, o autor não traz informações a respeito da climatologia sinótica e os principais mecanismos atmosféricos.

Quando se analisou este estudo considerando a exigência do TR GER001 para EIA-Rima observou-se que eles apresentaram informações incompletas. Recomenda-se a utilização do TR GER001 para elaboração de diagnósticos climatológicos para as atividades com potencial poluidor grande de forma que possa atender as diretrizes.

**GRUPO D - Diagnósticos climatológicos analisados aplicados aos processos de licenciamento ambiental processos de licenciamento ambiental (Tabela 4) Grupo D Linhas 10, 11 e 12 – Atividades industriais / Indústria Alimentícia**

## **GRUPO D 10**

BRANDT, 2017. **EIA PROJETO COCA-COLA**. Atividade D-02-07-0 Fabricação de refrigerantes (inclusive quando associada à extração de água mineral) e de outras bebidas não alcóolicas, exclusive sucos, listada no grupo D – Indústria Alimentícia, da Deliberação Normativa nº 74/2004, de 09 de setembro de 2004, do Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM. BRANDT Meio Ambiente.

Trata-se de um diagnóstico de clima elaborado pela empresa BRANDT Meio Ambiente Ltda, para um empreendimento cuja atividade é D-02-07-0 Fabricação de refrigerantes, pertencente à Coca-Cola, localizado na zona rural do município de Itabirito-MG.

Esse empreendimento está enquadrado no grupo de atividades da Listagem D – Indústria Alimentícia, da Deliberação Normativa nº 74/2004, de 09 de setembro de 2004, do Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM.

O diagnóstico climático avaliado neste Estudo de Impacto Ambiental (EIA), apresentou-se bem estruturado e conciso, contendo metodologia, caracterização climática regional e local, sendo avaliados os parâmetros pluviometria, déficit e superávit hídrico, temperatura, umidade relativa do ar, direção predominante e velocidade médias dos ventos e uma conclusão sobre esses parâmetros meteorológicos.

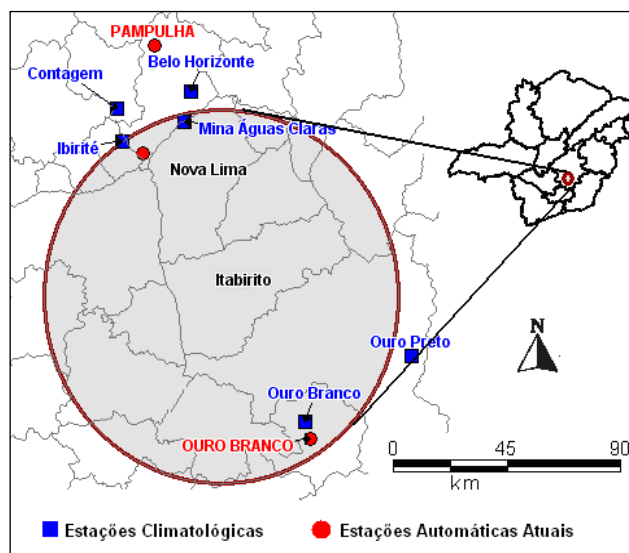
A metodologia adotada por BRANDT (2017) nesse diagnóstico parte da premissa da identificação da circulação atmosférica atuante no Estado de Minas Gerais e no município de Itabirito, com o objetivo de caracterizar os processos dinâmicos de larga escala que atuam no Brasil a fim de entender melhor o tempo e o clima na região de interesse. Posteriormente foi realizada uma análise detalhada dos principais parâmetros meteorológicos disponíveis, a fim de representar o comportamento histórico da região de Itabirito.

Os dados utilizados neste diagnóstico fazem parte das Normais Climatológicas (1961-1990) da cidade de Ouro Branco, e que compõe a Rede de Estações do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Após determinar a climatologia mais apropriada, as

informações foram inseridas no documento final no formato de gráficos, análises e outros recursos visuais.

As variáveis direção e velocidade do vento foram utilizadas por período de um ano (2008), oriundas da estação automática INMET, localizada também no município de Ouro Branco. Essa análise permitiu a avaliação e confirmação da direção do vento predominante na região de interesse. Apesar de esse parâmetro possuir variações locais e ser influenciada por fatores topográficos, as características geográficas e a curta distância em relação a cidade de Itabirito permitem tal análise, sendo metodologicamente aplicável. Para confirmação das direções predominantes dos ventos, foi elaborado gráfico com a média anual aplicada à região de interesse.

FIGURA 4.2 - Localização das Estações Climatológicas e Meteorológica utilizadas no laudo. Elaboração: ClimAgora - Fonte: INMET



#### 4.2.1.2 - Caracterização Climática Regional

Conforme a classificação do IBGE a área do empreendimento apresenta o tipo climático Tropical Subquente Semi-úmido com 4 a 5 meses secos, além de registrar temperatura média entre 15°C e 18°C em pelo menos um mês ao ano.

A região de Itabirito é influenciada pela maioria dos sistemas sinóticos que atingem o sul do país, com algumas diferenças em termos de intensidade e sazonalidade. As linhas de instabilidade pré-frontais, geradas a partir da associação de fatores dinâmicos de larga escala e características de mesoescala são responsáveis pelos eventos de precipitação

durante o verão. Os sistemas frontais que atuam durante o ano todo sobre a região são um dos maiores causadores de distúrbios meteorológicos na área. O deslocamento desses sistemas está associado ao escoamento ondulatório de grande escala, conforme figura 4.1.

Os sistemas frontais (SF) são originários das latitudes extra-tropicais e possuem vital importância para a climatologia da região Sudeste e para a região de Itabirito. No verão produzem instabilidade e forte nebulosidade associada. Os SF são acompanhados por massas de ar de origem polar que, durante o inverno produzem condições de queda acentuada das temperaturas. Sob sua influência registram-se as temperaturas mínimas absolutas nesta época do ano.

Segundo Ayoade (1998), as baixas latitudes são dominadas por ventos predominantes de leste, originários do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) que compõem o sistema de circulação de larga escala. Sua forte influência é sentida durante todo o ano, impondo à região as características de sua área de origem. Sob sua influência predominam condições de estabilidade atmosférica e temperaturas elevadas, fatos relativizados pela interação com a superfície subjacente. A predominância da atuação do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) durante o período que se estende de abril a setembro, de modo geral, garante a estabilidade atmosférica, períodos longos de insolação e baixa nebulosidade sobre toda a região em estudo (Figura 4.3).

O conhecimento das características estruturais da convecção tropical é importante para a compreensão da organização individual das células convectivas e sua interação com a circulação de larga escala. Observa-se na região de Itabirito, dois principais sistemas que proporcionam sistemas convectivos de mesoescala (SCM): são as Linhas de Instabilidade e os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM).

FIGURA 4.3 - Sumarização da atuação dos sistemas frontais, de escala sinótica, na região de Itabirito





FIGURA 4.4 - A atuação da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) no Estado de Minas Gerais



Dentro dos sistemas meteorológicos que atuam na região Sudeste do País durante o verão, inclui-se a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), que possui orientação NW-SE e funciona como uma espécie de corredor que conduz a umidade oriunda da Amazônia para as regiões Centro-Oeste e Sudeste. Esse sistema traz como consequência chuvas de intensidade variada, podendo perdurar de 4 a 14 dias. Ancorada por sistemas frontais, esta configuração sinótica é responsável por índices pluviométricos acima do normal até a vir

se dissipar (Figura 4.5). Trata-se de uma formação típica da região tropical e, salvo algumas exceções, exerce influência na região de Itabirito.

FIGURA 4.5 - Representação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), que influencia o tempo e o clima na região de Itabirito



Outros fenômenos de frequência menos intensa e mais irregular atuam na região Sudeste e provocam mudanças significativas nas condições atmosféricas local, com destaque para os anos de atuação do El Niño quando a precipitação é reduzida e anos de atuação de La Niña, quando os índices pluviométricos aumentam na região Sudeste do Brasil e, conseqüentemente na área de interesse.

#### 4.2.1.3 - Caracterização Climática Local - Região De Itabirito (MG)

##### 4.2.1.3.1 - Análise pluviométrica

A precipitação é uma das variáveis meteorológicas mais importantes para os estudos climáticos. Tal importância deve-se às conseqüências que elas podem ocasionar para os setores produtivos da sociedade, tanto nos aspectos econômicos, quanto sociais. Quando

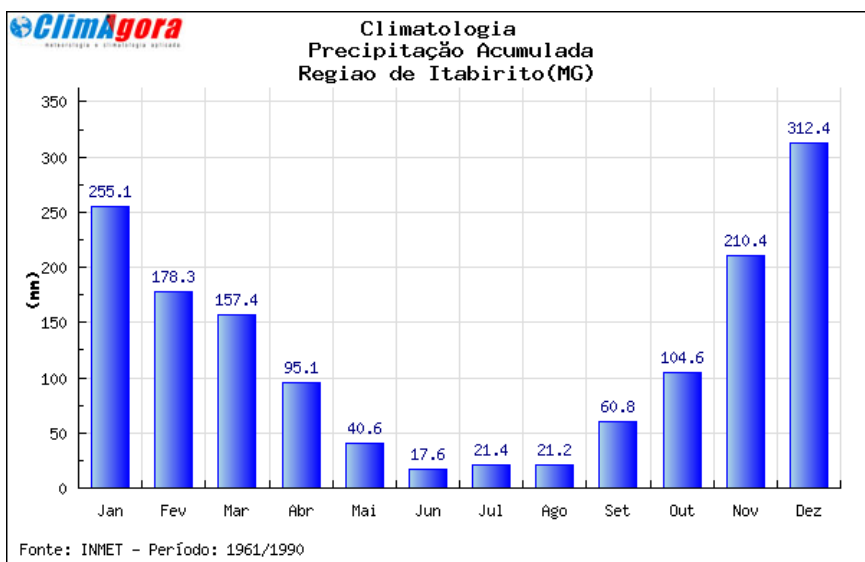
ocorridas em excesso, as chuvas podem proporcionar enchentes, assoreamentos dos rios, rompimento em barragens de rejeito, dentre outros transtornos.

Chuva intensa define-se como sendo aquela que registra um grande volume de água precipitada num curto espaço de tempo. Estas chuvas intensas ocorrem isoladamente ou associadas a outros sistemas meteorológicos. O total pluviométrico anual para a região de Itabirito é de 1474,9 mm, que por sua vez é marcado por uma grande variação intraanual (um período seco e chuvoso) com uma média mensal de 122,9 mm.

Os meses mais chuvosos correspondem ao período de outubro-março (Figura 4.6). Os meses de abril e setembro são meses de transição entre um regime e outro e são marcados pela estação seca na região. Contudo, devido à dinâmica atmosférica e fatores externos à mesma, tanto a estação seca quanto a chuvosa podem sofrer variações intra e interanuais.

A distribuição de chuva no trimestre novembro-dezembro-janeiro apresenta os meses de maior precipitação no período, um total de 777,9 mm. Por outro lado, no trimestre junho-julho-agosto, devido à baixa atividade convectiva, os valores não ultrapassam a 60,2 mm no total, pois a região fica sob a ação do Anticiclone do Atlântico Sul, induzindo um período de seca bem característico. Para trimestre mais seco, em alguns anos, não ocorre registro de chuva. Atividades diretamente relacionadas com a estrutura hídrica local devem ter planejamento estratégico baseado nos períodos citados (seco e chuvoso).

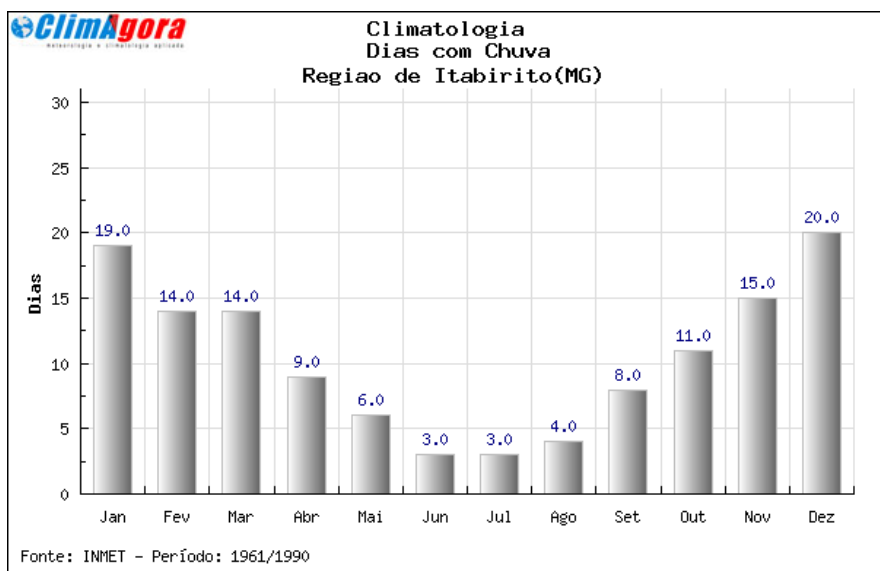
FIGURA 4.6 - Comportamento climatológico da precipitação (mm)



Os meses com maior número de dias de chuva ocorrem no período de outubro a março. Os meses de abril e setembro são meses de transição entre os regimes de chuva. A variabilidade intra e interanual favorecem para a extensão ou retração destes períodos.

Os meses de dezembro e janeiro apresentam destaque em relação ao número de dias de chuvas, somando 39 (trinta e nove) segundo a climatologia local. Por outro lado, no trimestre junho-julho-agosto, devido a baixa atividade convectiva, os dias de chuva não ultrapassam 10 (dez) dias somado os três meses (Figura 4.7).

FIGURA 4.7 - Comportamento climatológico do nº de dias de chuvas mensais



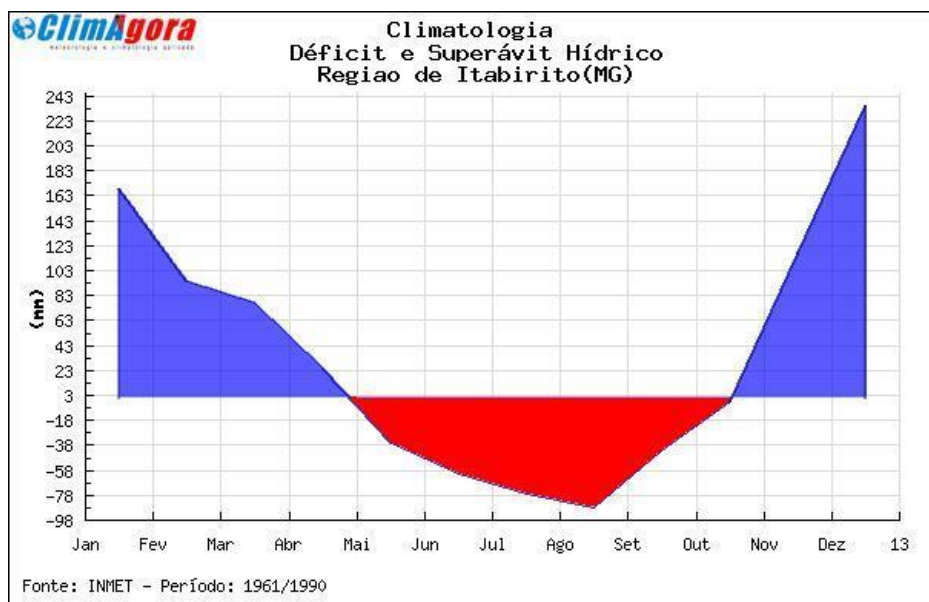
#### 4.2.1.3.2 Caracterização do déficit e superávit hídrico

A distribuição temporal e quantitativa da precipitação exerce influência no volume de água disponível para recarga do lençol freático em qualquer paisagem. A região de estudo apresenta característica irregular da pluviometria, com uma grande variação interanual.

De novembro a abril o sistema terra-atmosfera trabalha com balanço positivo, considerando a relação entre precipitação e evaporação ocorrida, que pode chegar até 240 mm em dezembro e 173 mm em janeiro. Devido a baixa significativa de precipitação no período de maio a meados de outubro, o sistema trabalha com déficit hídrico. Apenas na segunda quinzena de outubro é que o sistema supera as perdas e trabalha com superávits em virtude do coeficiente citado (Figura 4.8).

Pode-se constatar que, na região de estudo há um período de deficiência hídrica relativamente longo, que perdura cerca de quatro a cinco meses sucessivos, considerando maio e setembro períodos de transição. Devido a grande variabilidade interanual da pluviosidade, o uso dos recursos hídricos pelo Serviço de Abastecimento de Água e Esgoto de Itabirito (SAAE) deve ser feito de maneira criteriosa, principalmente das águas superficiais no período do inverno.

FIGURA 4.8 - Comportamento climatológico - coeficiente precipitação / evaporação

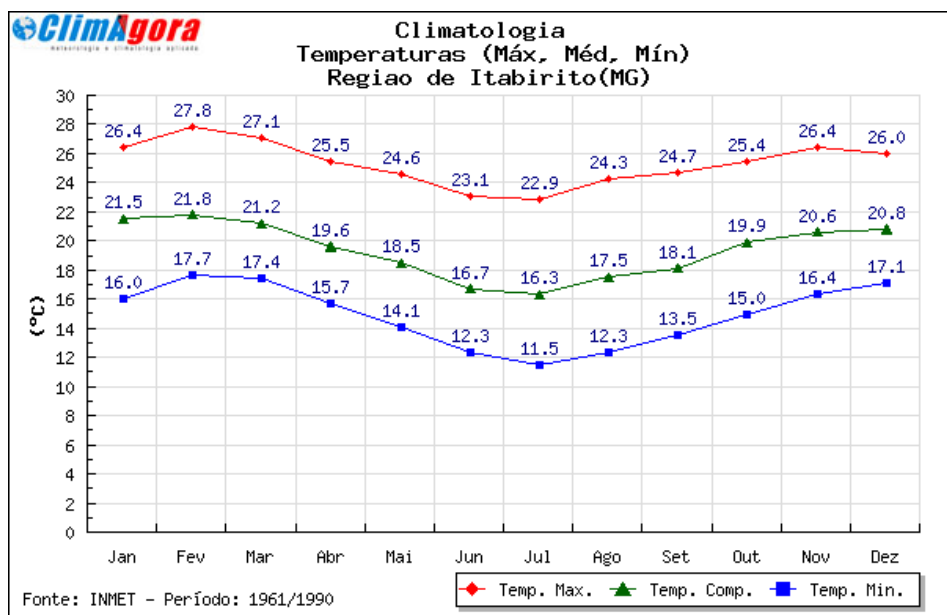


#### 4.2.1.3.3 Análise de Temperatura

Conforme a climatologia local as maiores temperaturas médias anuais (TMED) foram registradas no trimestre de janeiro-fevereiro-março. Pode-se observar que as médias ao longo do ano não ultrapassam os 22°C com verão e inverno bem definidos (Figura 4.9).

A variabilidade da temperatura local pode ser considerada baixa conforme atestam os valores de amplitude térmica que apresentam variações de 4,3°C (TMED), 4,9°C (TMAX) e 6,2°C (TMIN).

FIGURA 4.9 - Comportamento climatológico das temperaturas médias máximas e mínimas



As maiores médias das máximas ao longo do ano (TMAX) são registradas no trimestre de janeiro-fevereiro-março, com temperaturas de 26,4°C, 27,8°C e 27,1°C, respectivamente (Figura 4.9). Tais características estão relacionadas a maior quantidade de energia solar disponível no sistema terra-atmosfera, resultante da modificação do eixo de inclinação da terra neste período no hemisfério sul, onde os raios solares ficam mais paralelos diminuindo o ângulo de incidência sobre a superfície terrestre.

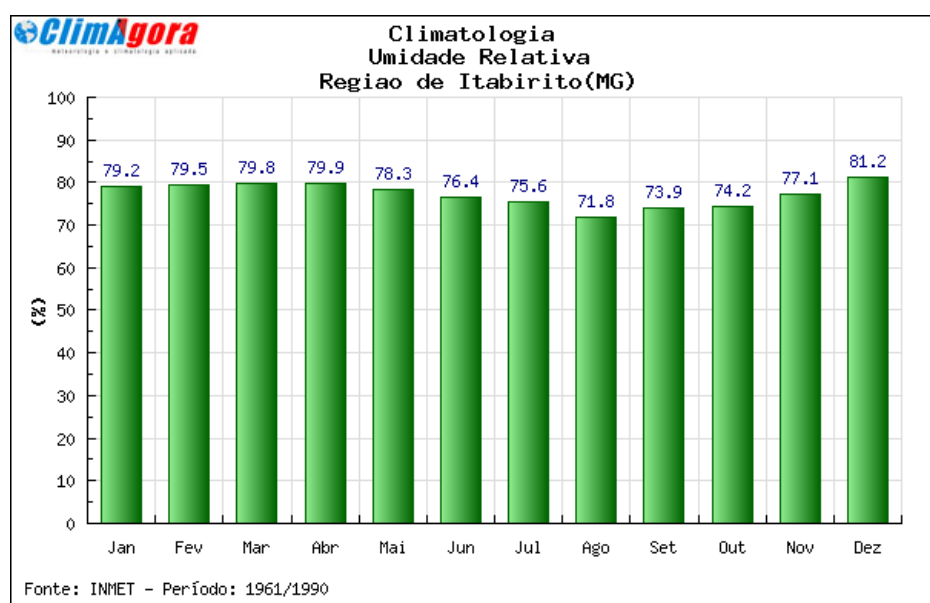
As menores médias das mínimas ao longo do ano (TMIN) são registradas no período de inverno, nos meses junho-julho-agosto, com temperaturas de 12,3°C, 11,5°C e 12,3°C, respectivamente. Em uma análise mais criteriosa do comportamento atmosférico da região, tais características estão relacionadas à predominância de baixa nebulosidade, o que de certa forma contribui para o registro das menores mínimas. Neste período, os dias de céu claro induzem perda radioativa mais rápida durante o período noturno para a atmosfera.

#### 4.2.1.3.4 - Caracterização da umidade relativa do ar média

A umidade relativa do ar média na região de Itabirito apresenta seus menores índices no período de junho a outubro. No restante do ano a variação se mantém entre 78% a 81%. Os índices relativamente constantes da umidade na região sofrem influência das características físico-geográficas, principalmente vegetação e topografia. Os meses mais úmidos são os de dezembro a maio, onde a atmosfera recebe umidade proveniente do

Oceano Atlântico, além da maior atividade convectiva no período (Figura 4.10). Apesar de observada pequena variação dos valores médios mensais de umidade relativa do ar em Itabirito, verifica-se, logo após o início do período seco, principalmente entre os meses de julho a agosto, condições meteorológicas propícias para o desenvolvimento de focos de queimada, inclusive com o aumento de matéria seca disponível. Áreas de mata ciliar, mata nativa e de reflorestamento carecem de eficiente monitoramento neste período. A diminuição dos níveis de umidade do ar são acompanhados pelo decréscimo dos índices pluviométricos do inverno.

FIGURA 4.10 - Comportamento climatológico da umidade relativa do ar média



#### 4.2.1.3.5 - Caracterização das direções predominantes e velocidades médias dos ventos

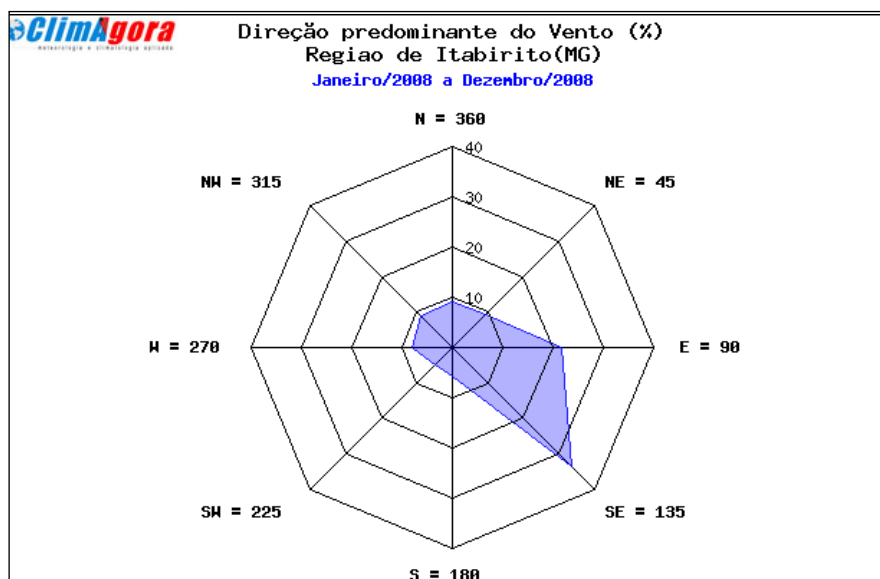
Segundo a climatologia oficial da região de Itabirito, os ventos têm direção predominante de sudeste, com significativas variações de leste durante todos os meses do ano. Segundo Ayoade (1998), as baixas latitudes são dominadas por ventos predominantes de leste, sudeste e nordeste, originários do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS). Sua influência impõe a região as características de sua área de origem (Figura 4.11).



Com o objetivo de comprovar efetivamente a direção predominante do vento de sudeste, realizou-se um estudo e tratamento de dados referente a um ano (2008) de informações aferidas na estação automática INMET de Ouro Branco, sendo a mais próxima do local e metodologicamente aplicável neste tipo de análise.

Os dados da direção dos ventos foram separados de forma horária, com a respectiva direção do vento naquela hora de medição, sendo ao todo 8760 registros. Será demonstrado a seguir, o gráfico com média da direção predominante considerando todo o período estudado. Como demonstrado na Figura 4.11, confirma-se a predominância de sudeste, com variações de leste. Salienta-se que, sempre se considera a direção predominante do vento baseado em sua origem.

FIGURA 4.11 - Direção predominante dos ventos na região de Itabirito (média anual 2008) Fonte: Estação automática INMET Ouro Branco 2008 (MG)

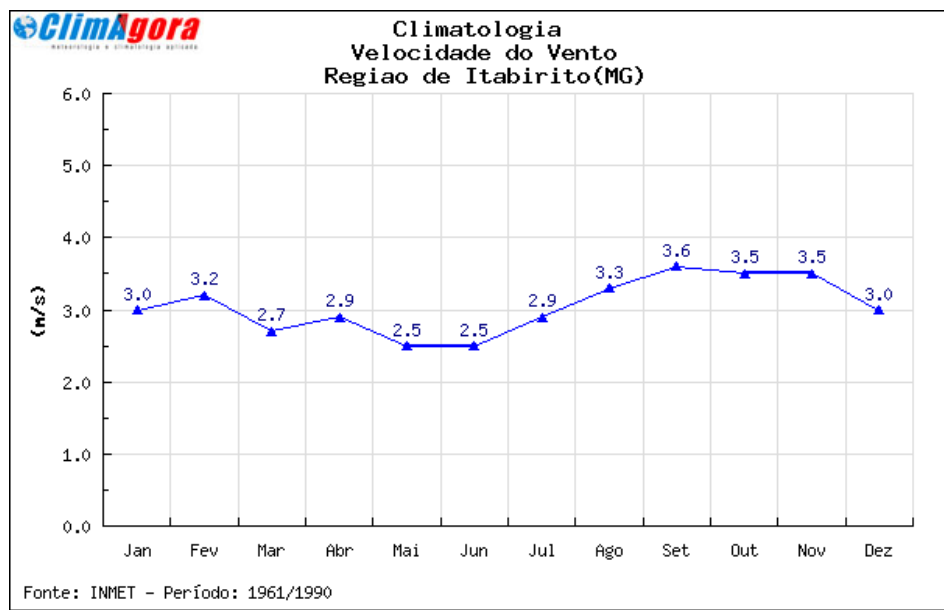


Em todos os meses do ano ocorre predominância de sudeste, com variações para leste e menores alternâncias para nordeste. De dezembro a abril registram-se variações de oeste, sendo o fato explicável devido ao deslocamento de alguns sistemas convectivos para a região. A porcentagem de ventos ocorridos de origem sudeste-leste é de mais de 75%.

Recomenda-se observar esta importante informação climática e meteorológica em relação às implantações e operações de empreendimentos com potencial para geração de material particulado.

Em relação à velocidade dos ventos, a climatologia oficial para a região demonstra uma variação anual entre 2,5 m/s e 3,6 m/s, sendo o período de agosto a fevereiro, o que apresenta maior índice dessa variável. Observa-se certo padrão em relação à variação anual dos ventos, no entanto, pode-se detectar uma ligeira alteração comparando os períodos chuvoso e seco. A intensa atividade convectiva e frequente entrada de sistemas atmosféricos instáveis no período setembro a fevereiro são alguns fatores que demonstram a relação direta com o aumento da velocidade média dos ventos na região de Itabirito. Na Figura 4.12 demonstra-se a climatologia da velocidade média dos ventos para a região de interesse.

FIGURA 4.12 - Comportamento climatológico da velocidade média dos ventos



#### 4.2.1.4 - Conclusão

Conclui-se que o comportamento de todos os parâmetros meteorológicos da área de interesse seguem um padrão muito próximo da Região Metropolitana de Belo Horizonte, assim como da região Central de Minas Gerais, com clima tropical típico e duas estações bem características (chuvosa e seca).

Os processos de supressão da cobertura vegetal, impermeabilização do solo, pavimentação e edificação são capazes de criar pequenas ilhas de calor, sendo tão importantes quanto maior o grau de transformação da superfície natural. Essa mudança

do albedo, que constitui a substituição de uma superfície viva capaz de absorver a energia solar por uma superfície inerte e refletora da energia pode acarretar no ligeiro aumento da temperatura.

Conforme orientação de mesoescala, o escoamento atmosférico preferencial se dá nas direções sudeste e leste (origem). Para tanto, deve-se ter um cuidado maior no monitoramento diário dos empreendimentos com potencial para geração de material particulado e dispersão de gases poluentes.

## DEFEITOS ENCONTRADOS NO DIAGNÓSTICO

Um erro recorrente encontrado em diagnósticos climáticos de estudos ambientais é a utilização de dados de estações meteorológicas de municípios com distância superior ao que é permitido pela OMM, a saber 16km em linha reta. Neste caso, análise dos principais parâmetros meteorológicos disponíveis se referem à estação automática localizada em Ouro Branco e não representa o comportamento histórico da região de Itabirito, tendo em vista que a distância em linha reta ultrapassa o dobro da distância recomendada pela OMM.

A classificação climática utilizada foi a de Köppen, que utiliza apenas 2 parâmetros para classificação dos climas, temperatura e precipitação. Autores como Thornthwaite e Nimer avaliaram mais parâmetros e chegaram a classificações mais precisas. No caso da classificação de Nimer, as características do clima de uma região são determinadas a partir de um conjunto de fatores climáticos, sobretudo a circulação atmosférica, e os elementos climáticos pluviosidade e temperatura.

A confiabilidade dos dados obtidos é baixa, devido aos diversos equívocos da qualidade das informações consultadas. Dessa forma, o autor conseguiu extrair conclusões não fidedignas à realidade do clima da região, o que poderá prejudicar a tomada de decisão da empresa que obteve o licenciamento da atividade em tela.

Quando se analisou este estudo considerando a exigência do TR GER001 para EIA-Rima observou-se que foram apresentadas informações incompletas.

## GRUPO D 11

SADA, 2007. **SADA Bioenergia e Agricultura Ltda.** Estudo de Impacto Ambiental – EIA da atividade **D-02-08-9 Destilação de álcool**, listada no grupo D – Indústria Alimentícia, da Deliberação Normativa n° 74/2004, de 09 de setembro de 2004, do Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM. Usina São Judas Tadeu. Mph consultoria e Projetos de Engenharia de San. e Meio Amb. Ltda.

O presente documento consiste em uma resenha de um diagnóstico de clima elaborado pela empresa Mph consultoria e Projetos de Engenharia de San. e Meio Amb. Ltda, para um EIA – Estudo de Impacto Ambiental de um empreendimento de a fazenda Serra Azul localiza-se no Município de Jaíba-MG e refere-se ao Projeto Jaíba Etapa II, denominado Lote 3022 – Gleba G1, cuja área total de 69,49 ha, e área útil ou necessária às instalações industriais de 24,75 ha, localizada em área limdeira à rodovia estadual MG-401, distando-se 14,3km do acesso principal da referida fazenda (estrada vicinal Jaíba – Moçambinho).

### Clima

A região em estudo apresenta um clima tropical úmido de savana, com inverno seco e chuvas de verão, tipo Aw, segundo classificação de Köppen, em transição no sentido nordeste para clima quente e seco (semi-árido, tipo estepe), tipo BSw, de acordo com a mesma classificação. A variação relativamente pequena da temperatura ao longo dos anos faz da precipitação o principal elemento climático da região, sob os pontos de vista ambiental e da exploração agrícola.

O tipo ‘Aw’ é caracterizada como sendo um Clima tropical, com inverno seco. Apresenta estação chuvosa no verão, de novembro a abril, e nítida estação seca no inverno, de maio a outubro (julho é o mês mais seco). A temperatura média do mês mais frio é superior a 18°C. As precipitações são superiores a 750 mm anuais, atingindo 1800 mm.

O tipo BSw é um clima seco com chuvas no verão, com precipitações anuais sempre inferiores a 1000 mm e normalmente inferiores a 750 mm.

	Temperatura mínima (°C)	Temperatura máxima (°C)	Temperatura média (°C)
Jan	20,4	29,9	24,4
Fev	20,7	30,6	24,7
Mar	20,8	31,2	24,7
Abr	20,9	30,2	23,9
Mai	18,9	29,5	23,3
Jun	17,4	28,2	22,1
Jul	18,0	26,9	22,1
Ago	17,9	29,4	23,2
Set	19,5	31,1	24,9
Out	20,9	31,3	25,5
Nov	20,9	30,2	24,9
Dez	20,6	29,9	24,5
Media	19,7	29,9	24,0

Figura 46 - Dados de temperatura média mensal – estação Monte Azul-MG de 2000 a 2006

A partir da tabela supracitada se observa que dentro do ano a temperatura média situa-se entre 22,1 e 25,5°C, com média de 24,0°C.

As temperaturas médias mais baixas ocorrem nos meses de junho/julho, quando descem a 22,1°C, e as mais elevadas ocorrem no período de setembro a fevereiro, atingindo 25,5°C, geralmente em outubro.

Precipitação (mm)	
Jan	143,5
Fev	68,9
Mar	83,2
Abr	58,1
Mai	31,2
Jun	12,1
Jul	11,2
Ago	9,7
Set	33,6
Out	98,0
Nov	138,2
Dez	189,3
TOTAL	877,0

*Figura 47 - Dados de precipitação mensal de 2000 a 2006 – estação de Monte Azul-MG*

Sob o ponto de vista agrônômico, o fator temperatura é bastante favorável, não constituindo restrições ao desenvolvimento agrícola da região.

As umidades relativas médias mensais oscilam na faixa de 52,0 a 77,6%, e a média anual situa-se por volta de 66,5%. Os valores mais baixos ocorrem no mês de setembro e os mais elevados nos meses de dezembro a fevereiro (período chuvoso).

Para a área em estudo, a umidade relativa do ar, por apresentar variação mais acentuada durante o ano do que a temperatura constitui um dos dados mais importantes na estimativa da evapotranspiração e, conseqüentemente, da demanda de água para irrigação. Do ponto de vista agrônômico, esses valores são favoráveis à exploração agrícola econômica na região.

A insolação é máxima nos meses de maio a agosto (260 a 300 h), justamente quando a nebulosidade apresenta menores valores (em torno de 3,0). Os menores valores de insolação verificam-se no período de novembro a janeiro (cerca de 200 h). Nesse período a nebulosidade média fica por volta de 7,0.

A evapotranspiração de referência (ETP) é um elemento importante, pois seu valor é básico para estimar a necessidade de água das culturas, sendo essencial para o cálculo da demanda hídrica do Projeto.

Dados fornecidos pelo INMET na estação meteorológica de Monte Azul– MG durante o período de 1972 a 1990 indicam a precipitação média anual de 1528 mm para

os meses mais chuvosos, compreendidos entre novembro a março. A **Figura 48** contém as informações fornecidas por esta estação.

Mês	T (°C)	P (mm)	ETP	ARM (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
Jan	24,4	162	115	100	115	0	16
Fev	24,7	118	109	100	109	0	9
Mar	24,7	95	117	80	115	2	0
Abr	23,9	51	99	49	82	18	0
Mai	23,3	9	92	22	37	55	0
Jun	22,1	2	74	10	13	61	0
Jul	22,1	6	76	5	11	65	0
Ago	23,2	1	90	2	4	86	0
Set	24,9	13	111	1	14	96	0
Out	25,5	64	127	0	64	63	0
Nov	24,9	129	119	11	119	0	0
Dez	24,5	177	119	68	119	0	0
TOTAIS	288,2	827	1.248	449	802	446	25
MÉDIAS	24,0	69	104	37	67	37	2

Figura 48 - Balanço hídrico da estação climatológica de Monte Azul (MG) do período de 1975 a 1990 – latitude 15°04'48", longitude 42°45', altitude 603 m

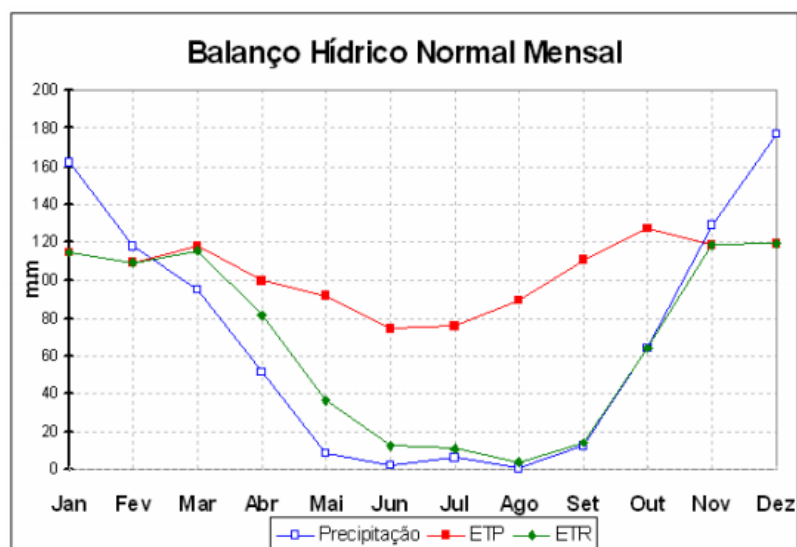


Figura 49 - Curvas de precipitação, ETP e ETR

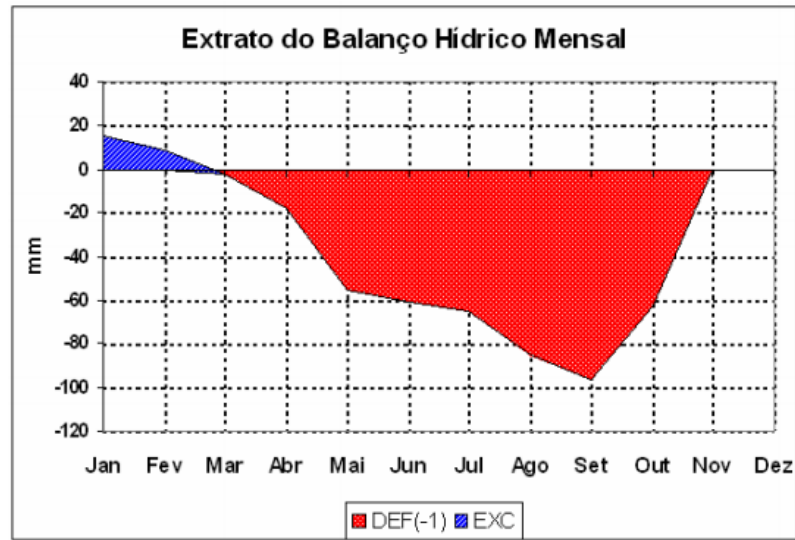


Figura 50 - Extrato do balanço hídrico mensal

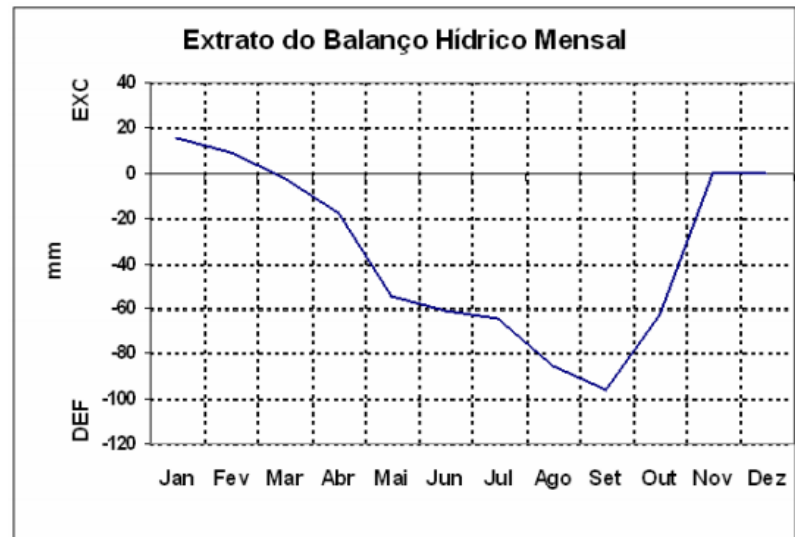


Figura 51 - Deficiência / excesso hídrico mensal

A Figura 52 apresenta, segundo a proposta metodológica de ORTOLANI et al. (1970), o gráfico do balanço hídrico para a área em estudo, elaborado pelo método de



THORNTHWAIT & MATHER (1955). Para a elaboração desta figura foram utilizados os dados apresentados na **Figura 48**.

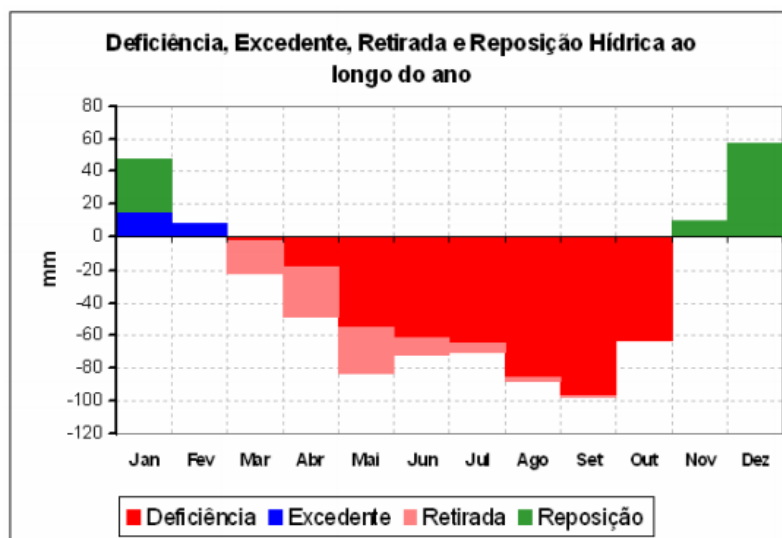


Figura 52 - Gráfico representando o balanço hídrico da estação de Monte Azul - MG, durante o período de 1974 a 1991

Os resultados apresentados demonstram crescentes valores no sentido dos meses mais secos (março a outubro). As condições climáticas específicas do período analisado, de baixa umidade relativa do ar, provocam grande diferença de potencial entre a atmosfera e a superfície evaporante, maior tempo de exposição solar (pela pouca ocorrência de nuvens), além da maior incidência de ventos, que ajudam a retirar o excesso de umidade da superfície evaporante.

### Ventos

As velocidades médias mensais ficam por volta de 2,0 m/s, atingindo valor máximo de 2,7 m/s em setembro, e mínimo de 1,6 m/s em março, sendo que nove meses do ano verificam-se velocidades médias iguais ou acima de 2,0 m/s.

Entretanto, as velocidades médias mensais são sempre inferiores a 3,0 m/s. Há um certo predomínio de ventos diurnos (12 e 18 h de Greenwich).

Quanto à direção, predominam os ventos de sudeste (SE) e leste (E) nos meses de fevereiro a outubro; nos meses de novembro e janeiro predominam os ventos norte (N) e nordeste (NE).

O vento é um elemento importante quando se considera o uso de irrigação por aspersão, devendo, portanto, ser considerado no planejamento, tanto no que se refere ao manejo da água, quanto na dispersão de agrotóxicos e de material particulado proveniente da queima controlada da palha da cana-de-açúcar.

Salienta-se que a umidade relativa do ar é muito afetada pela velocidade dos ventos. Esta relação é inversamente proporcional: a umidade diminui com o aumento da incidência de ventos.

#### DEFEITOS ENCONTRADOS NO DIAGNÓSTICO

Trata-se de um estudo objetivo e com informações práticas relevantes referente ao clima local do empreendimento e aplicação prática no cotidiano da indústria. Entretanto, não apresentaram dados sobre a meteorologia sinótica.

O autor utilizou a classificação climática de KÖPPEN, entretanto a de NIMER é a mais adequada.

Os dados foram extraídos das Normais Climatológicas de um período de 1974-1991 para o diagnóstico climático.

Monte Azul não possui estação, deveria ter utilizado a do SIMGE/IGAM de Jaíba-MG.

Com relação ao balanço hídrico, o autor não traz o descritivo do gráfico com relação à reposição e retirada.

Quando se analisou este estudo considerando a exigência do TR GER001 para EIA-Rima observou-se que foram apresentadas informações incompletas.

## **GRUPO D 12**

MANNA & TOLEDO Planejamento Ambiental. **RELATÓRIO DE CONTROLE AMBIENTAL (RCA) elaborado para SADIA S/A.** Ampliação do Processamento de Subprodutos – Fábrica de Farinhas de Penas. Junho/2010. Processo COPAM nº 00270/1990/014/2011. Uberlândia-MG.

Trata-se de um diagnóstico de clima elaborado pela empresa MANNA & TOLEDO Planejamento Ambiental em junho de 2010, para as atividades D-01-03-1 - (suínos, ovinos, caprinos, bovinos, equinos, bubalinos, muares, etc.), D-01-04-1 - Industrialização da carne, inclusive desossa, charqueada e preparação de conservas e **D-01-05-8 - Processamento de subprodutos de origem animal** para produção de sebo, óleos e **farinha**, todas listadas no grupo D – Indústria Alimentícia, da Deliberação Normativa nº 74/2004, de 09 de setembro de 2004, do Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM. O empreendimento pertence à Sadia S/A, localizado na zona urbana do município de Uberlândia-MG.

O diagnóstico climático avaliado neste Relatório de Controle Ambiental (RCA), apresentou-se de forma sucinta, contendo caracterização climática regional e local, sendo avaliado os parâmetros de temperatura, pluviometria, umidade relativa do ar.

Os dados utilizados neste diagnóstico foram obtidos da Estação Climatológica da UFU, instalada na cidade de Uberlândia. O período analisado foi de 2001 a 2006.

### **Aspectos Climáticos**

De acordo com Manna & Toledo (2010), o município de Uberlândia está sob a influência de circulação dos sistemas atmosféricos tropicais. O clima é controlado pelas massas de ar continental (Equatorial e Tropical) e Atlântica (Polar e Tropical). Os deslocamentos dessas massas de ar são responsáveis pela marcante alternância de estações úmidas e secas, e respondem direta e indiretamente, pelas condições climáticas em nossa região.

Por estar no hemisfério meridional da Terra, o município se caracteriza por um equilíbrio entre massas continentais e massas oceânicas, o que se justificam as temperaturas amenas e maior umidade relativa do ar. Segundo a classificação climática

adotada didaticamente, o clima predominante de Uberlândia é classificado como tropical de altitude, ou seja, com temperaturas amenas e precipitações pluviométricas (chuvas) repartidas em duas estações: úmida e seca.

Segundo a classificação de Köppen, adotada universalmente e adaptada ao Brasil, o clima de Uberlândia tem a classificação “Cwa”, ou seja:

- C – Mesotérmico (meio quente e úmido);
- w – Chuvas de verão;
- a – Verões quentes e invernos brandos.

Na Figura 53 são apresentadas variações de temperaturas extremas no período de 2001 a 2006. Dados referentes às médias térmicas do município no ano de 2006 estão disponibilizados na Figura 54.

ANO	TEMPERATURAS EXTREMAS ANUAIS					
	MÁXIMA			MÍNIMA		
	°C	MÊS		°C	MÊS	
2001	36,1	Set		6,8	Jun	
2002	36,8	Out		5,0	Set	
2003	36,0	Set		9,2	Mai	
2004	35,9	Out		10,0	Jul	
2005	37,0	Out		9,4	Mai	
2006	35,2	Jan		9,0	Jun	

Fonte: Estação Climatológica – UFU

Figura 53 – Temperaturas extremas em Uberlândia no período de 2001 a 2006.  
Fonte: RCA Sadia S/A apud Estação Climatológica – UFU.

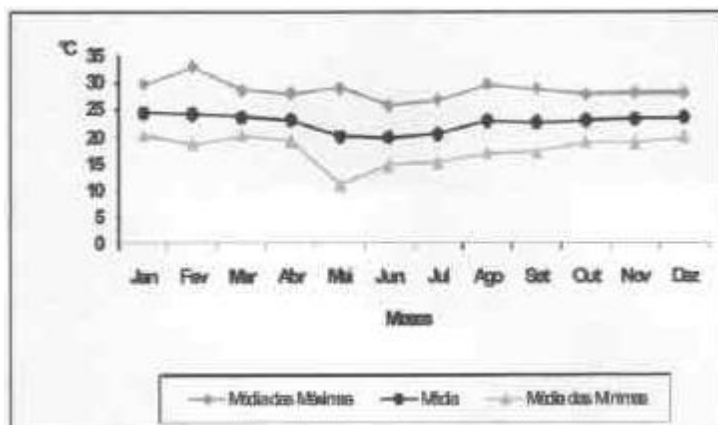


Figura 54 – Média térmica anual do município de Uberlândia, no ano de 2006  
Fonte: RCA Sadia S/A apud Estação Climatológica – UFU.

O regime pluviométrico no município de Uberlândia é classificado como tropical, isto é, chuvas de verão iniciando-se em outubro/novembro (estação úmida) e tornando-se mais raras a partir de março/abril (estação seca). Estação úmida é a época em que as massas de ar procedentes do Atlântico, carregadas de umidade, provocam fortes enxurradas. A estação seca coincide com os meses de inverno, quando as massas de ar alcançam o município, desprovidas de umidade Figura 55.

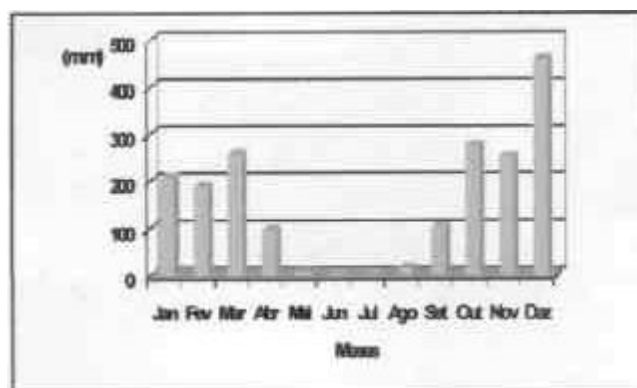


Figura 55 - Pluviograma do município de Uberlândia no ano de 2006  
Fonte: RCA Sadia S/A apud Estação Climatológica – UFU.

Umidade relativa é a quantidade de vapor d'água (percentual) que o ar contém naquele instante, com relação ao máximo que poderia conter (ponto de saturação). Na Figura 56 é demonstrada a umidade relativa do ar (%) no Município de Uberlândia, em 2006.

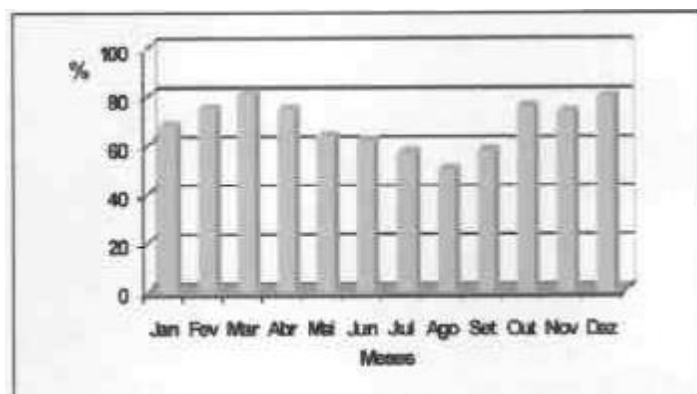


Figura 56 – Umidade relativa do ar (%) em Uberlândia durante o ano de 2006  
Fonte: RCA Sadia S/A apud Estação Climatológica – UFU.

## DEFEITOS ENCONTRADOS NO DIAGNÓSTICO

O diagnóstico não deixa claro se os dados climatológicos utilizados foram extraídos de Normais Climatológicas.

Os dados apresentados no gráfico sobre a umidade relativa não possuem correlação com os dados de pluviometria para o mesmo período no ano de 2006.

O autor deveria ter ilustrado com uma imagem de satélite as massas que ele citou. A massa tropical continental exerce pouca influência sobre Uberlândia.

Ainda, deveria trazer informações sobre o ASAS, que atua na estação seca sobre a região de Uberlândia.

Por fim, deveria ter realizado uma comparação entre os dados das Normais Climatológicas com os dados de 2006 mencionados no estudo.

Quando se analisou este estudo considerando a exigência do TR GER001 para EIA-Rima observou-se que foram apresentadas informações incompletas.

**GRUPO E - Diagnósticos climatológicos analisados aplicados aos processos de licenciamento ambiental (Tabela 4) Grupo E Linhas 13, 14 e 15 – Atividades de infraestrutura**

## **GRUPO E 13**

BRANDT, 2008. **EIA Novo Aeroporto USIMINAS S.A.** – Bom Jesus do Galho-MG. Atividade E-01-09-0 Aeroportos, listada no grupo E – Infraestrutura, da Deliberação Normativa nº 74/2004, de 09 de setembro de 2004, do Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM. BRANDT Meio Ambiente.

Trata-se de um diagnóstico de clima elaborado pela empresa BRANDT Meio Ambiente Ltda., para um empreendimento cuja atividade é E-01-09-0 Aeroportos, localizado no município de Bom Jesus do Galho-MG.

O empreendimento enquadra-se na Listagem E – Infraestrutura da Deliberação Normativa nº 74/2004, de 09 de setembro de 2004, do Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM.

O diagnóstico climático avaliado neste Estudo de Impacto Ambiental (EIA), apresentou-se bem estruturado e com grande riqueza de informações, contendo a caracterização climática, a circulação de meso-escala e outros fenômenos, sendo avaliados ainda os parâmetros meteorológicos de pluviometria, temperatura, umidade relativa do ar.

Os dados utilizados neste diagnóstico foram obtidos da estação meteorológica USIMINAS na cidade de Ipatinga. O período analisado foi de 2000 a 2006.

### **Caracterização Climática**

Conhecer as características estruturais da convecção tropical é importante para a compreensão da organização individual das células convectivas e sua interação com a circulação em grande escala. Existem diferentes tipos de Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM) tais como: linhas de instabilidade e Complexos Convectivos de Mesoescala.



A região de Ipatinga-MG tem a circulação atmosférica e suas características climáticas explicadas a partir da interação do modelo de larga-escala, termicamente forçada, que na região intertropical do globo são representados pelo sistema Hadley-Walker, os sistemas de escala sinótica (Frentes Polares - FP) e as características geográficas geradoras de sistemas de ordem regional e local.

De acordo com Climanálise (1986) *apud* Brandt (2008) o sistema Hadley-Walker possui movimentos de ar ascendentes nas regiões onde a atmosfera é aquecida pela liberação de calor latente da condensação de nuvens convectivas profundas, ou seja, na região equatorial. E fechando o circuito verificam-se movimentos de subsidência atmosférica nas latitudes subtropicais o que inibe a formação de nuvens e a precipitação. Esse sistema é determinante na compreensão da dinâmica atmosférica e é responsável pela manutenção de ventos predominantes de leste em todo o cinturão intertropical.

Conforme Ayoade (1998) *apud* Brandt (2008), as baixas latitudes são dominadas por ventos predominantes de leste - os alíseos - que, originários do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) compõem o sistema de circulação de larga-escala. Sua forte influência impõe à região as características de sua área de origem com predominância de condições de estabilidade atmosférica e temperaturas elevadas, fatos relativizados pela interação com a superfície subjacente.

A predominância da atuação do ASAS durante o período que se estende de abril a setembro, origina a estabilidade atmosférica, forte insolação e baixa nebulosidade sobre toda a região em estudo.

No período primavera-verão o aquecimento solar intenso sobre o continente sul-americano desloca o ramo ascendente da circulação Hadley-Walker para o Hemisfério Sul e observa-se o início da precipitação em grande parte do Brasil, conforme Climanálise (1986) *apud* Brandt (2008).

Durante o verão configura-se a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), um eixo de intensa atividade convectiva, de orientação NW-SE, que funciona como uma espécie de calha que conduz a umidade oriunda da Amazônia para as regiões Centro-Oeste e Sudeste. Ancorada por sistemas frontais, esta configuração sinótica é responsável

pela precipitação de grandes volumes pluviométricos, numa configuração sinótica que pode durar vários dias até vir se dissipar.

Originários das latitudes extratropicais, os sistemas frontais produzem no verão instabilidade e forte nebulosidade associada. Esses sistemas são acompanhados por Anticiclones Polares Móveis (APM). Durante o inverno a atuação dos APM gera redução das temperaturas médias; neste período registram-se as temperaturas mínimas absolutas.

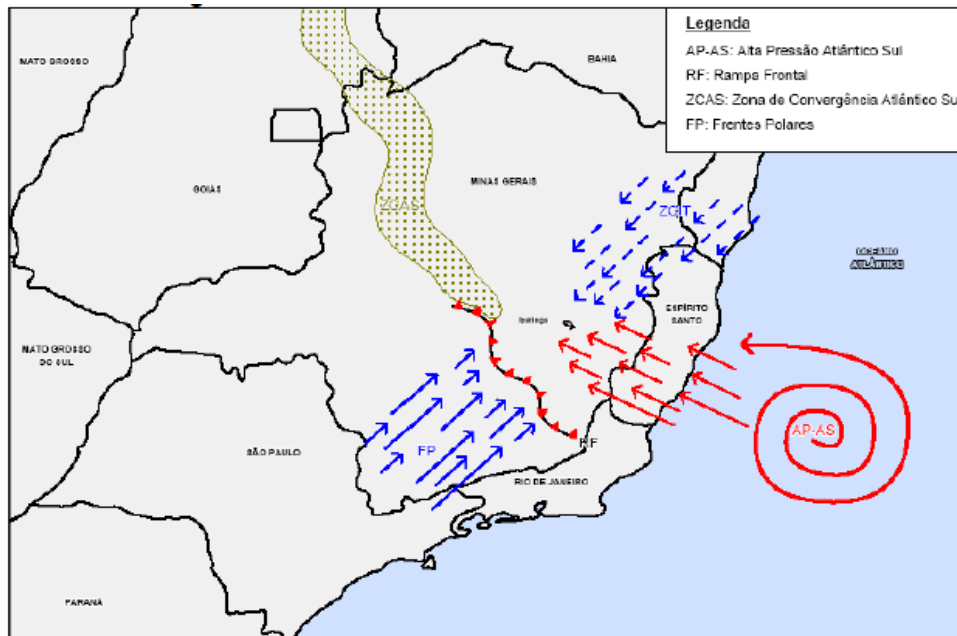


Figura 57 - Principais sistemas de circulação atmosférica de escala sinótica atuantes na Região (MG)  
Fonte: Brandt, 2008.

A região onde se pretende instalar o aeroporto é afetada pela maioria dos sistemas sinóticos que atingem o sul do país, com algumas diferenças em termos de intensidade e sazonalidade do sistema. Vórtices ciclônicos em altos níveis, oriundos da região do Pacífico, organizam-se com intensa convecção associada à instabilidade causada pelo jato subtropical. Linhas de instabilidade pré-frontais, geradas a partir da associação de fatores dinâmicos de grande escala e características de mesoescala são responsáveis por intensa precipitação, segundo Cavalcanti *et al.* (1982) *apud* Brandt (2008).

Características de sistemas tropicais associados a sistemas típicos de latitudes médias atuam na região do empreendimento. Durante os meses de maior atividade convectiva, a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) é um dos principais fenômenos que influenciam no regime de chuvas nessa região. O fato da banda de

nebulosidade e chuvas permanecerem semi-estacionárias por dias seguidos favorece a ocorrência de inundações nas áreas afetadas.

Os sistemas frontais são um dos maiores causadores de distúrbios meteorológicos na área, e seu deslocamento está associado ao escoamento ondulatório de grande escala. A intensificação ou dissipação dos mesmos está relacionada com as características atmosféricas da região, denominadas de regiões frontogenéticas, ou seja, locais onde as frentes podem se intensificar ou podem se formar.

As frentes frias ao ingressarem no sul do país no verão, associam-se a um sistema de baixa pressão em superfície sobre o Paraguai conhecida como Baixa do Chaco e intensificam-se. Estes sistemas frequentemente ficam semi-estacionados na região de Ipatinga, devido a presença de vórtices ciclônicos em altos níveis. A permanência dos sistemas frontais sobre esta região organiza a convecção tropical e caracteriza a formação de ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul) escoando grande parte da umidade da região amazônica para a região Sudeste, e, é claro para a região de Ipatinga.

A zona de convergência intertropical - ZCIT é um importante sistema meteorológico que atua nos trópicos. A ZCIT tem se mostrado decisiva na caracterização das diferentes condições de tempo e de clima na região em estudo.

A ZCIT possui um deslocamento norte-sul ao longo do ano, alcançando sua posição mais ao norte (8 N) durante o verão do Hemisfério Norte, e a sua posição mais ao sul (1 N) durante o mês de abril (Hastenrath e Heller, 1977 e Citeau et alii, 1988a e 1988b *apud* Brant, 2008).

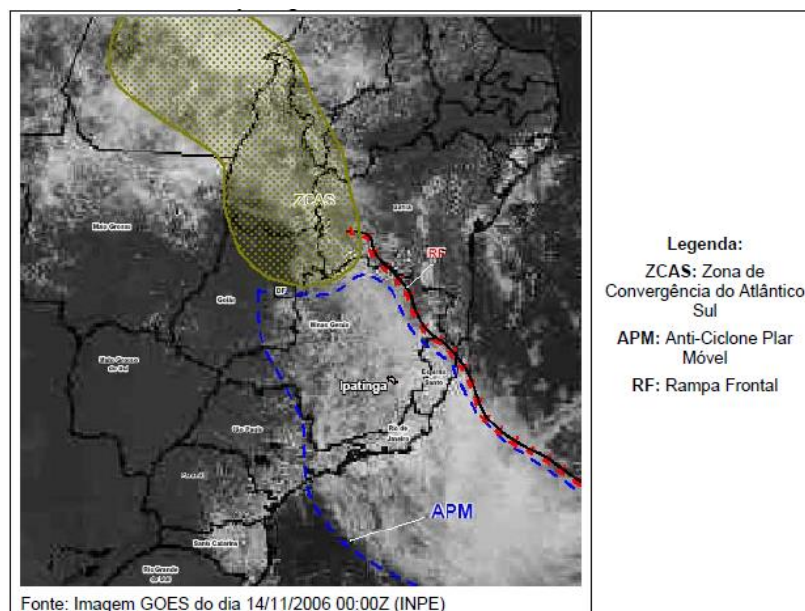


Figura 58 - Principais sistemas de circulação atmosférica de escala sinótica atuantes no Verão de Ipatinga  
 Fonte: Brandt, 2008.

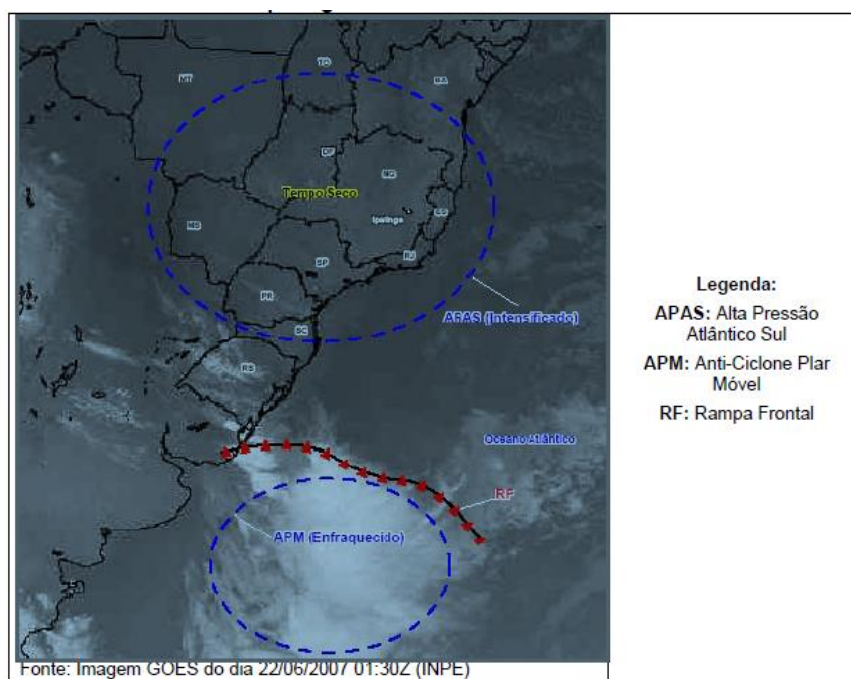


Figura 59 - Principais sistemas de circulação atmosférica de escala sinótica atuantes no Inverno de Ipatinga  
 Fonte: Brandt, 2008.

Outros fenômenos de frequência menos intensa e mais irregular atuam na região de Ipatinga (MG) e provocam mudanças significativas nas condições atmosféricas local.

## **Outros Fenômenos**

### A interferência do El - Niño

O El Niño/Oscilação Sul (ENOS) de 1982-1983 foi um dos mais intensos e afetou o tempo e clima da América do Sul. O período de Janeiro e Fevereiro de 1982 e 1983 foi caracterizado por possuir o menor índice pluviométrico nos últimos 50 anos. Outros anos de El-Niño como 1925-1926, 1976 ou 1982-1983, apresentaram precipitação mais baixa que nos anos normais no verão.

Estudos de modelagem do clima de Marengo *et al.* (1993) *apud* Brandt (2008) mostram que, durante anos de grande aquecimento das águas do Pacífico equatorial (El-Niño), a ZCIT situa-se anormalmente mais ao norte do que sua posição normal sobre o Atlântico tropical e conseqüentemente, os ventos alísios de NE são mais fracos.

### O Jato Subtropical

O escoamento do componente do vento zonal, de oeste, quando atinge valores máximos é denominado de Corrente de Jato e ocorre próximo à tropopausa. Esta componente aumenta com a altura devido a existência de gradientes meridionais de temperatura.

As correntes de Jato são responsáveis por influenciar na precipitação, ou o inverso, bloqueios de frentes polares advindas da região sul em altos níveis.

A posição longitudinal e a intensidade dos jatos no Hemisfério Sul apresentam, geralmente, uma variação interanual em altos níveis (200 hPa) que podem ser observados mais frequentemente no trimestre de inverno (JJA).

O trimestre de verão (DJF) o Jato Subtropical praticamente desaparece, prevalecendo o Jato Polar ou Extratropical. Durante os meses de Verão, no Hemisfério

Sul, o jato em média fica situado entre 40° S e 50° S. No outono o Jato Subtropical apresenta-se bem definido e em processo de intensificação. A intensificação do jato é uma resposta ao gradual aumento do gradiente meridional de temperatura. Nos meses de Inverno (Junho, Julho, Agosto), o jato atinge a sua máxima intensidade e atuação sobre a América do Sul.

#### Vórtices ciclônicos em altos níveis

Os VCAN são definidos como sistemas fechados de baixa pressão, de escala sinótica, que se formam na alta troposfera. São comumente chamados de baixas frias, pois apresentam centro mais frio que a periferia. Com o auxílio de imagens de satélite meteorológico, observa-se que os VCAN, em determinadas situações, causam grande precipitação na região de Ipatinga. Normalmente, estes vórtices originam-se no Oceano Pacífico e quando penetram no continente, ocorrem instabilidade e precipitação nos setores leste e nordeste do vórtice. Os vórtices ciclônicos possuem uma vida média que varia consideravelmente, uns duram apenas algumas horas, outros mais de duas semanas. Ocasionalmente, os vórtices ciclônicos intensificam-se para baixo na vertical e podem refletir no campo de pressão em superfície.

Os vórtices ciclônicos em altos níveis (VCAN) atuam sobre a região de Ipatinga por um período de 1 ou 2 dias provocando chuvas e ventos fortes. Além de causar chuvas fortes na região os VCAN também estão muitas vezes associados a ocorrência de baixas temperaturas que geralmente podem causar grandes prejuízos para a agricultura.

Apesar da grande influência dos VCAN no tempo da região, diversas características sinóticas desses sistemas (variações sazonais e interanuais, processos físicos envolvidos, manutenção, etc.) ainda não são bem conhecidas.

Os VCAN formam-se devido a preexistência de um cavado frio em altos níveis de latitudes médias, que ao penetrar nos subtropicais pode ter uma inclinação meridional bem acentuada. Essa inclinação faz com que a parte do cavado, em baixas latitudes, tenha uma velocidade zonal inferior ao resto do cavado atrasando-se até desprender-se completamente. Desse modo, uma circulação ciclônica fechada nesta parte despreendida,

ou seja, quando massas de ar de altas latitudes associadas com cavados estendidos, tornam-se desprendidas.

Os vórtices ciclônicos podem também ser classificados como "úmidos" ou "secos", dependendo da quantidade de nebulosidade associada. Os vórtices confinados na média e alta troposfera possuem pouca nebulosidade e são denominados secos. Os vórtices "secos", como descritos por Frank (1970), estão caracterizados por movimento descendente e seco no seu centro. Os vórtices que atingem os níveis mais baixos da troposfera possuem bastante nebulosidade, sendo chamados de vórtices "úmidos". A nebulosidade associada varia, ocorrendo muitas vezes intensa nebulosidade e precipitação e outras vezes o céu está quase claro. Isto sugere uma reversão na circulação vertical.

#### Complexos convectivos de meso-escala

A trajetória dos CCM subtropicais tem geralmente início na região a leste dos Andes numa latitude média de 25° S e sobre os vales dos rios Paraná e Paraguai. As condições de grande escala médias associadas ao CCM foram enfocadas tanto em Guedes (1985) como em Velasco e Fritsch (1987). A característica principal é a presença de um jato em baixos níveis (850 hPa) de norte que proporciona forte advecção de ar quente e úmido. A borda sul desse jato costuma coincidir com a posição do CCM denotando forte convergência de umidade.

Embora essa situação de grande escala seja favorável ao início do sistema convectivo, a evolução temporal subsequente não é inteiramente definida por essas características. Numa simulação numérica de um sistema convectivo de mesoescala, com características de CCM, realizada por Rocha (1992), mostra-se através de experimentos de sensibilidade, que a evolução do CCM está simbioticamente ligada à liberação de calor latente nos processos convectivos: sem essa fonte de energia o sistema decai rapidamente.

### Distúrbios Ondulatórios de Leste

Na atmosfera tropical, caracterizada por muita umidade e intensa atividade convectiva, são observados fenômenos meteorológicos em várias escalas de espaço e de tempo, desde a convecção cúmulos até a oscilação quase-bienal.

Em várias regiões da faixa tropical tem sido observada a presença de um fenômeno de tempo caracterizado por distúrbios nos ventos de leste, que vem sendo estudado há mais de quarenta anos. Estes distúrbios foram chamados de ondas de leste e foram encontrados no Pacífico leste e oeste, no Atlântico Norte e na faixa tropical perto da África.

As condições de tempo relacionadas a estas ondas são: bom tempo associado à subsidência a oeste do cavado e mau tempo a leste do cavado; na baixa troposfera, a onda se move mais lentamente que a corrente básica, e possui um núcleo de ar mais frio que a vizinhança; a intensidade máxima da onda se dá em torno de 700 hPa a 500 hPa, e a inclinação é para leste com a altura. Essas características são usadas até hoje na determinação dos distúrbios de leste.

### **Climatologia das variáveis meteorológicas região**

#### Pluviometria

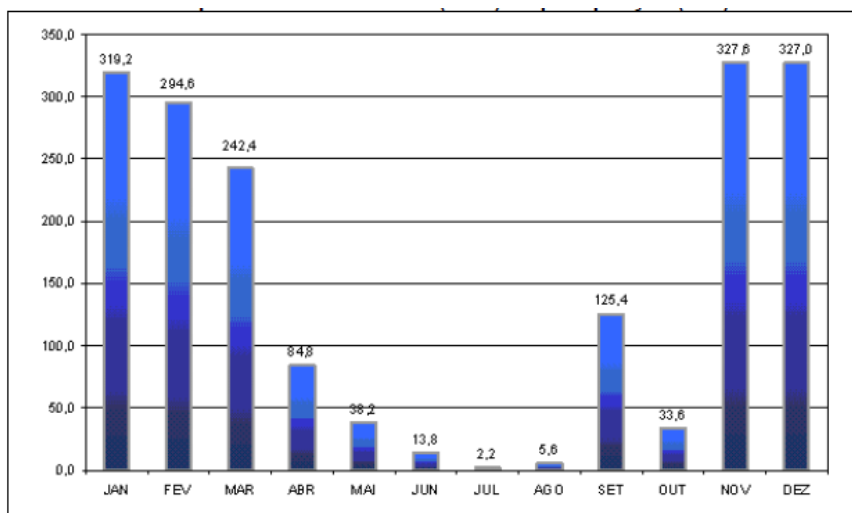
Chuva intensa define-se como sendo aquela que registra um grande volume de água precipitado num curto espaço de tempo.

A nuvem de chuva característica na região de Ipatinga é o cumulonimbus, cuja base pode situar-se entre 300 e 3000 m.

A distribuição pluviométrica ao longo do ano de 2005 e 2006 para a cidade de Ipatinga foi de 1814,4 mm e 1436,0 mm, respectivamente, marcado por uma grande variação interanual (um período seco e chuvoso).

Os meses mais chuvosos estendem-se de outubro-março. Os meses de abril e setembro são meses de transição entre um regime e outro. Já o quadrimestre de maio-agosto é marcado pela estação seca na região. Contudo, devido a dinâmica atmosférica e a ação de vários elementos interagindo e alterando essa dinâmica, tanto a estação seca quanto a chuvosa podem prolongar-se ou sofrerem atrasos.

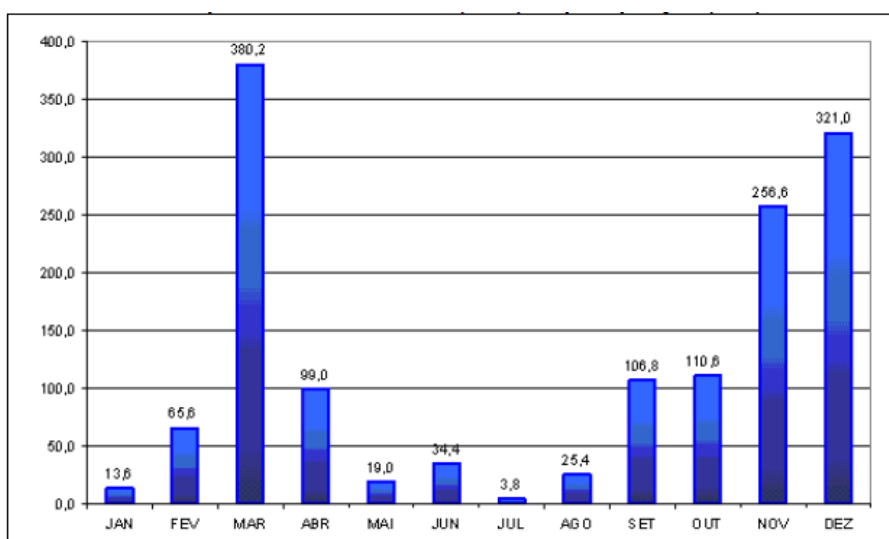




Fonte: Estação Climatológica da Usiminas (Ipatinga-MG).

Figura 60 - Comportamento interanual (2005) da precipitação (mm)

A distribuição de chuva nos meses de janeiro-fevereiro-março e novembro-dezembro (2005) apresentaram uma região de precipitação alta (superior a 1510 mm). Por outro lado, no quadrimestre de maio-junho-julho-agosto (2005), devido a baixa atividade convectiva, os valores não ultrapassaram a 59,8 mm (Figura 60), tal fator é evidenciado pela ação do Anticiclone do Atlântico Sul sobre a região de Ipatinga e adjacências, induzindo um período de seca bem característico.



Fonte: Estação climatológica da Usiminas (Ipatinga-MG).

Figura 61 – Comportamento interanual (2006) da precipitação (mm)

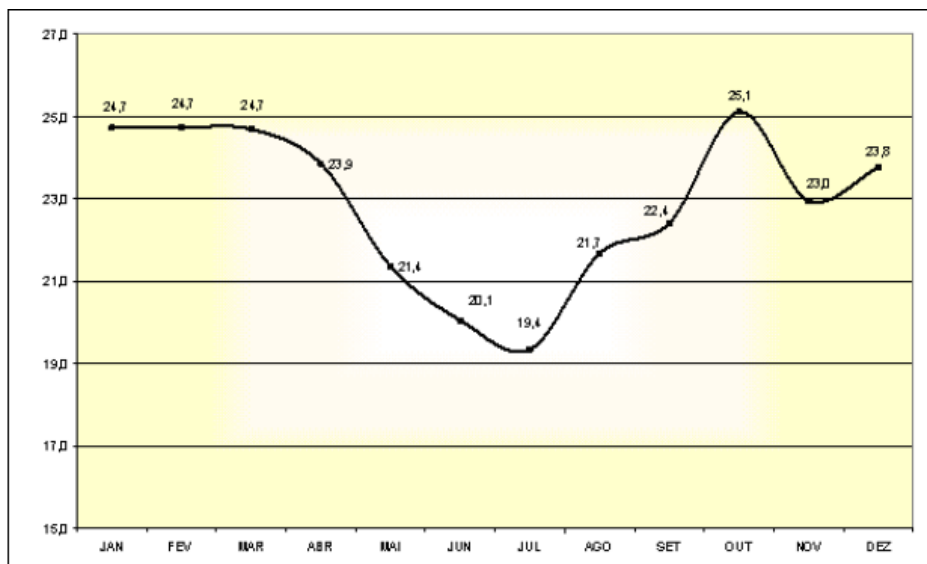
A distribuição de chuva no bimestre novembro-dezembro (2006) (Figura 61) apresentou uma região de precipitação alta (superior a 577 mm). Deve-se dar destaque também para o mês de março que sozinho acumulou cerca de 380 mm. Por outro lado, no quadrimestre maio-junho-julho-agosto (2006), devido a baixa atividade convectiva, os valores não ultrapassaram a 82,6 mm onde a região ficou sob a ação do Anticiclone do Atlântico Sul, induzindo um período de seca bem característico. A medição de janeiro de 13,6 mm não está condizente com a média histórica registrada, uma vez que se espera elevados valores pluviométricos.

### Temperatura

As maiores temperaturas médias anuais (TMED) foram registradas nos meses de outubro e janeiro-fevereiro-março de 2005. O que se espera para uma região equatorial como Ipatinga, são temperaturas elevadas ao longo de todo o ano, principalmente no verão, e invernos com temperaturas um pouco mais baixas.

Para tanto ainda pode-se observar que as médias ao longo do ano podem ultrapassar com facilidade a casa dos 24°C (Figura 62).

A variabilidade da temperatura local no ano de 2005 pode ser considerada elevada, para uma região tropical como Ipatinga, conforme atesta o valor de desvio que é de 5,7° C (TMED) entre o mês mais frio e o mês mais quente.

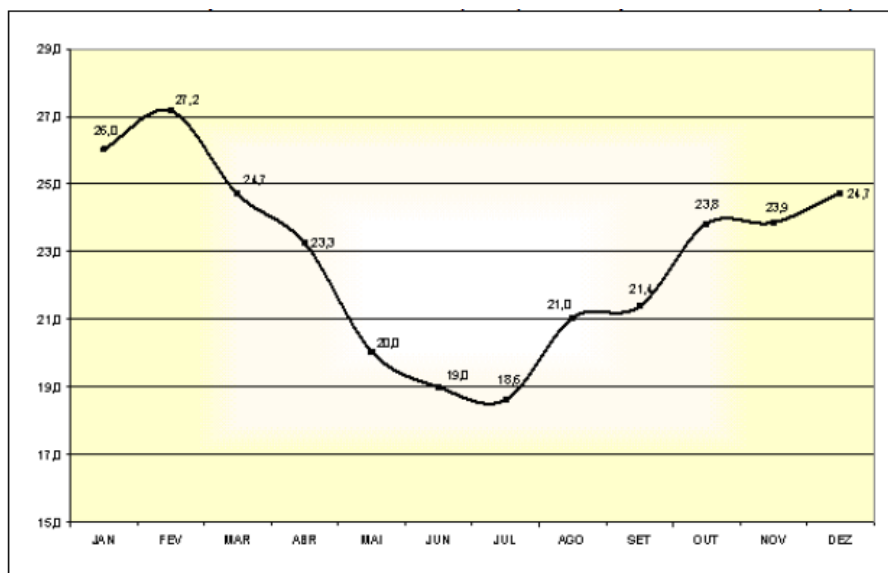


Fonte: Estação climatológica da Usiminas (Ipatinga-MG).

Figura 62 - Comportamento interanual (2005) das temperaturas médias (°C)

Durante o período 2006 as maiores temperaturas médias anuais (TMED) foram registradas no trimestre de janeiro-fevereiro-março e no mês de dezembro, conforme Figura 63. Tais evidências vão perfeitamente de encontro com o padrão térmico que se espera de uma região equatorial como Ipatinga, onde os verões são quentes e os invernos mais amenos.

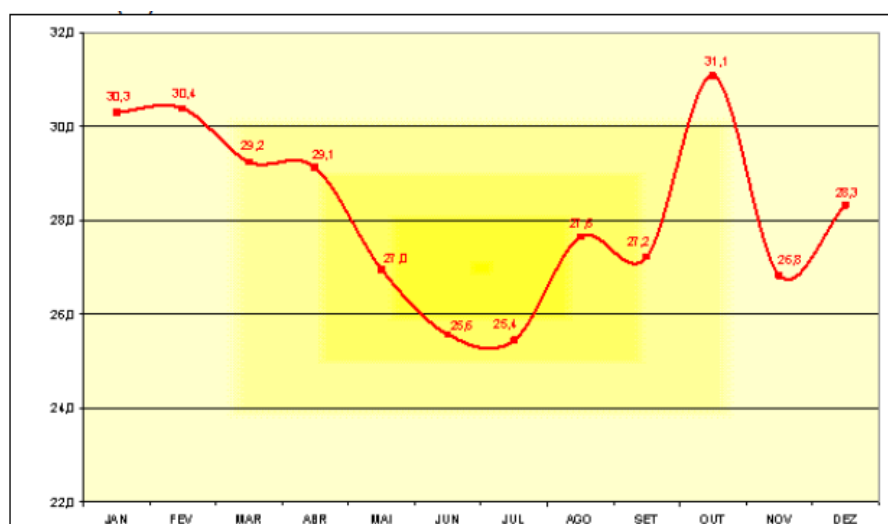
A variabilidade da temperatura local ao longo do ano de 2006 pode ser considerada elevada, conforme atesta o valor de desvio que é de 8,6° C (TMED) entre o mês mais frio e o mês mais quente. No entanto, tal comportamento também está perfeitamente adequado aos padrões térmicos de uma região tropical como Ipatinga.



Fonte: Estação climatológica da Usiminas (Ipatinga-MG).

Figura 63 - Comportamento interanual (2006) das temperaturas médias (°C)

As maiores médias das máximas ao longo do ano de 2005 (TMAX) foram registradas no trimestre de janeiro-fevereiro-março (JFM) e no mês de outubro com temperaturas de 30,3°C, 30,4°C, 29,2°C e 31,1°C, respectivamente (Figura 64). Tais características estão relacionadas à maior quantidade de energia solar disponível no sistema terra-atmosfera, resultante da modificação do eixo de inclinação da terra neste período no hemisfério sul, onde os raios solares ficam mais paralelos diminuindo o ângulo de incidência sobre a superfície terrestre, e conseqüentemente maior quantidade de energia (Kj/cm<sup>2</sup>).



Fonte: Estação climatológica da Usiminas (Ipatinga-MG).

Figura 64 - Comportamento interanual (2005) das temperaturas médias máximas (°C)

As maiores médias das máximas ao longo do ano de 2006 (TMAX) foram registradas no trimestre de janeiro-fevereiro-março (JFM) com temperaturas de 31,2°C, 33,3°C, 29,8°C, respectivamente (Figura 65). Tais características, também estão relacionadas a maior quantidade de energia solar disponível no sistema terra-atmosfera, resultante da modificação do eixo de inclinação da terra neste período no hemisfério sul.

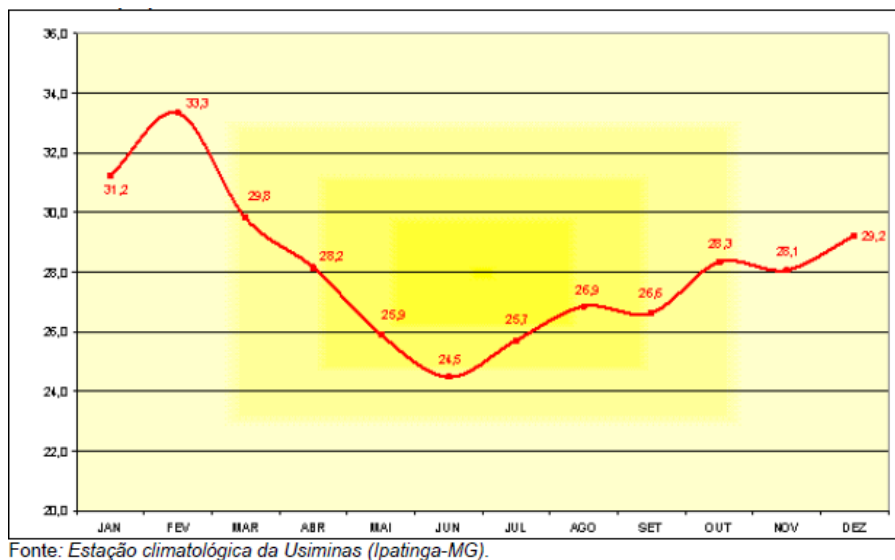


Figura 65 - Comportamento interanual (2006) das temperaturas médias máximas (°C)

As menores médias das mínimas ao longo do ano de 2005 (TMIN) foram registradas no período de inverno (JJA) com temperaturas de 16,4°C, 15,2°C e 17,4°C, respectivamente. Em uma análise mais criteriosa do comportamento atmosférico da região, tais características estão relacionadas à predominância de baixa nebulosidade, o que de certa forma contribui para o registro das menores mínimas, uma vez que neste período, a permanência de céu claro induz liberação de calor no período noturno para a atmosfera mais eficientemente, sem ser barrado pelas nuvens, um importante elemento do efeito estufa natural. Outro fenômeno que induz as baixas mínimas verificadas na Figura 66 é o eixo de inclinação da terra que neste período no hemisfério sul, onde os raios solares ficam mais inclinados sobre a superfície terrestre, diminuindo a quantidade de energia ( $Kj/cm^2$ ) no sistema terra-atmosfera.

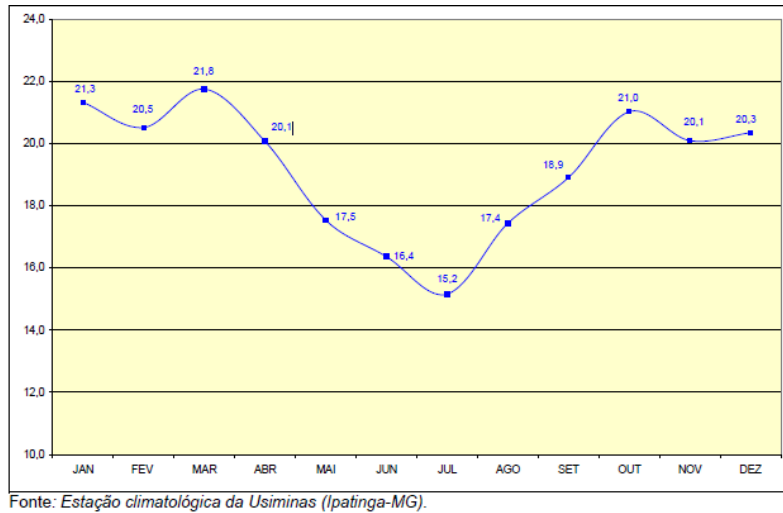


Figura 66 - Comportamento interanual (2005) das temperaturas médias mínimas (°C)

As menores médias das mínimas ao longo do ano de 2006 (TMIN) foram registradas no período de outono-inverno (MJJ) com temperaturas de 16,2°C, 15,1°C e 13,4°C, respectivamente. Em uma mesma análise do comportamento atmosférico da região em 2005, tais características térmicas estão relacionadas à predominância de baixa nebulosidade e ao eixo de inclinação da terra que neste período, onde os raios solares ficam mais inclinados sobre a superfície terrestre, proporcionam menores registros das termiais.

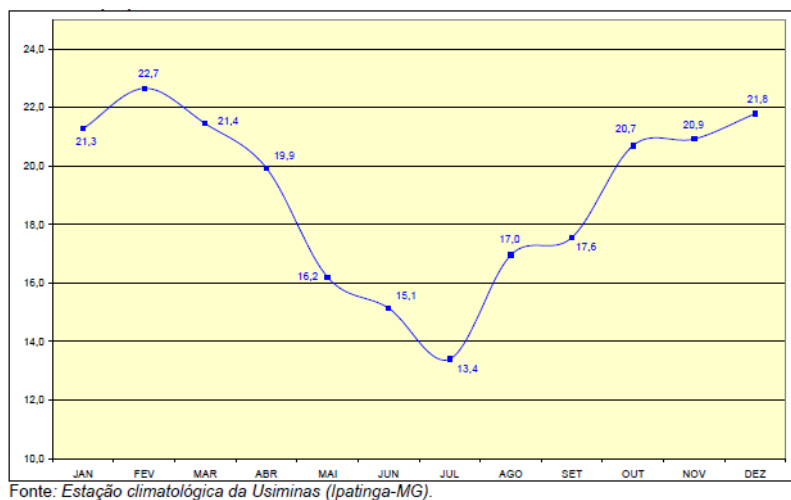


Figura 67 - Comportamento interanual (2006) das temperaturas médias mínimas (°C).

## Umidade

A umidade relativa do ar na região de Ipatinga em 2005 apresentou baixa variabilidade anual. Contrariando as expectativas que se conhece sobre o comportamento médio esperado da umidade do ar na faixa intertropical, os gráficos indicam a existência de maiores valores médios durante o outono-inverno do que o início de primavera. (Figura 68).

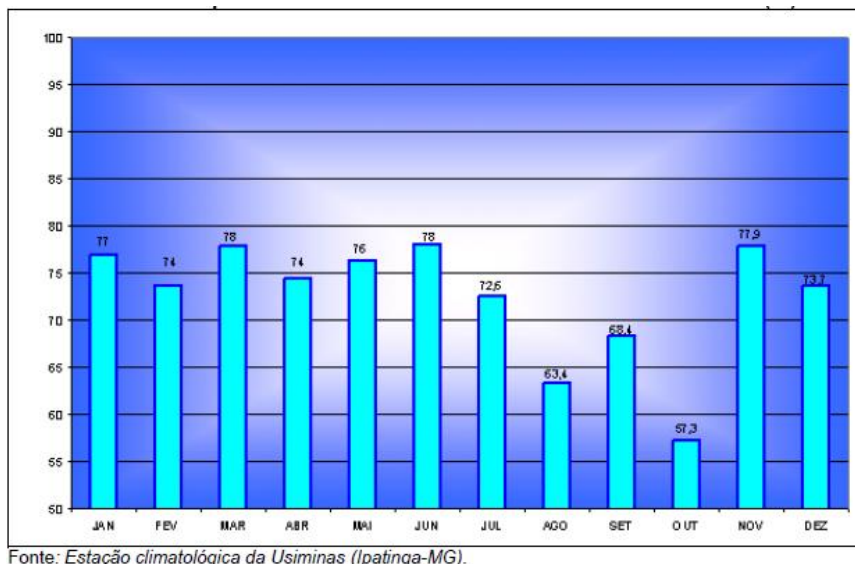


Figura 68 - Comportamento interanual de 2005 da Umidade Relativa (%)

A umidade relativa do ar na região de Ipatinga em 2006 assim como o ano de 2005 contrariou as expectativas que se conhece sobre o comportamento médio esperado da umidade do ar na faixa intertropical. Os gráficos indicam a existência de maiores valores médios durante o outono-inverno do que o início de primavera e do final de verão, conforme Figura 69. É importante chamar a atenção para as médias dos meses janeiro (60%) e fevereiro (60%) que estão muito abaixo da média histórica esperada para a estação chuvosa em Ipatinga.

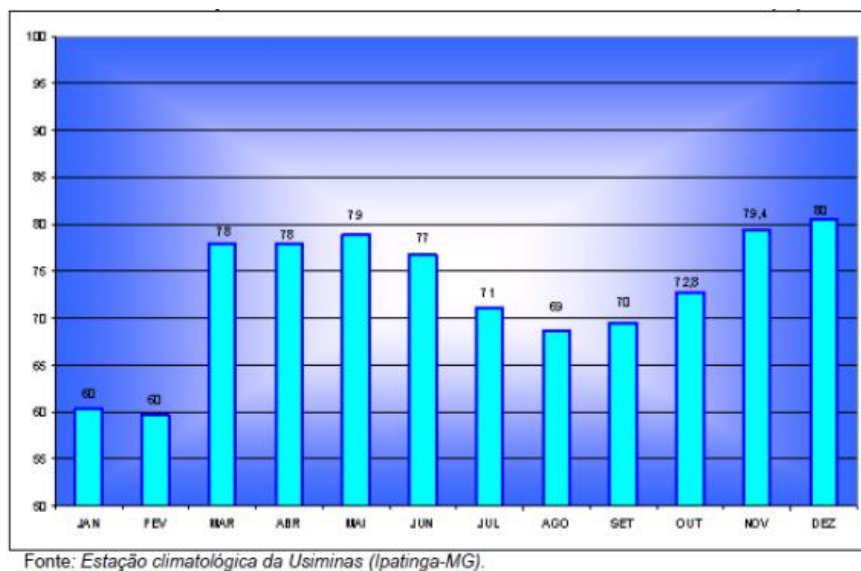


Figura 69 - Comportamento interanual de 2006 da Umidade Relativa (%)

## Conclusões

Ainda, a manutenção de áreas dotadas de considerável cobertura vegetal pode contribuir para que a recarga do lençol freático seja garantida e que a umidade relativa do ar não atinja patamares capazes de comprometer a saúde dos moradores locais, essencialmente nos meses onde há baixa umidade do ar.

O volume pluviométrico elevado e a forma de sua distribuição, concentrada no semestre setembro-março, devem merecer especial atenção no dimensionamento do sistema de escoamento pluvial (canais de drenagem) nos arruamentos de acesso interno e local das áreas objeto de licenciamento como um todo.

Sugere-se ainda que os possíveis programas de recomposição da flora nas áreas de entorno do empreendimento se atenham às características pluviométricas locais. Para tanto, o semestre de outubro-março é o mais indicado para o plantio de espécies arbóreo-arbustivas sem grandes perdas e com baixo consumo de água. Já os meses de maio-agosto (MJJA), dependendo das espécies a serem plantadas, é o período menos indicado.

O baixo volume pluviométrico, essencialmente, caracterizado entre os meses de maio a agosto (MJJA), estação seca, merece especial atenção no que se diz respeito à concentração de particulados na atmosfera. Para tanto, é necessário um cuidado



redobrado na manutenção diária dos locais carentes de aspersão d'água como as vias de acesso ao empreendimento e nos pátios de estocagem de minério, cujo objetivo é diminuir a concentração de particulados na atmosfera inerentes à atividade.

Outro fator importante que merece atenção é o aumento gradual da inversão térmica nos períodos de inverno. Tal fenômeno que naturalmente ocorre na relação superfície-atmosfera tem sido intensificado devido ao aumento da emissão de material particulado, principalmente nas cidades industriais. Dadas as preocupações com a qualidade e com as condições ambientais do clima em todo o planeta atualmente, sugere-se a implantação, manutenção e rigor no uso dos equipamentos e processos, garantindo assim que as emissões estejam dentro dos padrões estabelecidos pela atual legislação vigente.

A presença de corpos d'água na área do empreendimento (rio Doce) sugere a criação de mecanismos, técnicas e projetos de educação ambiental interno e externo à área do empreendimento destinado a sua preservação. A conservação das características ambientais, mais próximas ao seu estado natural pode contribuir para a manutenção de importantes biótopos, que uma vez garantidas suas características primitivas, atuam como reguladores dos processos naturais da temperatura, umidade e absorção de energia incidente.

A implementação e manutenção de programas de educação ambiental, assim como sistemas hidráulicos mais racionais, são medidas essenciais que tendem a diminuir o consumo de água captada superficialmente, permitindo assim, a manutenção e uma boa vazão do corpo d'água em períodos de estiagem.

## DEFEITOS ENCONTRADOS NO DIAGNÓSTICO

A definição do período chuvoso deveria ter sido de setembro a março e não outubro a março como descrito, tendo em vista o resultado dos gráficos para o mês de setembro.

A parte da meteorologia sinótica está bem representada, com exceção dos VCANs e Distúrbios Ondulatórios de Leste, pois ambos estão fora de contexto para a região de Ipatinga. Os VCANs atuam com mais intensidade no Nordeste e os Distúrbios Ondulatórios de Leste vêm da África para o Nordeste.

O autor trata a ZCAS como Zona de Convergência do Atlântico Sul, entretanto o correto é de se trabalhar Zona de Convergência da América do Sul.

Ora o autor trata Ipatinga se localizando em uma região equatorial, ora traz a informação como sendo localizada na região tropical.

No tocante à precipitação o autor não define claramente a estação seca na região, tendo em vista que o mês de setembro não foi contabilizado. O correto é definir o período seco com início no mês de abril e término no mês de setembro, totalizando 6 meses de secos.

Deveria ter usado dados da NC da estação USIMINAS e dados da estação do aeroporto e não somente 2 anos de dados.

Poderia ter comparado 2 períodos, 1961-1990 e 1991-2005. E ainda, utilizado dados mais recentes.

O estudo analisado não atendeu a todas exigências do TR GER001 para EIA-Rima, tendo sido apresentadas informações incompletas.

## GRUPO E 14

2CRD, 2016. **Residencial Noronha – Santa Luzia**. Itatiaia Projetos e Gestão. Construtora Renault Diniz.

O presente documento consiste em uma resenha de um diagnóstico de clima elaborado pela empresa Itatiaia Projetos e Gestão, para um empreendimento de parcelamento de solo, da Construtora Renault Diniz (CRD), denominado Residencial Noronha, localizado no município de Santa Luzia-MG.

Trata-se de um empreendimento enquadrado na Listagem E – Atividades de Infraestrutura da Deliberação Normativa nº 74/2004, de 09 de setembro de 2004, do Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM.

Os dados coletados no período de 1961-1990, fornecidos pela Companhia Energética de Minas Gerais – CEMIG, referentes aos parâmetros temperatura média das máximas e mínimas, temperatura compensada, precipitação mensal/anual, umidade relativa e velocidade dos ventos foram tratados graficamente e sintetizados no diagnóstico de clima.

O clima regional de acordo com a classificação de Köppen é o Cwb, ou seja, Tropical de Altitude. Santa Luzia possui um clima caracterizado por apresentar verões chuvosos e brandos com temperatura média variando entre 19° e 28° durante o ano.

A temperatura não possui grande amplitude térmica entre os meses mais quentes e os meses mais frios. O mês mais quente apresentou uma temperatura média compensada no mês de janeiro de 23,5°C, e a média mais fria 18,3°C nos entre os meses de julho e agosto. A temporada mais quente ocorre entre outubro a março, e a mais fria entre junho e agosto. A temperatura média anual compensada é de 21,1°C, e a média das temperaturas máximas é de 27,8°C. A média das mínimas é de 15,4°C

A pluviosidade anual média foi de 1.437mm, com 58% das chuvas nos meses de novembro, dezembro e janeiro, coincidindo com as altas temperaturas. Os meses de junho, julho e agosto, que são os mais frios, concentram apenas 2,4% das chuvas anuais, sendo os menos chuvosos do ano.

Com relação a umidade relativa, a mesma segue uma tendência comum da sazonalidade de inverno e verão, apresentando o valor mais alto em dezembro (81,4%), apresentando um decaimento até setembro (69,4%). A média anual é 75,8%.

A velocidade média dos ventos fica entre 1,0 e 1,7m/s, sendo que os valores mais altos ocorrem nos meses de setembro, outubro e novembro. A média anual é de 1,3m/s, registrando os menores valores nos meses de janeiro e junho.

Nota-se que a metodologia apresentada para a classificação é obsoleta, os dados não permitem uma correlação adequada para o dimensionamento de um projeto de infraestrutura.

Com relação à informação trazida pelos autores de que o Brasil possui 3 Normais finalizadas, a mesma é inverídica, pois, segundo dados do INMET no Brasil, como as observações meteorológicas só começaram a ser realizadas, de forma sistemática, a partir de 1910, as primeiras Normais Climatológicas foram publicadas pelo Escritório de Meteorologia do Ministério da Agricultura, em 1970, correspondentes ao período 1931-1960. Portanto, existem atualmente 2 Normais e 1 em elaboração. Nota-se que a fonte de dados das Normais é o INMET e não a Companhia Energética de Minas Gerais – CEMIG, como informaram no diagnóstico climático.

A classificação climática utilizada foi a de Köppen, que utiliza apenas 2 parâmetros para classificação dos climas, temperatura e precipitação. Autores como Thornthwaite e Nimer avaliaram mais parâmetros e chegaram a classificações mais precisas. No caso da classificação de Nimer, as características do clima de uma região são determinadas a partir de um conjunto de fatores climáticos, sobretudo a circulação atmosférica, e os elementos climáticos pluviosidade e temperatura.

Diversos equívocos na geração de dados foram observados, o que implica negativamente no adequado planejamento da atividade a ser regularizada. O primeiro é a citação da fonte de dados errônea como sendo a CEMIG, ao passo que a fonte correta é o INMET. O segundo equívoco encontrado foi ter trabalhado a precipitação acumulada mensal para esse tipo de empreendimento, pois o ideal para um adequado planejamento

da infraestrutura de drenagem urbana é um histórico de dados decendiais para determinar o início e fim do período chuvoso, bem como a quantificação do volume de chuva.

O estudo analisado não atendeu a todas exigências do TR GER001 para EIA-Rima, tendo sido apresentadas informações incompletas.

## **GRUPO E 15**

DNIT, 2009. **RCA Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT** – Lavras-MG. Atividade E-01-01-5 Implantação ou duplicação de rodovias, listada no grupo E – Atividades de Infraestrutura, da Deliberação Normativa nº 74/2004, de 09 de setembro de 2004, do Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM. MAPEAR Ltda.

Trata-se de um diagnóstico de clima elaborado pela empresa MAPEAR Ltda, para um empreendimento cuja atividade é E-01-01-5 Duplicação de rodovias (trecho de 14,99Km na BR-265), localizado no município de Lavras-MG. O autor não trouxe informações sobre a fase do licenciamento e nem a classe do empreendimento.

O diagnóstico climático avaliado neste Relatório de Controle Ambiental (RCA), trouxe informações sobre os parâmetros meteorológicos, entretanto as informações não fazem correlações com outros aspectos ambientais.

### **Climatologia**

O autor classificou o clima da área de estudo como Cwb (clima mesotérmico de inverno seco), com verões brandos e estação chuvosa no verão, segundo Köppen.

Nesse clima, a temperatura do mês mais quente não atinge 22°C e o índice pluviométrico entre 1300mm/ano e 1700mm/ano. O período mais seco é julho, quando ocorrem as mais baixas temperaturas (16,5°C). A estação seca vai de maio a setembro, atingindo a evaporação índices baixos, devido ao abrandamento da temperatura nesse período. O mês mais chuvoso é, em geral, janeiro, quando o total de chuvas atinge mais de dez vezes as do mês de julho. Também é denominado de clima “tropical de altitude”, pois é característico de terras altas.

A umidade relativa do ar oscila entre 75% e 85%. Entretanto, embora a classificação de Köppen seja a mais divulgada no Brasil, ela tem sofrido severas

críticas, por ser uma classificação essencialmente descrita e sem qualquer preocupação com a gênese dos climas.

Alguns autores têm se preocupado com essa gênese e dentre eles, pode-se citar Gaussen, sua classificação se baseia na pesquisa do “clima bilógico”, cujo o entorno do empreendimento se enquadra na região climática xeroquimênica (tropical), apresentando as seguintes características:

- Curva térmica sempre positiva;
- Dias curtos e secos;
- Índice xerotérmico com valor entre 0 a 200;
- Duração de período seco variável entre 0 e 8 meses consecutivos.

Esse clima é nitidamente caracterizado por um período seco (inverno) e um período úmido (verão), sendo que no Brasil o clima xeroquimênico ou tropical comporta duas grandes divisões:

- Tropical quente (termoxeroquimênico)
- Tropical brando (mesoxeroquimênico)

Essas duas subdivisões encerram modalidades climáticas definidas pelos valores dos índices xerotérmicos. Na área de estudo, ocorre a modalidade termoxeroquimênico atenuado – tropical quente de seca atenuada (4cTc), com as mesmas características descritas anteriormente. A classificação de Gaussen, detalhada por Galvão (1967) *apud* DNIT (2009), mostra com clareza a correlação dos tipos climáticos com a vegetação, tendo uma maior aplicação prática quando da elaboração da recuperação e controle da área.

A área possui mais de 80% da precipitação pluviométrica total concentrada entre outubro a março e de acordo com as informações meteorológicas quanto as chuvas, pode-se dividir a área em três períodos:

- Período chuvoso – de outubro a março – média mensal de 224,4mm de precipitação em 17 dias;
- Período de transição – abril e setembro – média mensal de 32,6mm em 6 dias e 57,2mm em 5 dias, respectivamente;
- Período seco – de maio a agosto – média de 23,9mm mensal em 3 dias.

## **Defeitos encontrados**

O autor não identificou a fonte de dados de onde foram extraídas as informações. Ainda, não apresentou qualquer representação gráfica com relação aos dados de precipitação, temperatura, insolação e balanço hídrico climatológico.

Apesar de ter citado a classificação de Köppen no início do diagnóstico, foi realizada uma crítica com relação a esse autor, tendo sido adotada a classificação de Gaussen. Entretanto, para uma caracterização climática adequada, a metodologia de Nimer é a mais recomendada.

Ainda, o autor não traz informações a respeito da climatologia sinótica e os principais mecanismos atmosféricos. **O estudo analisado não atendeu a todas exigências do TR GER001 para EIA-Rima, tendo sido apresentadas informações incompletas.**



**GRUPO F - Diagnósticos climatológicos analisados aplicados aos processos de licenciamento ambiental (Tabela 4) Grupo F Linhas 16, 17 e 18 – Gerenciamento de Resíduos e Serviços**

## GRUPO F 16

SEMAD, 2017. **EIA JR Ambiental**. Atividades F-05-11-8; F-05-12-6 e F-05-13-4, listadas no grupo F – Atividades de Serviços e Comércio Atacadista, da Deliberação Normativa nº 74/2004, de 09 de setembro de 2004, do Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM. ERN – Engenharia de Recursos Naturais Ltda.

Trata-se de um diagnóstico de clima elaborado pela empresa ERN – Engenharia de Recursos Naturais Ltda, para um empreendimento cujas atividades são Atividades F-05-11-8 Aterro para resíduos perigosos - classe I, de origem industrial; F-05-12-6 Aterro para resíduos não perigosos - classe II, de origem industrial, e F-05-13-4 Incineração de resíduos, pertencente à JR Ambiental, localizado na zona rural do município de Campo Belo-MG.

Esse empreendimento está enquadrado no grupo de atividades da Listagem F – Atividades de Serviços e Comércio Atacadista da Deliberação Normativa nº 74/2004, de 09 de setembro de 2004, do Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM.

O diagnóstico climático avaliado neste Estudo de Impacto Ambiental (EIA), apresentou um diagnóstico extremamente resumido para um empreendimento desta natureza.

Segundo os autores, os sistemas de classificações climáticas (SCC) são de grande importância, pois, analisam e definem os climas das diferentes regiões levando em consideração vários elementos climáticos ao mesmo tempo, facilitando a troca de informações e análises posteriores para diferentes objetivos.

“Um dos SCC mais abrangentes é o de Köppen, que partindo do pressuposto que a vegetação natural é a melhor expressão do clima de uma região, desenvolveu um SCC ainda hoje largamente utilizado, em sua forma original ou com modificações”.

“A classificação de Köppen leva em conta fatores como relevo, regime de chuvas, temperatura entre outros e é representado por letras que caracterizam temperatura e regime de chuvas nas diversas estações do ano”.

“Segundo a classificação de Köppen, Campo Belo tem clima do tipo Cwa ou tropical de altitude, onde os meses mais chuvosos coincidem com a primavera e o verão (setembro a março) e os de estiagem, com o outono e inverno (abril a setembro)”.

“Esse tipo de clima corresponde às áreas mais altas do relevo brasileiro, abrangendo as serras do Mar e da Mantiqueira, assim como o planalto que se estende ao norte de São Paulo, Sul de Minas Gerais e Mato Grosso do Sul.”

“As médias mensais de temperatura que caracterizam este clima estão entre 18° e 22°C, com amplitudes térmicas anuais de 7 a 9 graus e precipitações entre 1.000 e 1.500mm/ano. Em Campo Belo foi registrada temperatura mínima de 10°C e a máxima de 30°C, sendo a temperatura média de 22,25°C. A precipitação pluviométrica é de 1.225m/ano”.

### **DEFEITOS ENCONTRADOS NO DIAGNÓSTICO**

A classificação climática utilizada foi a de Köppen, que utiliza apenas 2 parâmetros para classificação dos climas, temperatura e precipitação. Autores como Thornthwaite e Nimer avaliaram mais parâmetros e chegaram a classificações mais precisas. No caso da classificação de Nimer, as características do clima de uma região são determinadas a partir de um conjunto de fatores climáticos, sobretudo a circulação atmosférica, e os elementos climáticos pluviosidade e temperatura.

Os meses mais chuvosos coincidem com a primavera e o verão (setembro a março) e os de estiagem, com o outono e inverno (abril a setembro).

As estações utilizadas têm que adotar ano hidrológico (outubro a março) e (abril a setembro).

Campo Belo não tem a estação. No trabalho não fica claro de onde foram extraídos os dados. A caracterização do relevo de Campo Belo está confuso.

A caracterização climática se deu baseada em dados secundários Cwa e comparou com analogias confusas os dados de Cwa encontrados na Serra do Mar e da Mantiqueira.

O estudo analisado não atendeu à todas exigências do TR GER001 para EIA-Rima, tendo sido apresentadas informações incompletas.

## **GRUPO F 17**

Campo da Paz Cemitério Parque Ltda, 2016. **RCA do Cemitério Parque Campo da Paz** – Congonhas-MG. Atividade F-04-02-2 Parques cemitérios, listada no grupo F – Serviços, da Deliberação Normativa nº 74/2004, de 09 de setembro de 2004, do Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM. Atlântica Negócios Ambientais Ltda.

Trata-se de um diagnóstico de clima elaborado pela empresa Atlântica Negócios Ambientais Ltda, para um empreendimento cuja atividade é F-04-02-2 Parques cemitérios (4ha), localizado no município de Congonhas-MG. A fase do licenciamento é uma LOC, e a classe foi enquadrada em 1 conforme a DN 74/2004.

O diagnóstico climático avaliado neste Relatório de Controle Ambiental (RCA), apresentou-se reduzido.

### **Clima e Condições Meteorológicas**

O autor utiliza a caracterização climática de Köppen. Observou-se na região uma homogeneidade no padrão climático, sendo caracterizado apenas o grupo mesotérmico (C). Essa classificação fundamenta-se no curso dos valores médios da temperatura do ar e da precipitação pluviométrica.

O clima diagnosticado para região é do tipo Cwb – clima mesotérmico de inverno seco com verões brandos e estação chuvosa no verão.

Nesse clima, a temperatura do mês mais quente não atinge 22°C, situando-se o índice pluviométrico entre 1.300mm e 1.700mm. O período mais seco é julho, mês em que ocorrem normalmente, as mais temperaturas medidas (em torno de 16,5°C).

A estação seca estende-se de maio a setembro, atingindo a evaporação, índices baixos, devido ao abrandamento da temperatura nesse período. O mês mais chuvoso é em geral, janeiro, quando o total de chuvas atinge mais de dez vezes as do mês de julho.

### **Defeitos encontrados**

O erro principal foi ter utilizado Köppen para definir a caracterização climática, sendo a metodologia de Nimer a mais recomendada. O autor também não identificou a fonte de dados de onde foram extraídas as informações. Ainda, não apresenta qualquer representação gráfica com relação aos dados de temperatura e precipitação.

O autor não apresentou informações sobre climatologia sinótica e os principais mecanismos atmosféricos. O estudo analisado não atendeu a todas as exigências do TR GER001 para EIA-RIMA, tendo sido apresentadas informações incompletas.

## **GRUPO F 18**

Construfer Ltda, 2007. **RCA da empresa Construfer Ltda.**– Uberlândia-MG. Atividade F-01-01-5 - Depósito de sucata metálica, papel, papelão, plásticos ou vidro para reciclagem, não contaminados com óleos, graxas ou produtos químicos, exceto embalagens de agrotóxicos, listada no grupo F – Serviços, da Deliberação Normativa nº 74/2004, de 09 de setembro de 2004, do Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM. Engeplan Consultoria.

Trata-se de um diagnóstico de clima elaborado pela empresa Engeplan Consultoria, para um empreendimento cuja atividade é F-01-01-5 - Depósito de sucata metálica, papel, papelão, plásticos ou vidro para reciclagem, não contaminados com óleos, graxas ou produtos químicos, exceto embalagens de agrotóxicos, localizado no município de Uberlândia-MG. O autor não trouxe informações sobre a fase do licenciamento e nem a classe do empreendimento.

O diagnóstico climático avaliado neste Relatório de Controle Ambiental (RCA), trouxe informações sobre a climatologia sinótica e dados sobre os parâmetros meteorológicos, entretanto as informações ficaram desconexas na conclusão.

### **Meio Físico**

Os aspectos climáticos locais são determinados por dois tipos de fatores: Fatores estáticos constituídos pelas características fisiográficas (altitude, latitude, longitude, cobertura vegetal, continentalidade ou maritimidade) e fatores dinâmicos (dinâmica das massas, temperatura, pluviosidade, insolação, nebulosidade). A análise sazonal deste conjunto de fatores caracterizam o clima local, que pode ser classificado de acordo com diversas tipologias.

## Fatores estáticos

O município de Uberlândia localiza-se no Triângulo Mineiro, Estado de Minas Gerais, região Sudeste do Brasil apresentando coordenadas geográficas 18°55'23" latitude sul e 48°17'19" longitude oeste. A altitude média na área urbana é de 900m, enquanto na área específica é aproximadamente 815m.

## Fatores dinâmicos

O clima de Uberlândia é controlado pelas massas de ar equatorial Continental, Tropical Atlântica e Polar Atlântica, que em seus deslocamentos são responsáveis pela marcante sucessão alternada das estações úmidas e secas.

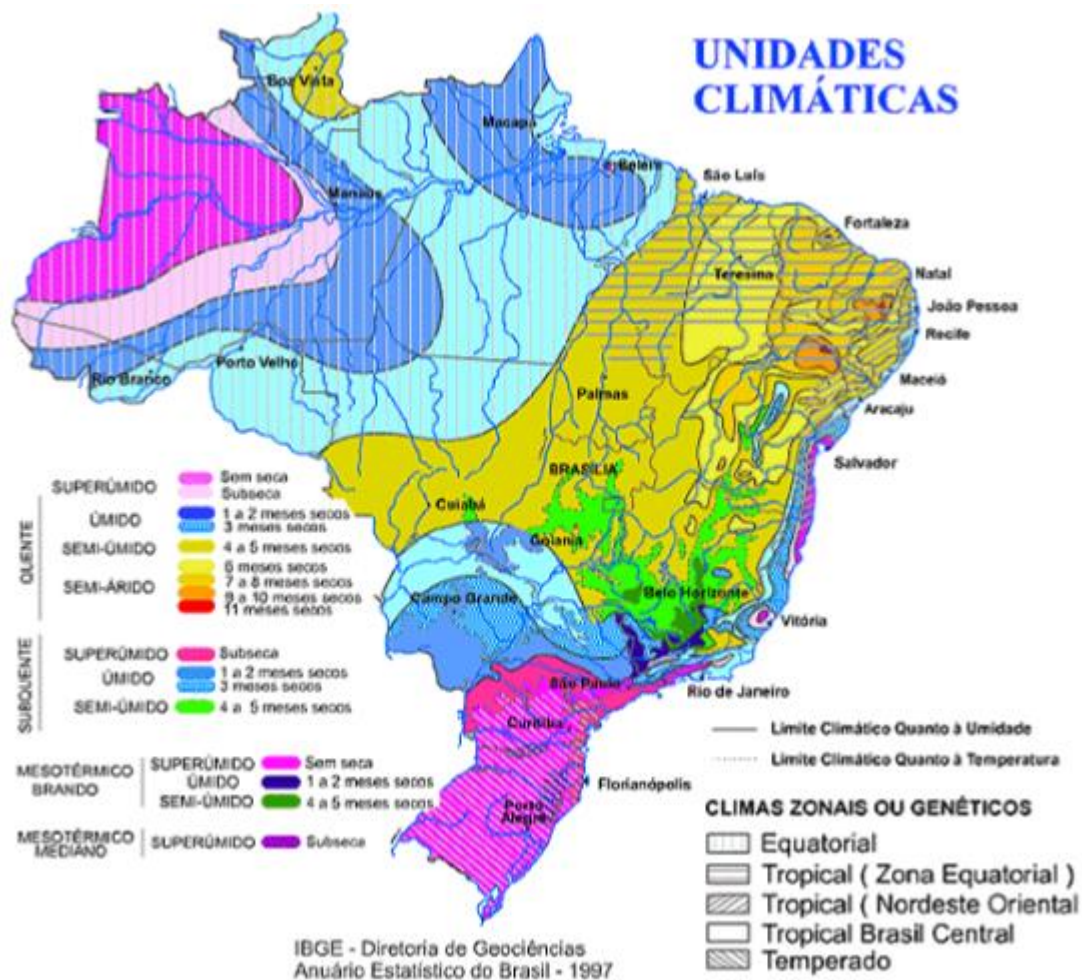


Figura 70 – Mapa de Unidades Climáticas do Brasil

Fonte: IBGE (1997) *apud* Construfer (2007).

No inverno, o clima sofre influência dos avanços do anticiclone polar, que invade o continente sul americano em direção às latitudes tropicais. Nessa época do ano, é comum ocorrer deslocamentos, encontros e domínios sucessivos entre a massa Tropical Atlântica e a “Polar Velha” (pseudo TC), com pouca umidade específica, por ser inverno. A ausência de chuvas, tempo estável, céu limpo, acentua o aquecimento diurno por insolação e resfriamento noturno, podendo ocorrer precipitações ocasionais devido ao encontro das massas Tropical Continental e Tropical Atlântica e incursão da Massa Polar Atlântica, que provocam chuvas frontais e queda brusca de temperatura.

No verão o mecanismo da circulação regional tem um ritmo diferente. Devido a um maior aquecimento do continente, gera no interior centros depressivos como é o caso do Chaco. Com o abrandamento das massas polares, a circulação regional é dividida entre Massa Tropical Atlântica, atuando o ano todo, e a Equatorial Continental de ação ligada as Tropicais Continentais. A frente Intertropical transpõe a linha do Equador, penetrando muitas vezes no interior do continente. Essas massas são quentes e úmidas, de grandes instabilidades convectivas, que provocam frequente e fortes aguaceiros (EMBRAPA, 1982 *apud* Construfer, 2007).

O autor classificou o clima da área de estudo como Cwa (clima temperado suave – mesotérmico) segundo Köppen, entretanto boa parte do município tem a classificação Aw (clima tropical chuvoso – megatérmico).

A precipitação média anual nesta área, gira em torno de 1400mm/ano à 1500mm/ano (EPAMIG/DRNR, 1982 *apud* Construfer, 2007). O período compreendido entre outubro e fevereiro, corresponde aos meses mais quentes, onde as temperaturas médias mensais variam de 20°C a 22°C. A temperatura média das mínimas anual está em torno de 16°C. As geadas têm uma ocorrência muito esporádica, sendo que quando ocorrem, normalmente acontecem nos meses de junho e julho. Os meses de maior insolação são julho e agosto e os de maior nebulosidade dezembro e janeiro. A insolação média na região é de 2.424,8horas/ano.

Quanto à área propriamente dita, têm-se um certo privilégio em função da altitude e existência de áreas ainda desocupadas à leste, próxima ao divisor de águas e do Parque



do Sabiá, que apresenta uma vegetação bastante expressiva. Os ventos predominantes sopram no sentido sudoeste (prova disso é a bandeira hasteada), porém pôr tratar-se de área de topo em cota média de 830m, considerando ainda as inversões térmicas, esse fato é pouco significativo no projeto de sistema para mitigar emissões atmosféricas.

### **Defeitos encontrados no diagnóstico**

Com relação aos fatores dinâmicos, não foram apresentadas figuras para ilustrar a incidência das massas de ar citadas, sobre o Município de Uberlândia. Faltou dizer que no inverno atua o ASAS – Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul, que causa subsidência de ar seco e frio na região onde incide o centro. Ainda, a Massa Tropical Continental citada exerce pouca influência sobre o clima de Uberlândia. Já no verão faltou citar a principal fonte de umidade para o Sudeste, que é a ZCAS – Zona de Convergência da América do Sul.

Outro erro foi ter utilizado Köppen para definir a caracterização climática, sendo a metodologia de Nimer a mais recomendada.

O autor também não definiu o período da série de dados analisados e não apresenta qualquer representação gráfica com relação aos dados de temperatura, precipitação e insolação.

Com relação à direção dos ventos, não foi definido direção predominante com base científica e nem informada a velocidade dos ventos.

**O estudo analisado não atendeu a todas exigências do TR GER001 para EIA-Rima, tendo sido apresentadas informações incompletas.**

**GRUPO G - Diagnósticos climatológicos analisados aplicados aos processos de licenciamento ambiental (Tabela 4) Grupo G Linhas 19, 20 e 21 – Atividades agrossilvipastoris**

## **GRUPO G 19**

Fazenda Curral Queimado, 2016. **RCA da Fazenda Curral Queimado** – Paracatu-MG. Atividade G-02-07-0 Criação de Bovinos de Leite; G-02-08-9 Criação de equinos; G-01-03-1 Culturas anuais excluindo a olericultura; G-05-02-9 Barragens de irrigação, todas listadas no grupo G – Atividades Agrossilvipastoris, da Deliberação Normativa nº 74/2004, de 09 de setembro de 2004, do Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM. Agro-Ambiental Assessoria Ltda.

Trata-se de um diagnóstico de clima elaborado pela empresa Agro-Ambiental Assessoria Ltda, para um empreendimento cujas atividades são G-02-07-0 Criação de Bovinos de Leite (200 cabeças); G-02-08-9 Criação de equinos (6 cabeças); G-01-03-1 Culturas anuais excluindo a olericultura (141,30 ha); G-05-02-9 Barragens de irrigação (32,30 ha), localizado no município de Paracatu-MG. A fase do licenciamento é uma LOC, e a classe foi enquadrada em 3 conforme a DN 74/2004.

O diagnóstico climático avaliado neste Relatório de Controle Ambiental (RCA), apresentou-se extremamente reduzido e deficitário.

### **Meteorologia**

O autor define a caracterização do clima segundo Köppen, onde na área de inserção do empreendimento é o AW – tropical úmido (megatérmico) de savana, com o inverno seco e verão chuvoso, sendo a temperatura média do mês mais frio superior a 18°C, a precipitação do mês mais seco é inferior a 65 mm e inferior a 100-P/25, onde P é a precipitação média anual.

A precipitação média anual da região corresponde a 1.350mm, sendo dezembro e janeiro os meses mais chuvosos, e julho e agosto os meses mais secos.

A temperatura média anual é de 22,2°C, sendo que a temperatura média do mês mais frio (julho) é de 19,4°C, a média máxima é de 29,4°C e a média mínima de 16,5°C.

A região apresenta ainda uma insolação média anual de 2300 horas de sol e um déficit hídrico anual de 214mm, compreendido entre os meses de maio e setembro.

### **Defeitos encontrados**

O autor não identificou a fonte de dados de onde foram extraídas as informações. Ainda, não apresenta qualquer representação gráfica com relação aos dados de precipitação, temperatura, insolação e balanço hídrico climatológico.

Outro erro foi ter utilizado Köppen para definir a caracterização climática, sendo a metodologia de Nimer a mais recomendada.

Por fim, o autor não traz informações a respeito da climatologia sinótica e os principais mecanismos atmosféricos.

Nota-se que em 4 parágrafos o autor tenta resumir o diagnóstico de clima para uma atividade extremamente dependente das condições do tempo e clima. Entretanto, conclui-se que um diagnóstico bem elaborado para esse tipo de atividade poderia auxiliar de forma estratégica o empreendimento, reduzindo os riscos inerentes às atividades agrossilvipastoris.

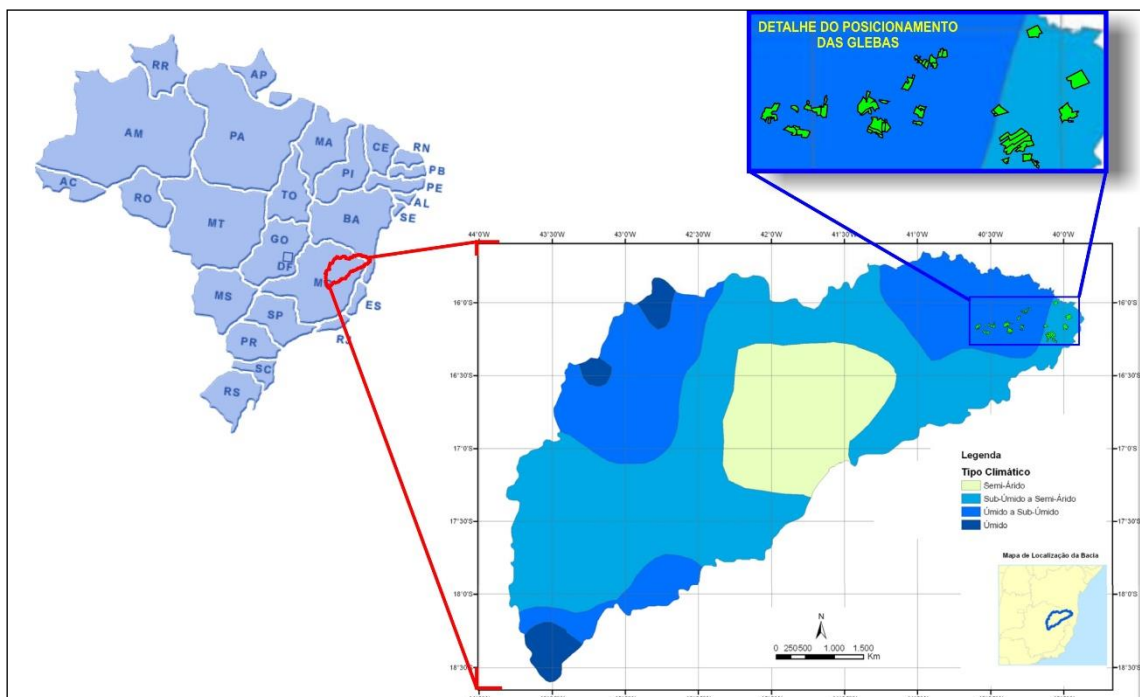
Quando se analisa o estudo sob a exigência do TR GER001 para EIA-RIMA o estudo apresenta informações incompletas, ao passo que quando analisado sob o crivo do TR específico, o mesmo atende à exigência.

## GRUPO G 20

BRANDT, 2008. **EIA Projeto Veracel** – Almenara-MG e região. Atividade G-03-02-6 Silvicultura, listada no grupo G – Atividades Agrossilvipastoris, da Deliberação Normativa nº 74/2004, de 09 de setembro de 2004, do Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM. BRANDT Meio Ambiente.

A presente resenha analisa um Diagnóstico Climático da região de Almenara no Estado de Minas Gerais, localizada na mesorregião do Vale do Jequitinhonha (Figura 1.1). O referido empreendimento trata-se do Projeto de Silvicultura da Veracel.

Figura 1.1 – Regimes climáticos da parte mineira da bacia do rio Jequitinhonha. (Sistema de Thornthwaite)



Fonte: Adaptação de FERREIRA. Vanderlei de Oliveira, 2007.

Foram utilizados dados retirados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE e do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, o primeiro para os dados que caracterizaram os contextos regionais e o segundo para dados de contextos locais. Os parâmetros meteorológicos utilizados foram as variáveis de precipitação, temperatura, umidade relativa média, balanço hídrico, nebulosidade, insolação, direção dos ventos. Os referidos parâmetros foram retirados das Estações Normais Climatológicas de Pedra Azul, Jacinto e Salto da Divisa, estas foram escolhidas devido à proximidade com o município de Almenara.

Além das referidas fontes consultadas, também foram utilizadas outras, tais como Planos Diretores de Recursos Hídricos da região e outras fontes como ANA, SUDENE, DNOCS, CEPLAC, CEMIG e DNAFE.

Para a região de estudo tem-se o clima tropical quente semi-úmido com 4 a 5 meses secos. Neste tipo climático, as temperaturas médias são superiores a 18°C em todos os meses do ano.

Nos estudos do Professor Ayoade, em 1998, áreas de baixas latitudes apresentam por ventos que na maioria dos dias sopram de leste, nordeste e sudeste, vindos do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul. Este sistema é responsável pela circulação de larga escala, provocando estabilidade atmosférica e altas temperaturas. Este mesmo fenômeno (ASAS), no período de abril a meados de outubro, quase sempre promove um maior período de insolação e baixa nebulosidade sobre a região em estudo, como pode ser visto na figura 1.2.

Figura 1.2 - Sumarização da atuação dos sistemas frontais (SF) e do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) em escala sinótica na região de estudo.



No verão brasileiro, sobre efeito da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), as regiões Centro-Oeste e Sudeste recebe umidade advinda da Amazônia, provocando períodos chuvosos de 4 a 14 dias (Figura 1.3).

Neste contexto, confirma-se que a região de Almenara sofre menos influência, destes fenômenos que a região Sudeste e Centro-Oeste. A atuação da área de alta pressão do Atlântico Sul é determinante para esta configuração típica, proporcionando maior estabilidade do tempo e índices de chuva irregulares.

Figura 1.3 – Representação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), que influencia o tempo e o clima na região de Almenara durante o verão.



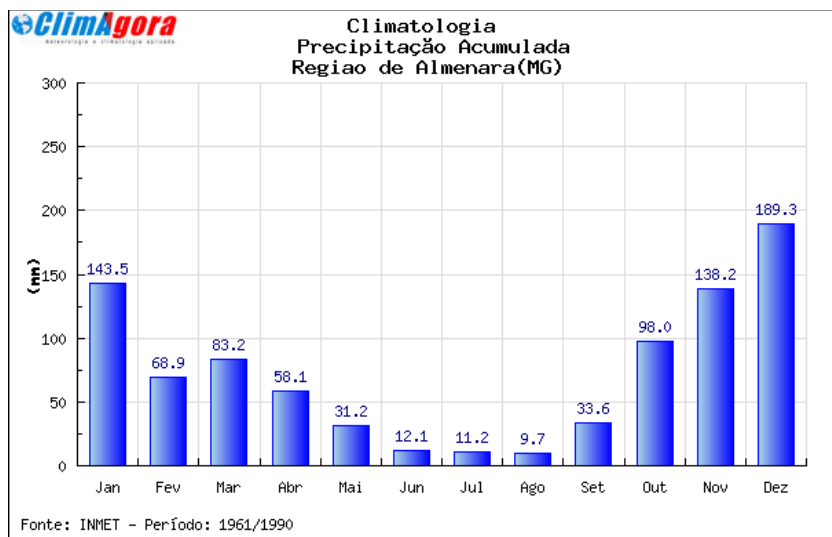
Dessa forma, outros fenômenos também influenciam a região Sudeste, por exemplo, o *El Nino*, em anos de sua atuação provoca a diminuição nos índices de chuvas e já com a atuação de *La Niña* ocorre o aumento deste índice.

No tópico 3.3 do diagnóstico em estudo, o autor cita a importância da análise dos índices pluviométricos, para o bom planejamento de qualquer empreendimento. Como é apresentado na figura 1.4 a seguir, a estação de Pedra Azul, mais próxima à área de interesse, possui o total pluviométrico de 877mm e média mensal de 73,1mm, o que demonstra menores índices de chuva menores que o da faixa centro sul do Estado mineiro.

Nesta mesma figura 1.4, percebe-se entre outubro a março são os meses de maiores índices pluviométricos e que de abril a setembro são os meses marcados pela seca. Vale ressaltar que mesmo nos meses secos, não se percebe ausência de precipitação.

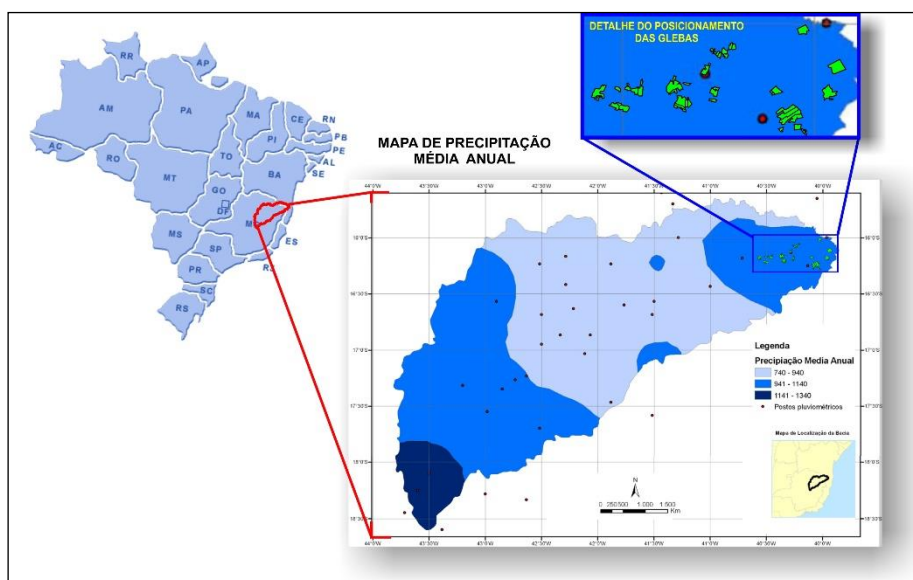


Figura 1.4 - Comportamento climatológico da precipitação (mm).



Segundo FERREIRA, 2007, na bacia do Jequitinhonha há diferentes padrões de precipitações, uma que sofre influência dos ventos e fluxos de umidade vindos do Oceano Atlântico, caracterizando-a com índices pluviométricos mais elevados, quando comparado com o médio Jequitinhonha, no inverno, por exemplo, estes apresentam níveis maiores que 140mm total. A figura 1.5, mostra que a média geral para a região em estudo sofre variações entre 900 a 1100mm.

Figura 1.5 – Precipitações médias anuais na porção mineira da bacia do rio Jequitinhonha.

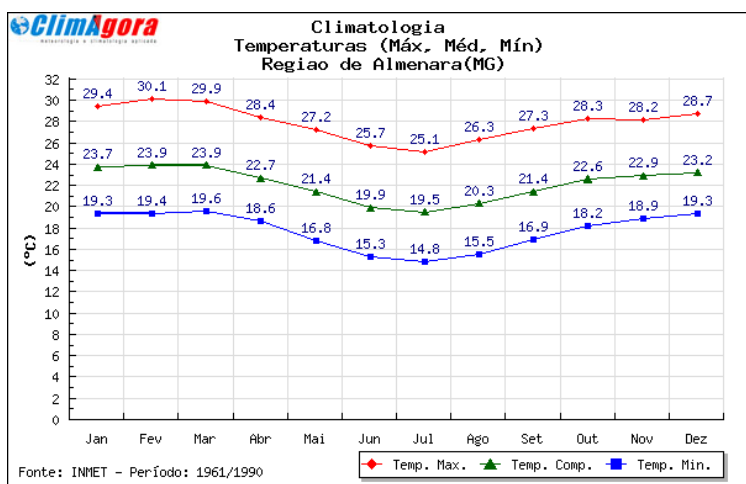


Fonte: Adaptação de FERREIRA. Vanderlei de Oliveira, 2007.

Vale ressaltar que nos municípios de Jacinto, Santa Maria do Salto, segundo as estações pluviométricas da ANA, estes possuem índices de chuvas inferiores aos municípios de Almenara e Salto da Divisa. Jacinto possui 830mm de média de precipitação anual.

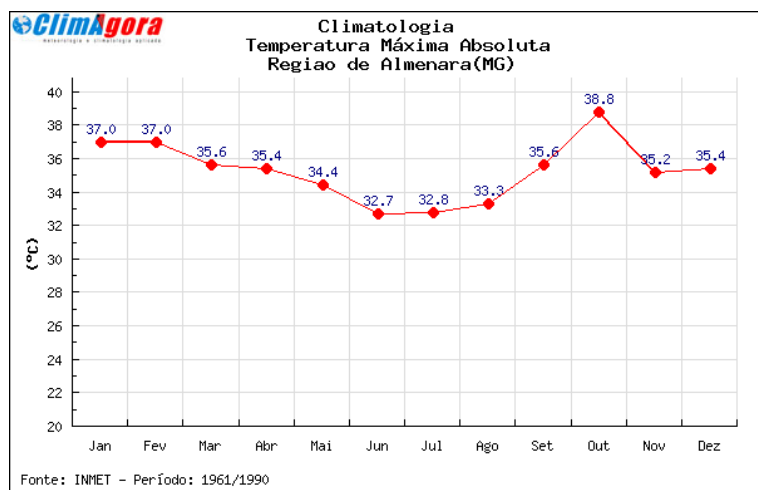
Em relação às análises de temperaturas para a região de enfoque, os meses de janeiro, fevereiro e março são apresentados as maiores médias anuais. Observa-se também que a amplitude térmica da região não é grande, quando comparada à região central mineira (Figura 1.6).

Figura 1.6 - Comportamento climatológico das temperaturas médias máximas e mínimas.



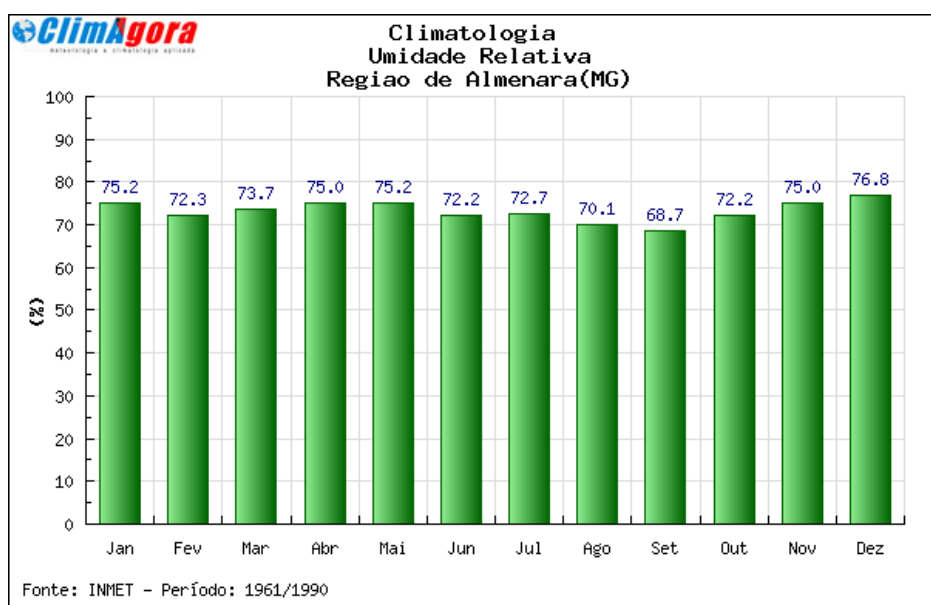
Como é informado na figura, os meses de janeiro, fevereiro e março são os que apresentam maiores médias ao longo do ano, e que as menores médias são observadas nos meses de inverno (junho, julho e agosto). Nos meses de setembro a março, apresentam registros superiores a 38,0°C, o que faz com que estes, ao período de maiores temperaturas absolutas.

Figura 1.7 - Comportamento climatológico das temperaturas máximas absolutas.



Em relação à média da umidade relativa do ar, os meses de junho a outubro são caracterizados como o período mais seco do ano. Com exceção a esses meses, os outros possuem variação média que se mantém entre 73% a 77,0%. Os valores de umidade relativa média são relativamente baixos durante todo o ano, exceto quando da atuação de eventos de ZCAS (Figura 1.8). Dessa forma, com índices de umidade relativa média baixo, orienta-se maiores cuidados em relação a vegetação, devido a ocorrência de queimadas.

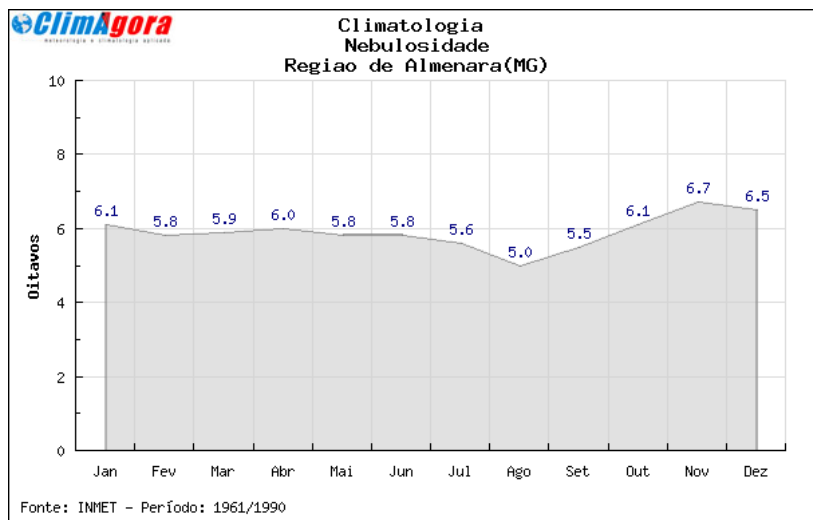
Figura 1.8 - Comportamento climatológico da Umidade Relativa do Ar Média.



No diagnóstico alvo desta resenha, evidencia-se que os índices de nebulosidade da região de localização do município de Almenara apresentam-se bastantes reduzidos

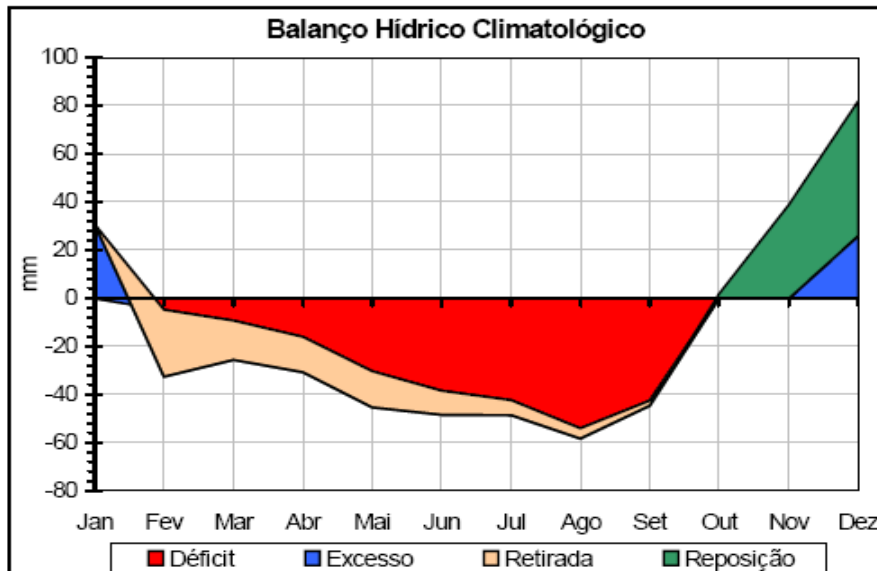
que trazem como consequência invernos com grande quantidade de brilho solar e no verão, este cenário se inverte, alta nebulosidade e menor taxa de brilho solar (Figura 1.9).

Figura 1.9 - Comportamento climatológico da nebulosidade.



Conforme o tópico apresentado no diagnóstico de clima do empreendimento Veracel, o balanço hídrico climatológico da região mostra que as taxas de evaporação são maiores que os da faixa centro-sul de Minas Gerais. Pode-se perceber que com a chegada do verão as perdas hídricas diminuem, ocasionando um superávit hídrico (Figura 1.10).

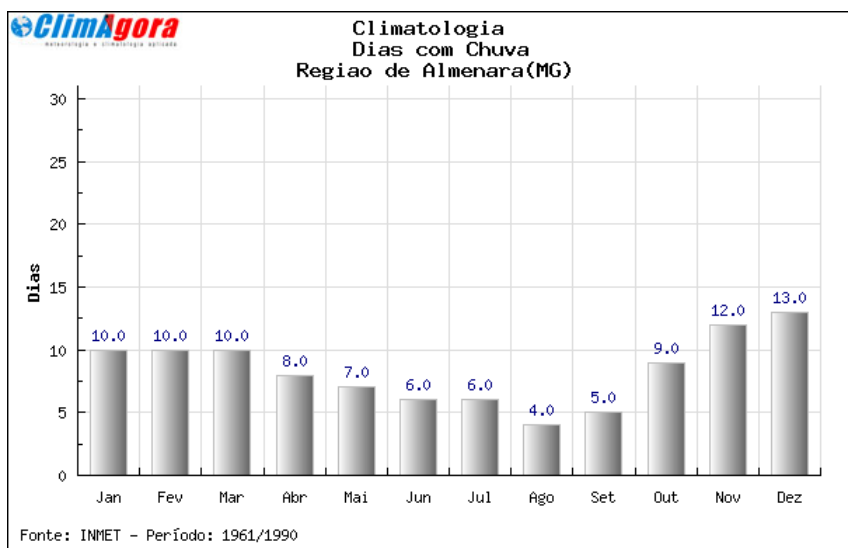
Figura 1.10 – Balanço Hídrico Climatológico (baseado na climatologia de Pedra Azul).



Fonte: Adaptação de FERREIRA. Vanderlei de Oliveira, 2007.

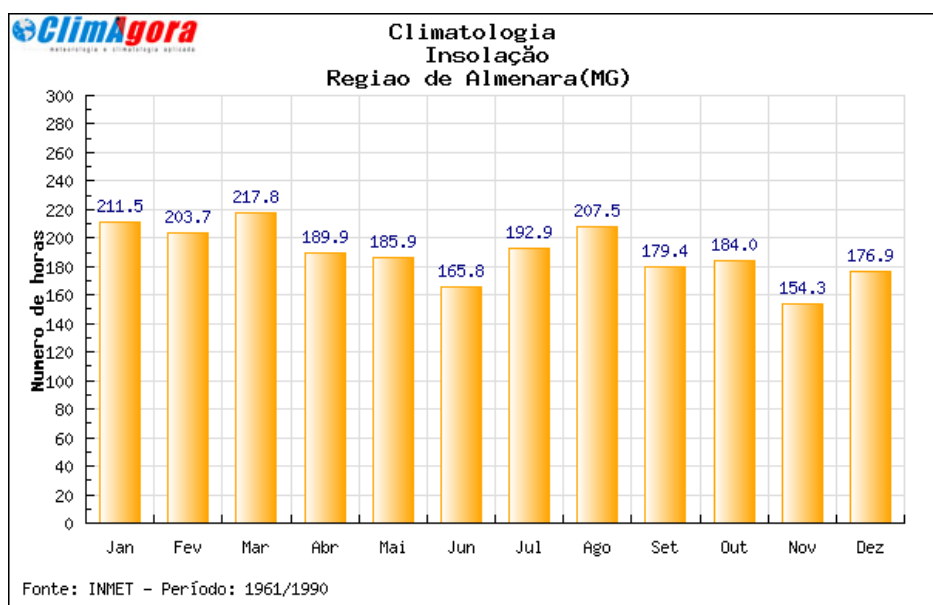
Já em relação, a caracterização dos índices pluviométricos mensais, conforme a figura 1.11, mostra que os meses com maior número de dias de chuva estendem-se de novembro a março e os de menores são os meses de maio a setembro, estes juntos não ultrapassam 28 dias de precipitação. Ressalta-se que no período de seca, deve-se redobrar a atenção com as atividades agrossilvipastoris, devido a redução de produção vegetal e pasto seco, ocasionando queimadas e no período chuvoso pode haver problemas com erosão.

FIGURA 1.11 - Comportamento climatológico do número de dias de chuvas mensais.



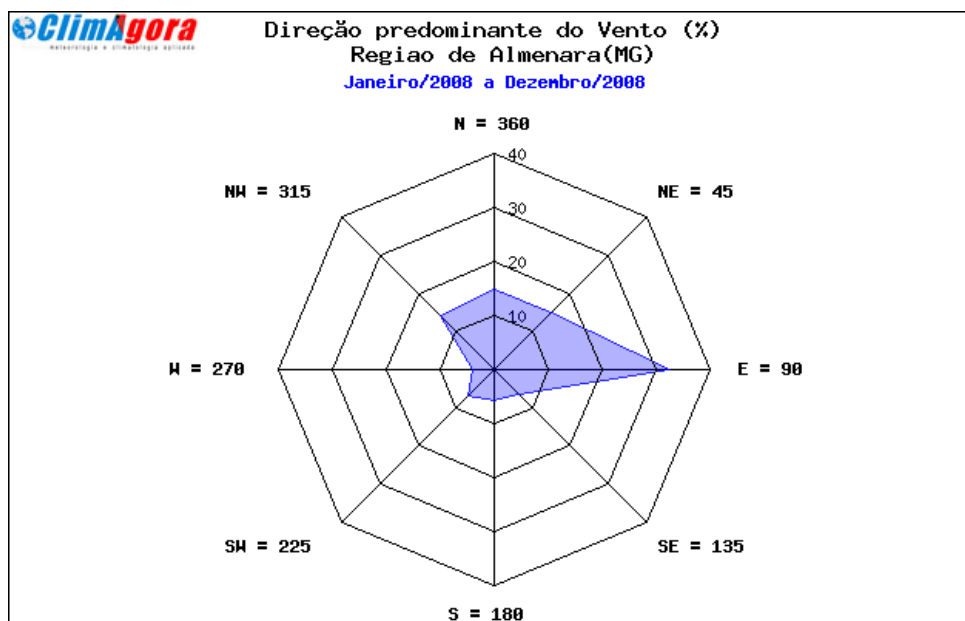
Conforme a figura 1.12, o total anual médio de insolação é de 2269 horas, ou seja, são cerca de 6,2 horas de insolação diária. Durante os meses de novembro e dezembro, estes índices são menores devido a constante atividade convectiva e disponibilidade de nebulosidade, causando uma menor insolação na área de estudo.

FIGURA 1.12 - Comportamento climatológico da insolação total na Região de Almenara.



No tópico, cujo aspecto analisado foi a direção dos ventos, e ainda de acordo com a Figura 1.13, observa-se que na região esses são predominantemente de leste, podendo sofrer alternâncias para nordeste e sudeste. Foi também citada a metodologia para a comprovação dessas direções, houve uma análise de dados de um ano colhidas a partir da estação automática INMET de Almenara.

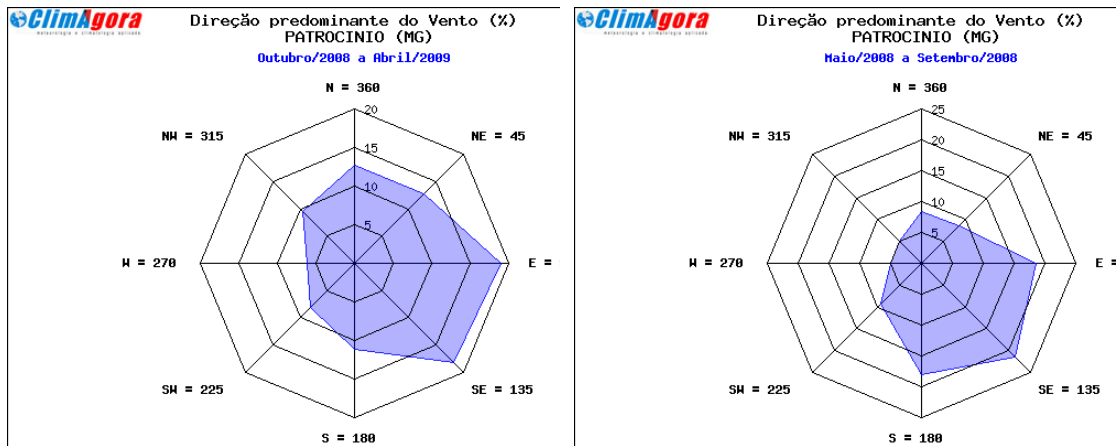
Figura 1.13 – Direção Predominante dos ventos na região de Almenara (média anual 2008).



Fonte: Estações automáticas INMET Almenara (MG)

Segundo padrões internacionais, recomenda-se que os estudos de direção de vento sejam verificados a partir de sua origem. No caso da região de Almenara foi verificado que cerca 70% dos ventos medidos possuem origem leste/nordeste/sudeste. Essas informações são importantes para orientar os empreendedores em relação à dispersão de poluentes, particulado, entre outros.

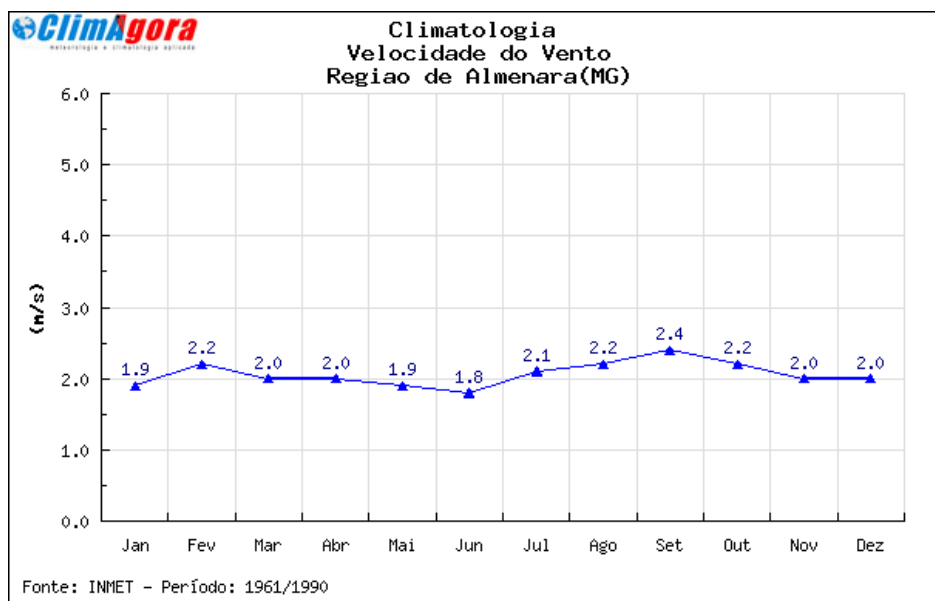
Figura 1.14 – Velocidade média mensal dos ventos – Variação por períodos: chuvoso(a) e seco(b).



Figuras (a) e (b) – **Fonte:** estações automáticas INMET Almenara (MG).

Em relação à velocidade dos ventos, os meses de agosto a outubro são os que apresentam maior índice dessa variável, com média mensal 1,9 m/s e 2,4 m/s (Figura 1.15). Quando comparados esses índices, aos da região central, estes são considerados baixos. Além disso, após uma análise de um ano de dados meteorológicos de Almenara, chegou-se a média anual de 1,8 m/s da velocidade do vento, comprovando a climatologia local.

Figura 1.15 – Comportamento climatológico da velocidade média dos ventos.





Na conclusão do referido diagnóstico, os autores afirmam que em todos os aspectos analisados da região em estudo, apresentaram-se índices diferentes, quando comparados aos da região central de Minas Gerais.

Outro ponto importante é que a partir de todos esses parâmetros climatológicos analisados servem para orientar o empreendedor em relação a questão do consumo excessivo de água no período mais seco, bem como no monitoramento eficaz de focos de queimada e de processos erosivos no período chuvoso.

Ressalta-se que o referido estudo foi bem estruturado, foram utilizadas fontes confiáveis em relação aos aspectos climáticos, estes serviram para nortear o empreendedor em relação ao dimensionamento das estruturas que fazem parte do layout do empreendimento. Entretanto, alguns erros foram perceptíveis, tais como:

Faltou a localização das estações utilizadas (Almenara e Pedra Azul), na figura 1.1.

Deveria ter comparado 2 períodos iguais 1961-1990 e 1991-2007 para as estações de Almenara e Pedra Azul – verificar tendências.

Não citou quantas estações da ANA foram utilizadas, na figura 1.5.

O período da NC utilizado não condiz com a realidade climática atual, portanto deveria ter utilizado o período de 1991-2016.

O balanço hídrico climatológico não trouxe o descritivo sobre o período de reposição e retirada.

O autor utilizou um gráfico com dados de Patrocínio-MG para velocidade média mensal dos ventos conforme figura 1.17, o que provavelmente deve ter sido erro material.

Quando se analisou o estudo sob a exigência do TR GER001 para EIA-Rima o estudo apresentou informações incompletas, ao passo que quando analisado sob o crivo do TR específico, o mesmo atende a exigência.

## GRUPO G 21

SEMAD, 2017. **EIA Votorantim Siderurgia**. Atividade G-03-03-4 - produção de carvão vegetal, oriunda de floresta plantada listada no grupo G – Atividades Agrossilvipastoris da Deliberação Normativa nº 74/2004, de 09 de setembro de 2004, do Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM. Pedogeo Consultores Associados Ltda.

Trata-se de um diagnóstico de clima elaborado pela empresa Pedogeo Consultores Associados Ltda, para um empreendimento cuja a atividade é a G-03-04-4 Produção de carvão vegetal, oriunda de floresta plantada, pertencente à Votorantim Siderurgia, localizado nas Fazendas Bom Sucesso e Riacho, nos municípios de Vazante-MG e Paracatu-MG, respectivamente.

Este empreendimento está enquadrado no grupo de atividades da Listagem G – Atividades Agrossilvipastoris da Deliberação Normativa nº 74/2004, de 09 de setembro de 2004, do Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM.

O diagnóstico climático avaliado neste Estudo de Impacto Ambiental (EIA), apresentou uma organização razoável para um empreendimento desta natureza, tendo sido abordado uma breve apresentação, metodologia, caracterização climática, descrição dos principais elementos climáticos, verânicos, dados meteorológicos existentes nas Fazendas da empresa, e uma conclusão.

Segundo os autores, o estudo do clima consiste em um dos importantes temas ambientais relacionados ao empreendimento, tendo em vista que fatores climáticos, além de influenciarem o desenvolvimento da silvicultura, podem potencializar ou reduzir impactos decorrentes da operação.

A metodologia adotada consistiu em dados secundários obtidos do Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paracatu – PLANPAR elaborado no ano de 1996.

Ainda, de acordo com os autores, devido a proximidade geográfica do empreendimento foram utilizadas estações pluviométrica de Caatinga e as estações meteorológicas de Caatinga, Bonfinópolis de Minas e Paracatu, sendo a primeira a mais próxima delas.

A classificação climática adotada foi a de Köppen (1918), tendo sido definido como clima megatérmico chuvoso do tipo AW. Trata-se de um clima quente e úmido com chuvas de verão. É o clima tropical chuvoso típico, com chuvas concentradas no período de outubro a abril que mais de 90 % do total anual. O inverno é muito seco, com precipitações totais inferiores a 20mm. A temperatura média do mês mais frio (julho) é superior a 18°C e as maiores temperaturas ocorrem geralmente em setembro, antecedendo o período chuvoso.

A área do empreendimento encontra-se “em uma região climática de natureza essencialmente tropical, onde as diferenciações térmicas são pequenas e, portanto, as variações dos índices pluviométricos predominam na definição de zonas climaticamente diferenciadas”.

“A região se encontra sob o domínio do anticiclone subtropical do Atlântico Sul, sujeita à influência da massa de ar tropical continental e das correntes perturbadas de oeste, o que resulta num regime pluviométrico caracterizado por máximos no verão e mínimos no inverno.”

“O regime pluviométrico da bacia do Rio Paracatu foi caracterizado, com base na análise regional dos totais anuais e mensais de chuva, na sua sazonalidade ou época de ocorrência e na sua variabilidade espacial e temporal.”

“A influência no regime pluviométrico das correntes perturbadas de oeste se observa na distribuição espacial dos totais anuais de chuva, que decrescem de 1600mm para 1000mm no sentido predominante de oeste para leste, com média na bacia do rio Paracatu, da ordem de 1.340mm e média na estação Caatinga de 1.207,7mm e média mensal de 100,6mm.”

“O período chuvoso abrange os meses de outubro a abril, quando caem cerca de 93% do total anual, destacando-se o trimestre de novembro, dezembro e janeiro. O período seco abrange o período de junho a agosto, quando chove cerca de 2% do total anual.”

“A chuva intensa é um fator preponderante e condicionador de erosão em processos de perdas de solos por erosão hídrica. Na zona do empreendimento, as chuvas

máximas diárias são de 153,3mm para um tempo de recorrência de 10 anos e de 223,4mm para um tempo de recorrência de 100anos.”

“A temperatura destaca-se como um dos elementos climáticos mais importantes, não só pela sua influência na determinação de outros parâmetros do clima – como umidade e evaporação – mas também no que se refere à adaptação das diversas espécies vegetais à região, interferindo no seu desenvolvimento e rendimento.”

“As temperaturas médias anuais variam entre 21°C e 24°C, sendo maior na porção leste, correspondente à depressão Sanfranciscana. Os índices termométricos variam pouco de uma estação para outra, sofrendo influência mais acentuada da orografia do que da variação latitudinal.”

“As temperaturas máximas ocorrem, geralmente, no mês de setembro e seu valor médio varia entre 28,3°C e 31,7°C. As temperaturas mínimas ocorrem no mês de junho e julho, com média variando entre 13,4°C e 11,8°C. As temperaturas médias do mês mais frio são superiores a 18,1°C.”

“A umidade relativa média anual na região de Paracatu é da ordem de 74,2%. Os meses mais úmidos correspondem aos chuvosos de verão – dezembro e janeiro, com a umidade atingindo valores da ordem de 88,7% em janeiro – e os menos úmidos aos meses de agosto e setembro, quando a umidade cai para valores de 63,0%.”

“A insolação média anual é da ordem de 2.106,8 horas, tendo o trimestre de junho, julho e agosto como o mais ensolarado, atingindo 220,1 horas em julho. Os meses de novembro, dezembro e janeiro são os de menor insolação.”

“A nebulosidade tem valor médio anual da ordem de 5,5. Os maiores valores ocorrem nos meses chuvosos de novembro a janeiro, enquanto, os menores, no trimestre de junho, julho e agosto.”

“A evapotranspiração anual média em Paracatu é da ordem de 1.121,4mm, com valores mensais variando de um mínimo de 55,5mm nos meses de junho a um máximo de 114,3mm, no mês de janeiro.”

“Na região, os ventos sopram predominantemente nas direções SW-NE e W-E, com média anual no valor de 2,2 m/s.”

“Embora não haja uma grande diferenciação entre as velocidades médias mensais, os maiores valores ocorrem geralmente no período de julho a outubro, enquanto que os menores ocorrem no mês de abril ou maio.”

“O balanço hidroclimático realizado na estação pluviométrica de Paracatu mostrou que, durante o período de abril a outubro, ocorre um déficit hídrico em toda a bacia, enquanto que nos meses de dezembro a fevereiro ocorre excesso hídrico.”

#### Veranicos

“A atividade agrícola de sequeiro na região do noroeste mineiro concentra-se no período chuvoso, que abrange o período de outubro a março, quando ocorrem cerca de 93% do total anual de chuvas.”

“Embora os totais médios de precipitação nesse período possam parecer suficientes para a maioria das culturas, a deficiência hídrica é um dos fatores limitantes para a agricultura na região, não só devido às grandes flutuações observadas na precipitação mensal, que apresentam coeficientes de variação da ordem de 0,6 nesse período, mas também pela ocorrência de sequência de dias sem chuva durante a estação chuvosa, fenômeno esse denominado “veranico”.”

“Os veranicos quase sempre atingem as culturas em sua fase reprodutiva, tendo influência fundamental na produção final, o que faz com que esse fenômeno assuma grande importância econômica, uma vez que a frequência de sua ocorrência nesse período pode reduzir a produtividade da agricultura na região.”

“Nesse sentido, a precipitação determina o sistema agrícola a ser implantado, inclusive no que tange a implantação da prática de irrigação e das práticas de conservação do solo.

#### Dados meteorológicos existentes nas Fazendas

“As fazendas Riacho e Bom Sucesso possuem uma estação meteorológica para análise de temperatura, umidade relativa e pluviosidade, desde o ano de 2000.”

Esses dados obtidos em alguns anos foram comparados aos dados secundários apresentados no diagnóstico realizado.

## Conclusão

O diagnóstico climático vem demonstrar que a exploração de culturas anuais, mesmo no período chuvoso, constitui uma atividade de alto risco devido a presença de veranicos, o que fatalmente exige o emprego de irrigação para que os investimentos nesse tipo de atividade estejam assegurados.

A bovinocultura, também outra atividade tradicional da região, vem gradativamente demandando suplementação alimentar no período de seca, manejo este que vem sendo cada vez mais empregado pelos produtores locais com a silagem e a capineira, o que vem acarretando aumento de custos para os produtores.

A silvicultura, por sua vez, não vem sendo afetada tão significativamente pelos elementos climáticos, tendo em vista o emprego cada vez maior de clones mais resistentes, bem como o aproveitamento por parte do eucalipto da capacidade de armazenamento dos solos, principalmente das superfícies tabulares, que possuem espessos mantos de colúvio.

A pouca variação nas temperaturas tem sido outro elemento que favorece a silvicultura, reduzindo ou eliminando períodos de dormência, permitindo o crescimento vegetativo por quase todo ano e reduzindo o ciclo de colheita das florestas.

## **DEFEITOS ENCONTRADOS NO DIAGNÓSTICO**

A classificação climática utilizada foi a de Köppen, que utiliza apenas 2 parâmetros para classificação dos climas, temperatura e precipitação. Autores como Thornthwaite e Nimer avaliaram mais parâmetros e chegaram a classificações mais precisas. No caso da classificação de Nimer, as características do clima de uma região são determinadas a partir de um conjunto de fatores climáticos, sobretudo a circulação atmosférica, e os elementos climáticos pluviosidade e temperatura, com destaque para a quantificação de números de meses secos e chuvosos.

Cabe ressaltar que as fontes de dados do diagnóstico foram o Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paracatu – PLANPAR elaborado no ano de 1996 e dados primários de 1 estação pluviométrica e 3 estações meteorológicas existentes nas

fazendas Riacho e Bom Sucesso com dados de temperatura, umidade relativa e pluviosidade, desde o ano de 2000.

O diagnóstico do PLANPAR utilizou as Normais Climatológicas (NC) 1961 a 1990. Essas NC não representam a realidade climatológica atual, pois a 3ª NC que está em curso (1991 a 2020) possui uma variabilidade climática que está mais próxima de 2020 do que a que tínhamos na década de 1990.

A confiabilidade dos dados obtidos é baixa, devido aos diversos equívocos da qualidade das informações consultadas. A série de dados históricos coletados não teve seu período definido e não foi apresentado qualquer dado para fins de comparação. Dessa forma, o autor conseguiu extrair conclusões não fidedignas à realidade do clima da região, o que poderá prejudicar a tomada de decisão da empresa que obteve o licenciamento da atividade em tela.

Com relação à interpretação dos dados obtidos na estação pluviométrica Caatinga, o texto ficaria mais claro se fosse abordado da seguinte maneira: “O período chuvoso abrange os meses de outubro a abril, quando caem cerca de 93% do total anual, destacando-se o trimestre de novembro, dezembro e janeiro. O período seco é responsável por apenas 7% do total anual, sendo que o período de junho, julho e agosto, correspondem aos meses mais secos.”

Outro equívoco encontrado foi a determinação do período chuvoso “de outubro a abril” no parágrafo anterior. Já no parágrafo que trata de veranicos, o período de outubro a março apresentado está correto.

Quando se analisou o estudo sob a exigência do TR GER001 para EIA-Rima o estudo apresentou informações incompletas, ao passo que quando analisado sob o crivo do TR específico, o mesmo atende à exigência.