



DENISE APARECIDA ANTUNES

**DIAGNÓSTICO CLIMATOLÓGICO DO PARQUE ESTADUAL DO RIO DOCE-
PERD**

BAMBUÍ-MG
2018

DENISE APARECIDA ANTUNES

**DIAGNÓSTICO CLIMATOLÓGICO DO PARQUE ESTADUAL DO RIO DOCE-
PERD**

Dissertação 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



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 “DIAGNÓSTICO CLIMATOLÓGICO DO PARQUE ESTADUAL DO RIO DOCE - PERD”, de autoria da mestranda em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental **Denise Aparecida Antunes**, aprovada pela Banca Examinadora de Defesa, em 18/05/2018, com a média de pontuação de 83,5.

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

Se sim, qual o título _____

Santa Luzia (MG), 18 de maio de 2018.



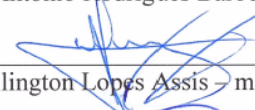
Prof. Dr. Fúlvio Cupolillo – Orientador (IFMG/Santa Luzia)




Prof. Dr. Carlos Wagner Gonçalves Andrade Coelho – membro externo (CEFET/MG)



Prof. Dr. Francisco Antônio Rodrigues Barbosa – membro externo (UFMG)



Prof. Dr. Wellington Lopes Assis – membro externo (UFMG)



Prof. Dr. Ricardo Sousa Cavalcanti (IFMG/Bambuí)
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental
do IFMG – Campus Bambuí

A636d Antunes, Denise Aparecida.

Diagnóstico Climatológico do Parque Estadual do Rio Doce-PERD. /
Denise Aparecida Antunes. – 2018.

138 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, 2018.

1. Precipitação. 2. Evapotranspiração. 3. Balanço hídrico. 4.
Veranico climático. I. Cupolillo, Fulvio. II. Título.

CDD 551.6

DEDICATÓRIA

À minha mãe, Nair, pelo incentivo e exemplo de mulher guerreira e meiga.
À minha irmã, Délia, pelo apoio em horas tristes, alegres e sempre estar ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

O aprendizado é um caminho de muitas idas, vindas, acertos e erros ao longo de uma vida. Com isso, diversas pessoas contribuem para a formação de um conhecimento que se torna único a cada ser humano. Para contribuir com a formação do meu aprendizado, pessoas importantes participaram desse momento.

Agradeço ao Professor Dr. Fulvio Cupolillo por ser meu orientador, transmitir seus conhecimentos na área de climatologia, pelos ensinamentos, confiança, paciência nos momentos difíceis e pelas dúvidas sanadas ao longo dessa caminhada, empenho e um amor paterno indescritível.

Aos professores: Dr. Carlos Wagner G. A. Coelho pela atenção, dedicação com que um mestre auxilia seus pupilos; Dr. Wellington Lopes Assis que, como um grande construtor do saber do conhecimento, me instruiu pelos caminhos da geografia; Dr. Francisco Antônio Rodrigues Barbosa que me acolheu no PELD; Msc. Fábio Monteiro Cruz que, com muita paciência e dedicação, me instruiu pelos caminhos da construção dos mapas para esta pesquisa.

A todos os mestres do Instituto Federal de Minas Gerais - *campus* Bambuí, Governador Valadares, que abriram as portas do conhecimento, especialmente ao Prof. Dr. Willerson Gonçalves da Silva. Ao Ronaldo Barbosa pela atenção, acolhimento, eficiência, solicitude em todos os momentos que necessitei de apoio no mestrado. À Anete Fernandes pela gentileza de me receber no INMET/5°DISME e sanar, com sabedoria, minhas dúvidas a respeito dos mapas de baixos e altos níveis. Ao Instituto Nacional de Meteorologia-INMET, Instituto Mineiro de Gestão de Águas-IGAM pelos dados meteorológicos utilizados neste trabalho.

Agradeço aos meus colegas de sala pelos momentos de alegria, união, descontração que passamos juntos no *campus* Bambuí. Aos meus amigos Alex Eduardo, Hiuri Metaxas, Nathalia Marques, Willian Lima pelos melhores momentos de alegria nesta caminhada. Ao Fabrício Mello pelas amplas discussões sobre conhecimento, as caronas de idas e vindas de Bambuí e acolhimento em BH.

Aos meus amigos de décadas que não me abandonaram nos momentos que precisei de apoio: Antenor Borba, Diogo Coelho, Fabiana Mattos, Marcilene Mesquita, Pedro Hanauer, Igor Monte Alto, Edvaldo Batalha (grupo sanatório), minha irmã emprestada, que tanto gosto, Fernanda Coelho. Ao meu grande amigo Robson Carvalho que participa das minhas conquistas, me recebe sempre de braços

abertos. Ao Otávio dias e Edval Timotéo pelos conselhos fraternos nos momentos de dúvidas. Ao meu anjo da guarda Marcela Otoni que me incentivou a fazer o mestrado, me guiou nos momentos que achei que não dava conta, que acreditava em mim quando ficava em dúvida. À Prof. Sandra Maria Perpétuo por me receber em sua casa para as discussões pedagógicas e os almoços deliciosos. À Karina Campos que me recebeu o laboratório do IFMG-GV de braços abertos.

Às grandes incentivadoras da minha vida que me servem de exemplo: minha mãe Nair, minha irmã Délia, sem palavras para expressar todo amor, respeito e admiração por vocês. Obrigada pelo apoio financeiro também.

Aos meus sobrinhos que me dão alegrias: Daniel, Davi, Gabriel, Isac, Léo, Ricardo.

A Deus que permitiu a presença de todas essas pessoas na minha vida, que contribuíram para as bênçãos recebidas a cada dia. Agradeço imensamente por cada momento que vivi até aqui.

Consideramos estas verdades evidentes por si mesmas, que todos os homens são criados iguais, que são dotados por seu Criador de certos direitos inalienáveis, que entre estes estão a vida, a liberdade e a procura da felicidade.

(HARARI, 2015, p. 117)

RESUMO

ANTUNES, Denise Aparecida. **Diagnóstico Climatológico do Parque Estadual do Rio Doce-PERD. Campus Bambuí.** Bambuí: IFMG Campus Bambuí, 2018. 138p.

O presente estudo realizou um diagnóstico climático do Parque Estadual do Rio Doce-PERD, sendo o parque uma das últimas áreas de Mata Atlântica preservada em Minas Gerais. Trata-se de um estudo inédito, que foi conduzido com base na análise de fatores climáticos como latitude, altitude, continentalidade, maritimidade, massas de ar e elementos climáticos como precipitação e temperatura. O objetivo do estudo foi diagnosticar a estação chuvosa e os períodos de veranicos e associá-los a padrões atmosféricos característicos para a estação chuvosa no Estado de Minas Gerais. Para tanto, utilizou-se as bases de dados do IGAM e INMET, em um período de onze anos (2005-2015). Através do método proposto por Thorthwaite e Matter (1955), adaptado por Rolim (1998), desenvolveu-se gráficos de balanços hídricos decendiais climáticos para as quatro estações meteorológicas: Ipatinga, Timóteo, Caratinga e PERD, a fim de diagnosticar os excedentes e deficiências hídricas. Para identificar a espacialização das chuvas e temperaturas no PERD, utilizou-se o programa ArcGis 10.5, e para caracterizar os aspectos dinâmicos empregou-se o programa Grads 2.0. Verificou-se que os excedentes hídricos apareceram a partir do 3º decêndio de outubro e os excedentes com maiores volumes estavam nos decêndios de dezembro e janeiro; nos decêndios de fevereiro, a presença de veranicos climáticos foi identificada. Na espacialização das chuvas e temperaturas detectou-se que o maior volume de precipitação e as maiores temperaturas ficaram localizados na parte norte-noroeste-nordeste. Os sistemas atmosféricos como Zona de Convergência da América do Sul-ZCAS e Alta da Bolívia-AB são responsáveis pelas intensas chuvas em dezembro e janeiro; já os sistemas que causam ausência de precipitação são: Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul-ASAS e Cavado no Nordeste-CN. No mês de fevereiro essa ausência de chuva recebe o nome de veranico e atua na América do Sul e no estado de Minas Gerais. Pode-se concluir que os sistemas atmosféricos atuantes no PERD influenciam a estação chuvosa que tem início em outubro e vai até o mês de março.

Palavras-chave: Precipitação, evapotranspiração, balanço hídrico, veranico climático, sistemas atmosféricos.

ABSTRACT

ANTUNES, Denise Aparecida. **Climatological Diagnosis of the Parque Estadual do Rio Doce-PERD. Campus Bambuí.** Bambuí: IFMG Campus Bambuí, 2018. 138p.

The present study made a climatic diagnosis of the Parque Estadual of the Rio Doce-PERD as the park is one of the last areas of the Atlantic Forest preserved in Minas Gerais. This is also an unpublished study based on the analysis of the following climatic factors: latitude, altitude, continentality, maritime dimension (sea level), air masses, and climatic elements such as precipitation and temperature. The objective of the study was to diagnose the rainy season and the periods of summer, and associate them with the characteristic atmospheric patterns for the rainy season in the State of Minas Gerais. In order to do so, the IGAM and INMET databases for a eleven- year-period (2005-2015) were used, in which the methodology proposed by Thorthwaite and Matter (1955), and adapted by Rolim (1998) developed graphs of climatic decendial water balances for the four meteorological stations: Ipatinga, Timóteo, Caratinga and PERD, in order to diagnose surpluses and water deficiencies. In order to identify the spatialization of rainfall and temperatures in the PERD, the program ArcGis 10.5, whereas to characterize the dynamic aspects, the Grads 2.0 program was used. It was found that water surpluses began in the third ten-day period of October, and surpluses with larger volumes in the ten-day period of December and January, February, and the presence of dry spell was identified. Regarding the spatialization of rains and temperatures, we could see that the highest precipitation volume and the highest temperatures were located in the north-northwest-northeast part. Atmospheric systems such as South American Convergence Zone-SACZ and Alta da Bolivia-AB are responsible for heavy rains in December and January, and the systems that cause no precipitation are South Atlantic Subtropical Anti-cyclone-SASA and Cavado in Northeast-CN. In February, this absence of rain receives the name of summer drought and it is present in South America and in the state of Minas Gerais. The study shows that the atmospheric systems operating in the PERD influence the rainy season that starts in October and goes until the month of March.

Keywords: Precipitation, evapotranspiration, hydric balance, dry spell, atmospheric systems.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - Efeito da força de Coriolis que provoca desvio na direção dos ventos, letra A (área de alta pressão), letra B (área de Baixa pressão).....	23
FIGURA 2 - Padrões divergente e convergente, movimentos vertical e horizontal ...	24
FIGURA 3 - Movimento geral da atmosfera. (A), direção dos ventos; (B) localização das células de Hadley, Ferrel e Polar.....	25
FIGURA 4 - Sistemas meteorológicos que colaboram para a formação do ZCAS....	27
FIGURA 5 - Sistemas atmosféricos atuantes no Brasil e na região Sudeste	28
FIGURA 6 - Esquema de evapotranspiração para cultura	34
FIGURA 7 - Equação do balanço de energia	36
FIGURA 8 - Lisímetros de drenagem (A), Lisímetro de lençol freático (B), Lisímetro de pesagem (C)	37
FIGURA 9 - Esquema de entrada e saída de água no solo	43
FIGURA 10 - Classificação desenvolvida por Nimer (1989)	46
FIGURA 11 – Localização do Parque Estadual do Rio Doce – PERD	48
FIGURA 12 - Modelo Digital de Elevação (a), e perfil geomorfológico (b) do PERD e entorno	50
FIGURA 13 – Mapa de localização das estações meteorológicas	60
FIGURA 14 - Fluxograma das atividades desenvolvidas nesta pesquisa	62
FIGURA 15: Exemplo de Balanço Hídrico Climatológico decenal do PERD (2012-2013)	63
FIGURA 16 - Programa Excel adaptado por ROLIM (1998) para a realização do balanço hídrico climatológico	65
FIGURA 17 - Dados em <i>shapefile</i> para gerar os mapas de chuva e temperatura no <i>software</i> Arcgis10.5.	71
FIGURA 18: Mapa gerado através do GrARD onde se identifica a direção do vento pelas setas	73
FIGURA 19 - Balanço Hídrico Climatológico Decenal, Caratinga, 2005-2015	75
FIGURA 20 - Balanço Hídrico Climatológico decenal, Ipatinga, 2005-2015	75
FIGURA 21 - Balanço Hídrico Climatológico Decenal, PERD, 2005-2015	78
FIGURA 22 - Balanço Hídrico Climatológico Decenal, Timóteo, 2005-2015	79
FIGURA 23 - Média das precipitações para o período de 2005-2015 no PERD e entorno	80

FIGURA 24 - Média decendial de precipitação no PERD do 1°, 2°, 3° decêndios de dezembro	85
FIGURA 25 - Média decendial de precipitação no PERD do 1°, 2°, 3° decêndios de janeiro	86
FIGURA 26 - Média decendial de precipitação no PERD do 1°, 2°, 3° decêndios de fevereiro	87
FIGURA 27- Gráfico das temperaturas decendiais das estações meteorológicas do PERD e entorno no período de 2005 a 2015	88
FIGURA 28 - Média decendial de temperatura no PERD do 1°(a), 2°(b), 3°(c) decêndios de dezembro	94
FIGURA 29 - Média decendial de temperatura no PERD do 1°(a), 2°(b), 3°(c) decêndios de janeiro	95
FIGURA 30 - Média decendial de temperatura no PERD do 1°(a), 2°(b), 3°(c) decêndios de fevereiro	96
FIGURA 31 - Campos de linhas de corrente 200hPa (a,b,c) e 850 hPa (a,b,c) 1°, 2° e 3° Decêndios de dezembro (2005-2015).....	100
FIGURA 32 - Campos de linhas de corrente 200hPa (a,b,c) e 850 hPa (a,b,c) 1°, 2° e 3° Decêndios de janeiro (2005-2015).....	101
FIGURA 33 - Campos de linhas de corrente 200hPa (a,b,c) e 850 hPa (a,b,c) 1°, 2° e 3° decêndios de fevereiro (2005-2015)	102

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Classificação Climática de Nimer e Brandão (1989)	46
TABELA 2 - Identificação das estações meteorológicas	59
TABELA 3 - Total de decêndios em um ano e suas datas correspondentes ao calendário convencional	61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AB -	Alta da Bolívia
AC -	Ascensão capilar
ARM -	Armazenamento
ASAS -	Anticiclone Subtropical da América do Sul
BH -	Balanço Hídrico
C -	Água percolada
CN -	Cavado do Nordeste
CNPq -	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CPETC -	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos.
DEF -	Deficiência
E -	Evaporação
ET -	Evapotranspiração
ETR -	Evapotranspiração real
ETP -	Evapotranspiração potencial
Ex -	Excedente
FPA -	Frente Polar Atlântica
G -	Fluxo de calor
H -	Fluxo de calor sensível
I -	Irrigação
IEF -	Instituto Estadual de Floresta
IGAM -	Instituto Mineiro de Gestão das Águas.
ILTER -	<i>International Long Term Ecological Research Program</i>
INMET -	Instituto Nacional de Meteorologia
NOAA -	National Oceanic and Atmospheric Administration
NNE -	Norte-nordeste
SSW -	Sul-sudoeste
P. -	Fator de ajustamento
PELD -	Programa Brasileiro de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração
PERD -	Parque Estadual do Rio Doce
T -	Transpiração
UC -	Unidade de Conservação
ZCAS -	Zona de Convergência da América do Sul
ZCIT -	Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	22
2.1 Movimento Geral da Atmosfera	22
2.2 Os movimentos de circulação e a interferência no clima.....	25
2.3 Mecanismos Atmosféricos atuantes na região Sudeste.....	28
2.4 Unidades de Conservação.....	30
2.4.1 <i>Balanço hídrico</i>	33
2.4.2 <i>Evapotranspiração</i>	34
<u>2.4.2.1 <i>Fatores utilizados para medir a Evapotranspiração potencial (ETP)</i></u>	<u>35</u>
<u>2.4.3.2 <i>Cálculos da Evapotranspiração potencial (ETP)</i></u>	<u>38</u>
2.5 Balanço Hídrico Climatológico	42
2.5.1 <i>Cálculo do Balanço Hídrico na climatologia</i>	44
3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	47
3.1 Parque Estadual do Rio Doce-PERD	47
3.2 Quadro Natural do PERD	49
3.2.1 <i>Geologia</i>	51
3.2.2 <i>Geomorfologia</i>	51
3.2.3 <i>Pedologia</i>	53
3.2.4 <i>Vegetação</i>	55
3.2.5 <i>Sistema Lacustre</i>	57
4 MATERIAIS E MÉTODOS	58
4.1 Elaboração de gráfico Balanço Hídrico Climatológico Decendial	62
4.1.1 <i>Balanço Hídrico decendial aplicado na bacia do rio Doce</i>	63
4.2 Critérios Climáticos	64
4.2.1 <i>Cálculo adotado para a precipitação média anual dos períodos chuvosos (DPC) e seco (DPS)</i>	66
4.2.2 <i>Critério adotado para o cálculo da temperatura média</i>	66
4.3 Sistema de Informação Geográfica – SIG 64	67
4.3.1 <i>Métodos de interpolação dentro do ambiente SIG</i>	68
4.3.2 <i>Critério adotado através do SIG para a criação dos mapas decendiais de Pluviosidade e Temperatura</i>	69
4.4 Aspectos Dinâmicos que atuam na espacialização das chuvas no PERD ..	71
4.4.1 <i>Critérios adotados para espacialização dos aspectos dinâmicos que influenciam as chuvas e temperaturas no PERD</i>	72
5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS	73
5.1 Resultado dos Balanços Hídricos Climatológicos do PERD.....	73
5.2 Distribuição temporal da médias das precipitações no PERD (2005 - 2015)	78
5.3 Espacializações da média decendial das precipitações no PERD	80

5.3.1 Início da estação chuvosa no PERD.....	81
5.3.2 Estação seca.....	83
5.4 Distribuições temporais da média das temperaturas no PERD (2005 – 2015)	
.....	89
5.4.1 Espacialização das temperaturas no PERD.....	92
5.4.1.1 Estação Chuvosa.....	92
5.4.1.2 Estação Seca	94
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES	105
REFERÊNCIAS.....	108
APÊNDICES	116
Apêndice A - MÉDIA DECENDIAL DE PRECIPITAÇÃO NO PERD.....	116
Apêndice B - MÉDIA DECENDIAL DE TEMPERATURA NO PERD	125
Apêndice C – CAMPOS DE LINHA DE CORRENTE 200 hPa e 850 hPa	134

1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos tempos, o homem busca formas de sobreviver em diferentes espaços do planeta, integrando-se à terra e modificando-a. Contudo, essa interação homem-natureza é influenciada pela diversidade de uma área. Um dos fatores intervenientes nessa conexão é o clima de uma região, que afeta o modo de vida dos seres vivos de um ecossistema. Para Ayoade (2001), o clima afeta os processos de formação dos solos, o crescimento e desenvolvimento das plantas, bem como os organismos vivos que interagem em um determinado espaço. As intervenções climáticas ocorrem através dos azares climáticos (geadas, secas, granizos, ventos), que causam prejuízos em comunidades, provocando desequilíbrios na fauna e flora e alterações na convivência entre os seres vivos e o meio ambiente.

Também há agentes do clima que são prejudiciais para a sobrevivência do sistema ecológico, como os elementos climáticos, que intervêm no desenvolvimento da vegetação de uma área. Exemplos de tais agentes seriam: a radiação solar (que determina as condições térmicas do ambiente); a temperatura (que afeta o crescimento de culturas vegetais); a precipitação que é um importante “processo pelo qual a água se condensa na atmosfera e atinge gravitacionalmente a superfície terrestre” (TUBELIS; NASCIMENTO, 1986, p. 198). As chuvas possuem importante papel para o crescimento vegetal sendo o principal constituinte da fisiologia vegetal. Nos grupos vegetais há a evaporação definida como “processo físico pelo qual o líquido passa para o estado gasoso” (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002, p. 213).

Nas comunidades vegetais a evaporação está ligada à transpiração. O processo que une esses dois elementos recebe o nome de evapotranspiração. A evapotranspiração é um método simultâneo de evaporação da água do solo para a atmosfera e a transpiração realizada pelas plantas. A transpiração vegetal ocorre através dos estômatos e das cutículas das plantas, mediante a utilização da água absorvida pelo seu sistema radicular do solo, sendo um artifício biológico. A evaporação é a perda da água de uma superfície de água ou uma superfície úmida, que passa para atmosfera em forma de vapor.

Há uma metodologia para calcular a entrada e saída de água do solo para as plantas conhecida como Balanço Hídrico (BH). O BH, na definição de Tubelis e Nascimento (1986), diz respeito a uma técnica que contabiliza a quantidade de água

disponível para as comunidades vegetais, levando em consideração a precipitação perante à evapotranspiração potencial, com a capacidade de armazenamento de água no solo. A disponibilidade de água nos solos está relacionada mais diretamente com o fator de concentração de vegetação do que com a precipitação, pois em uma área vegetada a infiltração é mais eficiente.

Das diferentes técnicas usadas para calcular o BH citadas pela literatura, a de Thornthwaite (1948) utiliza uma estimativa estatística de fácil entendimento, que emprega as seguintes variáveis: Precipitação (P), Evapotranspiração (ET), Evapotranspiração potencial (ETP), Evapotranspiração Real (ETR), Excedente Hídrico (Ex) e Deficiência Hídrica (DEF). O procedimento “considera que a água do solo é igualmente disponível aos vegetais desde a capacidade de campo até o ponto de murchamento permanente” (TUBELIS; NASCIMENTO, 1986, p. 303). O procedimento é utilizado em regiões agrícolas ou aplicado em ecossistemas e biomas importantes para estudos e pesquisas no mundo. Outro método utilizado em estudos da área da climatologia para observar fatores e elementos climáticos é o ARCGIS que possibilita, entre suas múltiplas ferramentas, criar mapas, tanto para observar a dinâmica do clima quanto ao regime de chuvas, as temperaturas de um local em estudo. O sistema fornece uma ampla estrutura para criar, mapear, buscar informações geográficas em qualquer lugar do globo terrestre. O *software* GraD's também foi utilizado para observar a dinâmica dos fatores atmosféricos que influenciam o regime de precipitação na área de estudo.

Neste trabalho, a área de estudo ficou concentrada dentro de um bioma que recebe atenção no Brasil: o bioma Mata Atlântica, que se tornou um instrumento e foco de diversas pesquisas nacionais e internacionais devido à sua riqueza de espécies. A Mata Atlântica se estende do estado do Rio Grande do Sul até o Piauí e “é configurada por diferentes formas de relevo, paisagens, características climáticas e pela multiplicidade da população nela residente” (PEIXOTO, 2012, p. 14).

Apesar de ser uma das mais famosas florestas tropicais do mundo em diversidade de fauna e flora, no Brasil é a Mata Atlântica é considerada um dos biomas mais fragmentados e destruídos do planeta. Uma pequena porção desse bioma está inserida em um parque no estado de Minas Gerais, denominado Parque Estadual do Rio Doce-PERD. Os parques são áreas com ambientes naturais que possibilitam conhecimento e vivência com a natureza e possuem garantias adequadas de proteção. São diferentes uns dos outros, muitas vezes por pontos

notáveis como: nascentes de rios, biodiversidade, um desastre geográfico natural de importância nacional, ou, em muitos casos, pela degradação de um bioma.

O Parque Estadual do Rio Doce-PERD concentra uma parte da Mata Atlântica que sofreu menos degradações em relação ao resto da floresta, sendo considerado o maior remanescente contínuo de Mata Atlântica no estado, por abrigar boa parte de mamíferos, répteis e anfíbios que habitam mais de 40 lagos que compõem o sistema lacustre do médio Rio Doce (IEF-MG, 2008). O parque é denominado como uma Unidade de Conservação (UC). As UC se configuram como espaços territoriais com recursos naturais relevantes, objetos de conservação e limites definidos com regime de administração especial. No caso do PERD, essa demanda é direcionada ao Instituto Estadual de Floresta-IEF de Minas Gerais.

Devido à sua importância nacional, o parque concentra inúmeras pesquisas em diversas áreas com relevância regional e internacional. O Programa Brasileiro de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração (PELD) é uma iniciativa da comunidade científica, juntamente com o CNPq, órgão do Ministério da Ciência e Tecnologia, com o intuito de desenvolver a pesquisa científica no Brasil. Estes dois órgãos desenvolvem juntos uma intensa agenda de pesquisas integradas, separadas em *sites* que representam os principais ecossistemas brasileiros, com suas linhas de pesquisas especiais, amparadas por financiamento. Dentro do *site*, o bioma Mata Atlântica, Sistema Lacustre do médio Rio Doce-MG é representado pela sigla MLRD. No meio internacional, segundo Peixoto (2012), este programa está inserido no *International Long Term Ecological Research Program* (ILTER). Trata-se de uma rede com distribuição global de pesquisas de longo prazo, a fim de solucionar problemas nas áreas de ecossistema, biodiversidade, que conta com a contribuição de vários países.

Na perspectiva de contribuir para o conhecimento do clima no Parque Estadual do Rio Doce-PERD, levantou-se questionamentos sobre o comportamento climático do parque: como se dá a distribuição de chuvas, quais mecanismos atmosféricos interferem no regime de precipitações no PERD.

Assim, o objetivo geral deste estudo foi realizar um diagnóstico climático do parque e seu entorno, pois, no período de 2005 a 2015, não há trabalhos sobre o comportamento do clima no parque, nem sobre quais mecanismos atmosféricos atuam no PERD.

Sabe-se que os mecanismos atmosféricos em um estudo climático podem interferir no regime de chuvas, causando transformação da paisagem vegetal e prejuízos na infiltração de água no solo. Desta forma, pode provocar alterações e afetar a reposição do sistema lacustre, composto por mais de 40 lagos que servem como fonte de desenvolvimento para diversos tipos de organismos. Esses organismos utilizam plantas como alimento ou abrigo devido ao grande consumo de espécies vegetais e arbóreas. Um desequilíbrio no clima pode trazer danos ou até mesmo levar à extinção de espécies presentes na Mata Atlântica.

Como objetivos específicos:

- compreender melhor as interações dos aspectos climatológicos com o bioma vigente no parque, torna-se imprescindível uma investigação sobre o clima no PERD;
- identificar, compreender e analisar através de gráficos de balanço hídrico climatológico decendiais, o regime de chuvas no período de 2005 a 2015, registrado pelas estações meteorológicas do entorno do parque, compostas por: Ipatinga, Timóteo, Caratinga e uma estação dentro do PERD;
- mapear o regime de chuvas e de temperaturas durante os onze anos estudados através de programas específicos e também identificar os fenômenos atmosféricos presentes na área de estudo;
- criar um banco de dados através de mapas de chuvas e temperaturas para esta área de estudo, visto que se tornou possível um melhor entendimento das condições climatológicas de uma zona específica da Mata Atlântica, com condições peculiares. Além disso, o material criado pode ser útil para o desenvolvimento de futuras pesquisas.

Buscando atender aos objetivos propostos, este trabalho é dividido em cinco capítulos: o primeiro compreende a fundamentação teórica e bases conceituais sobre: a dinâmica atmosférica, evapotranspiração, balanço hídrico, interpoladores usados para a produção de mapas temáticos; o segundo, uma caracterização da área de estudo e fatores geomorfológicos do PERD; o terceiro destaca o material e métodos utilizados para o diagnóstico climático do parque e os procedimentos adotados para elaboração dos gráficos de balanço hídrico, dos mapas de precipitação, dos mapas de temperatura e dos mapas dos aspectos dinâmicos que interagem com a atmosfera que permeia o PERD; o quarto capítulo apresenta a

análise e discussão dos resultados obtidos através dos gráficos, mapas gerados e a relação dos mesmos com os processos atmosféricos que atuam no parque; o quinto capítulo trata das considerações finais e recomendações que evidenciam a viabilidade e a necessidade da realização desse trabalho inédito referente ao clima, para planejamento de pesquisas nas mais diferentes áreas. Em seguida, as referências que embasaram esta pesquisa e os apêndices contendo os mapas para enriquecer o trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Movimento Geral da Atmosfera

Para entender a dinâmica do clima é importante analisar um conjunto de fenômenos que se relacionam no tempo e no espaço e criam unidades possíveis de serem medidas através de seu tamanho e duração. Os fenômenos climáticos são constituídos por um conjunto de elementos da natureza e dividem o mesmo tempo e espaço, através de regimes de trocas energéticas e interdependentes, podendo ser de escalas espaciais (tamanho) e temporais (duração). Assim, são divididos em níveis:

- a) **Nível zonal:** é a maior das unidades, compreende áreas muito extensas da superfície do globo terrestre. Os fatores que influenciam a caracterização do clima dessas áreas são a latitude, altitude, continentalidade, maritimidade, posição solar e rotação. Numa escala temporal, o mínimo de dados para análise é de trinta anos, e em escala espacial, as escalas são pequenas “1:10.000.000, e os produtos produzidos são mapas e cartas sinóticas.
- b) **Nível regional:** são as unidades trabalhadas são as grandezas superiores e inferiores, como os fatores que influenciam a circulação atmosférica na região. Com isso, o clima sofre alteração de acordo com o relevo. Em escala temporal, os dados são de cinco a dez anos, e na espacial usa-se a média de “1:5.000”. Os produtos gerados de análises regionais podem ser de unidades pluviais ou de temperaturas de um local.
- c) **Nível Sub-Regional:** os fatores que influenciam nesse nível são: o geográfico e o climático, com necessidade de estudos em geomorfologia, relevo e vegetação. Na escala temporal os dados analisados são entre cinco a dez anos, e na escala espacial está entre a média e a grande.
- d) **Nível local:** basicamente definido por ações antrópicas em meio a uma área rural ou de floresta. Numa escala temporal, os dados podem ser de cinco a dez anos, e na escala espacial pode-se produzir mapas de escalas médias a grandes. Um exemplo é o dado produzido para estudos de clima urbano.

Além das análises temporais e espaciais para identificar fenômenos atmosféricos, existem na atmosfera porções de ar que deslocam verticalmente ou horizontalmente, de acordo com os mecanismos físicos que dão origem a anticiclones. Ao estudar os anticiclones e a umidade do ar no clima de Belo Horizonte, Franca (2009) observa o aquecimento diferenciado do planeta pelo sol que produz movimentos verticais na atmosfera, expandindo e ascendendo nas regiões quentes. O ar que circula na atmosfera sofre mudanças também em sua direção, devido à força de Coriolis, (FIG.1). De acordo com a força, a rotação da Terra gera um aparente desvio dos objetos que se movem, inclusive do ar para a direita de seu fluxo no hemisfério Norte e para a esquerda no hemisfério Sul. Essa força realiza uma curva na direção do movimento do ar. Com isso, o vento se direciona para fora da rotação realizada. Silva e Reboita (2013, p.27) afirmam que “como a força centrípeta é de grandeza pequena sua ação só se torna importante em sistemas de pressão intensamente baixo, visto que os ventos em alta velocidade movem-se em curvas”.

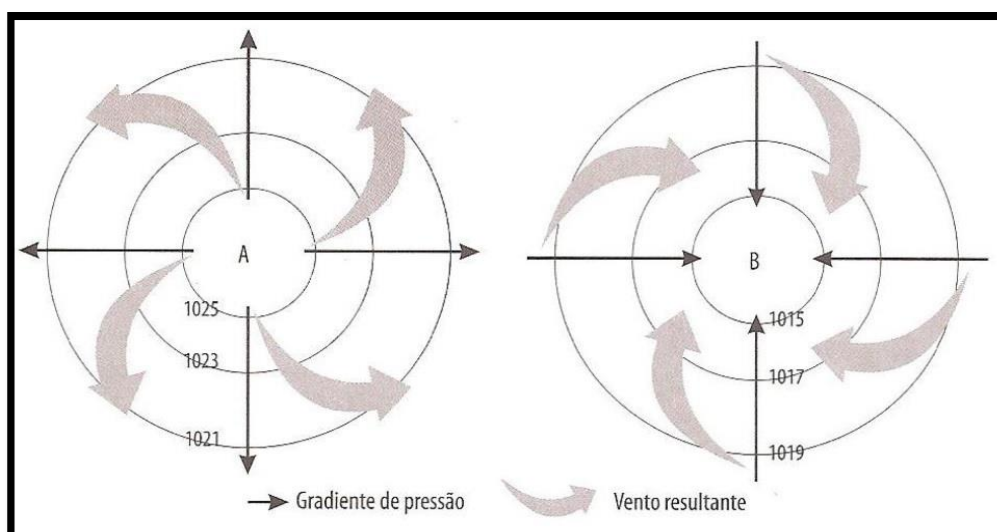


FIGURA 1 - Efeito da força de Coriolis que provoca desvio na direção dos ventos, letra A (área de alta pressão), letra B (área de Baixa pressão).

Fonte: MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 78.

Em virtude disso, o ar possui dois tipos de movimentos: horizontal, que está relacionado aos sistemas circulatórios, e vertical, que ocorre juntamente com o horizontal, observado nas grandes escalas. Segundo (ATKINSON, 1972 citado por AYOADE, 2001, p.78), “os movimentos verticais de pequena escala são geralmente induzidos diretamente pela superfície da Terra e sua continuação é grandemente dependente da estrutura térmica e da umidade da atmosfera sobre ela”. Os de larga

escala dependem dos movimentos de subida e descida do ar, ligados ao fluxo horizontal (FIG.2).

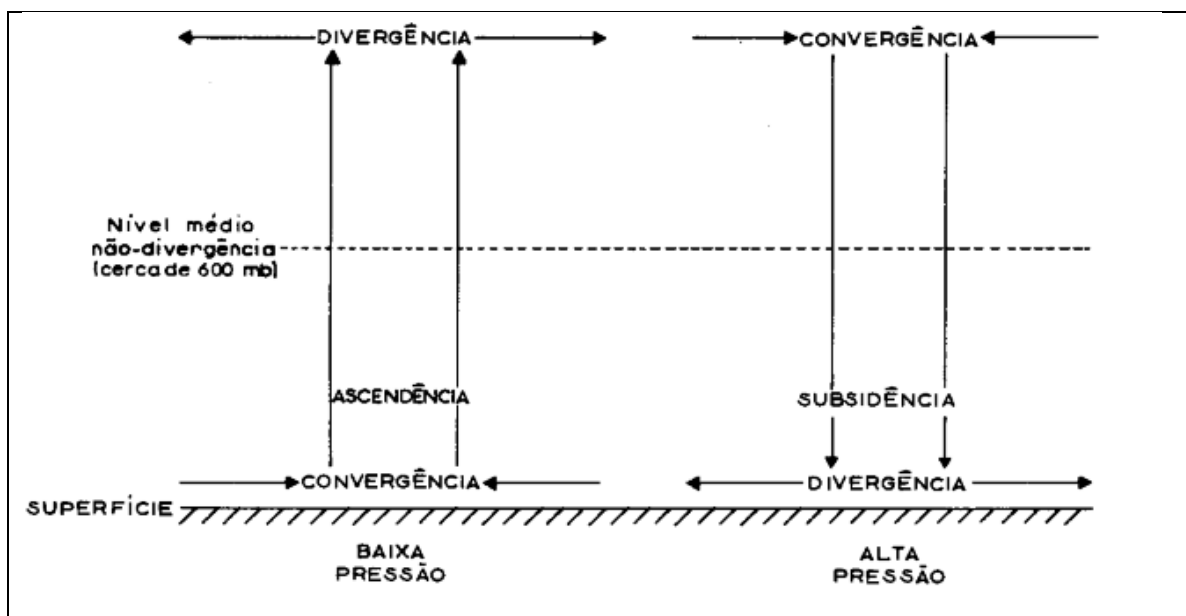


FIGURA 2 - Padrões divergente e convergente, movimentos vertical e horizontal.
Fonte: AYOADE, 2011, p.79.

Segundo Silva e Reboita (2013, p.21), “a circulação geral da atmosfera consiste de “padrões” em larga escala, ou escala global, de vento e pressão que se mantêm ao longo do ano ou se repetem sazonalmente”. A circulação geral determina os tipos de clima no mundo que são divididos em zonas climáticas: baixas latitudes (zona intertropical); médias latitudes (zona temperada); altas latitudes (zona polar). Já Ayoade (2001) divide os padrões de circulação atmosférica em três: primário, sendo a circulação geral da atmosfera, secundário as depressões, os anticiclones das latitudes médias e as perturbações tropicais, e sistemas de circulação terciária, que consistem em sistemas de ventos locais (brisas terrestres e marítimas, barlaventos, sotavento, ventos catabáticos e anabáticos).

Também há fatores que interferem no clima como: i) astronômicos, responsáveis pelo movimento e inclinação da Terra; ii) meteorológico, interage com os movimentos da atmosfera; iii) antropogênicos, que trata das mudanças que o homem causa em uma área e iv) geográficos, que influenciam no comportamento dos elementos atmosféricos, conferindo a eles regularidade, altitude, latitude, correntes marinhas, vegetação, relevo, continentalidade e maritimidade.

No intuito de simular os movimentos de circulação da atmosfera (FIG. 3), estudiosos desenvolveram modelos para representar as oscilações de ar em torno

da atmosfera. “Em resposta aos padrões de distribuição planetária de pressão atmosférica foram criadas seis células, três em cada hemisfério, originando seis sistemas de ventos planetários” (STEINKE, 2012, p. 107):

- Célula de Hadley: localiza-se entre a latitude (0° e 30°). Na superfície é formada por ventos alísios do sudeste ou nordeste, ascendem próximo ao equador e descem aos 30° de latitude.
- Célula de Ferrel: localizada na faixa de latitudes médias (30° e 60°). Seu ramo ascende próximo aos 60° e descende nos 30° , na superfície os ventos são de oeste, não desprezando a força de Coriolis.
- Célula Polar: localizada na região dos polos, ascendem próximo à latitude 60° .

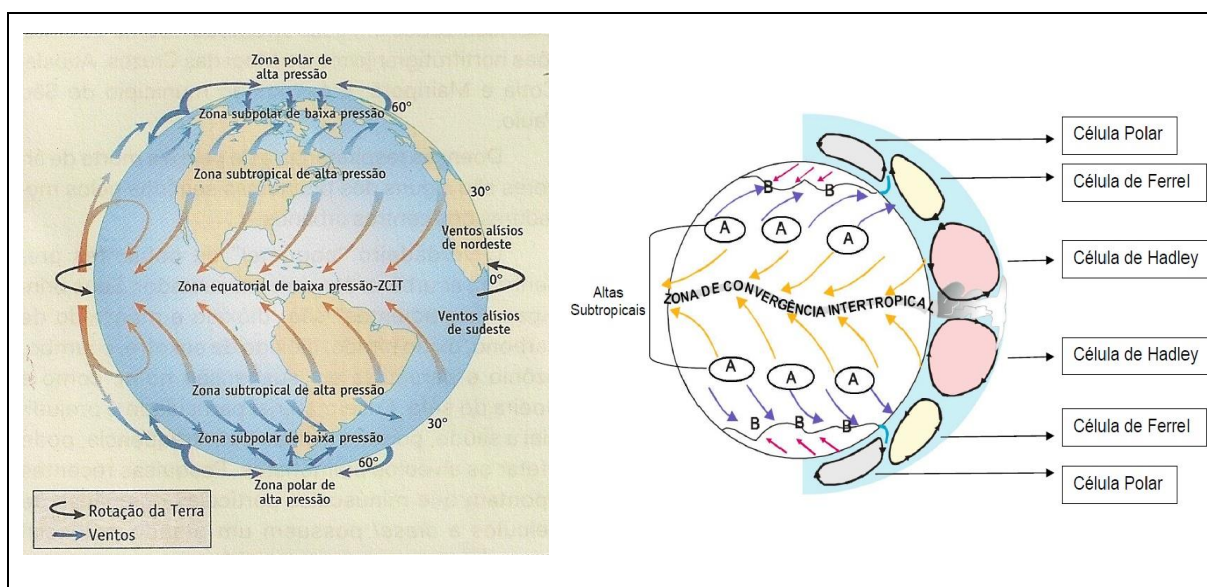


FIGURA 3 - Movimento geral da atmosfera. (A), direção dos ventos; (B) localização das células de Hadley, Ferrel e Polar.

Fonte: Instituto Geográfico de Agostine, 1996; FRANCA, 2009.

2.2 Os movimentos de circulação e a interferência no clima

Os movimentos de ar originados pelas células citadas anteriormente determinam variações nos padrões de circulação dos ventos, originando sistemas meteorológicos. Segundo Streinke (2012), esses sistemas possuem forte influência sobre o tempo e o clima na Terra. Um desses sistemas é a Zona de Convergência Intertropical-ZCIT: “trata-se de um dos mais importantes sistemas meteorológicos

que atua nos trópicos” (STREINKE, 2012, p. 115). Essa faixa de nebulosidade transfere calor e umidade dos níveis inferiores da atmosfera, situados nas regiões tropicais, para os níveis superiores da troposfera onde se localizam as médias e altas latitudes.

Outra importante zona de convergência que influencia o clima do Brasil é a Zona de Convergência do Atlântico Sul-ZCAS (FIG. 4). Tal mecanismo, segundo Bernado e Molion (2002) apud Cupolillo (2015) e Amaro, Lacerda e Molion (2008), deve ser denominado de Zona de Convergência da América do Sul, visto que a citada banda de nebulosidade instala-se sobre o continente, que a fomenta de energia vinda da superfície e não sobre o Oceano Atlântico. Diante desse fato, neste estudo, denomina-se de ZCAS, a Zona de Convergência da América do Sul.

A ZCAS é um evento de extrema precipitação no Brasil, caracterizado através de uma faixa de nebulosidade sentido NW-SE, formado pelo acoplamento dos mecanismos atmosféricos Alta da Bolívia (AB), os sistemas frontais, tendo em sua face norte as Frentes Frias (FF) e o Litoral do Atlântico (LA).

A AB é um sistema de circulação anticiclônica que atinge todo território brasileiro. É um mecanismo que ocorre no NW da América do Sul, Amazônia Ocidental, que durante o verão expande-se até o Sudeste do Brasil. A atuação da AB é percebida devido ao aquecimento do altiplano boliviano, aliado à intensa evapotranspiração e convecção da floresta amazônica, gerando movimentos ascendentes em níveis inferiores da atmosfera e um padrão de circulação anticiclônica de altos níveis (CUPOLILLO, 2015).

Os sistemas frontais, de acordo com Scheuer (2017), são definidos como uma faixa de transição entre duas massas de ar, com propriedades termodinâmicas distintas, diferentes densidades, temperatura, pressão e umidade, cada uma conservando suas propriedades, com uma trajetória de sudeste para noroeste, recebendo influências do relevo e alterando a variação da velocidade e direção do vento. “Dependendo da intensidade do sistema, em alguns casos a frente fria, pode propagar-se até latitudes baixas, atingindo as proximidades da Amazônia, provocando o fenômeno conhecido como friagem” (SCHEUER, 2017, p. 25).

A ZCAS tem papel preponderante no regime de chuva no Brasil nos períodos definidos como estação chuvosa, atuando nas regiões da Amazônia, Centro-Oeste, Sul, Nordeste e Sudeste, onde está situada a área de estudo deste trabalho. Quando a ZCAS desloca-se latitudinalmente do norte para o sul, a região Sudeste é

atingida por esse fenômeno e dá início à estação de chuvas na região (outubro a março). Além da ZCAS, outros mecanismos exercem influência na região Sudeste.

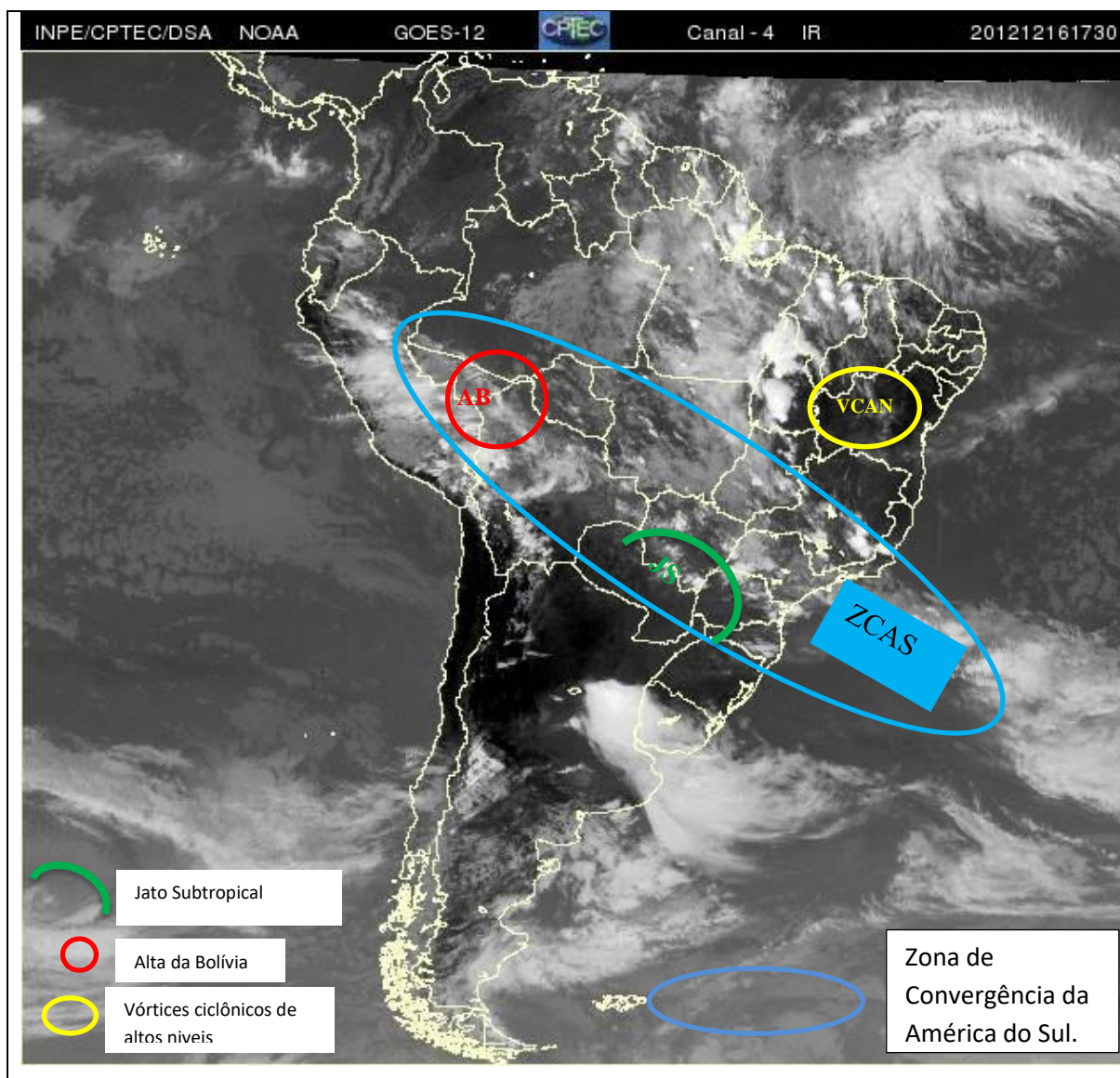


FIGURA 4 - Sistemas meteorológicos que colaboram para a formação do ZCAS.
Fonte: CPETC, 2012.

Outro mecanismo atuante para a presença de precipitações no Sudeste (FIG. 4) são os vórtices ciclônicos de altos níveis (VCAN): “apresentam um centro relativamente frio, convergência de massa, movimentos verticais subsidentes no centro e ascendente na periferia” (CAVALCANTI et al. 2009, p.43). Com circulação horária, eles propiciam uma maior nebulosidade no Sudeste, influenciando no aumento das precipitações, porém, quando sua posição central está no continente, causam ausência de nebulosidade, devido às subsidências que ocorrem nesse

lugar. Quando se afastam para o oceano, a nebulosidade é mais evidente, ocorrendo chuva, tanto na região sudeste quanto no nordeste.

2.3 Mecanismos Atmosféricos atuantes na região Sudeste

De acordo com Nimer (1989), a região Sudeste possui uma das mais variadas diversidades climáticas considerando o regime de chuva e temperatura, fatores de ordem estática, como sua posição em maior parte na zona tropical e topografia acidentada, oferecendo um contraste morfológico. “Este caráter da sua topografia favorece as precipitações, uma vez que ela atua no sentido de aumentar a turbulência do ar pela ascendência orográfica” (NIMER, 1989, p. 268). No que diz respeito à dinâmica atmosférica, torna-se importante estudar os sistemas de circulação da atmosfera na região e quais as influências que esses sistemas causam na região Sudeste e conseqüentemente no PERD (FIG.5).

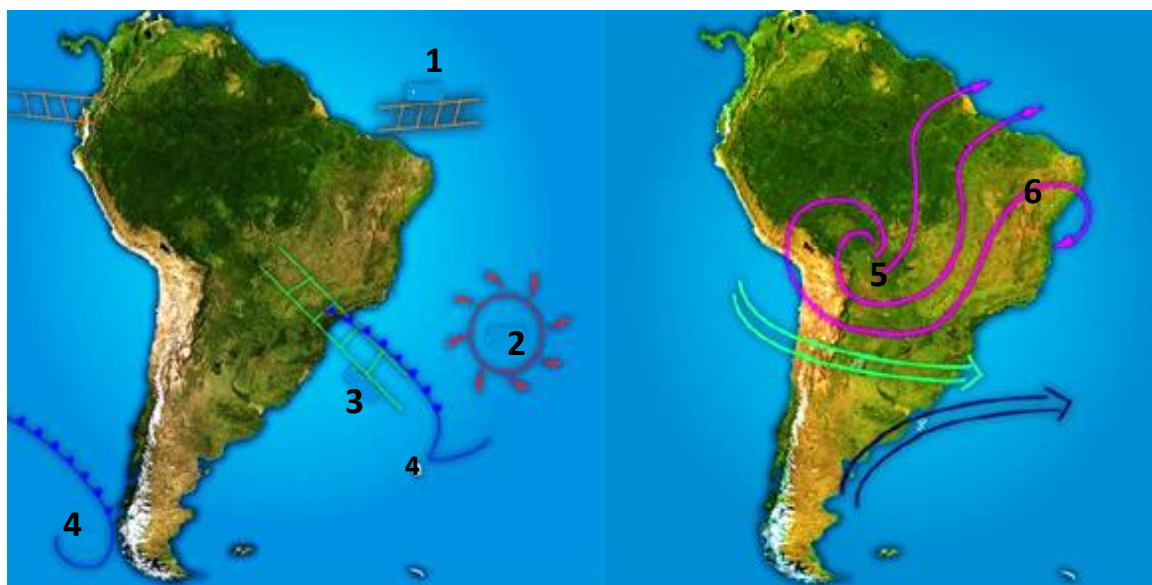


FIGURA 5 - Sistemas atmosféricos atuantes no Brasil e na região Sudeste.

- 1 Zona de Convergência Intertropical- ZCIT;
- 2 Anticiclone Subtropical da América do Sul- ASAS;
- 3 Zona de Convergência da América do Sul-ZCAS;
- 4 Sistemas Frontais;
- 5 Alta da Bolívia-AB;
- 6 Vórtices ciclônicos –VC.

Fonte: Adaptado de SOARES, 2009

Diversos fatores atmosféricos interferem no macroclima de uma região, porém as peculiaridades locais são de fato importantes para um adequado

planejamento climático. A dinâmica climática do estado de Minas Gerais proporciona uma ampla variabilidade, pois encontra-se em uma região tropical de transição climática. O estado possui duas estações distintas e bem definidas, um verão úmido e quente, que contrasta com um inverno seco e ameno. Essa distinção acontece devido a diferentes sistemas atmosféricos atuarem no estado.

Um desses sistemas atuantes é a Zona de Convergência da América do Sul-ZCAS. A ZCAS caracteriza-se por:

uma faixa de nebulosidade persistente, orientada de NW/SE, associada ao escoamento convergente na baixa troposfera do sul da Amazônia ao Atlântico Sul-Central e particularmente bem caracterizada no verão. É também um importante elemento na definição de certas situações de tempo atmosférico no Sudeste brasileiro, gerando condições particulares (CAVALCANTI et.al., 2009, p. 250).

Cupolillo (2015, p.29) define a ZCAS como:

uma combinação de mecanismos atmosféricos atuantes no continente sul americano. Estes mecanismos são: a alta da Bolívia, a convergência tropical continental originária da Amazônia e os sistemas frontais oriundos da porção meridional do continente. Na superfície, o ar úmido é transportado da Amazônia para o Sudeste do Brasil.

A ZCAS (FIG. 5) forma uma banda de nebulosidade, desde o noroeste até o sudeste do país. Com isso, a bacia do rio Doce sofre seus efeitos. Para Cupolillo (2015, p.30), “durante a estação chuvosa no Sudeste, a ZCAS muitas vezes fica parada sobre os paralelos 19° e 20° de latitude sul, que corresponde à localização da bacia do rio Doce”; assim provocam enchentes, quedas de barreiras nas rodovias que cortam o estado de Minas Gerais, gerando transtorno para várias regiões que dependem do escoamento de mercadorias nessas rodovias.

Também influente no Sudeste do país e estudado por Soares (2009), o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) é um sistema que exerce uma grande influência nas características de circulação atmosférica, definindo bem sua atuação no verão e no inverno. No verão, o ASAS age predominantemente sobre o oceano, facilitando forte influência de sistemas convectivos associados ao aquecimento continental. Tal fato favorece a ocorrência de fortes precipitações nesse período. No inverno, o deslocamento do anticiclone para o continente acaba induzindo o fenômeno de subsidência que caracteriza céu sem nuvens, ausência de precipitações e favorece o surgimento da poluição atmosférica. Para Bastos e Ferreira (2000), o ASAS (FIG.5) é de grande importância para o clima da América do Sul. No inverno, ele inibe a entrada de frentes frias, causa a inversão térmica e a

concentração de poluentes nos principais centros urbanos do sul e sudeste do país. Já no verão, o transporte de umidade nos baixos níveis da troposfera ao longo da ZCAS é afetado pelo ASAS e faz com que a umidade se dirija para a região nordeste do Brasil.

Silva e Reboita (2013), ao estudarem a precipitação no estado de Minas Gerais, mencionam que o ASAS e a ZCAS contribuem para a precipitação no estado, principalmente nos meses entre outubro a março. No mesmo estudo, Silva e Reboita (2013) relatam que a convecção em Minas Gerais enfraquece e provoca estiagem devido à redução da temperatura na superfície e à atuação de forma anti-horária do ASAS que leva a umidade vinda da Amazônia para o oceano Atlântico.

Responsável por levar a umidade do ar para a bacia do rio Doce, a Frente Polar Atlântica (FPA) transporta a umidade referente ao percurso da zona polar para o continente americano e ocasiona precipitação, dando início à estação chuvosa no PERD. Porém, um mecanismo atmosférico denominado Cavado do Nordeste-CN altera o regime de chuvas no Sudeste, por apresentar um escoamento de leste para oeste; é classificado como um tipo de cavado invertido atuante em Minas Gerais, ocasionando longos períodos de estiagem na estação seca e veranicos na estação chuvosa, em função da forte subsidência do ar. Esses momentos de estiagem são notados em distintas literaturas. Um exemplo são os veranicos definidos por Cupolillo (2015) em seu estudo, que geram uma interrupção nas precipitações e provocam vários dias com baixas totais de precipitação, ou ausência total de chuvas no período chuvoso. Em determinados lugares, o intervalo pode ser de 10 a 20 dias sem precipitação, podendo comprometer o abastecimento de água em regiões urbanas, interferir no desenvolvimento de biomas e em áreas que estão inseridas em unidades de conservação. Por isso, abrigam espécies muitas vezes em extinção.

2.4 Unidades de Conservação

A destruição de ambientes naturais no Brasil, desde a chegada da coroa portuguesa, em 1500, está retratada em manuscritos que descrevem a derrubada de florestas para fins comerciais no Continente Sul Americano. Naquela época, não se falava em preservação ou leis ambientais de proteção da fauna e flora brasileiras. Essa proteção levou séculos para acontecer. Os portugueses enxergavam as matas

brasileiras como um lugar de lucro, onde a única lei de proteção ambiental e que levava à morte, era a extração de pau brasil sem autorização da coroa.

Após centenas de anos explorando as matas brasileiras, tanto para extração de madeira como para a agricultura e pecuária, escritores brasileiros, no século XX, começaram a narrar em ensaios a má utilização dos recursos florestais e hídricos no Brasil. Segundo Araújo (2004), Euclides da Cunha expôs a exploração em ensaios publicados como: “Fazedores de Desertos” e “Entre Ruínas”, que relatavam as imensas pilhas de madeiras que eram estocadas ao longo dos trilhos das ferrovias. Denunciava também paisagens alteradas por encostas completamente erodidas, após as terras serem abandonadas devido à decadência do café no estado de São Paulo.

Contudo, esses relatos e outros não chamaram a atenção do governo da época, que procurava dar impulso às novas atividades agrossilvipastoris. Apenas no governo de Getúlio Vargas, no início dos anos 30, que uma série de decretos regulamentando o uso das águas, das florestas e da fauna começaram a entrar em vigor. A constituição de 1934 encarregava o governo de proteção das “belezas naturais” e monumentos de valores históricos e artísticos. Com isso, estava esboçada a base legal para organizar as unidades de conservação no país. A Lei nº 9985, de 18 de julho de 2000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC estabelece critérios e normas para a criação, implantação e gestão das unidades de conservação. Unidades de conservação (UC) dizem respeito

a um espaço territorial com seus recursos ambientais, incluindo águas jurisdicionais com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo poder público, com objetivos de conservação e limites definidos sob regime especial de administração ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção (LEI nº9985, 2000).

As UC's caracterizam-se por apresentar espaços protegidos que possuem regras próprias de uso ou de manejo, podendo ser criadas nas esferas federal, estadual ou municipal por meio de decreto ou lei, e suas extinções ocorrem apenas por meio de lei. Muitas dessas unidades recebem os nomes de parques. Para Lopes (2010), possuem a finalidade de preservar o ambiente contra os efeitos da degradação, impedir a intervenção artificial que altera o aspecto natural e também conciliar a proteção integral da fauna e da flora. Assim, os parques foram

primeiramente conceituados, de acordo com o Decreto nº23.753 de 1934 (Código Florestal de 1934), que versa no artigo 9º sobre:

Os parques nacionais, estaduais e municipais que constituem monumentos públicos naturais, que perpetuam em sua composição florística primitiva trechos do país, que, por circunstâncias peculiares o merecem. É rigorosamente proibido o exercício de qualquer espécie de atividade contra a flora e a fauna dos parques (Decreto nº23.753 de 1934).

Posteriormente, o Decreto nº03 de 1948, aprovou a convenção para a Proteção da flora, da fauna e das belezas cênicas naturais do país e definiu Parques Nacionais como regiões estabelecidas para proteção e conservação da fauna e flora, de importância nacional, onde o público pode aproveitar o espaço, desde que o mesmo esteja protegido pela superintendência oficial. Em 1965, cria-se a Lei nº4.771 que oficializa o Novo Código Florestal e com isso estabelece a criação de Parques Nacionais, Estaduais, Municipais e Reservas Biológicas, com a finalidade de resguardar atributos excepcionais da natureza, de modo que estes conciliem a proteção integral e utilização para fins científicos, educacionais e recreativos. Nesse momento, há separação das áreas de preservação total das parcialmente exploradas. Assim, Lopes (2010) caracteriza os parques em geral pelo contato com os ambientes naturais e pela realização de atividades que proporcionam o conhecimento e a vivência com a natureza, compreendendo, portanto, áreas destinadas à preservação de um ou mais ecossistemas ambientais, protegendo o ambiente dos efeitos da degradação ambiental, amenizando e proporcionando um conforto térmico em áreas onde o clima sofre alterações através da mudança da paisagem local.

No Brasil, a ideia de parque recebeu inspiração dos E.U.A. Por volta de 1876, André Rebouças propôs a criação de parques nacionais brasileiros: Sete Quedas e Ilha do Bananal. Porém, esse conceito só veio a se efetivar no ano de 1937, com a criação do Parque Nacional de Itatiaia, com o propósito de dar incentivo à pesquisa científica e proporcionar lazer às populações urbanas. No estado de Minas Gerais, o primeiro parque criado foi o do Rio Doce, através do Decreto-Lei nº 1119, de 14/07/1944, nos terrenos devolutos existentes na área delimitada pelos rios Doce e Piracicaba. Como é uma das últimas áreas de Mata Atlântica da região Sudeste, o parque recebe inúmeros estudos nas mais diversas áreas: biologia, ecologia, geografia e outras. Nas últimas décadas, a climatologia tornou imprescindível a complementação de estudos no PERD. Dentro da climatologia é possível conhecer

melhor as estações chuvosa e seca e assim desenvolver melhor pesquisas no PERD, como: fenômenos atmosféricos que influenciam as chuvas no parque e a entrada e saída de água no solo, fenômeno conhecido como balanço hídrico.

2.4.1 Balanço Hídrico

Vários métodos são empregados para calcular, mapear, diagnosticar os efeitos dos fenômenos atmosféricos e suas variáveis em distintas regiões, ocupadas por atividades agropecuárias e silviculturas, além de unidades de conservação, como o Parque Estadual do Rio Doce-PERD. Um dos artifícios é o balanço hídrico. Trata-se de “um método para calcular a disponibilidade de água no solo nas comunidades vegetais” (TUBELIS; NASCIMENTO, 1986, p. 300).

O cálculo do balanço hídrico leva em consideração as variáveis: evapotranspiração e precipitação. Nas comunidades vegetais, a evaporação está ligada à transpiração. O processo que integra os dois fatores recebe o nome de evapotranspiração (FIG. 6), que diz respeito a um método simultâneo de evaporação de água do solo para a atmosfera e a transpiração feita pelas plantas.

A transpiração vegetal ocorre através dos estômatos e da cutícula das plantas, utilizando a água que o seu sistema radicular absorveu ao longo do perfil de solo explorado. A evaporação corresponde a perda da água depositada na superfície vegetal e da água contida no solo (TUBELIS, NASCIMENTO, 1986, p.282).

A água está disponível para as comunidades vegetais e para o solo através da precipitação, pois ela é o constituinte da fisiologia vegetal e um reagente da fotossíntese, tratando-se de um “processo físico pelo qual o líquido passa para o estado gasoso” (PEREIRA, ANGELOCCI, SENTELHAS, 2002, p. 213).

Com a evapotranspiração e a precipitação, é possível determinar a disponibilidade hídrica de uma região, tornando-se importantes parâmetros para a ecologia vegetal e um correto planejamento agrícola. Porém, a evapotranspiração recebe diferentes denominações, de acordo com a intensidade da perda de água.

2.4.2 Evapotranspiração

A evapotranspiração é a soma, tanto da evaporação como da transpiração, e inclui também a água retida pela vegetação. Possui distintas formas: a evapotranspiração potencial (ETP), evapotranspiração real (ETR).

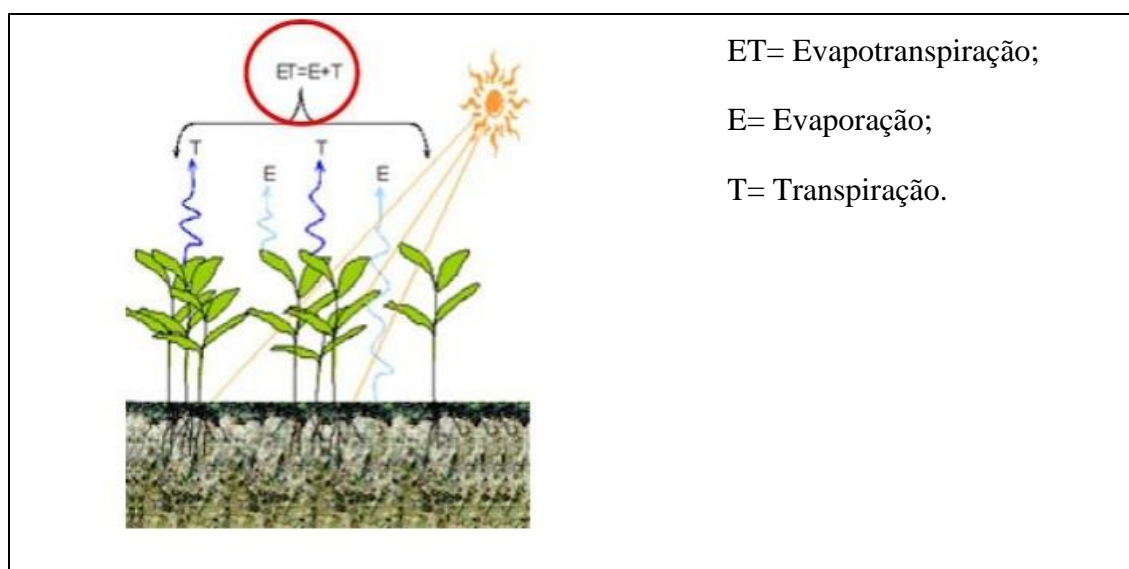


FIGURA 6 - Esquema de evapotranspiração para cultura.
Fonte: SENTELHAS; ANGELOCCI, 2002

Assim, é preciso estabelecer condições para estudar as diferentes formas de evapotranspiração. Pode-se defini-la da seguinte forma:

- **Evapotranspiração Potencial (ETP):** é a máxima perda de água na forma de vapor para a atmosfera, que ocorre em uma vegetação que cobre totalmente uma superfície horizontal de solo e é exposta às condições atmosféricas, sem ocorrer restrição de água no solo. ETP é tomada como elemento meteorológico de referência para estudos comparativos de perda de água pela vegetação em diferentes locais. A ETP, para Mintz e Walker (1993, p. 1315), “depende principalmente de todos os comprimentos de fluxo de onda de radiação para baixo da superfície da terra”. Pode ser estimada através de métodos analíticos, nos quais estão envolvidas relações empíricas e medidas de evapotranspiração.

- **Evapotranspiração Real (ETR):** diferencia-se da potencial, pois há uma determinada condição de restrição de água no solo. Em condições naturais e de cultivo, a ETP é menor que a ETR devido a não cobertura completa do solo, ao estágio de desenvolvimento das plantas, e aos seus mecanismos de controle de

transpiração. Para se medir a evapotranspiração usa-se o evapotranspirômetro. A superfície gramada do evapotranspirômetro deve estar no mesmo nível do gramado do posto meteorológico. A medida da evapotranspiração potencial é feita através do total de água usado pela planta em um dia, determinado pela diferença entre a quantidade de água colocada e percolada, onde:

(1)

$$ETP = P + I - C.$$

Sendo:

ETP: evapotranspiração potencial (mm/dia).

P: precipitação (mm/dia).

I: Irrigação (mm/dia).

C: água percolada (mm/dia).

2.4.2.1 Fatores utilizados para medir a Evapotranspiração potencial (ETP)

Na estimativa da ETP, são usados métodos analíticos, que envolvem relações empíricas, através de medidas de evapotranspiração. Pode-se mencionar como exemplo o método Penman (1948), citado por Pereira et al. (2002), que abrange o cálculo do balanço de radiação e do transporte vertical turbulento do vapor de água. Para Mota (1983), esse cálculo baseia-se em princípios físicos como o balanço de energia e métodos aerodinâmicos no cálculo de evapotranspiração. Já o de Thornthwaite (1948), adaptado por Camargo (1962), segundo Mota (1983), permite encontrar a evapotranspiração, a partir da temperatura média anual do ar. Este é utilizado na área de climatologia para auxiliar em estudos climáticos diversos. Para se chegar em um cálculo mais preciso da evapotranspiração, é necessário encontrar as dimensões do balanço de energia que na superfície não possui capacidade calorífica. A radiação líquida absorvida pela superfície e totalmente dissipada utiliza-se de três mecanismos de energia que juntos originam a equação do balanço de energia (FIG.7). São eles:

- Fluxo de calor do solo (G): energia usada para elevar a temperatura do solo e das plantas.

- Fluxo de calor sensível (H): energia usada para aquecer o ar acima da superfície ou densidade.

- Fluxo de calor latente (E): Energia usada para evaporação.

Assim, temos a equação do balanço de energia:

(2)

$$Q^* = G + H + E;$$

E, através dessa equação, define-se a evaporação:

(3)

$$E = Q^* - G - H.$$

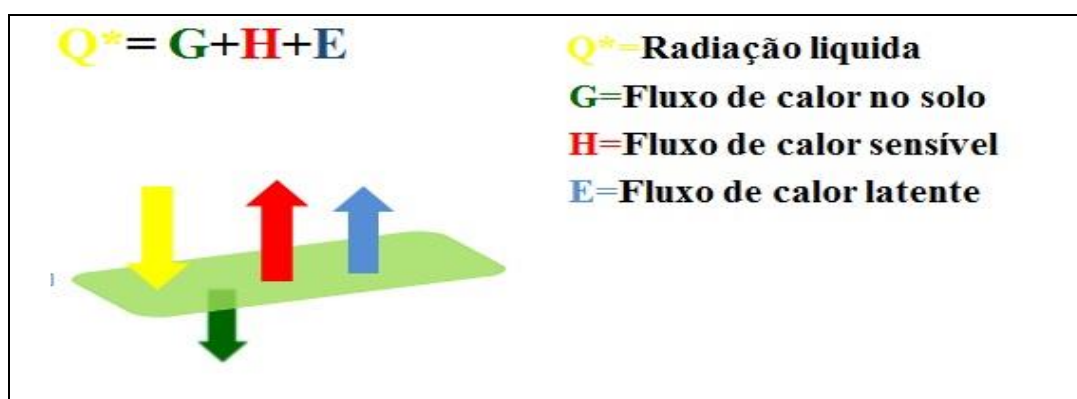


FIGURA 7 - Equação do balanço de energia.
Fonte: Elaboração própria, 2018

Definidos o balanço de energia e a evaporação, o próximo passo é o cálculo da evapotranspiração. De acordo com Pereira, Angelocci, Sentelhas (2002), para medir a evapotranspiração é necessário possuir um equipamento: uma caixa impermeável. Nela deve conter um volume de solo que possibilite conhecer a entrada e a saída de água do solo, importante para se calcular o Balanço Hídrico (BH). Esse sistema recebe o nome de lisímetro ou evapotranspirômetro, definido como “reservatórios cheio de solo localizado no campo, para determinação da evapotranspiração, de uma cultura em crescimento ou de uma cultura de referência, ou ainda, com superfície sem vegetação, para determinação de evaporação de uma área descoberta” (JÚNIOR et.al. (2011)). Dessa forma, os lisímetros podem ser classificados em:

- ✓ Lisímetro de drenagem (Fig.8a): é aperfeiçoado no princípio da conservação de massa para a água numa área determinada de solo e foi desenvolvido por Camargo (1962), citado por Pereira et.al (2002), através da seguinte equação:

(4)

$$\Delta\text{ARM} = P + I - ET + AC - DP$$

A função do armazenamento (ΔARM) é medida mediante: (P) água da chuva, (I) irrigação, (ET) evapotranspiração, (AC) ascensão capilar, (DP) drenagem profunda.

- ✓ Lisímetro de lençol freático constante (Fig.8b): definido como um sistema automático que registra e alimenta o lençol freático de forma constante. Neste sistema, a evapotranspiração é igual ao volume de água que sai do esquema de alimentação.
- ✓ Lisímetro de pesagem (Fig.8c): mede a variação de peso de uma caixa impermeável automaticamente através de células de carga. Esse sistema atua de modo que, se houver consumo de água pela vegetação, o lisímetro acusará a diminuição de água através do peso da caixa.

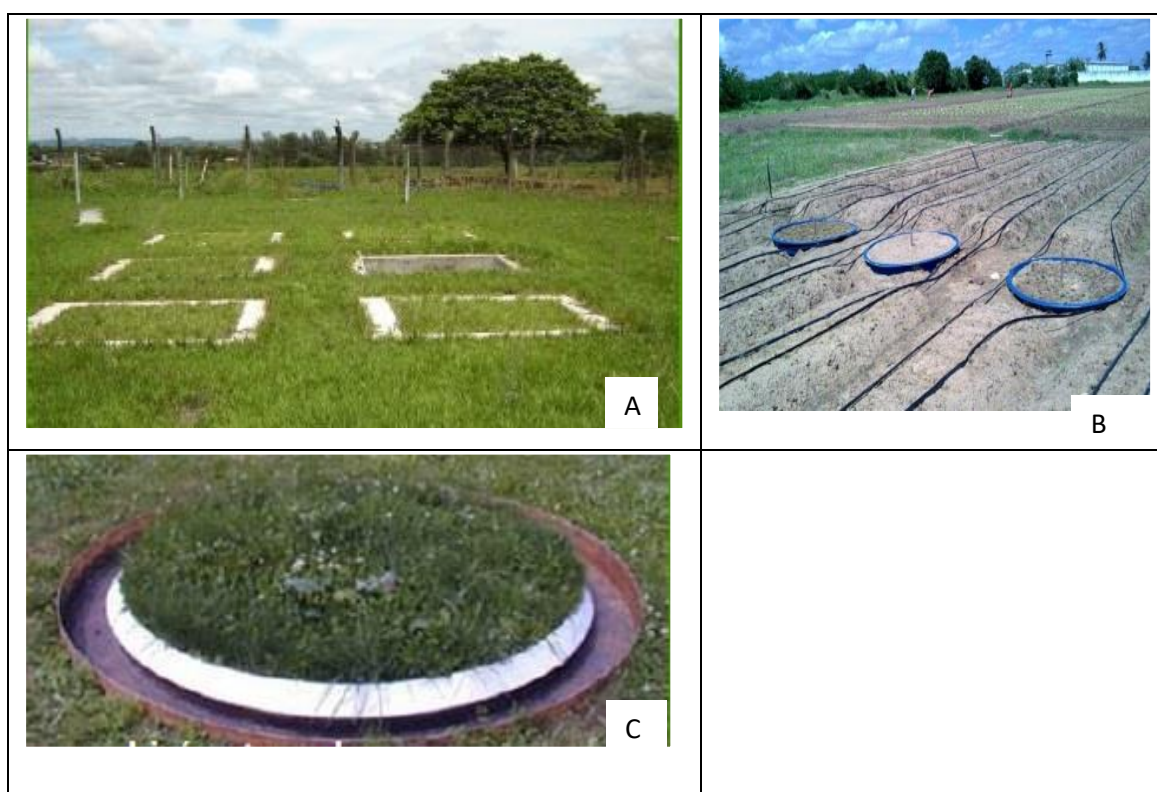


FIGURA 8 - Lisímetros de drenagem (A), Lisímetro de lençol freático (B), Lisímetro de pesagem (C).
Fonte: OLIVEIRA, 2008; JÚNIOR et al., 2011.

2.4.3.2 Cálculos da Evapotranspiração potencial (ETP)

A partir do desenvolvimento de métodos para mensurar a evapotranspiração, estudiosos criaram fórmulas para o cálculo da evapotranspiração nos diferentes ambientes que podem ser empregadas.

Thornthwaite (1948) utilizou uma fórmula baseada na evapotranspiração, através da análise de lisímetros para bacias hidrográficas nos Estados Unidos e também para locais desprovidos de outros dados meteorológicos. Esta fórmula faz uso apenas da temperatura média para sua definição. Para seu cálculo, apresentou a seguinte equação:

$$E = 1,6 \left(\frac{10T}{I} \right)^a, \quad (5)$$

Onde:

E= evapotranspiração potencial;

T= temperatura média anual (°C);

a= constante que varia de lugar para lugar;

I= índice térmico definido através da soma de índices i mensais: $i = \left(\frac{T}{5} \right)^{1,514}$.

Considera-se o método de Thornthwaite (1948) citado por Pereira, Angelocci, Sentelhas (2002), um dos métodos pioneiros para estimar a evapotranspiração. Para isto, calcula-se a evapotranspiração potencial padrão (ETp, mm/mês), como citado acima, ou seja:

$$ETP = 16 \left(\frac{10T_n}{I} \right)^a. \quad (6)$$

Onde:

T_n= temperatura média do mês n, em °C,

I= nível de calor disponível para a região, calculado pela fórmula:

$$I = \sum_{n=1}^{12} (0,2 T_n)^{1,514}.$$

De tal modo, o valor de ETP representa o total mensal de evapotranspiração dentro de um mês, ocorrido nas condições térmicas calculadas, num período diário de 12 horas. No caso de culturas irrigadas, o método de Thornthwaite (1948) pode

ser utilizado, bastando conhecer o índice do calor disponível (I), a constante (a), um índice térmico e as temperaturas dos dias que se pretende calcular a evapotranspiração. Em um local onde não está disponível a temperatura, pode-se avaliá-la através das coordenadas geográficas (latitude e longitude).

Camargo (1962), citado por Pereira et al. (2002), simplificou o método de Thornthwaite (1948), onde os dados da evapotranspiração potencial diária estão em função das temperaturas médias anuais e mensais. A equação pode ser definida:

(7)

$$ETP = 30 ET_T \text{ Cor.}$$

(Cor) é a correção do número de dias do mês. Assim, acrescenta-se o número 30 ao cálculo, correspondendo aos dias de um mês ($ETP = 30ET_T \text{ Cor}$). Se for estimar ETP segundo o método de Thornthwaite (1948), citado por Pereira, Angelocci, Sentelhas (2002), com base diária, basta substituir 30 pelo número de dias (N/D). Com isso, a equação utilizada por Camargo(1965), citada por Pereira et al. (2002) é expressa como:

(8)

$$ETP = 0,01 Q_0 T N/D.$$

Na equação acima, (Q₀) irradiância solar da Terra é expressa milímetros (mm) de evaporação diária, (T) temperatura média e (N/D) número de dias.

Outro método bastando citado nas literaturas é o Tanque Classe A, criado por Pereira et al. (2002). Este método baseia-se na estimativa da evapotranspiração de referência, aplicada no manejo da irrigação. Faz-se através de um pequeno tanque onde as paredes laterais recebem diretamente radiação solar e a água do tanque não oferece resistência ao processo evaporativo. Por isso, aplica-se um fator de correção denominado coeficiente de tanque (k_p), para se ter a ETo necessária, no qual:

(9)

$$ETo = K_p ECA.$$

O índice (k_p) sempre menor que 1 é função da velocidade do vento e da umidade do ar, do tamanho da borda do tanque e de sua vegetação. Os valores são retirados de uma tabela, no qual K_p é a somatória de todas as funções citadas

acima. Autores como Hargreave e Samani (1985) desenvolveram um método de cálculo da evapotranspiração potencial para condições semiáridas da Califórnia (EUA), a partir dos dados do lisímetro de pesagem cultivado em grama. Este método apresenta a seguinte fórmula:

$$ETP = 0,0023 Q_0 (T_{max} - T_{min})^{0,5} (T_{med.} + 17,8). \quad (10)$$

Onde:

(Q_0)= irradiação solar extraterrestre em milímetro (mm),

(T_{max})= temperatura máxima,

(T_{min})= temperatura mínima,

($T_{med.}$)= temperatura média do ar, expressas em °C, os valores são retirados de uma tabela proposta por Camargo (1971).

Priestley e Taylor (1972) estimaram o cálculo da evapotranspiração potencial, no qual se utiliza:

$$ETP(\text{mm d})^{-1}, \text{ ou: } ETP = 1,26W(R_n - G)/2,45. \quad (12)$$

Em que:

(R_n)= radiação líquida total, (G) é o fluxo total;

(W)= fator de ponderação. Vai depender da temperatura e do coeficiente psicrométrico, e calcula-se: $W = 0,407 + 0,0145 T$ ($0^\circ\text{C} < T < 16^\circ\text{C}$) e $W = 0,483 + 0,01T$ ($16,1^\circ\text{C} < T < 32^\circ\text{C}$). No caso de não se encontrar (G), adota-se a fórmula $G = f R_n$, onde (G) é calculado em função da temperatura do ar pela equação: $G = 0,38(T_d - T_{-3d})$, ou, quando é mensal, o cálculo é definido por $G = 0,14 (T_m - T_{-m})$. T_m . Trata-se da temperatura média do ar no mês, e T_{-m} é a temperatura média do ar do mês anterior.

Outro método notável em pesquisas sobre a evapotranspiração potencial é o de Penman (1948) que, segundo Mota (1983), utiliza o balanço de energia e métodos aerodinâmicos no cálculo da evapotranspiração, do qual derivou uma equação onde medidas de superfície não são usadas. A equação baseia-se em princípios físicos, diferente do método de Thornthwaite (1948).

O cálculo é de validade somente quando as estimativas reais da radiação líquida e da função do vento forem de uma região especificada. A equação é a seguinte:

(13)

$$EP = \frac{\frac{\Delta}{\gamma} \times \frac{R_1}{59} + Ea}{\frac{\Delta}{\gamma} + \frac{1}{S/D}}$$

Nesta equação tem-se:

EP=evapotranspiração potencial em mm;

Δ = tangente à curva de pressão de saturação do vapor d'água na temperatura do ar;

γ = constante psicrométrica, ou seja, a razão entre calor específico do ar para calor latente de evaporação da água;

R_1 =: é o valor da radiação líquida na superfície líquida em estudo em $cal\ cm^{-2}\ dia^{-1}$;

E=significa componente aerodinâmico em mm;

S' = fator de impedância da difusão estomatal e;

D= fator de duração do dia.

Holmes e Robertson (1958) afirmam que a equação de Penman (1948), para determinar a evaporação utilizando parâmetro meteorológico, é vastamente utilizada na Inglaterra para o controle de irrigação. Apesar de sofrer adequações de acordo com as situações reais e possuir tabelas próprias, é de difícil aplicação, sendo fácil sua resolução quando utiliza calculadoras científicas ou softwares.

Penman-Monteith (1965) descreveu um método de cálculo da evapotranspiração utilizando elementos meteorológicos, porém a dificuldade em encontrar estações meteorológicas equipadas por completo fez com que houvesse modificações. Em 1998, a fórmula foi adaptada chegando-se à seguinte equação:

(14)

$$\frac{0,408 s (R_n - G) + \frac{\gamma 900 U_2 (e_s - e_a)}{T + 273}}{S + \gamma(1 + 0,34 U_2)}$$

No qual:

RN= radiação líquida;

G= fluxo de calor do solo;

(γ) = constante psicrométrica, (T) é a temperatura do ar;

U =velocidade do vento,

(e_s) = pressão de saturação do vapor (KPa);

(e_a) =pressão parcial do vapor (KPa);

(S)= é a declividade da curva de vapor na temperatura do ar.

Apesar da disponibilidade de métodos para se calcular a evapotranspiração potencial, é preciso levar em conta a disponibilidade de dados meteorológicos, pois há métodos complexos como o de Penman-Monteith (1965), citado por Júnior *et al.* (2011), que precisa de uma pesquisa densa para realização do seu cálculo. No fator tempo, as condições climáticas são variáveis também utilizadas para a estimativa da evapotranspiração. Portanto, deve-se escolher o melhor método, de acordo com as características de cada região de estudo.

Assim, o método de Thornthwaite (1948) e Camargo (1962) é utilizado em diversas regiões de clima úmido. (devido ao fato dessas apresentarem clima úmido). Já o modelo de Hargreaves e Samani (1985) necessita apenas das temperaturas mínima, máxima e média do ar, porém, o método apenas se torna confiável quando a calibração de seus parâmetros for igual para toda a região estudada. Esse método foi desenvolvido para condições semiáridas da Califórnia, a partir da ET obtida em lisímetro cultivado em grama. Assim, sua eficiência é voltada para regiões áridas em todo o mundo. No caso de métodos empíricos, é necessário conhecer as condições climáticas antes de empregá-los, pois normalmente não são aplicáveis em regiões cuja umidade do solo é diferente.

O processo para cálculo de elementos meteorológicos como temperatura do ar, umidade relativa, radiação solar e velocidade do vento precisa ser confiável, pois através desses elementos existem avanços em pesquisas que observam o comportamento do solo em uma região. Um desses processos é o balanço hídrico que contabiliza a entrada de água no solo.

2.5 Balanço Hídrico Climatológico

O Balanço Hídrico climatológico-BHC “é uma das ferramentas usadas para a estimativa da deficiência e do excedente hídrico, da reposição e da retirada da água do solo e da quantidade de água armazenada no mesmo” (CARVALHO *et al.* 2010, p. 221). O BHC é um método usado para medir o armazenamento de água no solo, a partir do resultado da entrada e saída de água FIG.9, levando em consideração a precipitação perante evapotranspiração potencial, com a capacidade de água armazenada. A disponibilidade de água nos solos está relacionada diretamente com o fator de concentração de vegetação e não com a precipitação, pois em uma área vegetada a infiltração é mais eficiente.

O método “considera que a água do solo é igualmente disponível aos vegetais desde a capacidade de campo até o ponto de murchamento permanente” (TUBELIS; NASCIMENTO, 1986, p.303). O método é extensamente utilizado para desenvolver projetos ecológicos, agroclimatológicos, quando há um deficiente hídrico em um determinado período. De acordo com D’Angiolella, Vasconcellos, Rosa (2003), o balanço hídrico surgiu da necessidade de contabilizar a chuva e a evapotranspiração dentro de um ecossistema, com o objetivo de conhecer a disponibilidade hídrica para as plantas ao longo do ano.

Em conformidade, Ferreira (2007, p. 5), afirma que:

o balanço hídrico pode ser entendido como a contabilização dos ganhos e perdas de água, em determinado volume do solo. Os ganhos são constituídos, basicamente, pela precipitação pluvial e a irrigação, enquanto as perdas são provenientes da evapotranspiração, percolação profunda, escoamento superficial e subsuperficial de saída.

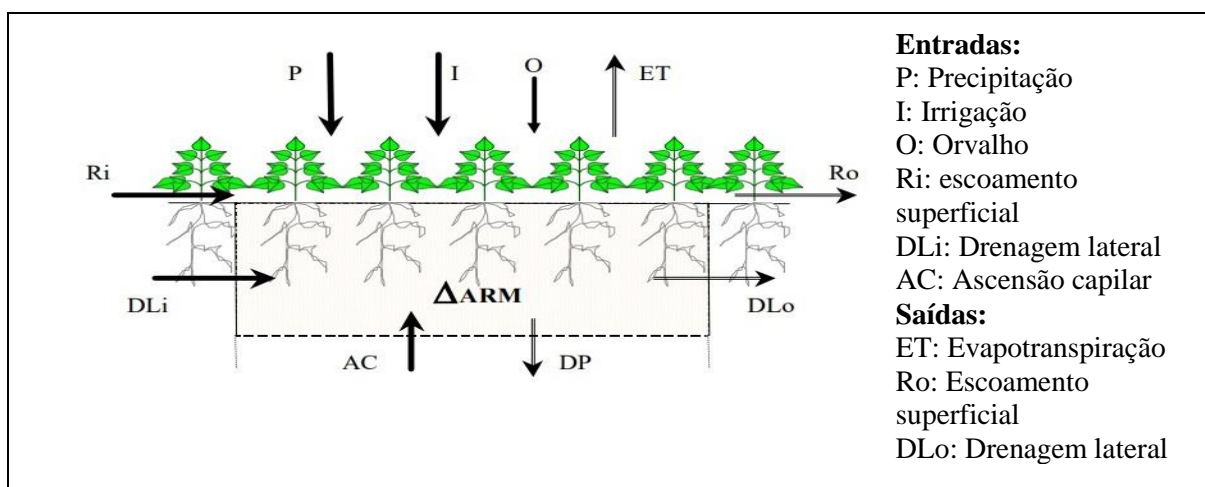


FIGURA 9 - Esquema de entrada e saída de água no solo.
Fonte: Adaptado de TUBELIS, NASCIMENTO, 1986

2.5.1 Cálculo do Balanço Hídrico na climatologia

Para o cálculo do balanço hídrico, existem vários métodos nos quais fatores como a irrigação e a capacidade de armazenamento de água no solo são levados em consideração. No Brasil, são frequentes as pesquisas que utilizam o método desenvolvido em 1948 por Thornthwaite, que considera a água no solo disponível às comunidades vegetais, desde a capacidade de campo até o ponto de murchamento permanente, ou seja, quando não há disponibilidade hídrica no solo e com isso as plantas ficam sem água. Em 1955, Thornwaither e Matter, acrescentaram na equação deles a negativa acumulada, que resulta da acumulação, menos a evapotranspiração real e evidencia o armazenamento de água num dado período de tempo.

Ao estudar o balanço hídrico através do método de Thornwaither e Matter (1955), Dantas *et al.* (2007) avaliou as mudanças no clima do município de Lavras-MG, em relação às normais climatológicas para a mesma localidade. Já Correia Filho *et al.* (2010) efetuou o Balanço Hídrico Climatológico (BHC) para o estado do Rio Grande do Norte, utilizando também o método de Thornthwaite e Matter (1955), a fim de identificar as semelhanças do excedente e o déficit hídrico no estado. No mesmo sentido, Portilho *et al.* (2011), ao estudar o balanço hídrico em Pinheiral-RJ, concluiu que o município apresentava seis meses de deficiência hídrica no solo e quatro de excedente. Em parte, estes estudos contribuíram, não apenas para a construção de conhecimento teórico sobre estas localidades, mas sobretudo para o planejamento de conservação do solo, biomas e desenvolvimento de planos agrícolas sustentáveis.

Assim, na climatologia o balanço hídrico passa a ser utilizado para mapeamento de áreas climatologicamente homogêneas. Mota (1983) utilizou o balanço hídrico para definir zonas climáticas ideais para diferentes culturas, caracterizar condições climáticas em um local e localizar regiões onde há maior disponibilidade hídrica, ou déficit de água. A equação do balanço hídrico foi estabelecida pelo autor da seguinte forma: Precipitação + Água de irrigação = Mudanças de umidade do solo + Evapotranspiração + Percolação + Deflúvio superficial. Ou:

(15)

$$P+I=U+ETP+Pe+DS$$

Este mesmo autor utilizou o método desenvolvido por Thornthwaite e Mather (1955) para realizar seus estudos. A partir dessa equação do balanço hídrico foi possível determinar os seguintes elementos para qualquer período: deficiência de umidade, umidade armazenada nas zonas radiculares, percolação de água e evapotranspiração real. Assim, Mota (1983) definiu o período de deficiência hídrica para o Brasil.

Outros pesquisadores que utilizaram o balanço hídrico climatológico no Brasil e definiram índices climáticos para serem usados em estudos de classificação e correlação do clima foram Nimer e Brandão (1989). Através de seus estudos determinaram tipos climáticos para o país, fundamentados no sistema classificador de Thornthwaite (1948), Thornthwaite e Matter (1955). Em decorrência, estabeleceu-se determinou-se o Índice de Umidade Efetiva (Im), utilizado para definir as variáveis dos climas seco ou úmido, excessos, déficit hídricos e a necessidade potencial de água. Dessa forma, elaborou-se a seguinte equação:

(16)

$$Im = (EXC \times 100) - (DEF \times 60) / EP.$$

Onde: o índice de correção 100 é utilizado para o excesso e 60 é usado no déficit que afeta o (Im), pois, na maioria dos lugares, o excesso de água e o déficit dela ocorrem em estações distintas, de modo que um afeta positivamente e o outro negativamente. Com isso, criou-se dois grupos climáticos: úmido (Im positivo) e seco (Im negativo), derivando outros tipos climáticos com sua simbologia e o índice de umidade. A classificação climática desenvolvida por Nimer e Brandão (1989) consta na TAB 1. Este cálculo do balanço hídrico é utilizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, sendo considerado o mais adequado para as dimensões do território brasileiro.

TABELA 1
Classificação Climática de Nimer e Brandão (1989).

GRUPOS CLIMA	TIPOS CLIMÁTICOS	SIMBOLOS	Im
ÚMIDO	Superúmido	A	>100
	Quarto úmido	B4	100-80
	Terceiro úmido	B ³	80-60
	Segundo úmido	B ²	60-40
	Primeiro úmido	B ¹	40-20
	Subúmido úmido	C ²	20-0
SECO	Subúmido seco	C ¹	0-(-20)
	Semiárido	D	(-20)- (-40)

Fonte: NIMER; BRANDÃO, 1989, p.35.

Na FIG.10 é possível observar a classificação desenvolvida por Nimer, aplicada no estado de Minas Gerais

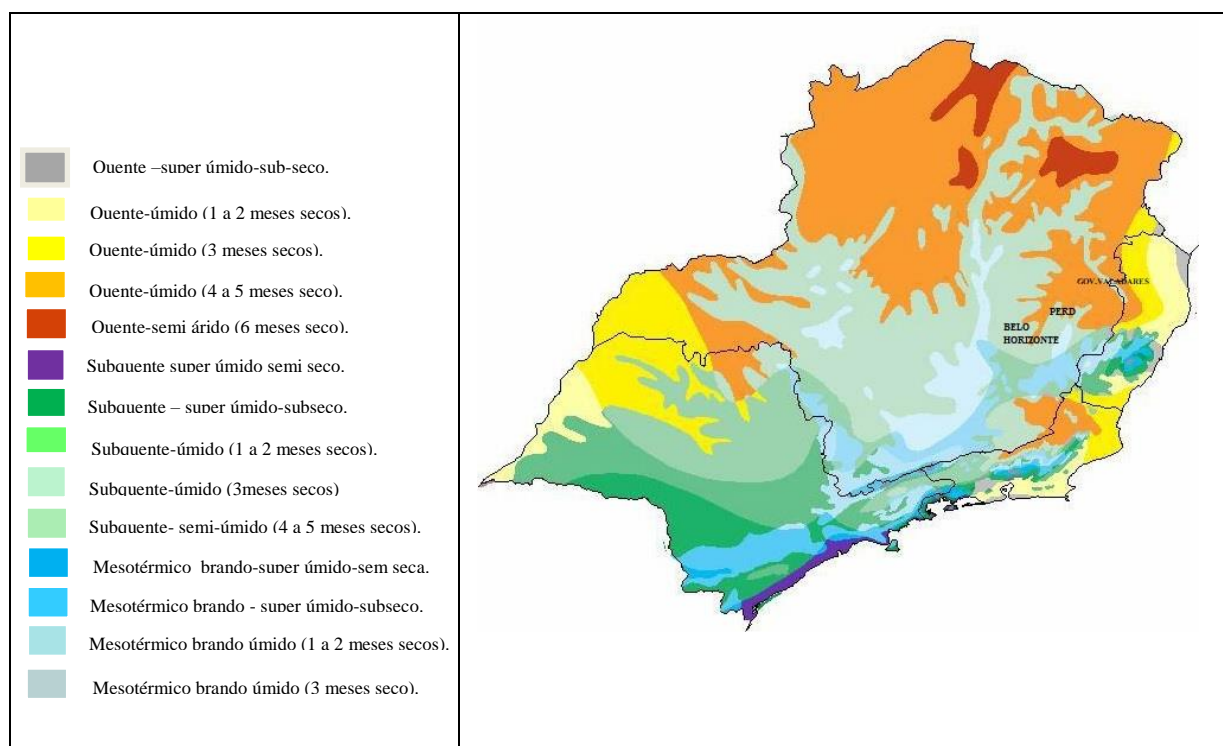


FIGURA 10 - Classificação desenvolvida por Nimer (1989).
Fonte: IBGE, 2006.

3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1 Parque Estadual do Rio Doce-PERD

O Parque Estadual do Rio Doce – PERD (FIG.11) está localizado no trecho médio da bacia do rio Doce, no estado de Minas Gerais, entre os paralelos 19°29'24", -19°48'18" S; e meridianos: 42°28'18", -42°38'W, FIG.6, com limites geográficos a leste pelo rio Doce e ao norte pelo Rio Piracicaba, possuindo 35.973ha. Compreende os municípios de: Timóteo (14,1%), Marliéria (83,3%) e Dionísio (2,6%) na parte centro oeste (FIG.11) (RELATORIO PELD-site 4, 2002). O PERD apresenta um dos últimos fragmentos de Mata Atlântica de Minas Gerais e está sob administração do Instituto Estadual de Floresta-IEF, desde 1962.

O Parque é uma respeitável Unidade de Conservação-UC que concentra importantes pesquisas em escalas local, regional e nacional. Um dos projetos mais importantes é o Programa Brasileiro de Pesquisas de Longa Duração-PELD. De acordo com Peixoto (2012), é uma iniciativa da comunidade científica juntamente com o CNPq, com foco em pesquisa integrada, constituída de uma rede de *sites* divididos pelos principais ecossistemas brasileiros. O sítio referente ao Parque Estadual do Rio Doce se encontra na página do PELD como o quarto sítio e dispõe das mais variadas pesquisas e estudos da região do entorno do parque.

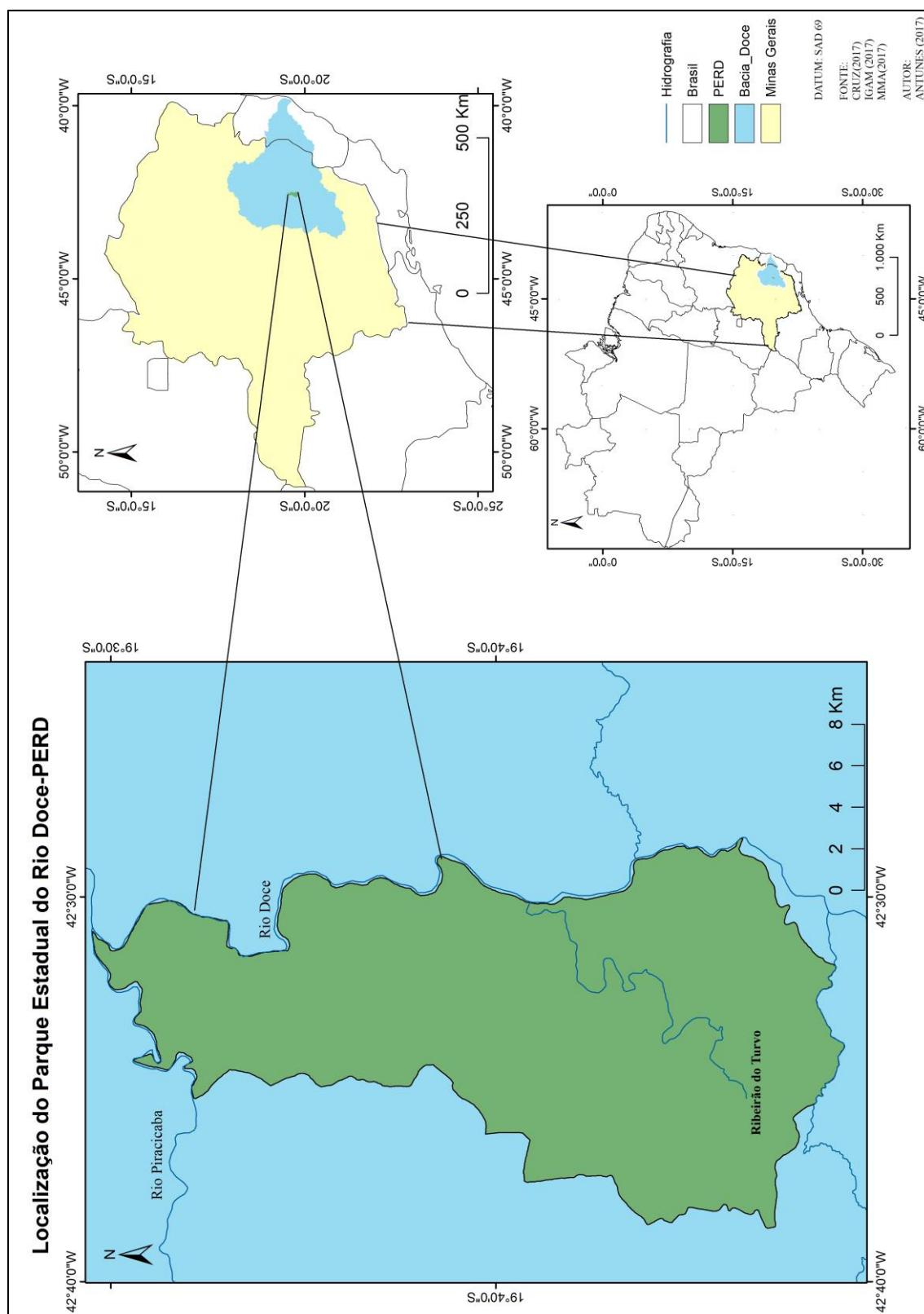


FIGURA 11 – Localização do Parque Estadual do Rio Doce – PERD
 Fonte: INPE, 2017.

3.2 Quadro Natural do PERD

O conjunto do relevo e da cobertura vegetal - FIG.12 (a, b) encontrados no PERD e entorno, propiciam o acúmulo de água. Este acúmulo é favorecido devido a um relevo de alta declividade, que propicia maior índice de infiltração de água no solo e à cobertura vegetal que, além de proteger os horizontes superficiais do solo dos impactos das gotas de chuva, atenua o efeito de encrostamento e compactação do solo, tornando a infiltração de água um importante elemento na recarga de aquíferos. Segundo Moraes (2012, p.73), “a infiltração também é importante para propiciar maior permanência da água na bacia hidrográfica, proporcionando, assim, uma maior disponibilidade de água para desenvolvimento e manutenção da sua cobertura vegetal”.

O conhecimento das propriedades do solo e do regime de chuvas de uma região possibilitam adequar estudos para um melhor entendimento da dinâmica hidrológica. Assim, relacionar fatores como geologia, geomorfologia, pedologia e vegetação com o balanço hídrico é uma forma de analisar a disponibilidade hídrica do solo e entender todo o comportamento hídrico e climático da área de estudo.

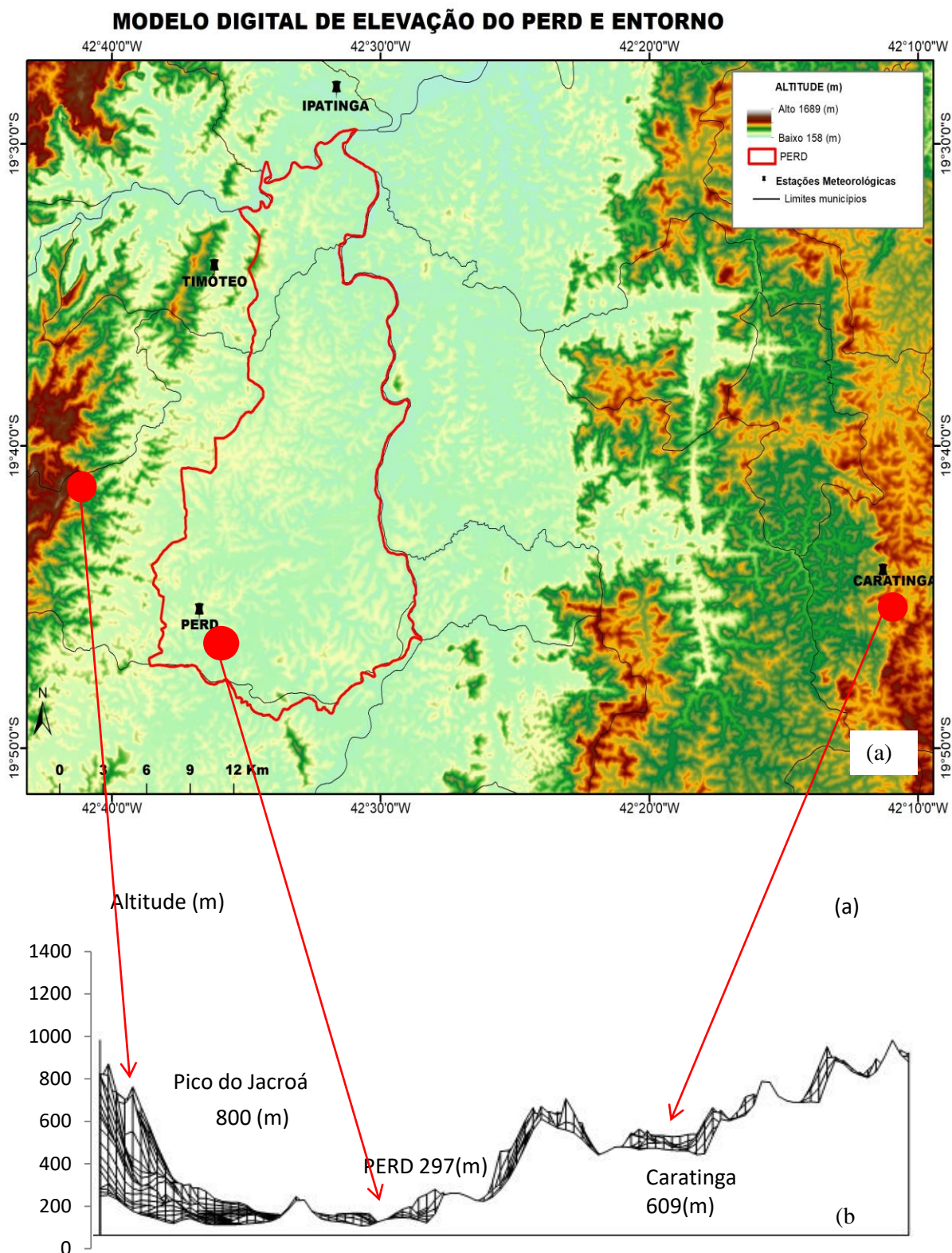


FIGURA 12 - Modelo Digital de Elevação (a), e perfil geomorfológico (b) do PERD e entorno.
Fonte: GEODATA, 2018; ANTUNES; CUPOLILLO, 2017.

3.2.1 Geologia

O médio rio Doce apresenta quatro conjuntos litológicos com foliação NNE-SSW (MELLO,1997): a) Complexo Juiz de Fora, b) Grupo Dom Silvério, c) Complexo Mantiqueira e d) Suíte Metamórfica São Sebastião do Soberbo, constituída por biotita gnaisses bandados, localmente migmatíticos, com médio a alto grau metamórfico e intrusivas associadas (gnaisses, migmatitos, granitos e granodioritos, com denominação gnáissico-granítico).

As rochas do Complexo Mantiqueira agrupam-se em rochas metamórficas de natureza magmáticas, constituídas de ortognaisses granítico-tonalíticos, com granulometria fina a média. As da Suíte Metamórfica São Sebastião do Soberbo constituem-se em rochas metassedimentares representadas por anfibólio-biotita gnaisses, anfibolitos, rochas calcissilicáticas, muscovita quartzitos e muscovita quartzo xisto (MELLO, 1997), com pequenas perfurações graníticas sintectônicas, com características mais arenosas, argilosas e granulometria mais finas. O Parque Estadual do Rio Doce está localizado nos conjuntos litológicos Mantiqueira e São Sebastião do Soberbo que, com a estrutura geológica, propicia através de suas rochas, uma eficiente infiltração de água em grande parte captada pela vegetação do parque, possibilitando que os lagos em períodos de estiagem não sofram um grande déficit hídrico.

3.2.2 Geomorfologia

No médio rio Doce, três compartimentos de relevo são exibidos com direcionamento NNE-SSW. Na posição central, encontra-se a Depressão Interplanáltica do Rio Doce, apresentada como uma região ampla, com baixas altitudes, com a presença de aluviões e em determinadas áreas. Segundo Mello (1997, p.14), é:

uma faixa com cerca de 20 km de largura, 80 km de comprimento, acompanhando o curso do rio Doce, caracterizado pela presença de Vales entulhados de sedimentos, na qual estão situados os corpos lacustres que compõem o sistema de lagos barrados do médio vale do rio Doce.

Para Garcia (2010), o relevo interplanáltico é marcado pela presença de colinas com topos nivelados (relevo de mar de morro), com altitudes que variam entre 200 e 500 m, sendo limitado por um conjunto de serras com altitudes acima de 1000m. Os planaltos que margeiam as colinas e cristas (a oeste) e Zona de Pontões

(a leste) possuem altitudes entre 400, 700 e 900 metros. A região, para Mello (1997), possui as seguintes unidades geomorfológicas:

- Superfícies Aplainadas: extensas superfícies sub-horizontais preservadas como divisores de água, com formações amplas e suaves, frequentemente encontradas em cotas elevadas, ficando pouco dissecadas pela drenagem atual.
- Ombreiros e terraços: feições de interflúvios largos e suaves que, fixados no interior de vales fluviais, servem, às vezes, como divisores de pequenos tributários. Encontrados em arranjos topográficos acima de terraço de acumulação (GARCIA, 2010).
- Rampas: formas de fundos planos de cabeceiras de drenagem e de vales de pequena ordem hierárquica. Exibem geometria plana e côncava estando um pouco inclinadas para jusante, do que deriva uma feição de entulhamento dos vales. Sucedem ao longo das bacias de drenagem do Médio Vale do Doce e topograficamente estão na mesma cota do terraço de acumulação.
- Terraços de acumulação: caracterizados por superfícies acentuadas de entulhamento dos vales fluviais em prosseguimento às rampas. Encontram-se a cerca de 20 m acima dos canais fluviais principais, amortizando-se este desnível nas áreas mais a montante dos vales fluviais.
- Terraços erosivos: formados pela ação morfodinâmica dos rios Piracicaba e Doce, apresentam como característica principal uma superfície plana com altitudes que variam entre 230 a 245 metros. Mesclados por espessos pacotes de sedimentos aluviais e texturas que alternam entre areias e argilas, com presença de pacotes de argila orgânica em diferentes profundidades, de acordo com VASCONCELO (2002).
- Planícies de inundações: constituídas por sedimentos arenosos e cascalhosos, estão inseridas nos terraços aluviais, com suscetibilidade a inundações periódicas nos períodos de cheia dos rios que a margeiam.

Segundo o Plano de Manejo do Instituto Estadual de Floresta, (IEF – MG, 2008), a área do PERD possui duas formas de relevo: as planícies e as colinas, em sua maioria convexas, originadas da dissecação fluvial de superfícies de aplainamento (datadas do Terciário Superior e Pleistoceno), cristas com vales encaixados ou fundo chato. Para Neto (2012), esta dissecação fluvial produziu um

relevo característico no leste do estado de Minas Gerais, com afloramentos rochosos e pontões enormes, que ocorrem isolados ou agregados às colinas. Os principais conjuntos de pontões relacionam-se com a rede de fraturas e falhas, dando a característica desse relevo na forma de compartimento planáltico intensamente dissecado em formas arredondadas e cristas, caracterizando uma paisagem do tipo “mares de morros”, que propicia o escoamento pluvial e contribui para a recarga dos aquíferos encontrados na depressão interplanáltica. Assim, conhecer a geomorfologia do PERD é de fundamental importância, pois o parque se localiza em um vale cercado de relevo com declividades acentuadas, possibilitando o escoamento de água e fazendo com que a infiltração de água no solo apresente maiores índices.

3.2.3 Pedologia

Na concepção de Resende et.al., (2002), na região do médio rio Doce, os solos apresentam relevo bem acidentado, com horizonte C muito profundo, pouco coerente, que contrasta com um horizonte B argiloso e estreito. Para Moraes (2012), a textura e estrutura são fatores importantes na determinação da condutividade hidráulica, favorecendo a circulação hídrica nos aquíferos subterrâneos e com isso alimentando rios, lagos e a vegetação presente no PERD.

Os latossolos encontrados na região da bacia do rio Doce, incluindo o PERD, apresentam uma excelente permeabilidade interna, fazendo a água infiltrada ser depositada em aquíferos subterrâneos. Assim, esse processo garante ao solo maior resiliência a processos erosivos, comparado a outras classes de solo. Os latossolos que estão na região do rio Doce encontram-se nas partes mais elevadas dos morros e montanhas, nas quais o relevo varia de ondulado a montanhoso. Assim, apresentam maior suscetibilidade à erosão.

No PERD, os latossolos encontrados apresentam as seguintes características:

- Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico Cambico, Latossolo vermelho Amarelo Distrófico, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (2013), são solos em avançado estágio de intemperização, muito evoluídos como resultados de enérgicas transformações do material constitutivo, boa drenagem, resistentes à erosão, em

decorrência de baixa mobilidade da fração argila, com alto grau de floculação e grande permeabilidade e porosidade, contribuindo para a infiltração de água no solo e, dessa forma, alimentar os rios, lagos, lagoas em períodos de estiagem.

- Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico Cambico, Cambissolo Háplico: constituído pela combinação de dois horizontes em um avançado estágio de intemperização muito evoluído, como resultado de enérgicas transformações no material constituído, e outro superficial com alteração pouco avançada, ordenado pelo desenvolvimento da estrutura do solo, ausência ou quase ausência de estrutura de rocha. A combinação dos horizontes reduz a resistência à erosão.

Os cambissolos também estão presentes no PERD e são constituídos por material mineral, com horizonte B. Devido à heterogeneidade do material de origem, do formato de relevo e das condições climáticas, as características desse solo variam de um lugar para outro. Geralmente apresentam boa reserva nutricional para as plantas.

Os argissolos presentes no PERD, segundo Garcia (2010, p. 30):

ocorrem em relevo forte, ondulado e montanhoso, sendo este principal empecilho ao uso agrícola mais intenso. São solos miseráveis não hidromórficos, com horizonte B textural e argila de atividade baixa (Tb), com capacidade catiônica, deduzido a contribuição de material orgânico.

Possuem horizonte B textural logo abaixo do A e E, com argila de atividade baixa ou alta, combinada com saturação por bases baixas de caráter alítico na maior parte do horizonte B (Garcia, 2010). O horizonte A apresenta um tipo moderado, com forte a muito forte suscetibilidade à erosão, não só pelas características internas, como o gradiente textural entre horizontes superficiais mais arenosos e subsuperficiais mais argilosos, como também pelo relevo acidentado. Sendo assim, esses solos favorecem uma rápida absorção de água que alimenta os inúmeros rios que cortam o PERD. Por apresentarem boa condutividade hidráulica, os solos do parque colaboram para a permanência de água na bacia do rio Doce, ou seja, a água fica depositada no subterrâneo do parque e, nos momentos de escassez de chuvas, ela alimenta os lagos e a vegetação presente no PERD.

3.2.4 Vegetação

A cobertura vegetal é importante para toda sustentação da vida no PERD, pois além de proporcionar uma adequada infiltração de água através de seus caules e folhas, a vegetação protege os horizontes superficiais dos solos dos impactos de gotas de chuva, evitando que a água caia diretamente no solo, causando o encrustamento e a macroporosidade do solo. Segundo Moraes (2012, p.74), “o papel das raízes no movimento da água no solo não se resume apenas em caminhos preferenciais, mas também na quantidade de água disponível para a recarga”.

Sendo a cobertura vegetal do PERD uma área de 35.976.43 hectares, o parque possui um dos últimos remanescentes da Mata Atlântica na região Sudeste. É constituído de partes de florestas secundárias, intercaladas por trechos com características ainda primárias, o que contribui para uma eficiente infiltração de água.

Segundo o Plano de Manejo do PERD (2009) e trabalhos na área do parque, a cobertura vegetal do PERD compõe um mosaico de tipos vegetais, devido a fatores ambientais como: a disponibilidade de água, a fertilidade do solo e o estágio serial. Para Silva (2001), o parque representa o mais extenso remanescente da Floresta Atlântica em Minas Gerais, com destaque para:

- Mata alta primária, com epífitas vasculares: constituída de mata primária bem desenvolvida e estratificada, com número significativo de árvores de grande porte e variados tipos de espécies, caracterizando a floresta estacional semidecidual em estágio clímax.
- Mata alta: mata bastante desenvolvida e bem estratificada, com menor número de matas de pequeno porte e altura inferior.
- Mata média alta, com bambuzoides e gramínoides: apresenta o tipo mais abundante com grande presença de espécies pioneiras e secundárias como capoeirão, com diversas árvores em clímax atingindo 12 metros.
- Mata média secundária, com bambuzoides e gramínoides: apresenta característica de campo sujo ou capoeirão, com presença farta de bambuzais, gramínoides e cipós, com presença de árvores remanescentes da mata original.

- Mata baixa com solo exposto: mata com regeneração de árvores com altura inferior a oito metros, apresentando poucas variedades de espécies, alta presença de bambuzais e clareiras com solo exposto.
- Arvoredo, com escrube a árvores baixas: caracteriza por um estrato arbóreo aberto e estrato arbustivo fechado, com um gradiente entre o tabual e as formações florestais.
- Campo sujo: representa uma vegetação herbácea graminosa, fechada e esparsa, com árvores baixas e arbustos e com presença de 0,6% no parque.
- Samambaias: aparece no lado sul do parque; caracteriza-se por uma vegetação que atinge até dois metros de altura, dominado por uma espécie de samambaia (*Pteridium sp.*).
- Taboal: com característica típica de um estrato herbáceo homogêneo, com gramínoides com tifáceas, ciperáceas e gramíneas, sem a presença de estratos arbóreos e arbustos, com significativa presença de taboa (*typha domiguensis*). Ocupa 3% da área e é popularmente conhecido como brejo de taboa.
- Campo curti-ervoso (vegetação aquática): são espécies de plantas com estrutura suportada pela água, ficando enraizadas ou flutuantes às margens das lagoas. São herbáceas aquáticas (macrófitas) com diversas formas.

Com uma vegetação rica em espécies, o PERD comporta uma fauna extensa de: mamíferos, peixes, anfíbios e aves. Estudos realizados pelo Plano de Manejo (2009) relatam que a fauna apresenta alta diversidade biológica em seu interior. Os mamíferos que vivem no parque representam 50% da riqueza mastozoólica da Mata Atlântica, com 148 espécies presentes. Os primatas são destaque no PERD com 40% (7 espécies) de todo bioma. Os mamíferos carnívoros de grande porte estão presentes no parque, como espécies de morcegos, e roedores não voadores.

Com significativa presença de lagoas no PERD sua diversidade de peixes se destaca, possuindo um terço de toda ictofauna da bacia do rio Doce, ou seja, 77 espécies, sendo 37 (48,1%) endêmicas da bacia. Os anfíbios apresentam 38 espécies reconhecidas na área de estudo do parque e estão distribuídos em todo o espaço geográfico, segundo o Plano de Manejo do Instituto Estadual de Floresta-IEF(2009).

Na concepção do plano de manejo do PERD (2009), os estudos que representam as aves no parque são escassos. Até o presente, o único estudo de maior duração e abrangência realizado no parque foi o de Carnevalli (Carnevalli *et al.*, 1978; Carnevalli e Lanna, 1981), que observou e capturou aves, em diversos pontos do Parque” (IEF, 2009, p.45), resultando na formação de um catálogo de 240 peles de 103 espécies de aves, que está depositado no laboratório de Zoologia da Universidade Federal de Minas Gerais. Apesar de o parque ser uma área preservada, há espécies ameaçadas de extinção na fauna e na flora.

3.2.5 Sistema lacustre

O médio rio Doce exibe um sistema fluvial meandrante com características de canais simples, no qual a abundância de vegetação oferece resistência à erosão e por isso causa a estabilidade das margens dos canais. De acordo com Teixeira *et al.* (2009), possui sedimentação predominantemente fina, que é condizente com um preenchimento sedimentar em regime de subsidência e movimentos verticais de blocos no médio rio Doce que deram origem ao sistema de lagos do PERD, no período Pleistoceno/Superior/Holoceno, cujos sedimentos em profundidade de até 10 metros datam de 10.000 a 3.000 anos.

O PERD conta com um sistema lacustre composto por aproximadamente 42 lagoas (6% da sua área aproximadamente), segundo o Plano de Manejo do PERD (2009). De acordo com Pflug (1969), citado por Peronico (2009), a formação desses complexos lacustres seria uma consequência do fechamento dos vales secundários do rio Doce, desde o fim do Pleistoceno. Mello (1997), citado por Peronico (2009) descreveu que a origem do complexo lacustre do PERD está relacionada principalmente à neotectônica local. As discordâncias quanto à idade dos lagos se dividem em autores que defendem a origem pleistocênica, contradizendo com os que apostam no início do barramento durante o período holocênico. Também as teorias se dividem quanto à formação do complexo lacustre, entre causa nas mudanças paleoclimáticas ou nas ações neotectônicas (PERONICO, 2009).

Os lagos no PERD apresentam formas dendríticas, “o arranjo da drenagem assemelha-se à distribuição dos galhos de uma árvore e ocorre quando a rocha do substrato é homogênea” (TEIXEIRA *et al.*, 2009, p.312), e apresentam seus “limites

circundados por vegetação de Mata Atlântica floresta semidecídua ou vegetação secundária, com profundidades que variam de 6 a 30 metros e tamanhos compreendidos entre 0,1 e 5km² (PERONICO, 2009, p. 3).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Os métodos aplicados para a realização deste estudo utilizaram uma série de dados climatológicos de onze anos (2005-2015), coletados nas estações meteorológicas (TAB. 2) e FIG.13, dos municípios de Caratinga, Ipatinga, Timóteo e no PERD, através do IGAM e do INMET.

TABELA 2
Identificação das estações meteorológicas

LOCALIDADE	LAT	LONG	ALT(mts)	ID.EST.METEREOLOGICA
CARATINGA	19,7357	42,13714	609	AUT 554
IPATINGA	19,4700	42,52300	305	32507
TIMOTEO	19,5738	42,62241	493	AUT 511
PERD	19,8030	42,63880	297	30800

Fonte: INMET, 2016; IGAM, 2016.

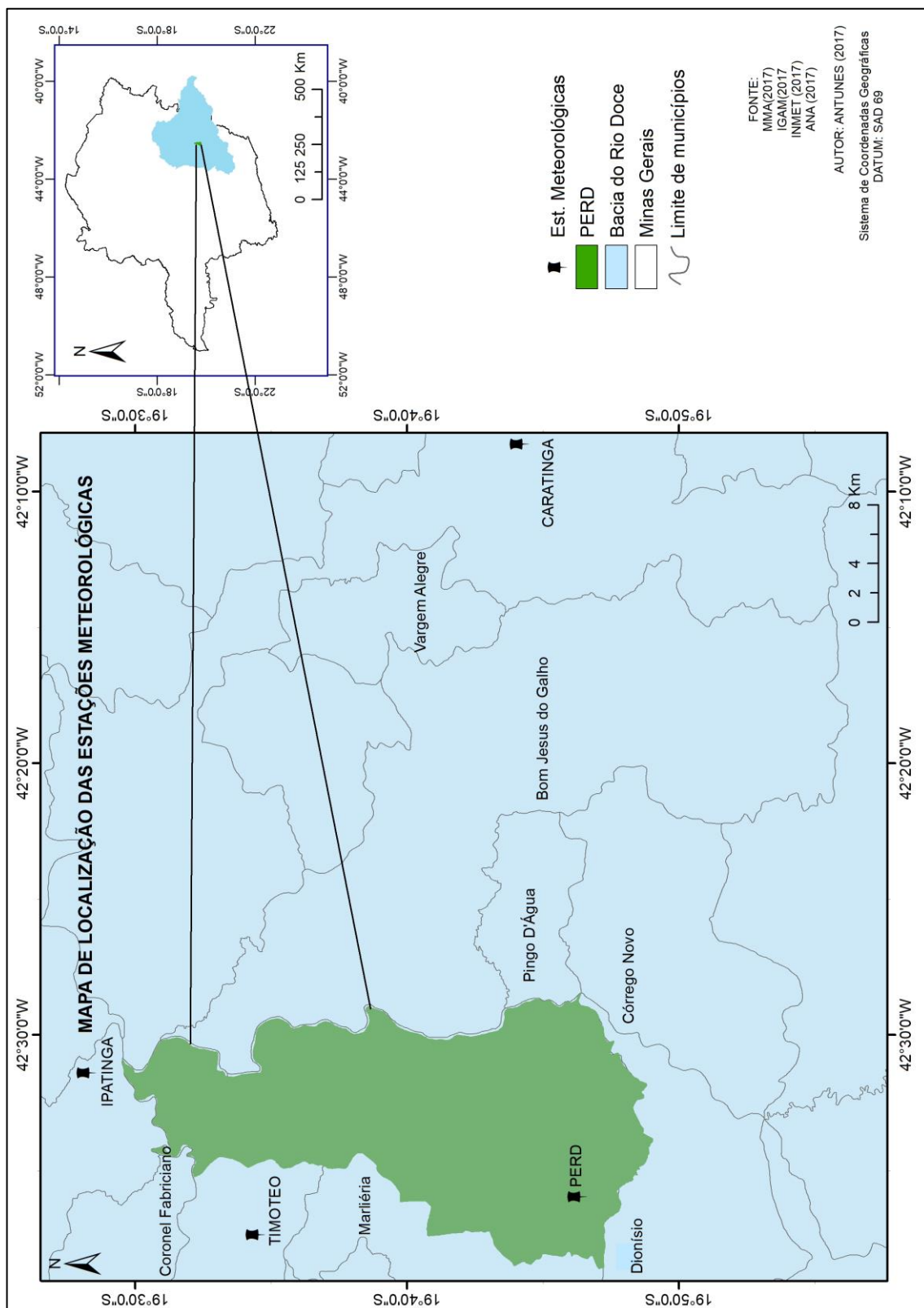


FIGURA 13 – Mapa de localização das estações meteorológicas
Fonte: Elaboração própria, 2018

Na Tabela 3, os decêndios foram distribuídos da seguinte maneira: os dados foram agrupados em períodos decendiais (10 dias), sendo nove meses com trinta e um dias. A média do 3º decêndio é elaborada com onze dias; no mês de fevereiro o 3º decêndio é calculado para oito dias e nos anos bissextos a média refere-se a nove dias, de acordo com Cupolillo (2015).

TABELA 3

Total de decêndios em um ano e suas datas correspondentes ao calendário convencional

Decêndios	Datas	Decêndios	Datas
1	01-10 de janeiro	19	01-10 de julho
2	11-20 de janeiro	20	11-20 de julho
3	21-31 de janeiro	21	21-31 de julho
4	01-10 de fevereiro	22	01-10 de agosto
5	11-20 de fevereiro	23	11-20 de agosto
6	21-29 de fevereiro	24	21-31 de agosto
7	01-10 de março	25	01-10 de setembro
8	11-20 de março	26	11-20 de setembro
9	21-31 de março	27	21-30 de setembro
10	01-10 de abril	28	01-10 de outubro
11	11-20 de abril	29	11-20 de outubro
12	21-30 de abril	30	21-31 de outubro
13	01-10 de maio	31	01-10 de novembro
14	11-20 de maio	32	11-20 de novembro
15	21-31 de maio	33	21-30 de novembro
16	01-10 de junho	34	01-10 de dezembro
17	11-20 de junho	35	11-20 de dezembro
18	21-30 de junho	36	21-31 de dezembro

Fonte: Adaptado de CUPOLILLO, 2015

Após a separação dos dados em decêndios, o próximo passo para o desenvolvimento da pesquisa está representado no fluxograma de atividades, FIG. 14, que indica quais os produtos e resultados gerados a partir do levantamento de dados: gráficos de balanço hídricos, mapas de pluviosidade, temperatura e mapas de linhas de corrente ao nível de 200 hPa e 850 hPa.

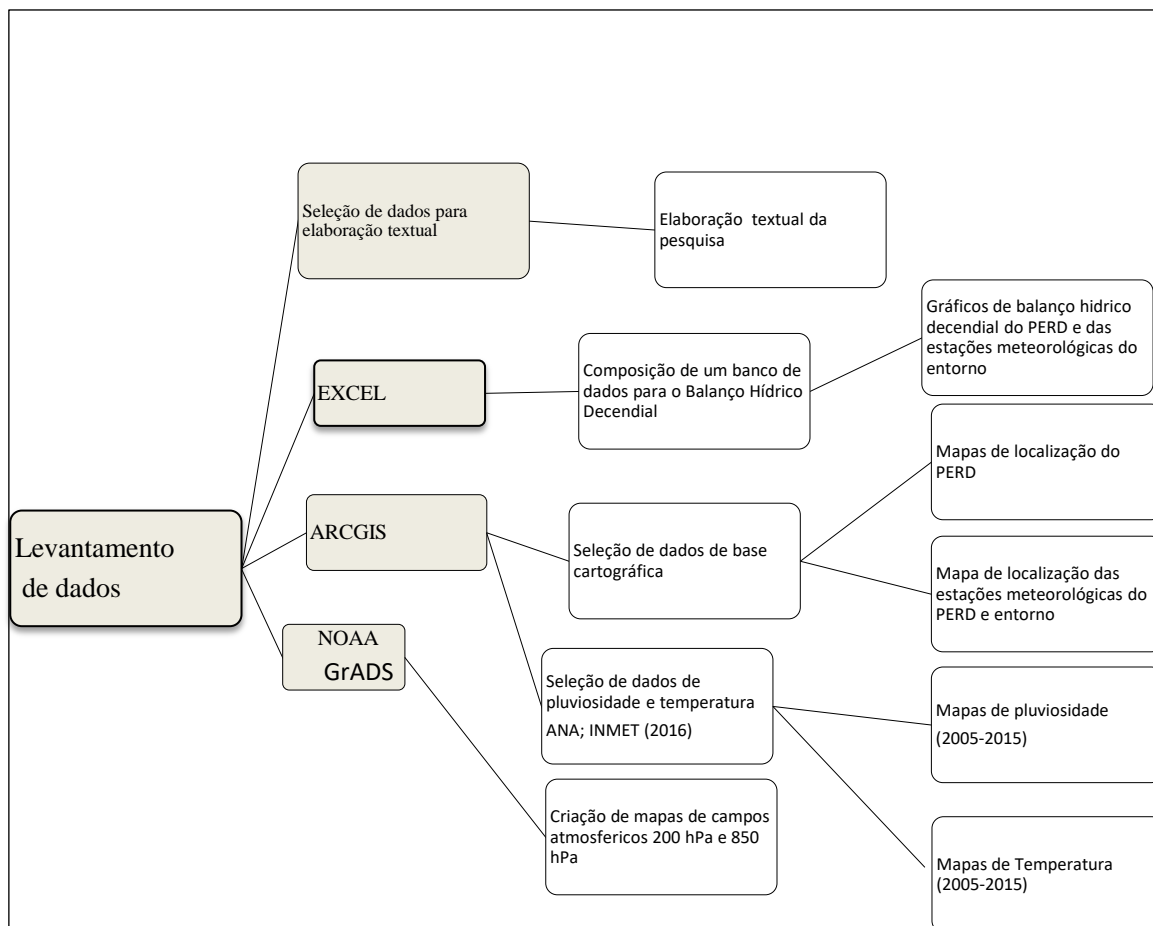


FIGURA 14 - Fluxograma das atividades desenvolvidas nesta pesquisa
Fonte: Elaboração própria, 2018

Os produtos gerados foram interpretados na parte de resultados deste estudo, porém os mapas foram organizados em decêndios da estação chuvosa (outubro a março) e decêndios da estação seca (abril a setembro), mapas estes de pluviosidade, temperatura e dos campos atmosféricos.

4.1 Elaboração de gráfico Balanço Hídrico Climatológico Decendial

Para confeccionar os gráficos de balanços hídricos, foram utilizados dados de temperatura e pluviosidade das estações meteorológicas do INMET, e do IGAM, TAB.2, dos municípios de Ipatinga, Timóteo, Caratinga e do PERD, referentes aos anos de 2005 a 2015.

A representação dos balanços hídricos tem como finalidade permitir a visualização do ritmo anual de elementos básicos e facilitar a identificação das épocas secas e chuvosas, possibilitando atender às necessidades agrícolas, ecológicas e climáticas regionais. Como exemplo observa-se a FIG.15, balanço hídrico do Parque Estadual do Rio Doce-PERD para o ano hidrológico de 2012/2013, em que o início ocorre no 1º decêndio de outubro de 2012 e seu término no 3º decêndio de setembro de 2013.

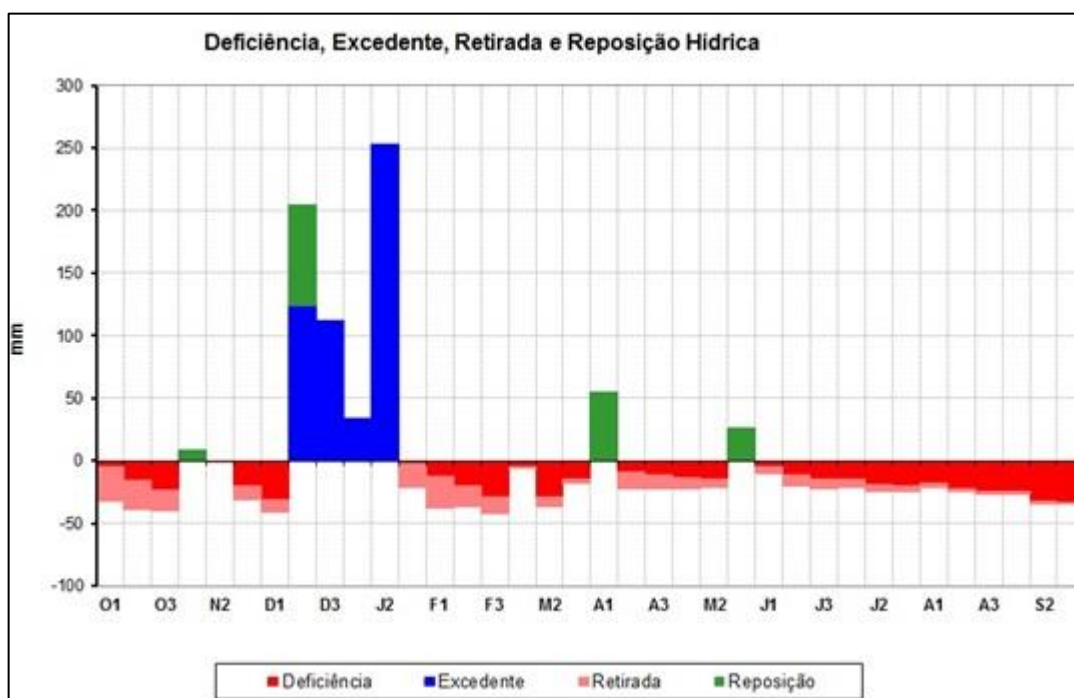


FIGURA 15: Exemplo de Balanço Hídrico Climatológico decendial do PERD (2012-2013).
Fonte: ANTUNES; CUPOLILLO, 2017.

Para este trabalho, os balanços hídricos foram calculados a partir do método de Thornthwaite e Mather (1955). Na concepção de Nimer e Brandão (1989), os elementos utilizados para o cálculo do balanço hídrico são: a) armazenamento (ARM), que diz respeito ao volume de água retido no solo e disponibilizado para as plantas; b) negativa acumulada (NEG.ACUM), que representa o déficit de água no

solo. Cada solo possui um limite máximo de armazenamento, devido à sua textura, espessura, e à necessidade hídrica da vegetação.

A capacidade de campo assumida para a região foi de 100mm (NIMER *et al.*, 1989) em regiões que apresentam latossolos. A representação do balanço hídrico facilita a visualização do ritmo anual de chuvas nas regiões estudadas e separadas por decêndios, identificam peculiaridades em cada período, como períodos de estiagem dentro da estação chuvosa, chamados veranicos.

Desta forma, os dados decendiais de precipitação são plotados através de gráficos, que dão origem a barras representadas pelas variáveis. Deficiência hídrica diz respeito ao valor negativo do balanço hídrico, ou seja, o total de chuva que penetra no solo via precipitação é menor que o total de água perdida pela evaporação e pela transpiração das plantas. Excedente hídrico é o valor positivo do balanço hídrico; a água que entra no sistema através da precipitação é maior que a quantidade total de água utilizada pelas plantas e pela evaporação; reposição hídrica são as primeiras chuvas que começam a repor a água do solo, que foi retirada na estação seca; retirada hídrica é a máxima capacidade de perda da quantidade total de água no solo e pelas plantas, atingindo cotas acima da retirada.

A disposição dos dados inicia-se da esquerda para a direita, conforme FIG.15, sendo: janeiro (J1, J2,J3), fevereiro (F1,F2,F3), março (M1,M2,M3), abril (A1,A2,A3), maio (M1,M2,M3), junho (J1,J2,J3), julho (J1,J2,J3), agosto (A1,A2,A3), setembro (S1,S2,S3), outubro (O1,O2,O3), novembro (N1,N2,N3) e dezembro (D1,D2,D3).

Para o presente estudo, os dados foram retirados de estações meteorológicas mais próximas possíveis do Parque Estadual do Rio Doce, que estão instaladas em Ipatinga, Timóteo, PERD e Caratinga, a fim de apurar com precisão os períodos com maior excedente de água, bem como os períodos nos quais a deficiência pode causar prejuízos, tanto para o bioma presente no parque quanto para o sistema lacustre de toda região.

4.1.1 Balanço Hídrico decendial aplicado na bacia do rio Doce

Utilizando o método do balanço hídrico de Thorntwaite e Matter (1955), Cupolillo *et.al.* (2012), comparou as normais climatológicas (1961-1990; 1990-2002)

no município de Ipatinga, situado na bacia do rio Doce, com o intuito de detectar a ocorrência de estiagem em meio ao período de chuvas na região. O estudo apontou que a estação seca é maior em intensidade e quantidade nas normais de 1990-2002. Seu início se dá no mês de março até outubro, estando a estação chuvosa agrupada em apenas cinco meses. Pujoni et.al. (2012), pelo mesmo método, comparou os balanços hídricos decendiais do município de Timóteo e do Parque Estadual do Rio Doce-PERD e detectou existência de deficiência hídrica proferida nos dois pontos de estudo, e também o aumento de veranicos em meio à estação chuvosa entre os anos de 2009 e 2010. Veranicos, na concepção de Minuzzi et.al (2005), são períodos de interrupção da precipitação, durante a estação chuvosa.

Cupolillo (2015) empregou o método do Balanço Hídrico Climatológico às 10 Estações Climatológicas principais situadas na Bacia do Rio Doce, utilizando-se do método Thornthwaite-Matter (1955). Este estudo reitera a importância da aplicação deste método às bacias hidrográficas, pois permite analisar quais os mecanismos atmosféricos que agem no comportamento hídrico da região estudada. Como resultado, pode-se verificar que esses mecanismos podem se transformar em bloqueios atmosféricos, causando uma redução de chuvas nos períodos chuvosos, sendo caracterizado como veranicos climatológicos. Outro importante fator determinado pelo balanço hídrico são as vazões que uma determinada área possui e a influência que a topografia exerce nessa vazão. As áreas que apresentam formações geológicas com fraturas e falhas favorecem a formação de aquíferos, que alimentam rios nos períodos de estação seca ou períodos de longos veranicos.

Para D'Angiolella *et al.* (2005), a aplicação do BH e também do Sistema de Informação Geográfica-SIG possibilita interagir os resultados com as informações sobre o uso atual do solo, gerando estudos sobre disponibilidade hídrica que dão suporte para a tomada de decisões sobre manejo de biomas e o zoneamento de áreas em risco de extinção.

4.2 Critérios Climáticos

Os dados obtidos em formato.txt foram convertidos para formato .xls e tratados diretamente no Microsoft Excel. Foram selecionados apenas os dados de precipitação e temperatura e, em seguida, os valores de precipitação, evapotranspiração, negativa acumulada.

A seguir, os dados foram dispostos no programa computacional Excel, adaptado por ROLIM (1998) (FIG.16), para o cálculo das médias das temperaturas e somatórios de chuvas no período estudado. Logo depois, as informações foram separadas em decêndios.

Glauco de Souza Rolim Paulo Cesar Sentelhas Departamento de Ciências Exatas - Área de Física e Meteorologia DCE - ESALQ / USP BHseq V6.3.2002												
CIDADE		PERD		LATITUDE		-19,80		I=		110,7		
CAD		100		ANO		2005-2015		a=		2,46		
Se não for utilizar esse parâmetro digitar "=" (Iguar) Arm do período anterior = Neg-Acum do período anterior 0,00												NDA inicial 1 Número de Linhas 36 Ajustar Tela Normal (CTRL -) Tela Inteira (CTRL-f)
Tempo	Num de	NDA	T	P	N	ETP	P-ETP	NEG-AC	ARM	ALT	ETR	DEF
DECÊNDIOS	Dias		°C	mm	horas	Thorntwaite1948	mm		mm	mm	mm	mm
O1	10	1			13,2	0,00	0,0	0,0	100,00	0,00	0,0	0,0
O2	10	11			13,1	0,00	0,0	0,0	100,00	0,00	0,0	0,0
O3	11	21			13,0	0,00	0,0	0,0	100,00	0,00	0,0	0,0
N1	10	32			12,9	0,00	0,0	0,0	100,00	0,00	0,0	0,0
N2	10	42			12,7	0,00	0,0	0,0	100,00	0,00	0,0	0,0
N3	8	52			12,5	0,00	0,0	0,0	100,00	0,00	0,0	0,0
D1	10	60			12,4	0,00	0,0	0,0	100,00	0,00	0,0	0,0
D2	10	70			12,2	0,00	0,0	0,0	100,00	0,00	0,0	0,0
D3	11	80			12,0	0,00	0,0	0,0	100,00	0,00	0,0	0,0
J1	10	91			11,8	0,00	0,0	0,0	100,00	0,00	0,0	0,0
J2	10	101			11,6	0,00	0,0	0,0	100,00	0,00	0,0	0,0
J3	10	111			11,4	0,00	0,0	0,0	100,00	0,00	0,0	0,0
F1	10	121			11,3	0,00	0,0	0,0	100,00	0,00	0,0	0,0
F2	10	131			11,1	0,00	0,0	0,0	100,00	0,00	0,0	0,0
F3	11	141			11,0	0,00	0,0	0,0	100,00	0,00	0,0	0,0
M1	10	152			10,9	0,00	0,0	0,0	100,00	0,00	0,0	0,0
M2	10	162			10,8	0,00	0,0	0,0	100,00	0,00	0,0	0,0
M3	10	172			10,8	0,00	0,0	0,0	100,00	0,00	0,0	0,0
A1	10	182			10,8	0,00	0,0	0,0	100,00	0,00	0,0	0,0
A2	10	192			10,9	0,00	0,0	0,0	100,00	0,00	0,0	0,0
A3	11	202			11,0	0,00	0,0	0,0	100,00	0,00	0,0	0,0
M1	10	213			11,1	0,00	0,0	0,0	100,00	0,00	0,0	0,0
M2	10	223			11,3	0,00	0,0	0,0	100,00	0,00	0,0	0,0
M3	11	233			11,4	0,00	0,0	0,0	100,00	0,00	0,0	0,0
J1	10	244			11,6	0,00	0,0	0,0	100,00	0,00	0,0	0,0
J2	10	254			11,8	0,00	0,0	0,0	100,00	0,00	0,0	0,0
J3	10	264			12,0	0,00	0,0	0,0	100,00	0,00	0,0	0,0
J1	10	274			12,2	0,00	0,0	0,0	100,00	0,00	0,0	0,0
J2	10	284			12,4	0,00	0,0	0,0	100,00	0,00	0,0	0,0
J3	11	294			12,6	0,00	0,0	0,0	100,00	0,00	0,0	0,0
A1	10	305			12,8	0,00	0,0	0,0	100,00	0,00	0,0	0,0
A2	10	315			12,9	0,00	0,0	0,0	100,00	0,00	0,0	0,0
A3	10	325			13,0	0,00	0,0	0,0	100,00	0,00	0,0	0,0
S1	10	335			13,1	0,00	0,0	0,0	100,00	0,00	0,0	0,0
S2	10	345			13,2	0,00	0,0	0,0	100,00	0,00	0,0	0,0
S3	11	355			13,2	0,00	0,0	0,0	100,00	0,00	0,0	0,0
TOTALS												
MÉDIAS												

FIGURA 16 - Programa Excel adaptado por ROLIM (1998) para a realização do balanço hídrico climatológico.

Fonte: ROLIM, 1998

Utilizando as equações desenvolvidas por Cupolillo (2015), os decêndios foram distribuídos em períodos chuvosos (DPC) item 3.2.1, e períodos secos (DPS) item 3.2.1 dentro do período estudado (equações 17 e 18).

4.2.1 Cálculo adotado para a precipitação média anual dos períodos chuvosos (DPC) e seco (DPS)

Para calcular a precipitação sazonal da chuva, foi computado o somatório da frequência de ocorrência da variável pluviosidade para a série dos trinta e seis decênios para as estações chuvosa e seca, dividido pelo período de anos correspondente a cada uma das quatro estações meteorológicas do INMET e IGAM.

Para o cálculo da precipitação, tem-se a equação:

(17)

$$Pm = \frac{\sum_{i=1}^{nd} di}{N}$$

em que:

Pm = Precipitação média sazonal DPC e DPS por ano

nd= número de decênios no DPC e no DPS

di= número de cada elemento climatológico por decênios no DPC e no DPS

$\sum_{i=1}^{nd} di$ = somatório das precipitações acumuladas por decênio, DPC e DPS

N = número de anos para cada local.

4.2.2 Critério adotado para o cálculo de temperatura média

Para calcular a temperatura foi computado o somatório da frequência de ocorrência variável temperatura e para série de trinta e seis decênios para as estações chuvosa e seca, dividido pelo período de anos correspondentes a cada uma das quatro estações meteorológicas (TAB. 2) do INMET e IGAM.

Para o cálculo da temperatura, tem-se a equação:

(18)

$$Tm = \frac{\sum_{i=1}^{nd} di}{N}$$

em que:

Tm = temperatura média sazonal DPC e DPS por ano,

nd= número de decênios no DPC e no DPS,

d_i = número de cada elemento climatológico por decêndios no DPC e no DPS

$\sum_{i=1}^{nd} d_i$ = somatório das temperaturas acumuladas por decêndio, DPC e DPS

N = número de anos para cada local.

4.3 Sistema de Informação Geográfica-SIG

O Sistema de Informação Geográfica – SIG é um sistema computacional capaz de capturar, armazenar, consultar, manipular e analisar dados referenciados da superfície terrestre. De acordo com Lisboa Filho e Lochpe (1996), o SIG é uma forma particular de sistema de informação que é aplicado a dados geográficos e permite ao usuário a realização de complexas operações de análise espacial. Composto de “um conjunto de ferramentas especializadas em adquirir, armazenar, recuperar, transformar e emitir informações espaciais” (CÂMARA; MEDEIROS, 1998, p. 25). Essas ferramentas atendem a especificações que subsidiam as pesquisas na atualização e confecção em bancos de dados e na produção de mapas temáticos, integrando em um mesmo ambiente, informações para caracterização de áreas de estudo.

As principais características e finalidades de um SIG apontadas por Câmara (2004) são: inserir e integrar numa única base de dados informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados censitários, cadastros urbanos e rurais, imagens de satélite; apresentar mecanismos que combinam as várias informações, através de algoritmos de manipulação e análise, bem como consultar, recuperar, visualizar e imprimir o que foi gerado na sua base de dados georreferenciados.

Integrado ao SIG, há uma ferramenta utilizada para a criação de mapas denominada Geoprocessamento. Para Câmara e Medeiros (1998), o termo Geoprocessamento denota a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para tratamento de informações geográficas. Assad e Sano (1998) destacam que o Geoprocessamento possui um enorme potencial baseado em tecnologias de custo relativamente baixo, em que o conhecimento é obtido localmente. Seu principal objetivo é ministrar instrumentos computacionais, dos quais os diferentes dados permitam ressaltar a evolução espacial e temporal de um fenômeno geográfico e suas influências com o meio. Os dados levantados

podem receber diversos tratamentos dentro do ambiente do geoprocessamento. Um exemplo é a interpolação para criação de mapas. Para Miranda (2005), o processo de interpolação constitui-se de duas partes, sendo a primeira a definição de um relacionamento de vizinhança, e a segunda a definição do melhor método para o cálculo de valores desconhecidos.

4.3.1 Métodos de interpolação dentro do ambiente SIG

Os métodos de interpolação utilizados são aqueles que proporcionam melhor visibilidade para a leitura da interpretação dos diferentes dados. Os mais citados nos estudos desse tipo são: inverso do quadrado da distância (IDW), diz respeito ao método puramente matemático, que estima um valor para os locais não amostrados como uma média dos valores dos dados dentro de uma vizinhança. Assim, faz com que os pesos dos dados sejam avaliados durante o processo de interpolação, de modo que a influência de cada ponto seja inversamente proporcional à distância do ponto de origem.

A krigagem envolve um conjunto de técnicas de interpolação. Sendo um artifício estocástico e exato usa amostras próximas para estimar um valor desconhecido. “Ela se baseia na hipótese de que a variação espacial de uma variável pode ser expressa como função da distância entre pontos” (FRANCO; UDA, 2015, p.3053). A Cokrigagem admite introduzir outros parâmetros na estimativa, como a altitude e declividade de um terreno nos estudos para estimar a precipitação de um local, como covariáveis. O método de interpolação spline “consiste no ajuste de uma função matemática coincidente aos pontos disponíveis, de modo a minimizar a curvatura total da superfície gerada” (FRANCO; UDA, 2015, p. 3053).

Esses métodos são importantes ferramentas para auxiliar em estudos climatológicos, pois permitem analisar características peculiares no comportamento da mudança espacial e temporal do clima, ajudando na aquisição de informações concisas sobre a climatologia local, pois, segundo D’Angiolella e Vasconcellos (2003), as informações meteorológicas para análise do clima, em sua maioria necessitam de instrumentos para facilitar sua interpretação. Assim, a interpolação de dados espaciais para locais onde não se dispõe de dados analisados possibilita a

manipulação e interpretação de elementos, através do tratamento dos múltiplos dados gerados.

Os métodos mais utilizados para espacialização de dados climatológicos observados em diversos estudos são: “o método determinístico, sendo o inverso do quadrado da distância (IDW) o mais conhecido e o método geoestatístico, representado principalmente pela Krigagem” (MARTINS, 2016, p. 2493). Para utilizar os interpoladores de uma maneira eficiente em estudos climatológicos é necessário investigar profundamente o desempenho que cada interpolador exerce para melhor resolução no mapeamento de uma área, a fim de desenvolver mapas de forma eficaz.

Alguns trabalhos empregam vários interpoladores de modo a alcançar um bom resultado. Alves e Vecchio (2011), ao analisar diversos interpoladores, consideraram o método IDW, como o melhor na análise das irregularidades das chuvas em Goiás. Ao comparar os métodos determinísticos e geoestatísticos de dados pluviométricos. Martins (2016) avaliou quatro métodos de interpolação (spline, IDW, Krigagem e Co-Krigagem) ao observar a espacialização da precipitação média na bacia do rio Paranaíba, concluindo que todos apresentaram resultados satisfatórios.

4.3.2 Critério adotado através do SIG para a criação dos mapas decendiais de Pluviosidade e Temperatura

Procurou-se organizar um banco de dados de temperatura e precipitação separados por decêndios, no período que compreende outubro a março (período chuvoso) e de abril a setembro (período seco), nos anos de 2005 a 2015. Para isso, teve-se como referência a localização de cada estação meteorológica, de acordo com o South America Datum –SAD 69, inserida no Sistema de Informação Geográfica-SIG. (FIG.17). As tabelas em .xls foram transformadas em informação espacial no formato *shapefile*. Com isso, as informações levantadas foram dispostas na extensão *Geostatistical Analyst*, que contém os dois principais interpoladores: determinístico e geoestatístico, utilizando a ferramenta *Geostatistical Wizard*, onde é possível indicar o interpolador. O próximo passo deu-se de forma a escolher o melhor interpolador. Os dados já escolhidos foram aplicados em cada interpolador:

Krigagem, co-krigagem, spline e IDW. O IDW apresentou resultados satisfatórios; os demais não obtiveram resultados a ponto de serem observados.

Dessa forma, no presente estudo, utilizou-se o método determinístico IDW que foi o único que permitiu a interpolação dos dados. Os pontos de coleta de dados utilizados para interpolação foram quatro. Assim, os IDW apresentaram melhor resultado para a construção dos mapas. Os números de amostras foram pequenos, devido à precariedade de aparelhos que monitoram as chuvas no PERD.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	ESTAÇÃO	LAT	LONG	1DOUT	2DOUT	3DOUT	1DNOV	2DNOV	3DNOV	1DDEZ	2DDEZ	3DDEZ	1 D JAN	2 D JAN	3 D JAN	1 D FEV	2 D FEV	3DFEV
2	CARATINGA	-19,735757	-42,137146	12,8	24,8	44,5	55,5	61,3	60,5	81,8	92,5	93,9	56,2	52,2	43,4	53,9	37,7	28,6
3	IPATINGA	-19,470000	-42,523000	20,8	38,7	54,6	59,2	71,3	85,1	64,6	162,5	118,9	58,5	55,6	56,0	39,3	36,9	29,2
4	TIMÓTEO	-19,573824	-42,622413	20,5	38,5	50,0	64,1	67,8	98,1	79,9	138,2	110,3	50,5	58,2	58,4	40,3	33,8	20,9
5	PERD	-19,803000	-42,638000	9,2	35,3	54,6	35,0	70,7	88,1	72,8	137,1	70,5	53,9	72,8	46,9	38,4	33,6	20,1

FIGURA 17 - Dados em *shapfile* para gerar os mapas de chuva e temperatura no *software* Arcgis10.5.

Fonte: Elaboração própria, 2018

A partir disso, produziram-se mapas de pluviosidade e temperatura dentro do ambiente do programa computacional Arcgis 10.5 para as imagens vetoriais do PERD e do entorno, em ambiente *Windows*. Foram considerados os quatros pontos onde estão instaladas as estações meteorológicas para interpolação, TAB.2, que geraram trinta e seis mapas decendiais, através da interpolação da pluviosidade e trinta e seis mapas decendiais de temperaturas.

Os mapas elaborados são um meio de observar as distintas características na extensão do PERD. Outro ponto a ressaltar são as escolhas das cores dos mapas, que seguiram um padrão adotado por Cupolillo 2008 e 2015, de forma que essas variam de vermelho para amarelo e representam índices de chuvas mais elevados. Em seguida, as cores verdes para azul e cinza indicam índices de precipitações mais baixos. Em contrapartida, nos mapas de temperatura, as cores do vermelho para amarelo representam as temperaturas mais elevadas e as cores do verde ao azul representam temperaturas mais baixas.

Os mapas de pluviosidade da estação chuvosa (outubro a março) do PERD foram divididos em duas etapas, devido à grande variabilidade do padrão de chuvas durante o ano, surgindo a necessidade de optar-se por uma legenda nos mapas com maior número de elementos que na estação seca.

Para fazer a interpolação destes dados e produzir os mapas, o método escolhido foi o do Inverso do Quadrado da Distância (IDW) que permitiu a

interpolação dos dados das quatro estações meteorológicas que se encontram no PERD e entorno. Este é um dos métodos mais citados em estudos de autores como: Silva et al., (2011), Carvalho, Assad e Pinto (2012), Franco e Uda (2015), Martins (2016). Todos esses autores destacaram, em conformidade, a importância do uso de interpoladores para a espacialização de dados de precipitação, de modo a serem aplicados em estudos relacionados a diversas áreas dos setores público e privado.

No estudo do clima, essas ferramentas se tornam indispensáveis, a partir do momento em que modelos matemáticos são usados, a fim de permitir a análise de extensas áreas, porém com baixa cobertura de pontos de coleta. Como exemplo dessa aplicação tem-se as estações meteorológicas espalhadas no entorno do PERD, utilizadas como fonte para esse estudo.

4.4 Aspectos Dinâmicos que atuam na espacialização das chuvas no PERD

Para fundamentar este trabalho foram pesquisados os principais sistemas frontais que atingem a América do Sul, e conseqüentemente o Parque Estadual do Rio Doce-PERD. Para isso, foram utilizados dados do portal NOAA com os domínios da América do Sul e os oceanos que o cercam. Os dados obtidos foram as variáveis: precipitação, componentes meridional e zonal do vento, linhas de corrente ao nível 200 hPa e 850 hPa.

Dessa forma, foram gerados mapas através da plataforma WINDOWS do software GrARD's (Analisador de Grade e Sistema de Exibição). Esse programa permite exibir os dados através de variadas técnicas de saídas gráficas como: linhas, barras, vetor de vento e gráficos como contorno, contorno sombreado, linhas de corrente, vetor de vento, caixa de grade, caixa de grade sombreada e o modelo de plotagem de estação. Reboita *et al.* (2012), através do GrAD's, definiram diferentes ciclos anuais de precipitação para toda América do Sul, sendo que a

As possui uma grande variabilidade espacial e temporal que está associada tanto a fatores ligados à circulação geral da atmosfera (ventos alísios, anticiclones subtropicais), quanto a sistemas meteorológicos de escala espacial mais reduzida (frentes frias, ciclones subtropicais e extratropicais, circulações de brisa, entre outros) que interagem com as características locais do continente (topografia, proximidade com o oceano, etc. (REBOITA *et al.*, 2012, p. 48). (FIG.18).

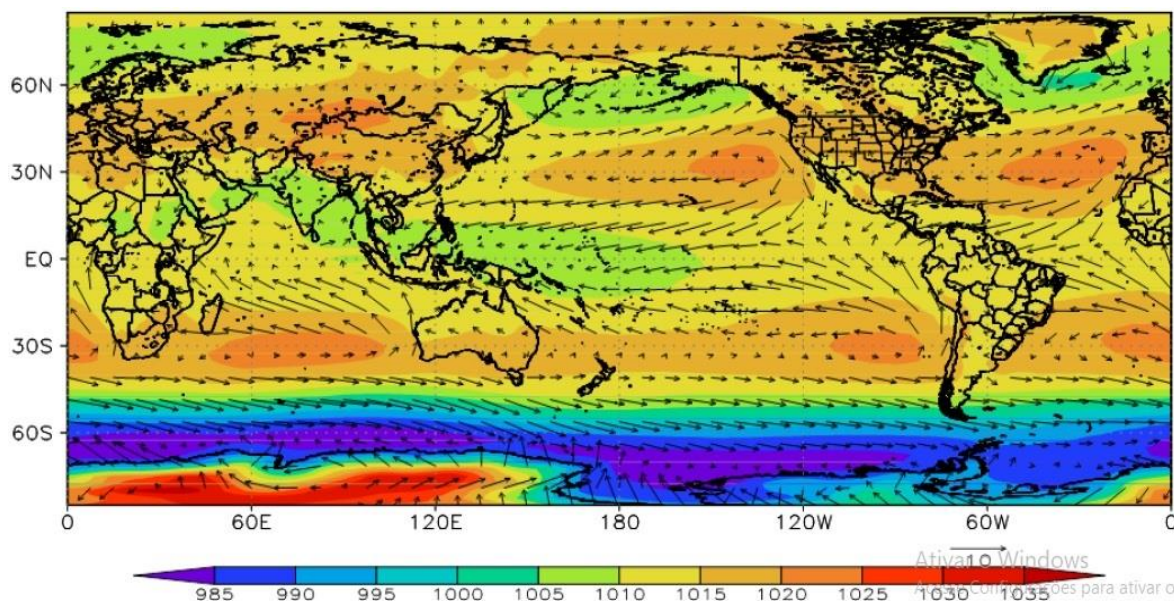


FIGURA 18: Mapa gerado através do GrARD onde se identifica a direção do vento pelas setas. Em cores, tem-se a pressão atmosférica (hPa) ao nível médio do mar; já as setas indicam a direção do vento. A intensidade do vento é apresentada pelo comprimento das setas.

Fonte: REBOITA *et al.*, 2012.

4.4.1 Critérios adotados para espacialização dos aspectos dinâmicos que influenciam as chuvas e temperaturas no PERD

Através de dados obtidos do portal do Centro de Diagnóstico Climático (CDC) e do portal de *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), foram elaborados mapas de campos de linha de corrente para níveis atmosféricos de 200hPa e 850 hPa, utilizando o *software* GrADS.

O domínio espacial para a América do Sul, Oceanos Atlântico e Pacífico, foi definido pelas coordenadas geográficas entre 15° de latitude norte, 60° de latitude sul, 120° de longitude oeste e 10° de longitude leste. Os campos decendiais de chuva foram gerados a partir dos dados pentadais (cinco dias) de precipitação, retirados do CMAP (*Merged Analyst of Precipitation*). O CMAP analisa a média pentadal diária da precipitação correspondente a um decêndio através de satélites, de modo a delimitar com maior precisão os processos dinâmicos, integrando as variáveis: componentes meridionais e zonais do vento, convergência e divergência.

5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Este capítulo apresenta os resultados obtidos mediante aplicação da metodologia explicitada anteriormente. A princípio serão apresentados os balanços hídricos climatológicos das quatro estações meteorológicas das quais foram extraídos os dados da pesquisa. Em seguida, realizou-se a análise de trinta e seis mapas decendiais correspondentes aos períodos chuvosos e secos, juntamente com os mapas de temperatura e mapas correspondentes aos altos e baixos níveis. Os mapas foram dispostos em formato de retrato, devido ao grande número de detalhes. Aqueles mapas que não estão apresentados neste capítulo podem ser consultados nos Apêndices.

Os elementos dispostos neste tópico são distribuídos em subcapítulos, a fim de proporcionar uma compreensão ampla e clara dos resultados obtidos.

5.1 Resultado dos Balanços Hídricos Climatológicos do PERD

Os resultados obtidos nas análises dos dados das estações meteorológicas estão dispostos em forma de gráficos nas Figuras 19, 20, 21 e 22. Estes trazem a representação da reposição, excedente, retirada e deficiência hídrica de cada estação. Nota-se que os decêndios são distribuídos de outubro a setembro, ou seja, abrangem o começo da estação chuvosa, que no estado de Minas Gerais ocorre de outubro até março, e a estação seca, de abril a setembro.

As quatro estações estudadas (PERD, Ipatinga, Timóteo, Caratinga) apresentaram totais pluviométricos relativamente semelhantes. Com isso, as características de cada estação mostraram regimes pluviométricos parecidos, sendo o 2º decêndio do mês de dezembro o decêndio de maior excedente hídrico em todas as quatro estações, e o 2º decêndio de setembro registrou a maior deficiência hídrica para todas as estações analisadas.

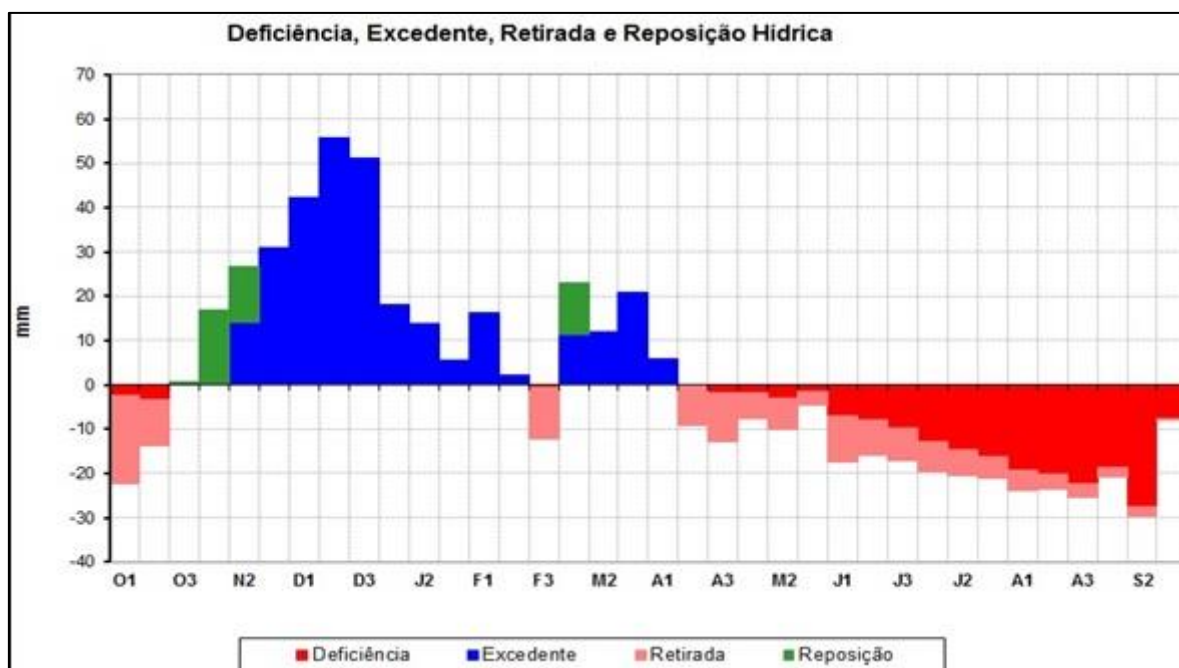


FIGURA 19 - Balanço Hídrico Climatológico Decenal, Caratinga, 2005-2015.
Fonte: IGAM, INMET, 2017

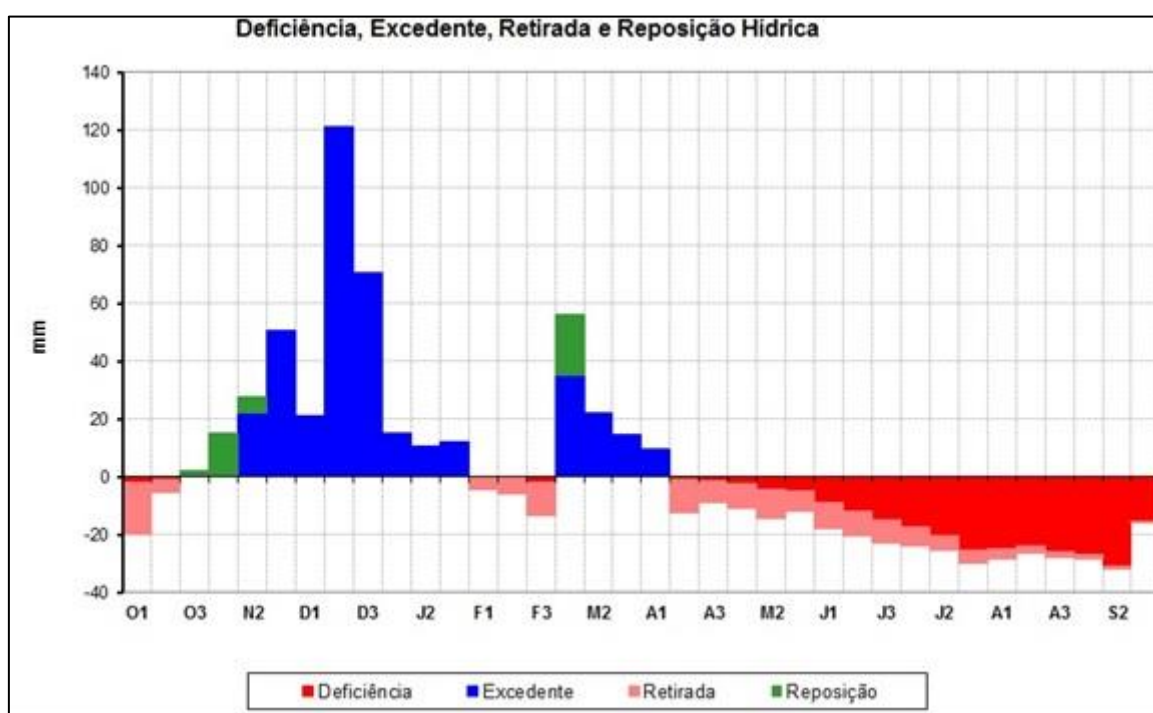


FIGURA 20 - Balanço Hídrico Climatológico decenal, Ipatinga, 2005-2015.
Fonte: IGAM, INMET, 2016.

Na estação de Caratinga (FIG.19), o excedente foi de 55,8mm e a deficiência -27,6mm. Em Ipatinga, o excedente obteve totais de 121,0mm e a deficiência foi de -30,9mm. Já o PERD, apresentou excedente de 97,8mm, deficiência 26,7mm. Em Timóteo, os valores foram de 99,6mm excedente e 28mm de deficiência. Nos balanços hídricos climatológicos decenciais de cada estação nota-se que, em todas

as estações existe ou percebe-se um veranico climático no mês de fevereiro, já observado por Cupolillo (2015), Pujoni *et al.* (2012) em estudos anteriores de áreas próximas. O veranico causa uma interrupção de chuvas dentro do período chuvoso, fazendo com que o excedente hídrico seja interrompido por vários dias, acarretando problemas de abastecimento e consumo de água para a população, prejudicando a sobrevivência da fauna e flora e do metabolismo complexo do sistema lacustre, de origem tectônica, no PERD. Esse fenômeno é causado pelo posicionamento anômalo da Alta da Bolívia, que permite o avanço de um cavado que penetra no continente, ocasionando um bloqueio atmosférico e forte subsidência. Esse bloqueio, denominado Cavado do Nordeste, fica semiestacionado sobre Minas Gerais e favorece os veranicos.

Na estação meteorológica do município de Caratinga, FIG.19, os 1° e 2° decêndios de outubro, em que ocorre o início da estação chuvosa, estão apresentando retirada e deficiência de água no solo. A partir do 3° decêndio de outubro, inicia-se uma reposição hídrica que aumenta no 1° decêndio de novembro e aponta uma reposição, seguida de um excedente hídrico no 2° decêndio, estendendo-se até o 3° decêndio. Os decêndios de dezembro são os mais importantes por apresentarem cotas pluviométricas mais altas, destacando-se o 2° decêndio de dezembro como o maior excedente hídrico, chegando ao valor de 57mm. A partir do 3° decêndio de dezembro, há queda dessas cotas, estendendo-se até o 3° decêndio de janeiro, variando entre 18 mm a 1mm. Porém, durante os decêndios do mês de fevereiro, o excedente hídrico desaparece dando lugar à retirada e deficiência hídrica, em função da presença de um fenômeno que se instala sobre o PERD, denominado veranico climático. Na visão de Cupolillo e Fernandes (2011), esse fenômeno é caracterizado pela formação de uma descontinuidade pluviométrica, caracterizada pela redução no regime das chuvas dentro do período chuvoso, causada pelo fenômeno atmosférico denominado ASAS.

No primeiro decêndio do mês de março a reposição hídrica retorna com as últimas chuvas da estação chuvosa, estendendo-se até o 1° decêndio de abril. A partir do 2° decêndio de abril, inicia-se a estação seca que se estende até o 3° decêndio de setembro. Destacam-se os decêndios 3° de agosto e 2° de setembro com valores negativos em torno de -20mm.

No município de Ipatinga, FIG.20, a climatologia entre 2005 a 2015 exhibe, nos dois primeiros decêndios de outubro, retiradas hídricas que variam de 20mm a 5

mm. A reposição de água no solo aparece no 3º decêndio de outubro estendendo esse excedente até o 3º decêndio de janeiro. O 2º decêndio de dezembro destaca-se com a maior cota pluviométrica com 120 mm, e continua o excedente até o 3º decêndio de janeiro. A partir dos decêndios 1º de fevereiro até o 3º de fevereiro, o processo é substituído pela retirada e deficiência hídrica, caracterizando um veranico.

As chuvas retomam iniciando-se a reposição/excedente hídricos no 1º decêndio de março, perdurando até o 1º decêndio de abril. Em seguida, reinicia-se a retirada e deficiência, a partir do 2º decêndio de abril, dando início à estação seca que perdura até o 3º decêndio de setembro. Destaca-se que a maior deficiência hídrica é observada no 2º decêndio de setembro, com 30mm. O processo de retirada/deficiência reinicia-se no 1º decêndio de fevereiro (veranico) e perdura pelos dois decêndios seguintes. Reinicia-se a reposição nos 2º e 3º decêndios de março, que reflete até o 1º decêndio de abril com a presença de um excedente hídrico. Nos quatro decêndios seguintes verifica-se a retirada/deficiência, com uma reposição nos decêndios 3º de maio e 1º de junho. Os decêndios de 2º junho a 3º de setembro não possuem tal característica, prevalecendo então a estação seca.

O Parque Estadual do Rio Doce PERD, FIG.21, apresenta nos estudos climatológicos de onze anos, uma retirada e deficiência hídrica nos 1º e 2º decêndios de outubro, iniciando a estação chuvosa no 3º decêndio de outubro com reposição hídrica, seguida de uma retirada/deficiência no 1º decêndio de novembro (veranico), que é substituída por uma reposição no 2º decêndio de novembro. Do 3º decêndio de novembro até o 3º decêndio de janeiro, ou seja, por sete decêndios ininterruptos, prevalece um excedente de água, finalizado no 1º decêndio de fevereiro com a retirada de água do solo, estendendo-se até o 3º decêndio do mesmo mês. Configura-se, portanto, o fenômeno veranico. O mês de março é caracterizado por reposição/excedente em seu 1º decêndio estendendo-se até o 1º decêndio de abril, com cotas pluviométricas variando entre 10 e 20 mm. Inicia-se a partir do 2º decêndio de abril, a estação seca que se estende até ao 3º decêndio de setembro.

No município de Timóteo, FIG.22, encontram-se nos decêndios de outubro processos de retirada de água, que nos 2º e 3º decêndios são quase nulos. No 1º decêndio de novembro são apresentados a reposição e um pequeno excedente hídrico, dando início à estação chuvosa. No 2º decêndio, o excedente hídrico

ultrapassa os 20 mm de chuvas, triplicando esse valor no 3º decêndio de novembro com uma média de 60mm. Em dezembro, segue o excedente hídrico nos três decêndios correspondentes ao mês, apresentando o maior excedente de todo período chuvoso no 2º decêndio de novembro com 100mm, porém no mês de janeiro, o excedente apresenta uma queda com valores inferiores para o 1º decêndio de 10mm, 15mm no 2º decêndio e aproximadamente 18mm para o terceiro. O mês de fevereiro chama a atenção por não apresentar nenhuma reposição ou excedente hídrico; o 1º decêndio apresenta uma curta retirada que aumenta no 2º decêndio, e no 3º decêndio de fevereiro a retirada hídrica é notada com destaque, seguida de uma deficiência, instalando-se em Timóteo o veranico. Em contrapartida, no 1º decêndio do mês de março inicia-se o processo de reposição seguido de excedente hídrico, estendendo-se até o 1º decêndio de abril. A partir do 2º decêndio de abril inicia-se a estação seca que se estende até o 3º decêndio de setembro, destacando-se como as maiores cotas pluviométricas negativas, os decêndios 3º de agosto e 2º de setembro, próximas aos 30 mm.

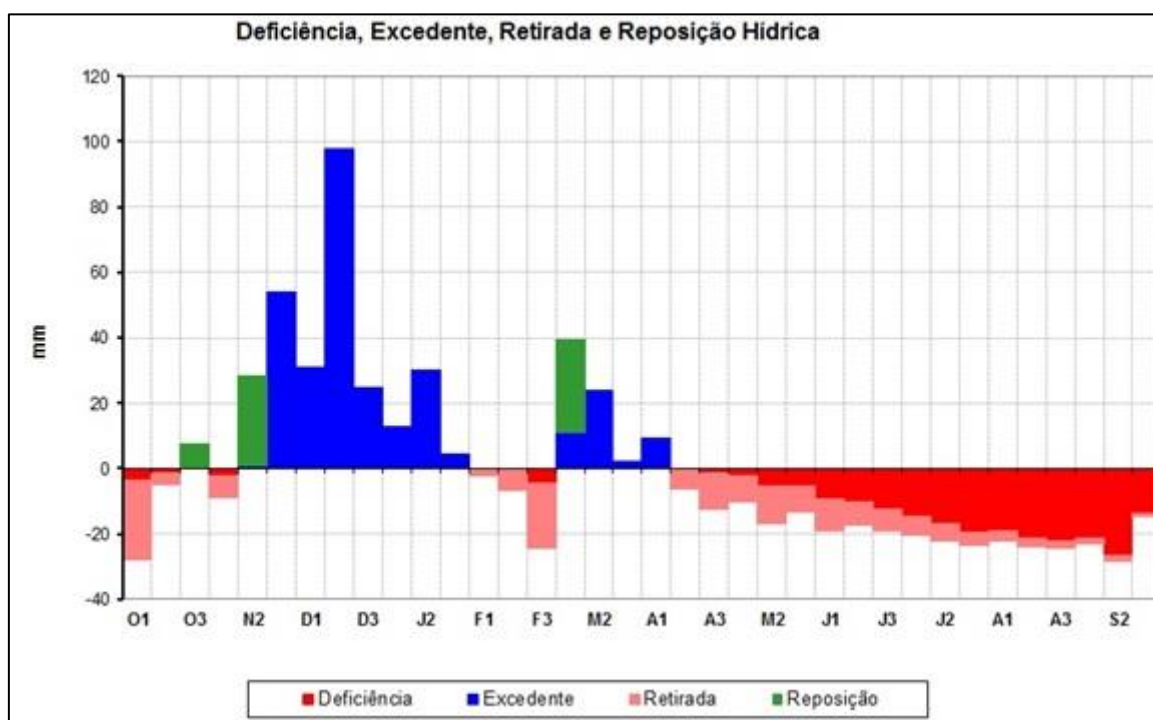


FIGURA 21 - Balanço Hídrico Climatológico Decendial, PERD, 2005-2015.
Fonte: IGAM, INMET, 2016

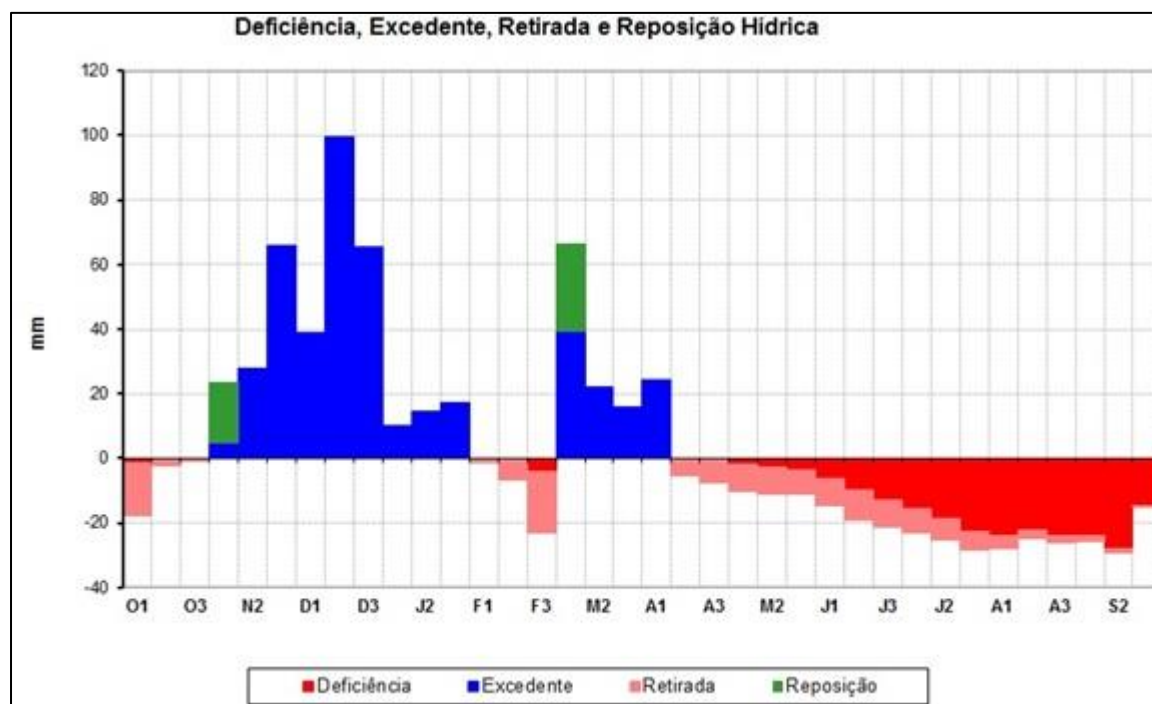


FIGURA 22 - Balanço Hídrico Climatológico Decenal, Timóteo, 2005-2015.
Fonte: IGAM, INMET, 2017.

5.2 Distribuição temporal da média das precipitações no PERD (2005-2015)

O PERD apresenta início de sua estação chuvosa nos decênios de outubro e o final nos decênios de março. Esse comportamento se deve à Alta da Bolívia que traz umidade da Amazônia e frente fria do sul do país. A partir de uma interação entre as duas, forma-se a Zona de Convergência do Atlântico Sul-ZCAS, que contribui para o aumento de dias chuvosos no estado e no PERD. Já a estação seca ocorre nos decênios de abril e o final, nos decênios de setembro. Os mecanismos atmosféricos que atuam no estado e agem na distribuição dos padrões de chuvas em Minas Gerais, na bacia do rio Doce e no PERD, são o Anticiclone subtropical da América do Sul-ASAS e o Cavado do Nordeste-CN e são responsáveis pelas condições de tempo no estado. Através do processo de subsidência do ar, eles contribuem para a ausência de precipitação, ocasionando períodos longos de estiagem na estação seca e veranicos na estação chuvosa, fazendo com que as lagoas do PERD sofram uma perda hídrica considerável.

A FIG.23 demonstra a diferença de pluviosidade entre as estações meteorológicas, destacando de um modo geral a estação de Caratinga com índices pluviométricos maiores em Timóteo, Ipatinga e PERD.

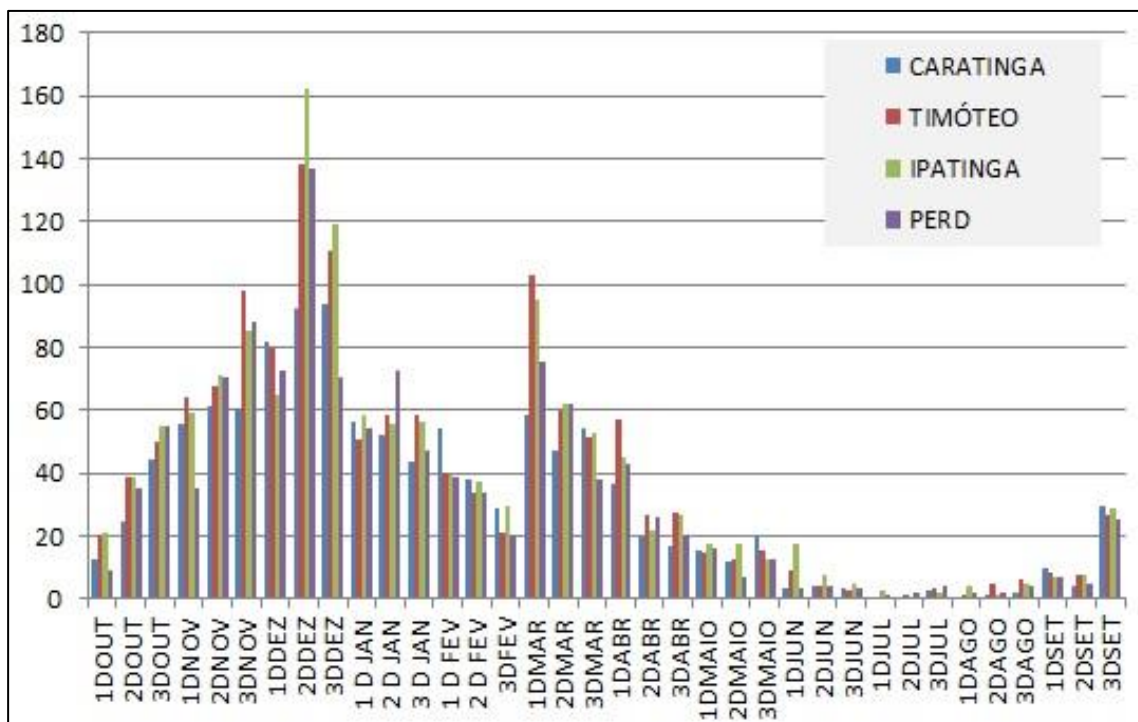


FIGURA 23 - Média das precipitações para o período de 2005-2015 no PERD e entorno.
Fonte: Elaboração própria, 2018

Ressalta-se que a estação chuvosa no PERD inicia-se, em média, a partir do 2º decêndio de outubro, apresentando o veranico em fevereiro e finalizando em março com a transição para a estação seca. A estação seca, por sua vez, inicia-se em média, a partir dos decêndios de abril e finaliza com a transição para a estação chuvosa no 3º decêndio de setembro. Porém, cada estação meteorológica analisada apresenta índices pluviométricos diferentes no mesmo decêndio.

Na estação de Caratinga, o início da estação chuvosa ocorre no 3º decêndio de outubro e termina no 3º decêndio de março, com duração de aproximadamente seis meses, com precipitação máxima no 3º decêndio de dezembro de 93,9mm. O início da estação seca em Caratinga ocorre entre o 3º decêndio de março, com valor de 51,3mm, até o 2º decêndio de outubro 24,8mm, com duração de cinco meses. Mas, nota-se uma queda da pluviosidade nos decêndios de fevereiro com médias de 40,3mm; 33,8mm; 20,9mm, em virtude do veranico climático que inicia no 3º decêndio de janeiro, finalizando nos decêndios de fevereiro.

Em Ipatinga, os índices pluviométricos apresentam-se acima de 50mm a partir do 3º decêndio de outubro (54,6mm), dando início ao período chuvoso e se mantém até o 3º decêndio de janeiro, com um total de 56mm, totalizando dez decêndios chuvosos, com destaque para o 2º decêndio de dezembro, com média de 162,5mm.

Em fevereiro, há queda considerável e atingindo, porém não atine cotas inferiores a 40mm em nenhum decêndio cotas inferiores a 40mm em nenhum decêndio. Em março, há um aumento de precipitação que chega a 94,6mm no 1º decêndio, porém nos decêndios seguintes acontece a queda da precipitação, atingindo cotas de 52,5mm; a menor cota entre todas as medições analisadas no município foi 0,6mm. No 2º decêndio do mês de julho, os totais pluviométricos dos decêndios seguintes começam a apresentar índices significativos a partir de outubro, quando inicia o período de chuvas no município.

A estação meteorológica que se encontra dentro do PERD apresentou, no 1º decêndio de outubro, a menor quantidade de chuvas de todas as estações estudadas, 9,2mm, caracterizando a entrada na estação chuvosa, a partir do 3º decêndio de outubro, com aumento da quantidade de precipitação 54,6mm. O aumento é notado nos oito decêndios seguintes, com queda no 3º decêndio de janeiro, com um total que decresce de 46,9mm até 20,1mm no 3º decêndio de fevereiro. O valor volta a crescer nos dois primeiros decêndios de março com 75.6mm, 62mm, e no último, um total de 37,9mm, que segue em queda nos 18 decêndios seguintes.

Em Timóteo, o 3º decêndio de outubro dá início à estação chuvosa, com um total de 50mm, que vai aumentando o índice de pluviosidade até atingir, no 2º decêndio de dezembro, a cota máxima 138,2mm. A permanência de chuvas é notada até o 1º decêndio de abril 57,3mm, contudo há uma queda nos decêndios de fevereiro, com totais de 40,8mm, 33,8mm, 20,9mm, respectivamente. A baixa pluviosidade se observa desde o 2º decêndio de abril até o mês de outubro; são 19 decêndios que caracterizam a estação seca, com destaque para o 1º decêndio de julho com o menor volume de chuva registrado, 0,1mm.

5.3 Espacializações da média decendial das precipitações no PERD

Após análise do balanço hídrico e das precipitações nas estações meteorológicas do PERD e entorno, foram confeccionados mapas decendiais para analisar os períodos chuvosos e secos. Os trinta e seis decêndios geraram informações que auxiliaram na observação da espacialização das chuvas no PERD.

5.3.1 Início da estação chuvosa no PERD

O início da estação chuvosa é visualizado nos mapas decendiais de outubro (APÊNDICE A, FIG. 1Aa, 1Ab,1Ac). Assim, no 1º decêndio de outubro, as maiores médias estão concentradas na parte norte do parque, com valores de até 20,8mm. Os valores pluviométricos se tornam praticamente uniformes no 2º decêndio de outubro, com totais que variam de 35mm, concentrando o maior volume de chuvas no norte do PERD e valores de 36mm no sul do parque. O 3º decêndio evidencia um aumento nos volumes de chuvas, com variação entre 50mm a 56mm, sendo que a parte no extremo norte e sudoeste do parque receberam o maior volume de precipitação, e a parte centro-oeste, a menor média de chuvas entre 50mm a 52mm.

No mês de novembro (APÊNDICE A FIG. 2Aa, 2Ab,2Ac), no 1º decêndio, acontece um aumento da precipitação em comparação aos decêndios do mês anterior. Os índices variam com médias acima de 55mm. No 1º decêndio de novembro, os menores índices de pluviosidades estão concentrados na parte sudoeste, cerca de 35mm. O aumento de precipitações se torna gradativo em direção à parte central do PERD, porém o maior índice de chuva se dá na parte noroeste do parque com 69,1mm. No 3º decêndio, há um aumento das chuvas no PERD. As menores precipitações estão nas extremidades norte e sul com totais acima de 60mm. Na parte central, o volume de precipitação aumenta com cotas entre 90 a 95mm e os maiores índices pluviométricos se concentram em uma estreita faixa a noroeste com valores acima de 95mm.

O mês de dezembro (FIG.24a até 24c) destaca-se por um aumento expressivo nas precipitações que vão de 60 mm a 162 mm dentro do mês. No 1º decêndio, os valores das precipitações não ultrapassam 80 mm e os maiores estão na parte noroeste e centro-oeste; no restante da área estudada, as médias representam os valores entre 65mm a 79 mm, com os menores na parte norte. Um expressivo aumento do volume das chuvas é destaque no 2º decêndio de dezembro, evidenciando destacando a parte do extremo norte com totais de 162,5mm, porém essa média diminui no sentido sul do PERD, que oscila entre 90 mm a 95 mm, com totais acima de 110 mm. O 3º decêndio de dezembro concentra esse valor na parte norte; na parte sul não ultrapassa 75mm. Dessa forma, a diminuição de chuvas se dá de forma decrescente no sentido norte a sudoeste.

No mês de janeiro (FIG.25a a 25c), nota-se uma diminuição das médias em comparação aos meses anteriores. No 1º decêndio, o volume de chuvas atinge cota em torno de 58,5mm no norte do PERD; no restante da área de estudo, esses valores ficam entre 50,5mm a 56,2mm. No 2º decêndio, há uma inversão nos valores máximos e mínimos de precipitação, com índices mais elevados do lado sudoeste, 72,8mm, com diminuição gradual para o norte cerca de 52,2mm, chegando a atingir (55,6mm e 58,2mm. Esses índices são menores para o 3º decêndio, com o lado sudoeste apresentando os menores valores entre 43mm a 47mm; o centro e norte do PERD com valores entre 56 mm a 59 mm.

Nos decêndios de fevereiro (FIG.26a a 26c), as cotas de chuvas sofrem quedas abruptas, não ultrapassando 53 mm, sendo no 1º decêndio, os maiores valores pluviométricos para todo mês, com índices de 53,9 mm a 40,3mm. As partes central, norte e sudoeste registraram índices menores, de 38mm a 40mm. A diminuição de chuvas continua no 2º decêndio de fevereiro, porém, nota-se quase uma homogeneidade de valores pluviométricos, os menores entre 33 mm e os maiores ao norte do parque com médias de 37,7mm. No último decêndio, todos os valores das estações interpoladas não atingiram 30 mm, com valores menores ao norte, cerca de 25mm. Tal fato demonstra a existência de um veranico climático nestes decêndios que resulta de uma massa de ar seca, provocando a interrupção das chuvas na região do PERD. Cupolillo (2015) também observou a ocorrência desse fenômeno para toda bacia do rio Doce.

O mês de março (APÊNDICE A FIG.3Aa,3Bb,3Bc) é caracterizado por um aumento dos índices de precipitações, visto que os decêndios de fevereiro sofreram com o veranico. O 1º decêndio apresenta médias entre 55,1 mm a 60 mm na parte sudoeste e valores superiores a 100 mm no lado noroeste. No 2º decêndio, os menores índices aparecem nas faixas oeste, leste e sudeste, encontrando-se entre 55mm a 60mm, e os valores acima de 60,1mm na maior parte do PERD. O 3º decêndio assemelha-se ao decêndio do mês de fevereiro com os menores índices de precipitação entre 37mm a 53,8mm no sudoeste e os maiores índices ao norte, demonstrando o término da estação chuvosa.

5.3.2 Estação seca

No mês de abril (APÊNDICE A, FIG. 4Aa, 4Ab,4Ac) os índices pluviométricos apresentam precipitações entre 36,7mm a 57,3 mm. No 1º decêndio de abril, concentra-se o maior número de chuvas na parte noroeste do PERD. No 2º decêndio, os índices de maior pluviosidade ficam ao norte do PERD, com totais de 26,8mm. Nas demais áreas, as chuvas não atingem cota superior a 22mm. No último decêndio do mês, as precipitações somam totais entre 20,1mm a 17,1mm na parte sudoeste do parque.

Em maio (APÊNDICE A, FIG.5Aa,5Ab,5Ac), os três decêndios não conseguem somatórias de chuvas maiores que 20 mm, as somatórias das precipitações são maiores no norte do parque (19,8mm) e, no centro e sul, as somas ficam com o máximo de 17mm. Nos decêndios de junho, julho e agosto (APÊNDICE A, FIG.6Aa, 6Ab, 6Ac; FIG.7Aa, 7Ab, 7Ac; FIG.8Aa,8Bb,8Bc), o PERD mantém um padrão chuvoso com baixos índices pluviométricos e pequenas variações. Em junho, o 1º decêndio apresenta índices de 3,5mm a 17,7mm. No 2º decêndio, a variação fica entre 3,9mm a 7,3mm, e no último decêndio de junho o índice cai e chega a 2,7mm. Em julho, praticamente as precipitações não atingem 5mm em todo o mês, com destaque para o 2º decêndio, com totais entre 0,6mm a 2mm. Em agosto, inicia o 1º decêndio com precipitação de até 2mm na parte nordeste do parque, variando nos dois últimos decêndios entre 1mm a 6,1mm, destacando as menores precipitações na parte sudoeste. O mês de setembro (APÊNDICE A, FIG.9Aa, 9Ab, 9Ac) apresenta o término da estação seca no PERD. As precipitações voltam a atingir níveis maiores que 6mm no 1º decêndio, e é crescente no 2º decêndio, com índices entre 4,1mm a 7,8. Já no 3º decêndio, aparecem índices consideráveis com valores dentre 25mm a 29,2mm na parte norte, prenunciando o início da estação chuvosa.

A partir da interpretação dos mapas de precipitação no PERD, pode-se concluir que a estação chuvosa inicia no mês de outubro e finaliza no 3º decêndio de março. A estação seca tem seu início em abril, quando o 3º decêndio apresenta queda nas precipitações, estendendo-se até o 3º decêndio de setembro. Importante salientar que a existência do fenômeno verânico climático nos decêndios de fevereiro pode causar um déficit hídrico, de modo que as Lagoas Dom Silvério e do Carioca tenham seus espelhos d'água diminuídos, não conseguindo a reposição

necessária nos decêndios de março, uma vez que as precipitações ficam estagnadas neste mês e logo em seguida começa a estação seca.

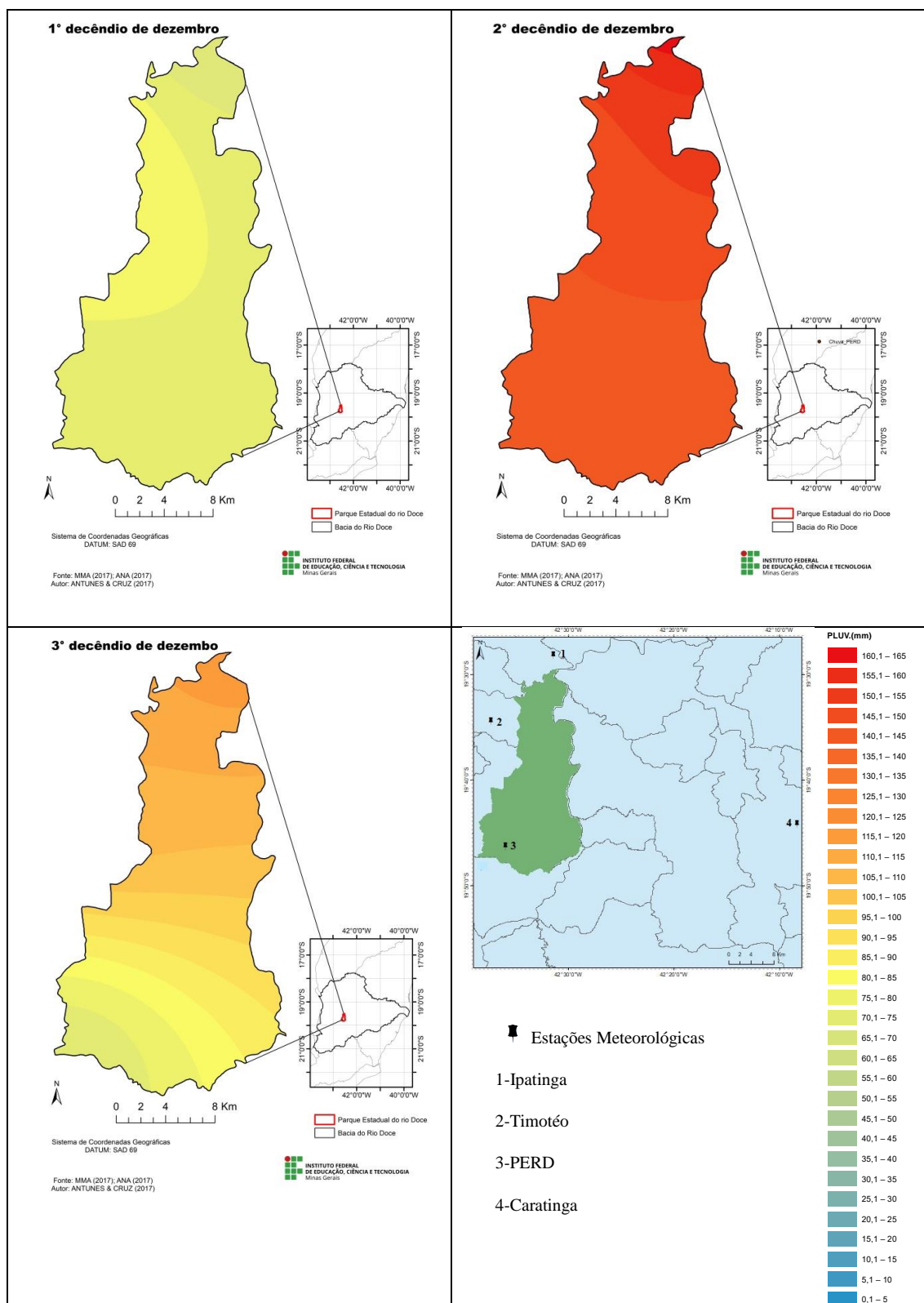


FIGURA 24 - Média decenal de precipitação no PERD do 1°, 2°, 3° decêndios de dezembro. Fonte: ANA, INMET, 2016.

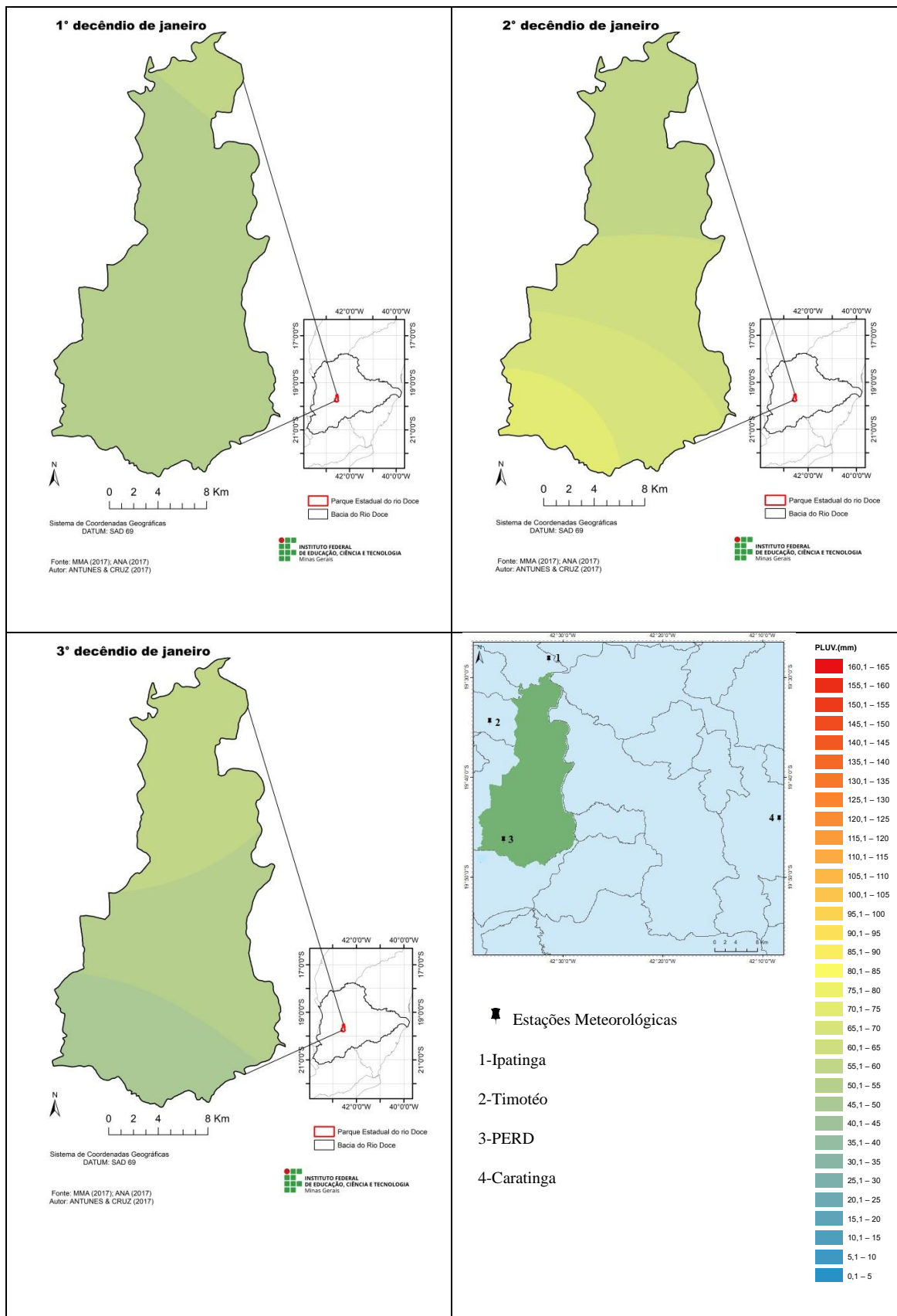


FIGURA 25 - Média decenal de precipitação no PERD do 1°, 2°, 3° decêndios de janeiro. Fonte: ANA, INMET, 2016.

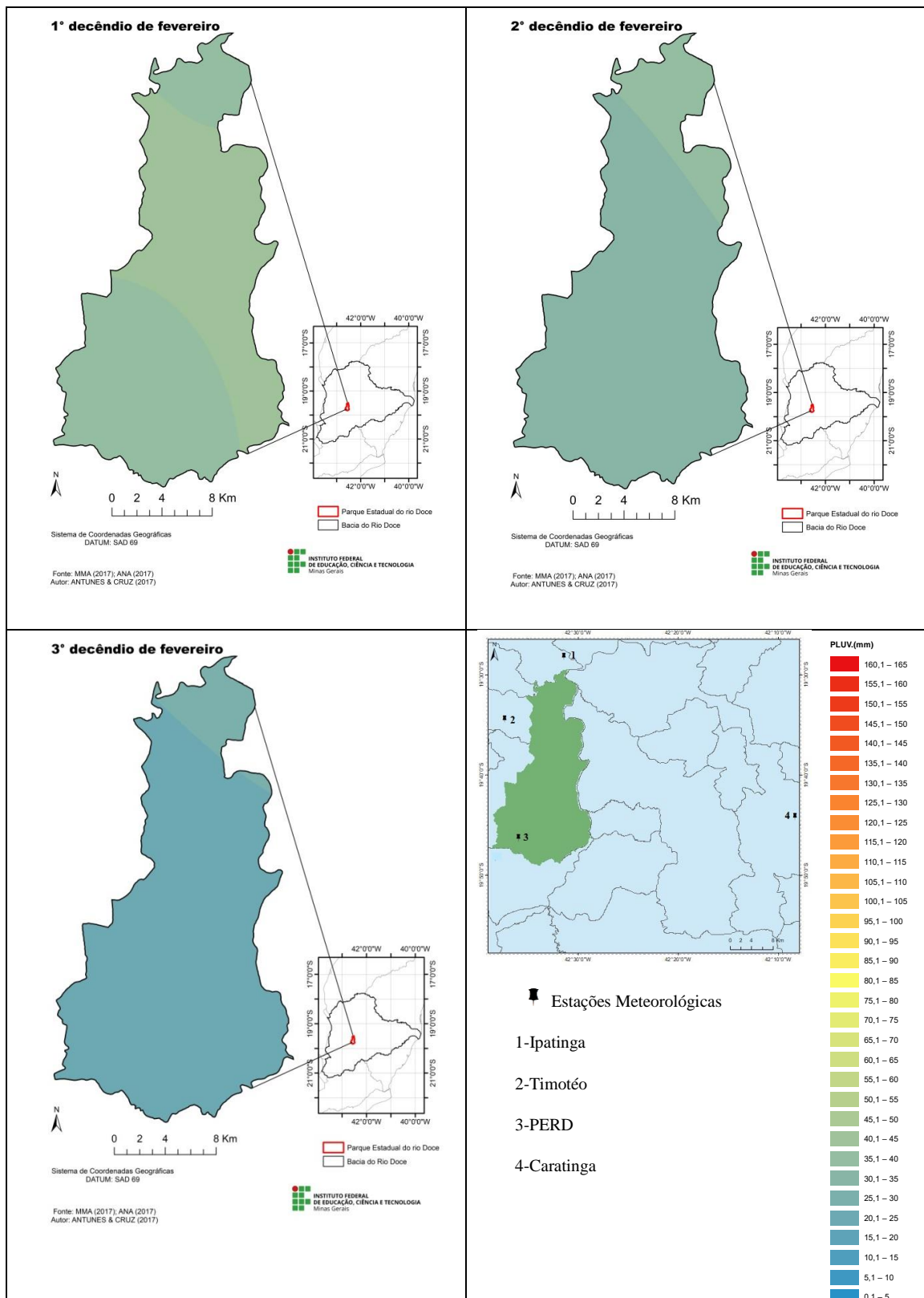


FIGURA 26 - Média decenal de precipitação no PERD do 1°, 2°, 3° decêndios de fevereiro. Fonte: ANA, INMET, 2016.

5.4 Distribuições temporais da média das temperaturas no PERD (2005-2015)

Nas estações meteorológicas do PERD e entorno (FIG.27), as temperaturas dos decêndios de outubro ao último decêndio de março apresentam valores acima de 24,1°C, atingindo a maior temperatura no 1º decêndio de fevereiro 26,1°C, caracterizando uma estação chuvosa com médias em elevação de cerca de 2°C.



FIGURA 27- Gráfico das temperaturas decendiais das estações meteorológicas do PERD e entorno no período de 2005 a 2015.

Fonte: Elaboração própria, 2017

Em abril, o 1º decêndio apresenta média de 24,5°C, porém nos outros decêndios há uma queda nas temperaturas de até 2°C dentro do mês. No mês de maio, os decêndios apresentam temperaturas também em declínio com médias variando entre 22,9°C até 20,2°C. No mês de junho, não há temperaturas acima de 22°C em nenhuma das estações meteorológicas. Em julho, a menor temperatura é registrada nas quatro estações meteorológicas analisadas, ficando com a média de 19,1°C. Nos decêndios de agosto e setembro há um aumento gradual das temperaturas que atingem médias de 24,1°C.

Em Caratinga, as temperaturas de outubro apresentaram médias crescentes nos três decêndios: 22,8°C; 23,7°C e 24,1°C. Nos decêndios de novembro, até o 3º decêndio de março as temperaturas exibiram um aumento entre 22,9°C a 25,3°C, com destaque para o 3º decêndio de fevereiro como o mais elevado do município. Em abril, as temperaturas sofrem uma queda com médias não ultrapassando os

22,5°C. Em maio, as temperaturas atingiram médias de até 21°C e continuaram em queda, apresentando, no 1º decêndio de julho, a média mais baixa de Caratinga com 19,1°C. Em agosto, acontece um aumento progressivo nas temperaturas em todos os decêndios (19,9°C, 20,2°C e 20,8°C). No mês de setembro, esse quadro tem continuidade com as temperaturas em alta (21,6°C, 22,25°C e 22,5°C).

Ipatinga começa com temperaturas de 24°C; nos outros decêndios do mês as temperaturas ficam acima de 25,5°C. Em novembro, as temperaturas também ficam acima dos 25°C. O mês de dezembro registra, nos 1º e 2º decêndios, temperaturas de 25,4°C e 25,1°C, e no 3º decêndio, a maior temperatura da estação meteorológica com média 26,9°C. Em janeiro, as temperaturas dos três decêndios exibem valores de 25,9°C, 26,6°C e 26,5°C. As temperaturas altas mantêm-se, em fevereiro, com 26,6°C, 26,7°C e 26,7°C. Em março, as temperaturas começam a apresentar médias mais baixas, com totais de 25,8°C, 26,2°C e 25,8°C. No mês de abril, as temperaturas diminuem e ficam com média de 24,5°C. As temperaturas dos decêndios de maio e junho variam entre 22,9°C a 21,1°C. Em julho, as temperaturas oscilam entre 19,5°C até 20°C sendo os decêndios com as menores temperaturas para Ipatinga. Nos decêndios de agosto, as temperaturas voltam a aumentar com médias acima de 22°C, e o mês de setembro apresenta média de 24,1°C.

A estação meteorológica de Timóteo apresenta temperaturas acima de 24°C nos decêndios dos meses de outubro 24,2°C, 25,5°C, 24,3°C, novembro 24,3°C, 24,5°C, 24,9°C dezembro 24,3°C, 25, 25,1°C. O mês de janeiro exhibe nos seus decêndios um aumento das temperaturas em relação aos decêndios anteriores, 25,2°C 26,2°C, 25,8°C. Em fevereiro, as temperaturas não apresentam valores inferiores a 25,9°C, com a máxima da estação meteorológica no 3º decêndio 26,1°C. No mês de março, as temperaturas expõem valores menores em relação ao mês de fevereiro, nos três decêndios 25,2°C; 25,6°C; 25,1°C, indicando uma transição da estação chuvosa para a seca. Assim, o mês de abril inicia o 1º decêndio com temperatura de 24,2°C, e uma queda nas temperaturas seguintes com valores de 24,2°C e 23,9°C. Maio destaca-se por temperaturas inferiores a 22°C, apresentando nos decêndios as temperaturas 21,6°C; 21°C; 20,8°C. Seguindo o último decêndio de maio, junho caracteriza-se pelas mais baixas temperaturas da estação meteorológica de Timóteo: 20,4°C; 20,6°C e 20,1°C. Essa estação meteorológica difere das demais, pois a menor temperatura fica com o 3º decêndio de junho, enquanto nas demais estações, as menores médias de temperatura estão

nos decêndios do mês de julho. Analisando os três últimos decêndios da estação seca, nota-se que nos meses de julho, agosto e setembro, as temperaturas voltam a crescer indicando o retorno da estação chuvosa.

Na estação meteorológica do PERD, os decêndios de outubro iniciam com médias de 24,1°C; 24,7°C e 25,1°C. Nota-se um aumento gradual de 1°C dentro do mês. Em novembro, as temperaturas ficam estáveis com valores de 24,9°C; 25°C e 25°C nos decêndios. No mês de dezembro, os decêndios permanecem com temperaturas de 24,5°C; 24,4°C; 25,3°C. Em janeiro, as temperaturas elevam-se com médias acima de 25°C, ficando o 1° decêndio com 25,4°C, o 2° decêndio com 25,9°C, e o 3° decêndio com 26,1°C. O mês de fevereiro se apresenta como o mês com as maiores temperaturas em todos os decêndios da estação meteorológica do PERD, exibindo as temperaturas de 25,9°C; 25,9°C e 26,1°C.

A queda da temperatura começa a ser perceptível em março, com as médias de 25,2°C; 25,8°C e 25,1°C. Com a chegada da estação seca, os decêndios de abril demonstram temperaturas inferiores às de março, com médias de 24,5°C; 24,2°C e 23,3°C. Em maio, há mais uma queda de temperatura: o 1° decêndio com 22°C, o 2° decêndio 21°C e o 3° decêndio também com 21°C. Os meses de junho e julho apresentam as menores temperaturas da estação meteorológica do PERD, sendo junho com 20,4°C; 19,7°C e 19,9°C, e os decêndios de julho com 19,5°C; 20,2°C e 20°C. Em agosto e setembro, as temperaturas elevam-se, indicando o fim da estação seca e início da estação chuvosa com as temperaturas no 1° decêndio de agosto de 20,5°C, no 2° decêndio 21,1°C, e o 3° decêndio 21,4°C. O mês de setembro com os valores de 22,3°C, 23°C e 23,3°C.

5.4.1 Espacialização das temperaturas no PERD

5.4.1.1 Estação chuvosa

Pode-se observar as temperaturas do mês de outubro (APÊNDICE B, FIG.1Ba, 1Bb, 1Bc), no 1° decêndio, variando entre 22,8°C até 24,2°C, com o maior valor cobrindo a parte norte, noroeste e centro-norte do parque. No 2° decêndio, as temperaturas ficam entre 23,7°C a 25,5°C, onde as maiores médias concentram-se

numa faixa de Noroeste, Norte, Nordeste do PERD. No 3º decêndio, as temperaturas oscilam entre 24,1°C a 25,9°C e nota-se que, em uma pequena faixa na parte noroeste, encontra-se a menor temperatura do decêndio e, no extremo norte, a maior temperatura.

No mês de novembro (APÊNDICE B, FIG.2Ba, 2Bb, 2Bc), as temperaturas continuam acima dos 23°. O 1º decêndio mantém as temperaturas entre 23,8° a 25,2°C, sendo a menor média localizada numa parte a noroeste do PERD. O 2º decêndio apresenta índices que variam entre 22,9° a 25,8°C; nota-se que as temperaturas aumentam em direção ao norte do PERD, concentrando-se no extremo norte a maior temperatura. No 3º decêndio, as médias ficam entre 23,7°C a 25,2°C. Em relação ao posicionamento das médias, repete-se a do decêndio anterior.

No mês de dezembro (FIG.28a à 28c), no 1º decêndio, as temperaturas ficam entre 24,3°C a 25,4°C, com a característica de mudança na posição das temperaturas mais altas para o lado nordeste do PERD, concentrando-se no extremo norte. No 2º decêndio, as médias estão entre 23,9°C a 25,1°C, com posicionamento das médias mais baixas no lado sul, e no restante do PERD aumento gradativo. No último decêndio de dezembro, FIG.27c, as temperaturas apresentam aumento e a média fica entre 24,6°C a 26,9°, com crescimento na diagonal em direção ao nordeste até o norte do PERD.

O mês janeiro (FIG. 29a à 29c) apresenta, no seu 1º decêndio, temperaturas de 24,6°C a 25,9°C, variando gradualmente no sentido de sul-norte. No 2º decêndio, oscilam de 24,9°C a 26,6°C, sendo maiores que no decêndio anterior, tendo na parte sul para o centro as menores temperaturas, e do centro para o norte as maiores. Com as temperaturas altas, o 3º decêndio, 24,9°C a 26,5°C, último decêndio do mês, difere dos demais, pois há uma homogeneidade das temperaturas em todo o PERD, com destaque para as mais altas no norte.

Em fevereiro (FIG.30a à 30c), as temperaturas ficam acima dos 24,5°C. No 1º decêndio as variações ficam entre 25,1°C a 26,6°C, sendo que as menores médias de temperatura estão no sul e as maiores no norte. Com médias um pouco menores, entre 24,7°C a 26,7°C, o 2º decêndio apresenta as maiores temperaturas em uma faixa que alcança uma parte do nordeste do PERD e aumenta em direção ao norte. O 3º decêndio não exhibe médias inferiores a 25°C. A respeito da Com relação à posição das temperaturas, uma pequena faixa com temperaturas menores está

localizada no sudoeste e no sudeste do PERD; no restante do parque concentram-se as mais altas médias com valores de até 26,7°C.

Os decêndios do mês de março (APÊNDICE B, FIG.3Ba, 3Bb,3Bc) apresentam temperaturas acima de 24,5°C. No 1° decêndio, as médias são de 24,8°C a 25,8°C, apontando uma variação de 1°C em todo o PERD, com a maior média ao norte. No 2° decêndio, as temperaturas mantêm-se elevadas com médias de 24,5°C a 26,2°C, sendo a maior média identificada no extremo norte do parque. No último decêndio do mês e também o último da estação chuvosa, as temperaturas variam entre 24,4°C a 25,8°C, com a maior temperatura no extremo norte da região.

5.4.1.2 Estação seca

Com relação à estação seca, as temperaturas permanecem altas no mês de abril (APÊNDICE B, FIG. 4Ba, 4Bb, 4Bc), com médias entre 23,8°C a 25°C. Nos 1° e 2° decêndios, os valores variam entre 23,1°C a 24,8°C; já no 3° decêndio, as médias começam a decrescer, com máxima de 24°C na parte norte e mínima de 22,5°C na parte sul do PERD. Em maio (APÊNDICE B, FIG.5Ba, 5Bb,5Bc), o 1° decêndio apresenta temperaturas que variam entre 21°C a 22,7°C, alcançando o valor máximo ao norte do PERD. No 2° decêndio, as temperaturas apresentam valores entre 20,2°C a 22°C, variando em todo PERD, com o maior valor na parte norte. No 3° decêndio, a variação ocorre entre 20,3°C a 22,9°C, apresentando um gradiente de temperatura no sentido sul-norte e em direção a leste do parque.

Em junho (APÊNDICE B, FIG.6Ba, 6Bb, 6Bc), no 1° decêndio, as temperaturas decrescem com médias entre 19,7°C a 21,3°C em toda a parte sul e centro-oeste. No 2° decêndio, as temperaturas na parte sul da região chegam a 19,2°C e no norte 21,1°C. Quanto ao 3° decêndio, na parte sul, prevalecem as menores médias, com totais de 19,3°C e, na porção norte, 21,2°C.

Em julho (APÊNDICE B, FIG.7Ba,7Bb, 7Bc) registram-se as menores temperaturas do 1° decêndio, apresentando 19°C numa pequena faixa a sudoeste, e 21°C em toda parte noroeste. No 2° decêndio, as menores temperaturas permanecem na parte sul do parque, com totais de 19,3°C, e as maiores atingem 21,6°C na porção setentrional. No 3° decêndio, encontram-se temperaturas em cinco regiões distintas, no sentido sul-norte, variando respectivamente de 19,3°C a 22,3°C.

Nos decêndios de agosto (APÊNDICE B, FIG.8Ba, 8Bb, 8Bc), as temperaturas elevam-se no 1° decêndio, variando entre 19,9°C a 21,7°C. No 2° decêndio, a variação fica entre 20,2°C a 22,2°C. Já no 3° decêndio, a amplitude térmica apresenta-se com 2°C de intervalo, entre 20,8°C a 22,8°C no sentido sul-norte. Em setembro (APÊNDICE B, FIG.9Ba, 9Bb, 9Bc), finaliza-se a estação seca com temperaturas mais elevadas. O 1° decêndio tem variação entre 21,6°C a 23,2°C. No 2° decêndio, ao norte do parque, permanecem as temperaturas mais altas, 23,8°C; na parte centro-sul as menores 22,3°C. O 3°decêndio apresenta valores que variam de 24,1°C no extremo norte a 22,5°C.

Observa-se, portanto, que as temperaturas mais elevadas encontram-se na porção setentrional, enquanto as menores na porção meridional do PERD.

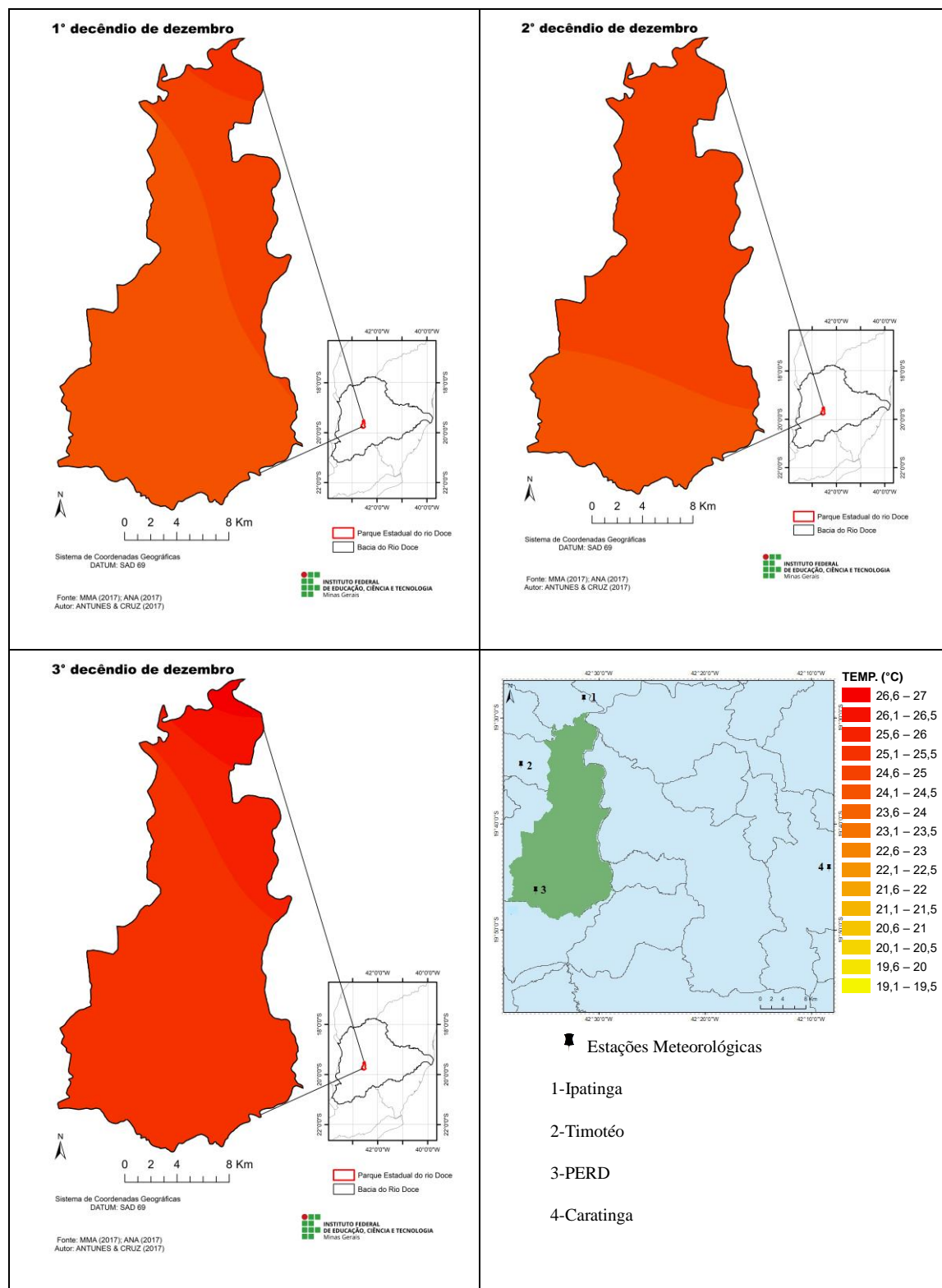


FIGURA 28 - Média decenal de temperatura no PERD do 1°(a), 2°(b), 3°(c) decênios de dezembro.
Fonte: IGAM, INMET, 2016.

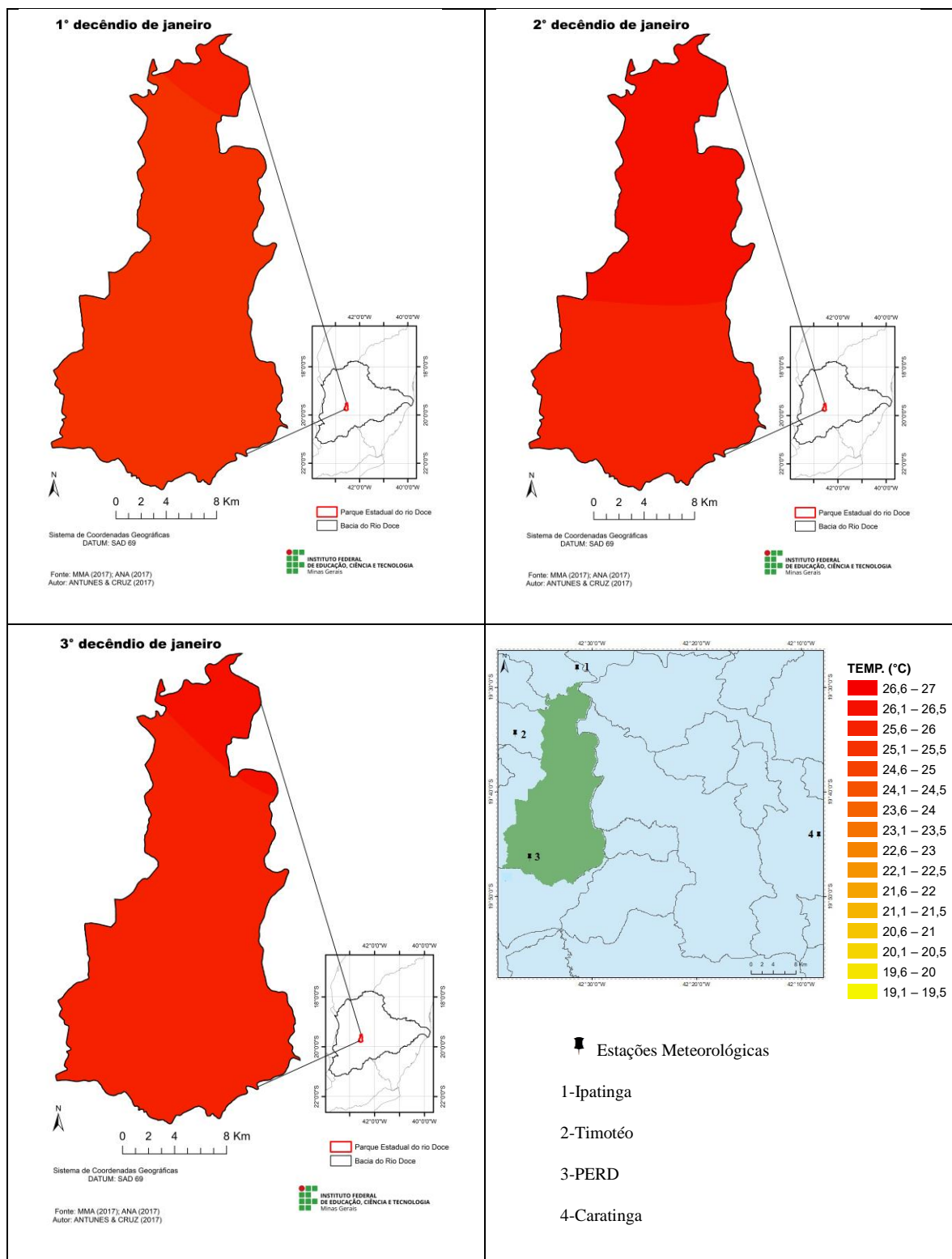


FIGURA 29 - Média decenal de temperatura no PERD do 1°(a), 2°(b), 3°(c) decêndios de janeiro. Fonte: IGAM, INMET, 2016.

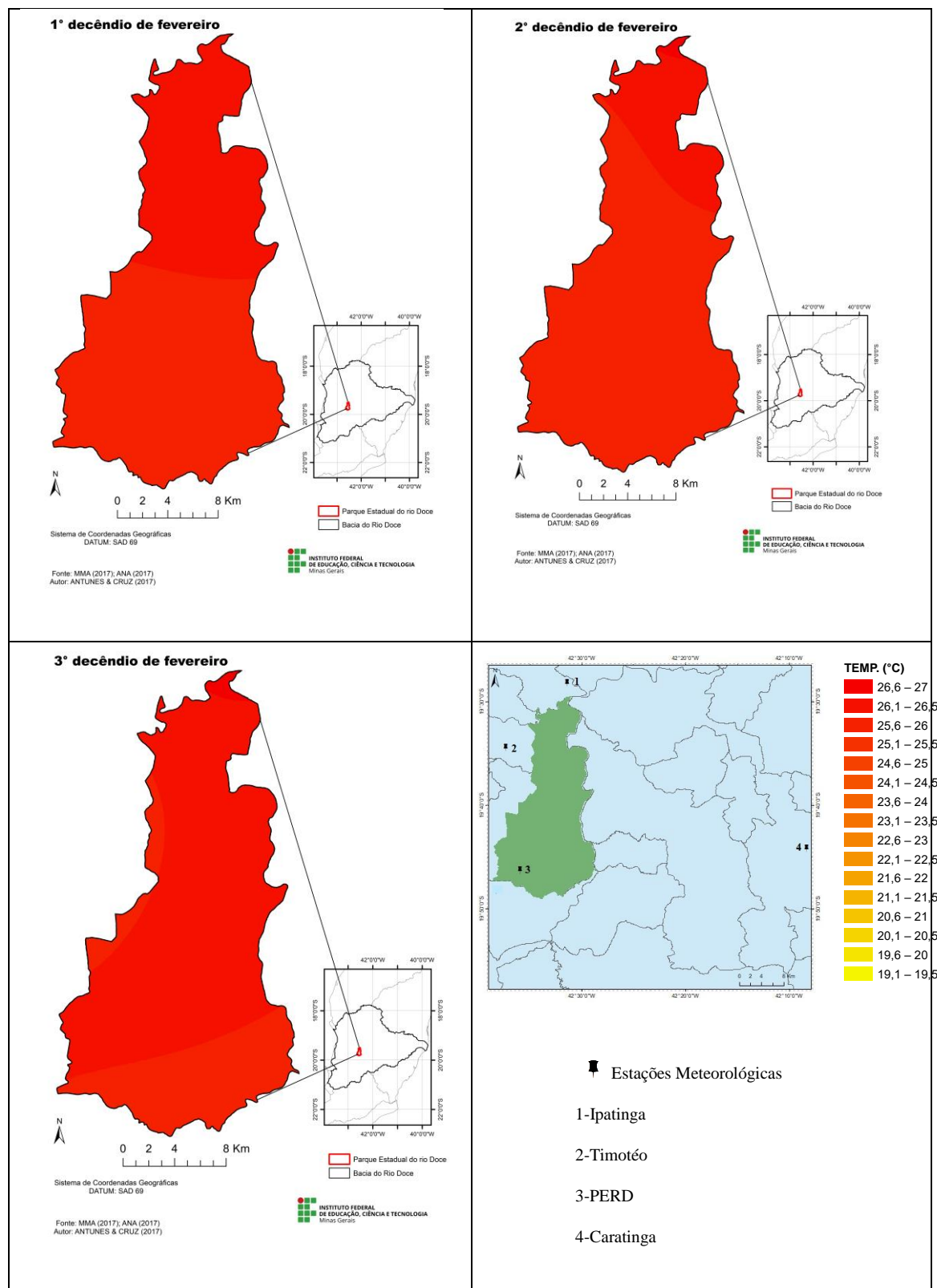


FIGURA 30 - Média decenal de temperatura no PERD do 1º(a), 2º(b), 3º(c) decêndios de fevereiro. Fonte: IGAM, INMET, 2016.

4.5 Aspectos Dinâmicos

Ao analisar os campos de linha de corrente a 200 hPa e 850hPa (FIG. 31 a 33 e, APÊNDICE C), verifica-se no PERD que a estação chuvosa (outubro a março) é marcada pelos mesmos mecanismos atmosféricos atuantes no estado de Minas Gerais e influenciam o regime hídrico do parque. Esses mecanismos atmosféricos atuam no período da estação chuvosa e nos períodos da estação seca. Nota-se na estação chuvosa, tanto em 200hPa como 850 hPa, a presença de uma Confluência-CONF, que geralmente é composta de umidade e nebulosidade. Ao encontrar com os anticiclones, perdem força e dissipam com a circulação.

As condições dinâmicas estudadas a partir dos campos de linha de corrente, apresentaram os seguintes mecanismos de escala sinóticas atuantes no continente e que influenciam na climatologia do PERD: a Alta da Bolívia (AB), o Cavado do Nordeste (CN), Jato Subtropical (JS), Anticiclone do Subtropical da Atlântico Sul (ASAS) e a Zona de Convergência da América do Sul (ZCAS). Os aspectos dinâmicos citados anteriormente foram estudados por Cupolillo (2015) para toda a bacia do rio Doce. Reboita *et al.* (2015) definiu o clima para o estado de Minas Gerais, Leão (2008) para região de Sete Lagoas no estado de Minas Gerais e Moreira (2002) a distribuição espacial e chuvas em Belo Horizonte.

4.5.1. Estação Chuvosa

Nos decêndios de outubro (APÊNDICE C, FIG.1Ca, 1Cb, 1Cc), em 200hPa, nota-se a influência do Cavado do Nordeste-CN sobre a região de Minas Gerais, provocando subsidência no ar e com isso ausência de precipitação e da Alta da Bolívia-AB, situada sobre a Amazônia. Observa-se, a partir do 3º decêndio, que a AB inicia sua rota de aproximação do Sudeste brasileiro. Em nível de 850 hPa (APÊNDICE C, FIG. 1Cd, 1Ce, 1Cf), o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul-ASAS está localizado bem próximo ao continente, reforçando indiretamente baixos índices de precipitação, observados nos mapas de chuva de outubro (APÊNDICE A, FIG.1Aa, 1Ab,1Ac).

Em Novembro, sugere-se o aumento gradativo da umidade direcionada pela AB na região sudeste e conseqüentemente em Minas Gerais, contribuindo para o início das chuvas intensas no estado (APÊNDICE A, FIG.2Aa, 2Ab,2Ac), enquanto

que a atuação do CN é muito discreta e com pouca influência sobre a região. Nos campos de 850 hPa, (APÊNDICE C, FIG. 2Cd, 2Ce, 2Cf), o ASAS encontra-se no Oceano Atlântico, com seu giro anti-horário, direcionando a umidade para o continente.

Nos decêndios de dezembro (FIG. 31a a 31f), os campos de 200hPa demonstram a forte influência da AB, direcionando a umidade da Amazônia para o Estado de Minas e conseqüentemente para o PERD, contribuindo para o aumento de chuvas intensas na região. Quanto ao CN, concomitantemente à AB, este mecanismo se mantém ainda sobre o Oceano Atlântico, mas com sua forma bem acentuada, indicando possível influência sobre o continente. Em 850 hPa, nestes decêndios de dezembro (FIG 31d à 31f) e estendendo-se aos decêndios de janeiro (FIG. 32d a 32f), observa-se a confluência do escoamento sobre Minas Gerais, transportando umidade da Amazônia para o Estado, responsável pela formação de ZCAS.

Em janeiro, a 200 hPa (FIG. 32a a 32c), o CN inclina-se em direção ao continente, iniciando a sua influência da subsidência sobre a superfície. A partir do 2º decêndio, o CN fecha-se e forma um bloqueio atmosférico contribuindo para a ocorrência do Veranico Climático. Do 3º decêndio de janeiro ao 3º decêndio de fevereiro (FIG. 32c a 33c), no PERD, o CN corrobora para a diminuição brusca e mudanças no padrão das chuvas na região

No mês março (APÊNDICE C, FIG.3Ca, 3Cb, 3Cc, 3Cd, 3Ce, 3Cf), os mecanismos atmosféricos retomam de forma semelhante ao padrão do 1º decêndio de janeiro, nos níveis 200hPa e 850hPa, favorecendo o retorno da umidade, restabelecendo a ocorrência de chuvas sobre o PERD, situação que se estende para o restante do mês (APÊNDICE A, FIG3Aa,3Ab, 3Ac).

4.5.2 Estação Seca

Em abril (APÊNDICE C, FIG. 4Ca, 4Cb, 4Cc, 4Cd, 4Ce, 4Cf), no 1º decêndio, no nível de 200hPa, identifica-se que a AB causa chuvas de até 56mm no PERD (APÊNDICE A, FIG.4Aa, 4Ab, 4Ac). O CN está presente no litoral sul do Nordeste. No nível de 850hPa, o ASAS está situado no Oceano Atlântico. No 2º decêndio, no nível 200hPa, a AB localiza-se para noroeste atuando sobre a região centro-oeste e

sul da Amazônia. Com isso, no nível 800hPa, o ASAS avança para o Sudeste diminuindo pela metade o índice de chuvas no estado de Minas Gerais. No último decêndio do mês praticamente não há existência da AB, no nível de 200hPa; já em 850 hPa, o ASAS intensifica sua permanência no Sul-Sudeste do país, configurando um bloqueio atmosférico sobre essas regiões.

No mês de maio (APÊNDICE C, FIG. 5Ca, 5Cb, 5Cc, 5Cd, 5Ce, 5Cf), todos os decêndios apresentam diminuição nos índices de precipitação no PERD (APÊNDICE A, FIG. 5Aa, 5Ab, 5Ac). No nível de 200hPa, nota-se que a AB perde força na América do Sul situando-se no extremo noroeste da Amazônia, enquanto no nível 850 hPa, o ASAS avança para o continente, com presença de um bloqueio atmosférico que iniciou no 3º decêndio de abril e estendeu-se até o 3º decêndio de maio. A partir do 3º decêndio de maio, em 850 hPa, o bloqueio se desfaz, persistindo a ação do ASAS sobre o continente.

Nos meses de junho, julho, agosto e setembro (APÊNDICES C, FIG. 6Ca, 6Cb, 6Cc, 6Cd, 6Ce, 6Cf; FIG.7Ca, 7Cb, 7Cc, 7Cd, 7Ce, 7Cf; FIG.8Ca, 8Cb, 8Cc, 8Cd, 8Ce, 8Cf; FIG 9Ca, 9Cb, 9Cc, 9Cd, 9Ce, 9Cf), no nível de 200 hPa, praticamente a AB não é identificada no Brasil, com exceção ao 3º decêndio de setembro(APÊNDICES C, FIG. 9Cf), que aponta indícios da volta da estação chuvosa nos estados do Sudeste. Em 800hPa, o ASAS ganha destaque sobre o PERD, contribuindo para longos períodos de estiagem, através do processo de subsidência do ar e da descontinuidade do relevo da região.

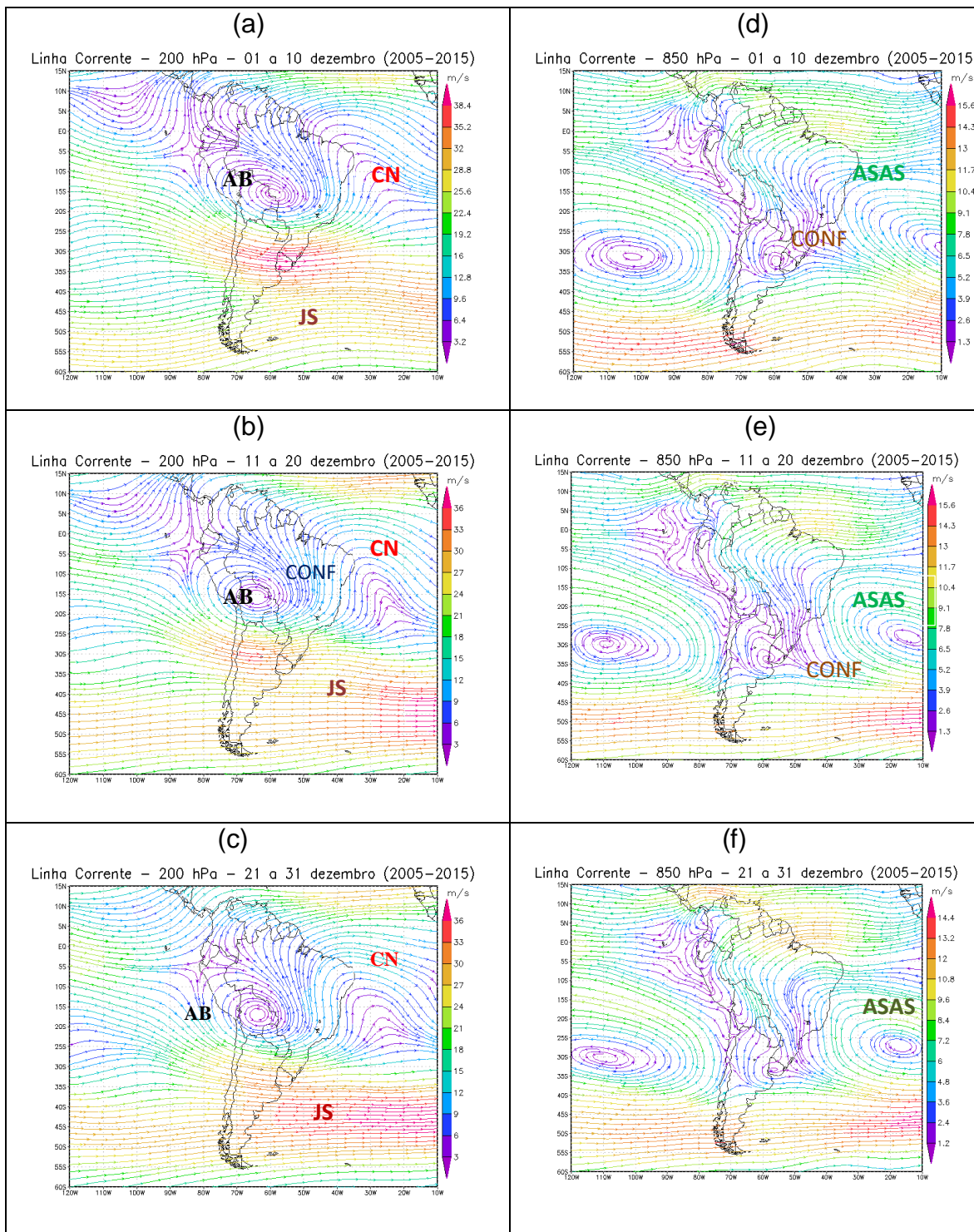


FIGURA 31 - Campos de linhas de corrente 200hPa (a,b,c) e 850 hPa (a,b,c) 1°, 2° e 3° Decêndios de dezembro (2005-2015).

Fonte: NOAA, 2017

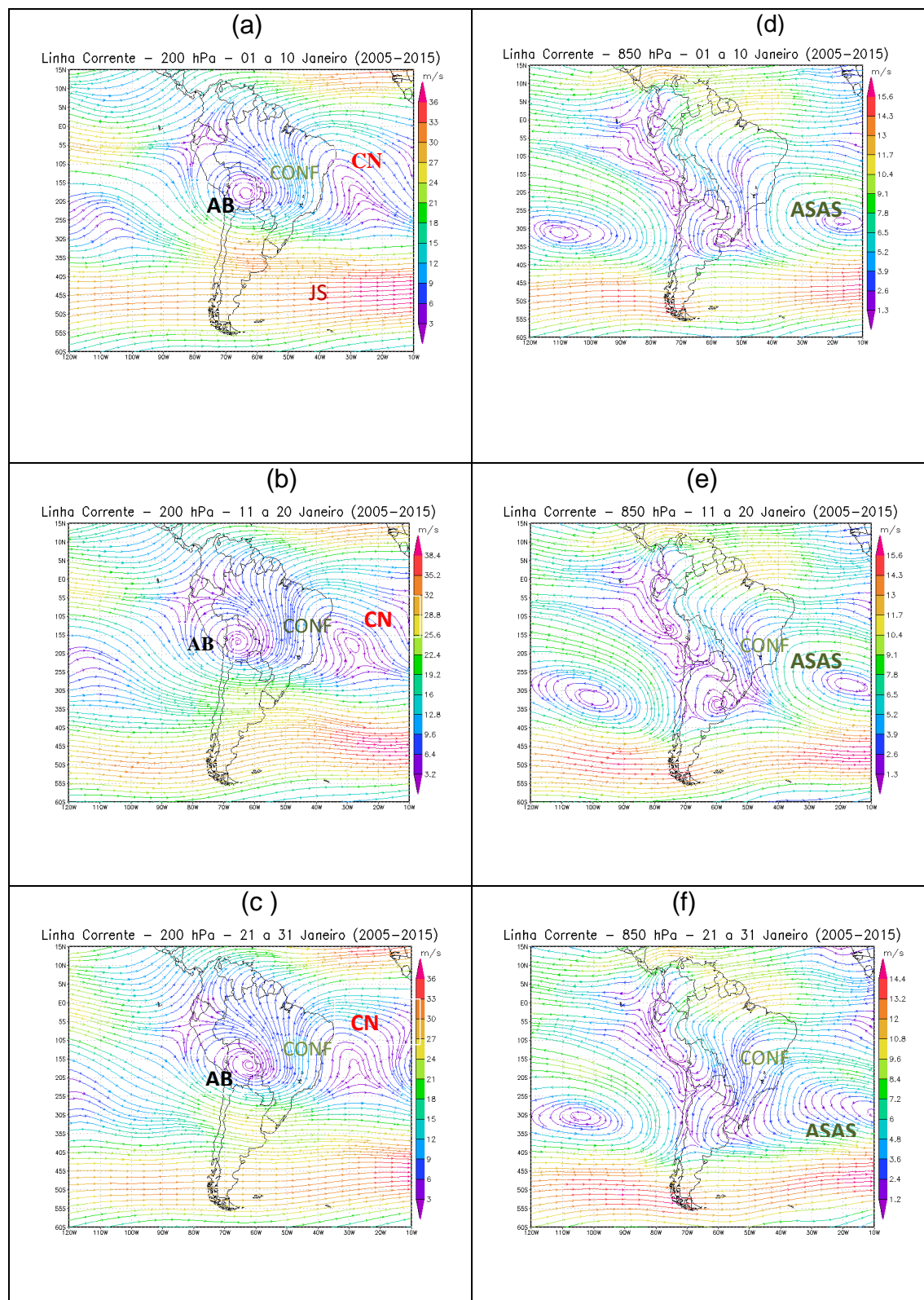


FIGURA 32 - Campos de linhas de corrente 200hPa (a,b,c) e 850 hPa (a,b,c) 1°, 2° e 3° Decêndios de janeiro (2005-2015).

Fonte: NOAA, 2017

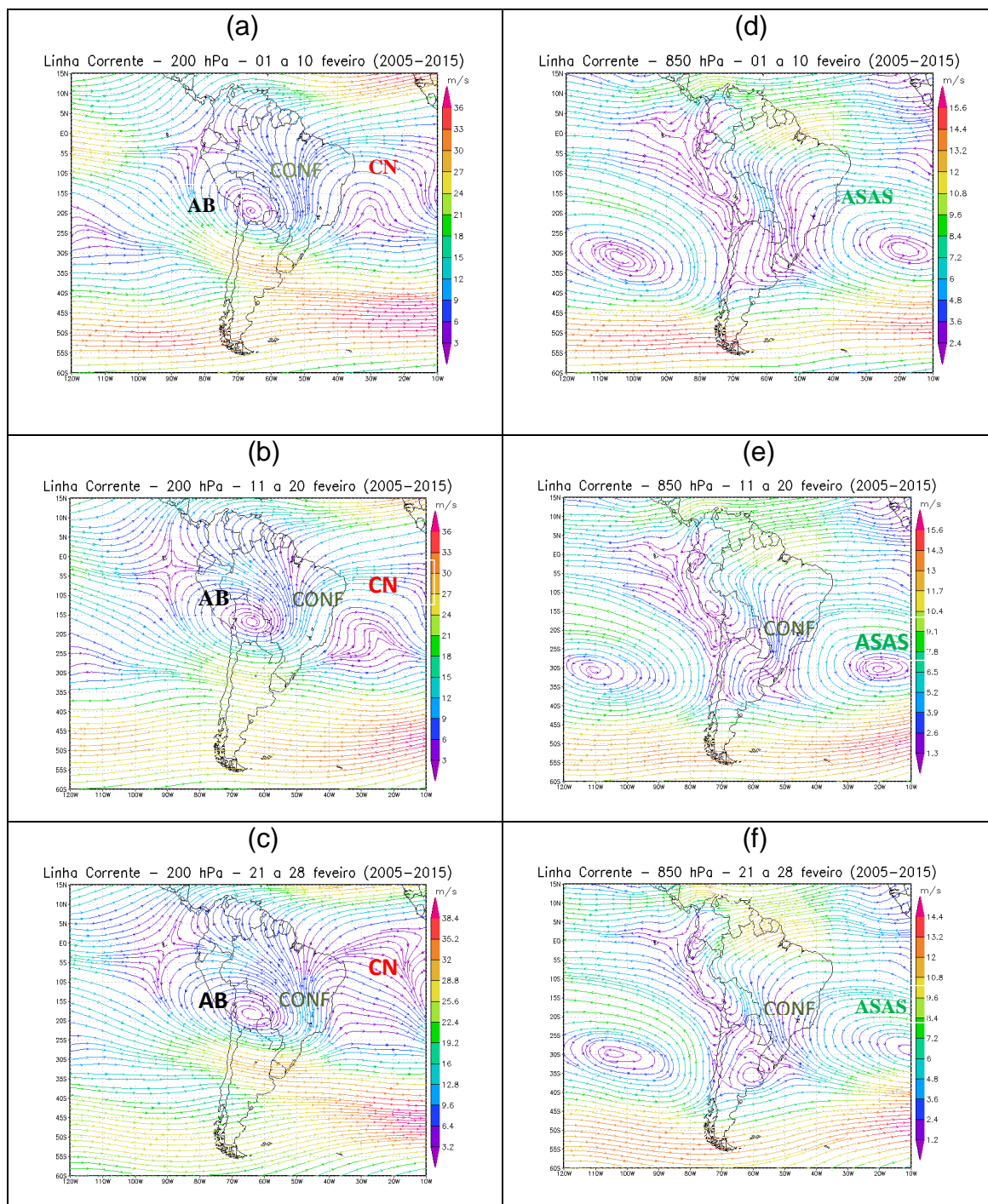


FIGURA 33 - Campos de linhas de corrente 200hPa (a,b,c) e 850 hPa (a,b,c) 1°, 2° e 3° decêndios de fevereiro (2005-2015).

Fonte: NOAA, 2017

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

Este estudo foi dividido em quatro partes: a) Balanço hídrico decendial climatológico; b) Espacialização das chuvas; c) Espacialização das temperaturas; d) Aspectos dinâmicos.

a) Com relação ao balanço hídrico decendial climatológico do PERD.

Observa-se que, nos decêndios de outubro, as precipitações não atingem totais para a reposição e excedente hídricos; a partir dos decêndios de novembro a recarga hídrica começa a ser notada. Os decêndios de dezembro, apresentaram os maiores índices pluviométricos da estação chuvosa (outubro-março). Nos de janeiro, as médias de chuvas decrescem. Em fevereiro, há a presença de veranicos climáticos que foram detectados em todas as estações meteorológicas analisadas; veranicos que atingem a bacia do rio Doce, como já mencionado por Cupolillo (2015).

O mês de março aponta a volta das precipitações nas estações meteorológicas, porém com menor intensidade. No mês de abril há precipitações no 1º decêndio na região do PERD. A partir do 2º decêndio de abril, todas as estações meteorológicas apresentam retiradas e deficiência hídrica que vão acentuando nos meses de junho, julho, agosto e setembro, fazendo com que o BH apresente respectivamente os seguintes decêndios: 24 em Ipatinga, 23 no PERD, 23 em Timóteo e 20 em Caratinga, com uma média de 22,5 de decêndios com retirada e deficiência hídrica. O balanço hídrico climatológico das estações meteorológicas instaladas no PERD e entorno demonstraram que a reposição e excedente hídricos tornaram-se efetivos a partir do 3º decêndio de outubro e os meses de dezembro e janeiro foram os únicos com todos os decêndios apresentando excedentes hídricos.

b) Espacialização das chuvas no PERD.

Ao analisar as chuvas no PERD um fato inédito foi detectado, pois um estudo sobre direção das chuvas no parque ainda não tinha sido desenvolvido. Com isso, notou-se um comportamento pluviométrico semelhante em toda a estação chuvosa, sendo a parte norte-noroeste-nordeste a que recebe maior volume de chuvas. Esse comportamento deve-se a sistemas atmosféricos que agem no estado de Minas Gerais influenciando diretamente o parque, como a Alta da Bolívia-AB que penetra pelo parque na parte norte e se direciona para o mar. As frentes frias que avançam

para o Sudeste também influenciam as precipitações. A combinação das duas frentes de umidade formam a Zona de Convergência da América do Sul-ZCAS que, estacionando no estado de Minas Gerais, ocasionam intensa precipitação.

No entanto, em fevereiro identificou-se uma queda brusca no ritmo de chuvas, devido à ocorrência de um veranico climatológico. Tal fato deve-se à formação do Cavado do Nordeste-CN, a partir do 2º decêndio de janeiro, FIG.31a, que se fecha e causa subsidência do ar, reduzindo as precipitações no PERD até o 3º decêndio de fevereiro, FIG.33c. Essa alteração no regime de chuvas foi detectada por Silva e Reboita (2013), concluindo que em lugares do estado de Minas Gerais há uma interrupção de precipitações de 10 a 20 dias

O ASAS também contribui com a queda das precipitações nos mesmos períodos anteriores. Ao estudarem a precipitação do estado de Minas Gerais, Silva e Reboita (2013) citam o ASAS que enfraquece a precipitação e provoca estiagem devido à redução da temperatura da superfície; com seu giro anti-horário permite que a umidade se direcione para o oceano. Bastos e Ferreira (2000) também citam o ASAS como um fenômeno responsável por um céu limpo e sem nuvens no inverno, sem a presença de precipitações.

c) Na análise das temperaturas, conclui-se que, na estação chuvosa, as temperaturas médias ficam entre 22°C a 26°C, sendo as maiores em Ipatinga e Timóteo. Na estação seca, Caratinga e o PERD registraram as menores médias entre 19°C a 22°C.

Ao realizar a interpolação de todas as temperaturas, o posicionamento das temperaturas apresenta-se da seguinte maneira: na parte norte-noroeste-nordeste do PERD, tanto na estação chuvosa quanto na estação seca, as temperaturas são as mais elevadas; a parte sul do parque apresenta as menores temperaturas. Uma das possibilidades para tal acontecimento é a proximidade com o Pico do Jacroá (800m), situado no município de Marliéria, que concentra a umidade que chega no parque não dispersando-a.

d) Aspectos dinâmicos:

O escoamento do ar em 200hPa e 850hPa foi marcante nos períodos secos e úmidos na região de estudo. Enquanto na estação seca predominou a presença do Cavado do Nordeste-CN em 200hPa, formando um bloqueio que impediu a entrada de frentes úmidas no parque em nível de 850 hPa, o ASAS provocou uma circulação

anômala de forma anticiclônica, que contribuiu para a intensificação de subsidência do ar nos períodos secos e de veranicos.

Na estação chuvosa, os padrões invertem em 850hPa, uma esteira de umidade se forma com ar quente e úmido vindo da Amazônia, que intensifica as condições de instabilidade do ar na região sudeste do país. Em altos níveis, 200hPa, a movimentação em divergência da AB direciona a umidade da Bolívia também para a região sudeste, o que contribui para a formação de nebulosidade e chuvas intensas de verão no PERD, formando o mecanismo ZCAS.

Espera-se que os resultados obtidos com esta pesquisa possam servir de fonte de aprendizado para outros trabalhos, uma vez que o estudo do clima é importante para a compreensão do comportamento da fauna, flora e o complexo sistema lacustre que se encontra no PERD.

e) Recomendações

- Realizar balanços hídricos climatológicos, tomando critérios de dia seco, 1mm, 5mm, 10 mm, 15mm, no sentido de contribuir com valorosas informações nas áreas de planejamento climático e de recursos hídricos no PERD.
- Detalhar com menores espaços de tempo a espacialização de chuvas com subdivisões em pântadas, ou quinquídios para um melhor diagnóstico da distribuição das chuvas no norte e sul do parque, para contribuição de estudos futuros do comportamento da fauna, flora e do sistema lacustre do PERD.
- Especializar os riscos climáticos com os aspectos dinâmicos que influenciam o PERD e causam perdas hídricas na estação chuvosa.
- Aplicar estudos associados aos fenômenos de larga escala e as influências dos mesmos no regime pluviométrico do PERD.

REFERÊNCIAS

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia dos trópicos**. 7ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. 332 p.

ALVES, E. D. L.; VECCHIA, F. A. S. Análise de diferentes métodos de interpolação para precipitação pluvial no estado de Goiás. *Acta Scientiarum Human and Social Sciences*. Vol.33, n. 2, p. 193-197, 2011.

AMARO, H. A.; LACERDA, E. G.; MOLION, L. C. B. Um episódio da Zona de Convergência na América do Sul. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 16. 2010, Belém, PA. A Amazônia e o clima Global. **Anais...** Belém PA. SBMET.

ANTUNES, D. A.; CUPOLILLO, F. Parte1: Análise comparativa dos Balanços Hídricos Climatológicos Decendiais no PERD: Período 2005-2015, em relação ao ano anômalo de 2012 e 2013. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, **Anais...**Bahia: Juazeiro, 2017.

ARAÚJO, M. A. R. **Subsídios ao planejamento do Sistema Estadual Unidades de Conservação: tamanho, representatividade e gestão de Parques em Minas Gerais**. 2004. 274 f. Tese (doutorado em Ecologia, conservação e manejo de vida silvestre). Universidade federal de Minas Gerais-UFMG, Belo Horizonte, 2004.

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

BASTOS, C.; FERREIRA, N. Análise Climatológica da Alta Subtropical do Atlântico Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, **Anais...** Rio de Janeiro, 2000. p. 612-619.

BRASIL. **Decreto n. 23.793 de 23 de janeiro de 1934**. Institui o Código Florestal. Brasília, 1934. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/CCIVIL/decreto/1930-1949/D23793.htm>. Acesso em: 30 ago. 2017.

BRASIL. **Lei n. 4771 de 15 de setembro de 1965**. Institui o Novo código Florestal. Brasília-DF, 15 set. 1965. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1960-1969/lei-4771-15-setembro-1965-369026-publicacaooriginal-1-pl.html>. Acesso em: 30 ago 2017.

BRASIL. **Lei n. 9.985, de 18 de julho de 2000**. Institui o Sistema Nacional de Unidade de Conservação da Natureza-SNUC. Brasília-DF, 18 jul.2000. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9985.htm Acesso em: 30 ago. 2017.

BRASIL. **Decreto Legislativo n. 3, de 13 de fevereiro de 1948**. Aprova a Convenção para a proteção da flora, da fauna e das belezas cênicas naturais dos países da América de 1940. Brasília-DF, 13 fev.1948. Disponível em: http://www.gov.br/fauna/legisla%C3%A7%C3%A3o/decleg_03_48.pdf. Acesso em: 30 de ago.2017.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. Princípios básicos em geoprocessamento. In: ASSAD, E.D.; SANO, E.E. **Sistemas de Informações Geográficas (Aplicações na Agricultura)**. 2.ed. Brasília: SPI/ EMBRAPA-CPAC, 1998. 434 p.

CAMARGO, A. P. Contribuição para a determinação da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo. **Boletim Técnico do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo**, v. 21, n. 12, 1962. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/brag/v21nunico/12.pdf>. Acesso em: 16 de jun.2017.

CARVALHO, H. P.; NETO, D. D.; TEODORO, R. E. F.; MELO, B. Balanço Hídrico Climatológico, armazenamento efetivo da água no solo e transpiração na cultura de café. **BIOSENSE JOURNAL**. v.27, n.2, p.221-229, Uberlândia-MG, Mar/Abr.2011. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/8070/7227>. Acesso: 26 de jun.2017.

CARVALHO, J. R. P. de: ASSAD, E. D.; PINTO, H. S. Interpoladores geostatísticos a análise da distribuição espacial da precipitação anual e da sua relação com altitude. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, p.1235-1242, Brasília-DF, 2012.

CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A.J; DIAS, M. A. F. **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de textos, 2009.463p.

CORREIA-FILHO, W. L. F.; BARRETO, N. J. C.; JESUS, E. S.; LOPO, A. B.; PINHEIRO, J. U.; SANTOS, A. S.; SCHMIDT, D. M; SILVA, B. K. N.; VALADAO, C. E. A.; MATTOS, A. Estimativa do balanço hídrico climatológico para o Estado do Rio Grande do Norte. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA. **Anais...** Belém-PA, 2010. Disponível em: http://www.sbmet.org.br/cbmet2010/artigos/745_93007.pdf. Acesso em: 23 ago 2017.

CUPOLILLO, Fulvio. **Diagnóstico Hidroclimático da Bacia do Rio Doce**. Tese (Doutorado em Climatologia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Belo Horizonte, 2008. 156 f.

CUPOLILLO, F. **Diagnóstico Hidroclimatológico da Bacia do Rio Doce**. 1ª. ed. Saarbrücken - Alemanha: Novas Edições Acadêmicas, 2015. v. 1. 224p.

CUPOLILLO, F.; ABREU, M. L.; ASSIS, W. L.; PUJONI, D.; BARBOSA, F. A.; BAROSA, P. M. M. Parte 1- **Balanço Hídrico Climatológico de Ipatinga (1961-1990;1991-202)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, Gramado-RS, 2012.

D' ANGIOLELLA, G.; VASCONCELLOS, V. L. D.; ROSA, J. W. C. Estimativa e espacialização do balanço hídrico na Mesorregião Sul da Bahia. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, v. 16, n. 21, p. 83-90, Goiânia, 2005 Disponível em: <http://marte.sid.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/10.07.17.21/doc/83.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2017.

DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras -MG. **Revista Ciências Agrotécnicas**. v. 32, n.6, p1862-1866, nov/dez, Lavras, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cagro/v31n6/a39v31n6.pdf>. Acesso em: 21 ago.2017.

DOTY. B. **Analizador de Grade e Sistema de Exibição**. Tradução de. José Fernando Pequeno. Colorado-USA. 1998. 148p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA.EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3 ed. Brasília, 2013. 353p.

FERREIRA, V. M. **Definição de parâmetros para estimativa de risco climático no consórcio milho-feijão-caupi**. Dissertação (mestrado em Agronomia)- Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2007. 60f.

FRANCA, R. R. da. **Anticiclones e umidade relativa do ar: um estudo sobre o clima de Belo horizonte**. Dissertação (mestrado em Geografia)-Departamento de Geografia. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo horizonte.2009. 109f.

FRANCO, A. C. L; UDA, P. K. Comparação de métodos de espacialização da precipitação na bacia do alto Rio Negro, Santa Catarina. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. **Anais...** João Pessoa: INPE, 2015.p.3052-3058. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p0607.pdf>. Acesso em: 10 out.2017.

GARCIA, P. M. B. **Uso e ocupação do solo urbano em Timóteo: uma abordagem geoambiental**. Dissertação (mestrado em ciências naturais) - Escola de Minas Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2010. 121f.

HARARI, Y. N. **Sapiens: uma breve história da humanidade**. L&MP, 2015, 464 p.

HARGREAVES, G. H.; SAMANI, Z. A. *Reference crop evapotranspiration from ambient air temperature*. **American Society of Agricultural and Biological Engineers Meeting**, Chicago, 1985, p. 2517.

HOLMES, R.M.; ROBERTSON,G.W. *Conversion of latent evaporation to potential evapotranspiration*. **Journal of Pant Science**, Canada, v.2, n 38, 1958. Disponível em: www.nrcreaserchpress.com. Acesso em: 25 mai. 2017.

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS- IEF-MG. **Plano de Manejo do Parque Estadual do Rio Doce**. 2009. Disponível em: <http://www.ief.gov.br/component/content/360?task=view>. Acesso em: 30 mar. 2017.

JONES, C.; HOREL, J. D. A circulação da Alta da Bolívia e a atividade convectiva sobre a América do Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v.5, n.1 ou 2, p.379-387,1990.

JÚNIOR, A. S. **Aplicações da classificação de Koppen para o zoneamento climático do Estado de Minas Gerais**. Dissertação (mestrado em engenharia agrícola) Engenharia de água e solo. Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2009. 101f.

JÚNIOR, L. R. P. S.; COSTA, J. P. N.; BIANCHINI, F. G.; SOUSA, I. F. de. Construção e operação de um lisímetro de lençol freático constante no perímetro de irrigação pequeno produto grande empreendedor em Itabaiana -SE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA. **Anais...**Guarapari,2011. p.1-4. Disponível em: http://www.sbagro.org.br/anais_congresso_2011/cba2011/trabalhos/01/cba01_352_574.pdf. Acesso em: 30 set.2017.

LAGE, M. R.; CUPOLILLO, F.; ABREU, M. L. Aspectos climáticos da bacia do rio Doce. In: **Simpósio Brasileiro de Geografia Física**, 11, 2005, São Paulo.

LEÃO, M. S. **Diagnóstico Climático e estudo das variações termo-higrométricas do município de Sete Lagoas-Mg**. 2008. Dissertação (mestrado em Geografia). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte,2008. 175f.

LISBOA-FILHO, J. L.; IOCHPE. C. Introdução a Sistemas de Informações Geográficas com ênfase em banco de dados. Apostila apresentada na Jornada de Atualização em Informática. In: **Congresso Brasileiro de Computação**, 16, Recife, 1996.p.53.

LOPES, F. T. M. T. **A importância do Parque Ecológico do rio Cocó como potencial e atrativo turístico**. 2010. Dissertação (mestrado em desenvolvimento e meio ambiente). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010. 146f.

MARTINS, A. P. Espacialização de dados pluviométricos: Comparação entre métodos determinísticos e métodos geoestatísticos. In: **Simpósio Brasileiro de Ciências e Geografia**, Goiânia, GO. Variabilidade e Suscetibilidade Climática: Implicações ecossistêmicas e sociais. Goiânia. 2016.p.2492-2503.

MELLO, C. L. **Sedimentação e tectônica cenozoica no Médio Rio Doce (MG, Sudeste do Brasil) e suas implicações na evolução de um sistema de lagos**. Tese (doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997, 290f.

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

MIRANDA, J. I. Embrapa Informação Tecnológica. **Fundamentos de sistemas de informações geográficas**. Brasília.2005.425p.

MOLION, L. C. B.; BERNARDO, S. O. Uma revisão da Dinâmica das chuvas no Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.17, n.1, p1-10, 2002.

MORAIS, F. de. Infiltração-uma variável geomorfológica. **Caderno de geografia**, v. 22, n. 38, p.15, 2012. Disponível em: <http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/3753>. Acesso: 10 jul.2018.

MINAS GERAIS. **Decreto n. 1.119 de 14 de julho de 1944**. Minas Gerais, Belo Horizonte, 15 jul. 1944. p. 2.

MINUZZI, R. B. *et.al.* El niño: ocorrência e duração dos veranicos do estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, n.3, p.364-371, 2005.

MINTZ, Y.; WALKER, G. K. *Global Fields of Soil Moisture and Surface Evapotranspiration Derived from observed Precipitation and Land Surface Air Temperature*. **Journal of Applied Meteorology**. Maryland, v.32, ago.1993. Disponível em: <http://www.journals.ametsoc.org> Acesso em: 25 mai.2017.

MIRANDA, J. I. Embrapa Informação tecnológica. **Fundamentos de sistemas de informações geográficas**. Brasília: Embrapa. Informação Tecnológica. 2005.p425.

MOTA, Fernando Silveira da. **Meteorologia agrícola**. 7ed. São Paulo: Nobel, 1983. p.376 .

MOURA, J. R. S.; MELLO, C. L.; SILVA, T. M.; PEIXOTO, M. N.O. Desequilíbrios Ambientais na evolução da paisagem: o Quaternário tardio do médio vale do rio Paraíba do Sul. In: **Congresso Brasileiro de Geologia**, Boletim de Resumos Expandidos, São Paulo, v. 2, 1992.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2 ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 1989. p.422.

NETO, A. T. S. **Caracterização geoambiental da área de expansão do município de Santana do Paraíso, Vale do Aço-MG**. Dissertação (mestre em Geotécnia). Escola de Minas. Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2012. 136f.

PEIXOTO, E. L. **Caracterização e Perspectivas do Parque Estadual do Rio Doce-MG: Uma abordagem a partir de imagens de sensoriamento remoto e fotografias hemisféricas de Dossel**. Dissertação (mestrado em análise e modelagem de sistemas ambientais) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012. 105f.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações prática**. Guaíba: Agropecuária, 2002. p.478 .

PERÔNICO, C. **Preenchimento sedimentar de lagos assoreados na região do médio rio Doce, Minas Gerais**. Tese (doutorado em Ciências Naturais)-Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto 2009. 108f.

PORTILHO, A. P.; CASTRO, M. C.; ALVES, G. S.; AGUIAR, N. F.; SILVA, M. S. S. Balanço Hídrico para Pinheiral- R J. **Revista Agrogeoambiental**. v.3, n. 2, Pouso Alegre, 2011. Disponível em: DOI: 10.18406/2316-1817v3n22011328. Acesso em: 14 jun.2017.

PRIESTLEY, C. H. B.; TAYLOR, R. J. *On the assessment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameters. Monthly Weather. **Hournals of American Meteorological Society***. Australia. V. 100, n.2, p81-92, 1972. Disponível em: <ftp://ftp.library.noaa.gov/docs.lib/htdocs/rescue/mwr/100/mwr-100-02-0081.pdf>. Acesso: 16 jun.2017.

PROGRAMA DE PESQUISA ECOLÓGICA NO PARQUE ESTADUAL DO RIO DOCE. N. 1., 2005, Belo Horizonte. 264p.

PUJONI, D.; CUPOLILLO, F.; BARBOSA, F. A. R.; BARBOSA, P. M. M.; ABREU, M. L. de.; ASSIS, W. L. Parte 2: Estudo de caso do Balanço Hídrico Decendial do Parque Estadual do Rio Doce-PERD e de Timotéo 2009-2010. In: Cngresso Brasileiro de Meteorologia, **Anais...** Gramado, 2012.

REBOITA, M. S.; KRUSCHE, N.; AMBRIZZI, T.; DA ROCHA, R. P. Entendendo o tempo e o clima na América do Sul. **Terra e Didática**, v. 8, n.1, 2012. p. 34-50. Disponível em: <https://www.ige.unicamp.br/terraedidatica/v8-1/pdf81/s3.pdf>. Acesso em: 10 out.2017.

RELATÓRIO CIENTIFICO DAS ATIVIDADES DO PROGRAMA DE PESQUISAS ECOLÓGICAS DE LONGA DURAÇÃO, site 4, **Mata Atlântica e Sistema Lacustre do Médio Rio Doce**. Setembro de 2002. p.391.

RESENDE, M.; CURTI, N.; REZENDE, S.B. de; CORRÊA, G. F. **Pedologia**: Base para Distinção de Ambientes. Viçosa: NEPUT, 2002. p. 338.

ROLIM, G. de S. *et al.* Planilhas no ambiente EXCEL para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n.1, 1998.

SANTOS, A.R. **ARCGIS9.1 TOTAL: aplicações para dados espaciais**. Vitória: FUNDAGRES, 2007. p.226.

SCHEUER, P.R. Sistemas **Frontais associados a episódios de Zona de Convergência do Atlantico Sul-ZCAS**. 2017. TCC. (Bacharel em Meteorologia). Universidade Federal de Santa Catarina-UFSC. Florianopolis, 2017. 68f.

SILVA, E. D. da.; REBOITA, M. S. Estudo da precipitação no estado de Minas Gerais-MG. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v.13. n. 9, jul-dez .2013. Disponível: <http://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/33345/22585>. Acesso em: 10 out.2017.

SOARES, F.S.; FRANCISCO, C.N.; SENNA, M.C.A. Distribuição espaço temporal da precipitação na região hidrográfica da Baía da Ilha Grande-RJ. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.29, n.1. mar. 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbmet/v29n1/a12v29n1.pdf>. Acesso em: 12 out.2017.

SOARES, H.C. **Estudo das condições atmosféricas e oceânicas do Atlântico Sudoeste e suas associações com extremos de captura da sardinha-verdadeira**. 2009. Dissertação (mestrado em Meteorologia)- Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais-INPE, São José dos Campos, 2009. 150f.

STEINKE, R. T. **Climatologia Fácil**. São Paulo: Oficina de texto, 2012.144.

TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M. de.; FAIRCHILD, T. R. ; TAIOLI, F. **Decifrando a Terra**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, v. único.2008. p. 558.

THORNTHWAITE, C. W. *An Approach toward a rational classification of climate*. **Geografic Review**, v.38, n.1 1948. p.54-94. Disponível em: www.unc.edu/courses/2007fall/geog/801/001/www/ET/Thornthwaite48-GeogrRev.pdf. Acesso em: 12 abr.2017.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. *The water balance*. **Publications In Climatology**. Drexel Institute of technology. New Jersey. v.8, n 1.1955.p. 104. Disponível em: oregondigital.org/catalog/oregondigital:df70pr001#page/13/mode/1up. Acesso em: 28 jun.2017.

TSUYUGUCHI, B. B.; CUNHA, J.E.B.L.; RUFINO, J.A.A. Uso de Geotecnologias para espacialização de dados de precipitação, NDVI e temperatura de superfície na Bacia do Rio Taperoá. In: Simpósio Brasileiro de Ciência Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. **Anais...Recife**, 2010. p.1-9. Disponível em: [Users/Micro/Downloads/USO_DE_GEOTECNOLOGIAS_PARA_ESPACIALIZACAO_DE_DADOS%20\(1\).pdf](http://Users/Micro/Downloads/USO_DE_GEOTECNOLOGIAS_PARA_ESPACIALIZACAO_DE_DADOS%20(1).pdf). Acesso em: 10 mai.2017.

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. J. L. do. **Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras**. São Paulo; Nobel. 1 ed.4reimp.1986. p.374.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. Brasília: PAX ed., 2001. p.532 .

VASCONCELOS, S.G. **Geomorfologia e urbanização no Vale do Aço as planícies e a cidade de Ipatinga**. Dissertação (mestre em geografia) - Instituto de Geografia. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2002. 112f.

VIANELLO, R. L.; ADIL, R. A. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa,1991. p.449.

VIANELLO, R. L; ABREU, M. L.; OLIVEIRA, P.; GADELHA, A. A. L. Veranico 2006 em Minas Gerais-precedentes meteorológicos e impactos na agricultura. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, **Anais...Florianópolis**, 2006. Disponível em: <file:///C:/Users/Micro/Downloads/VERANICO%202006%20EM%20MINAS%20GERAI>

S%20PRECEDENTES%20METEOROL%C3%93GICOS%20E%20IMPACTOS%20N
A%20AGRICULTURA.pdf. Acesso em 2 fev.2017.

VIANELLO, R. L; MAIA, L. F. P. G. Estudo preliminar da climatologia dinâmica do Estado de Minas Gerais. In: Congresso Interamericano de Meteorologia, **Anais**...p.185-194, Brasília, 1986 Disponível em: www.researchgate.net/profile/Rubens_Vianello/publication/267832399_85_ESTUDO_PRELIMINAR_DA_CLIMATOLOGIA_DIN1ICA_DO_ESTADO_DE_MINAS_GERAI_S/links/54a2bf0cf267bdb90425b3/85-ESTUDO-PRELIMINAR-DA-CLIMATOLOGIA-DIN1ICA-DO-ESTADO-DE-MINAS-GERAIS.pdf. Acesso em: 29 fev. 2017.

APÊNDICES

APÊNDICE A – MÉDIA DECENDIAL DE PRECIPITAÇÃO NO PERD

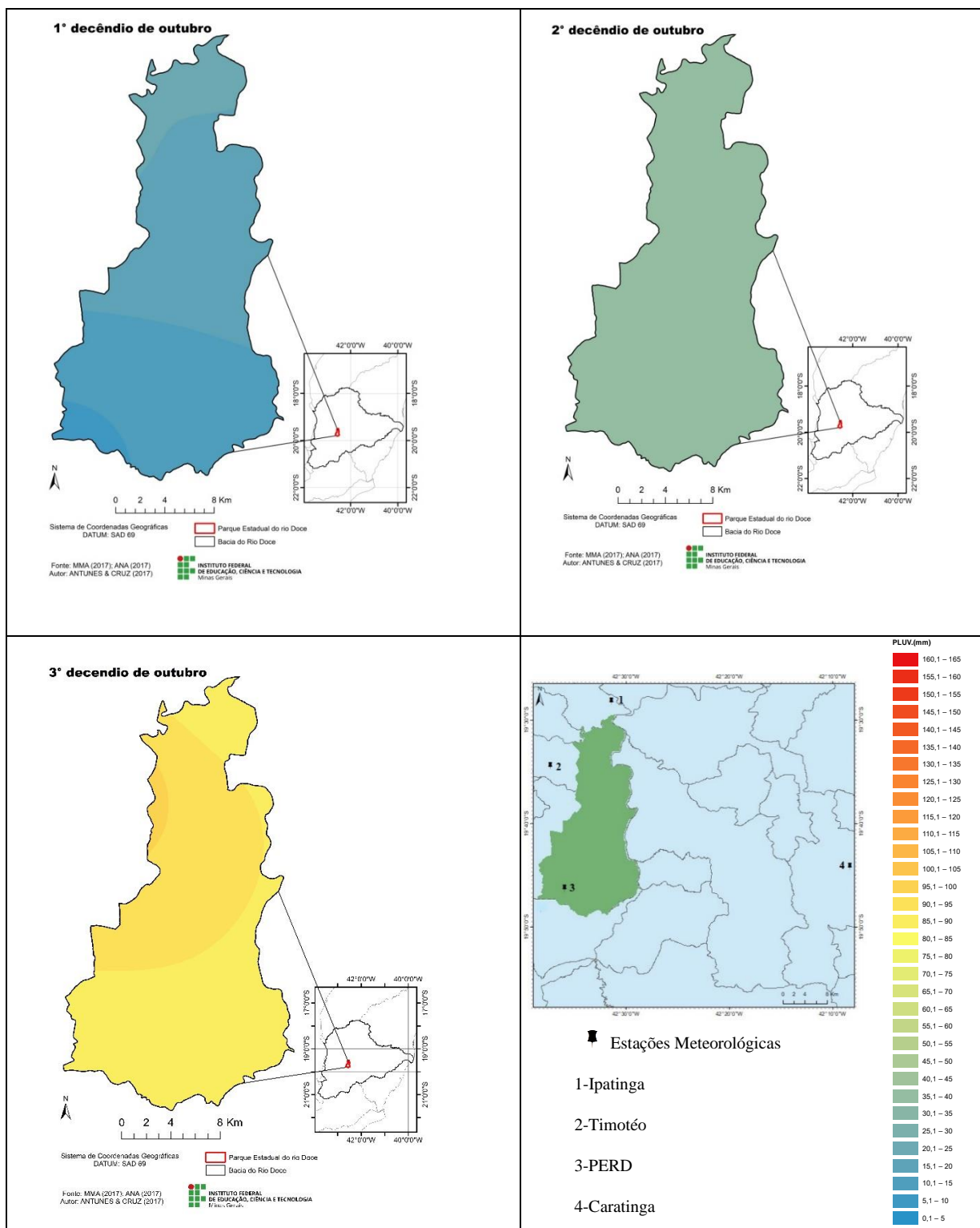


FIGURA 1A – Média decendial de precipitação no PERD do 1º, 2º, 3º decêndios de Outubro
 Fonte: ANA, INMET, 2016

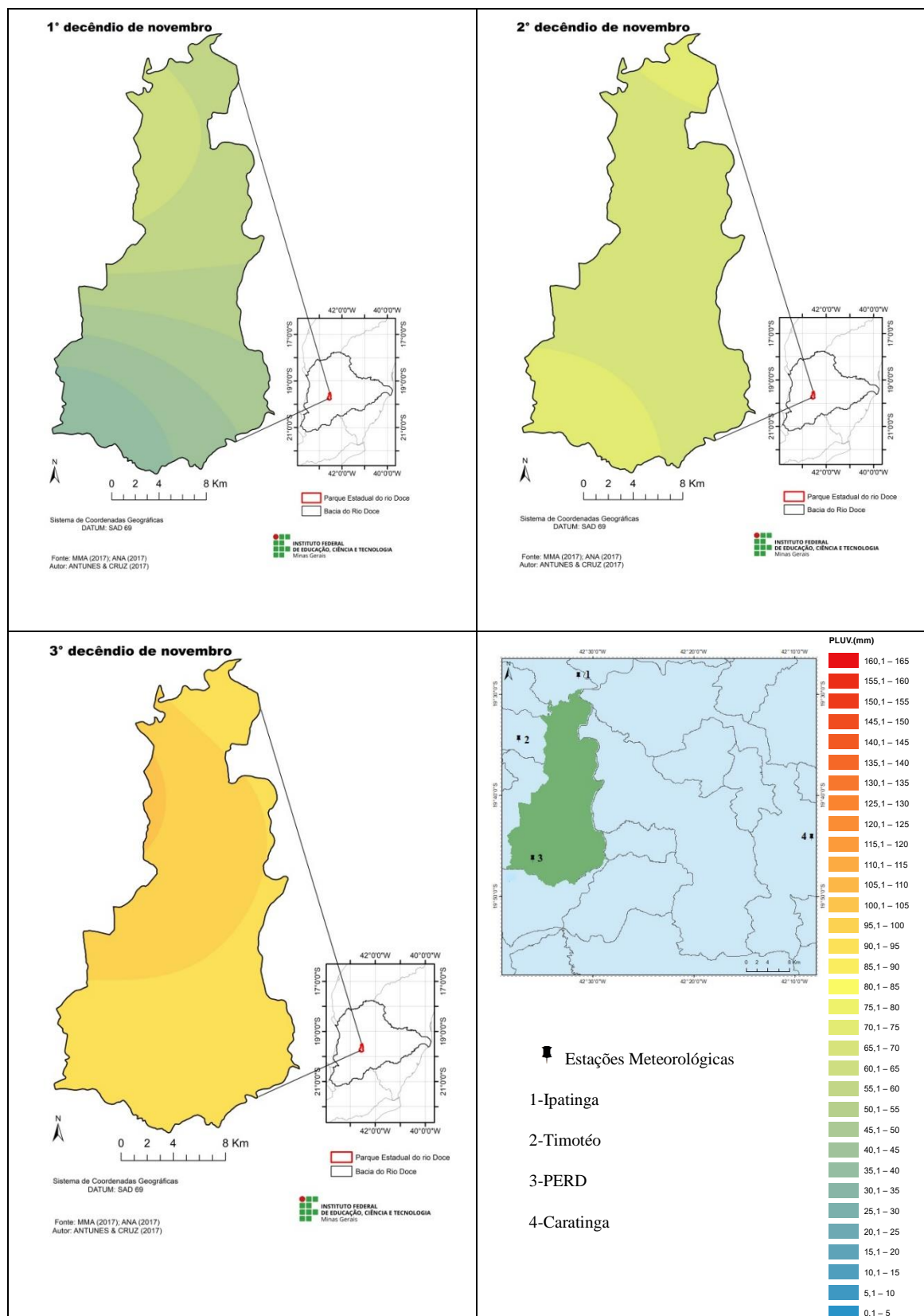


FIGURA 2A - Média decenal de precipitação no PERD do 1°, 2°, 3° decêndios de novembro. Fonte: ANA, INMET, 2016.

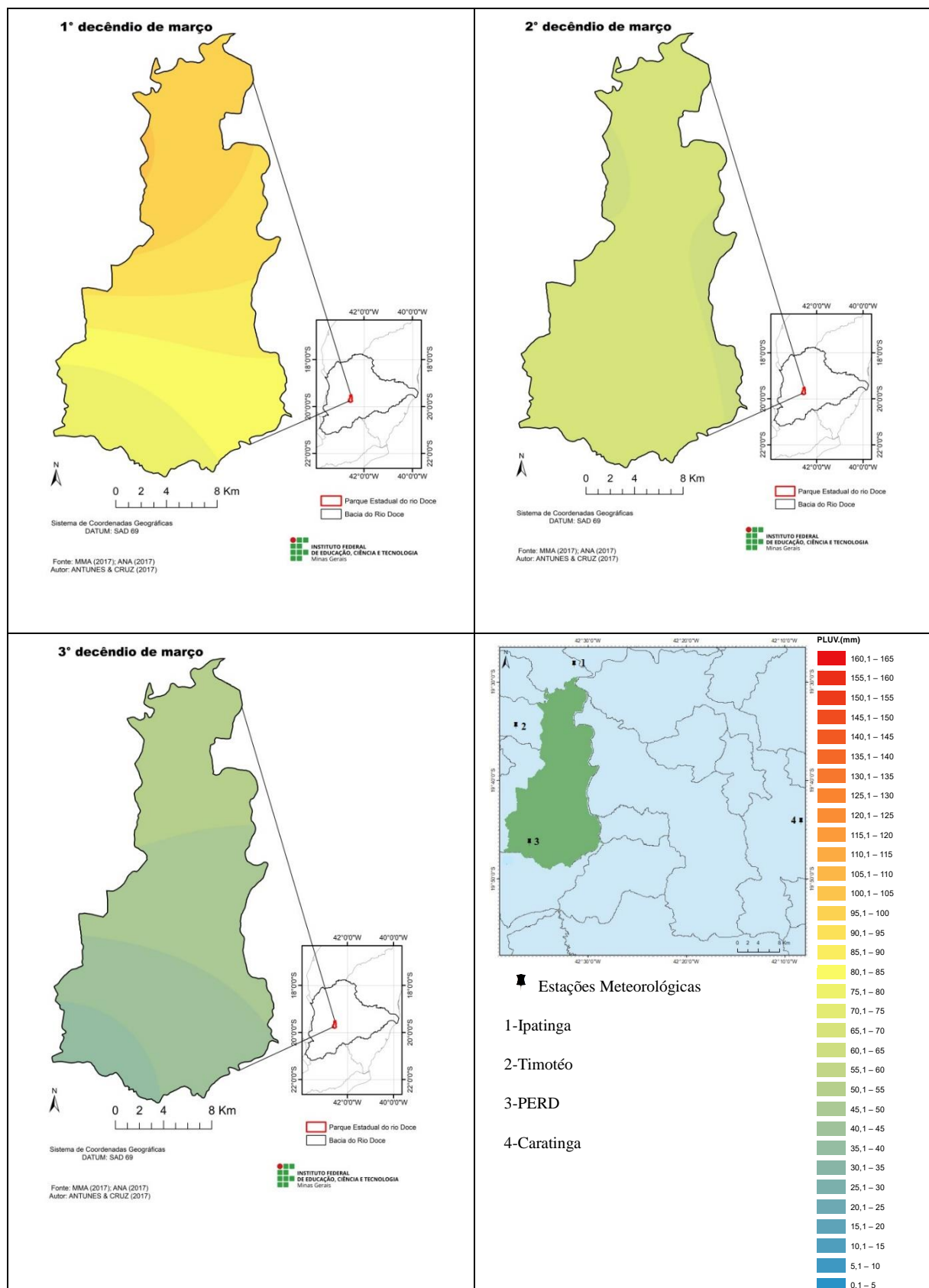


FIGURA 3A - Média decenal de precipitação no PERD do 1°, 2°, 3° decêndios de março.
Fonte: ANA, INMET, 2016.

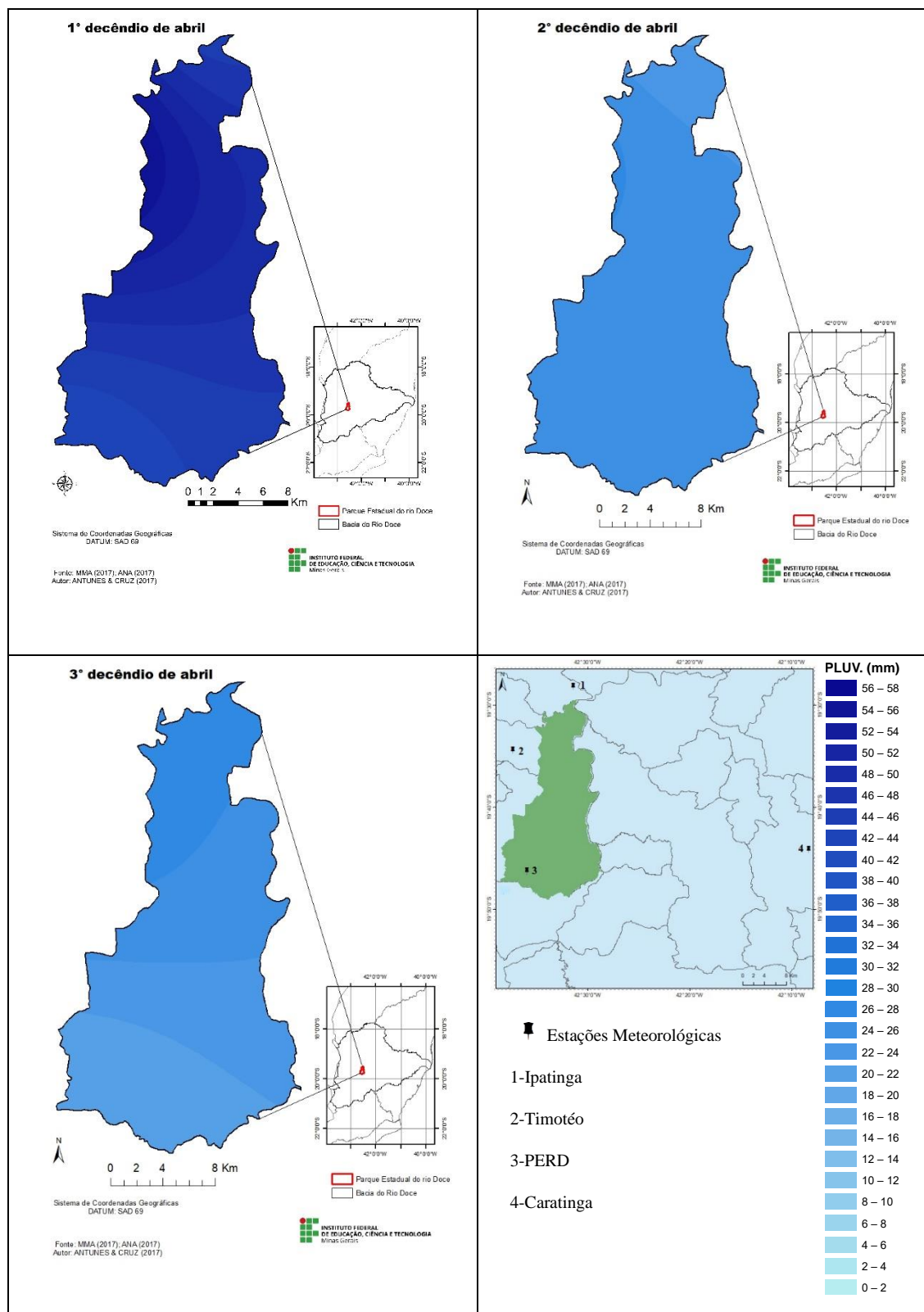


FIGURA 4A - Média decenal de precipitação no PERD dos 1º, 2º, 3º decênios de abril. Fonte: ANA, INMET, 2016.

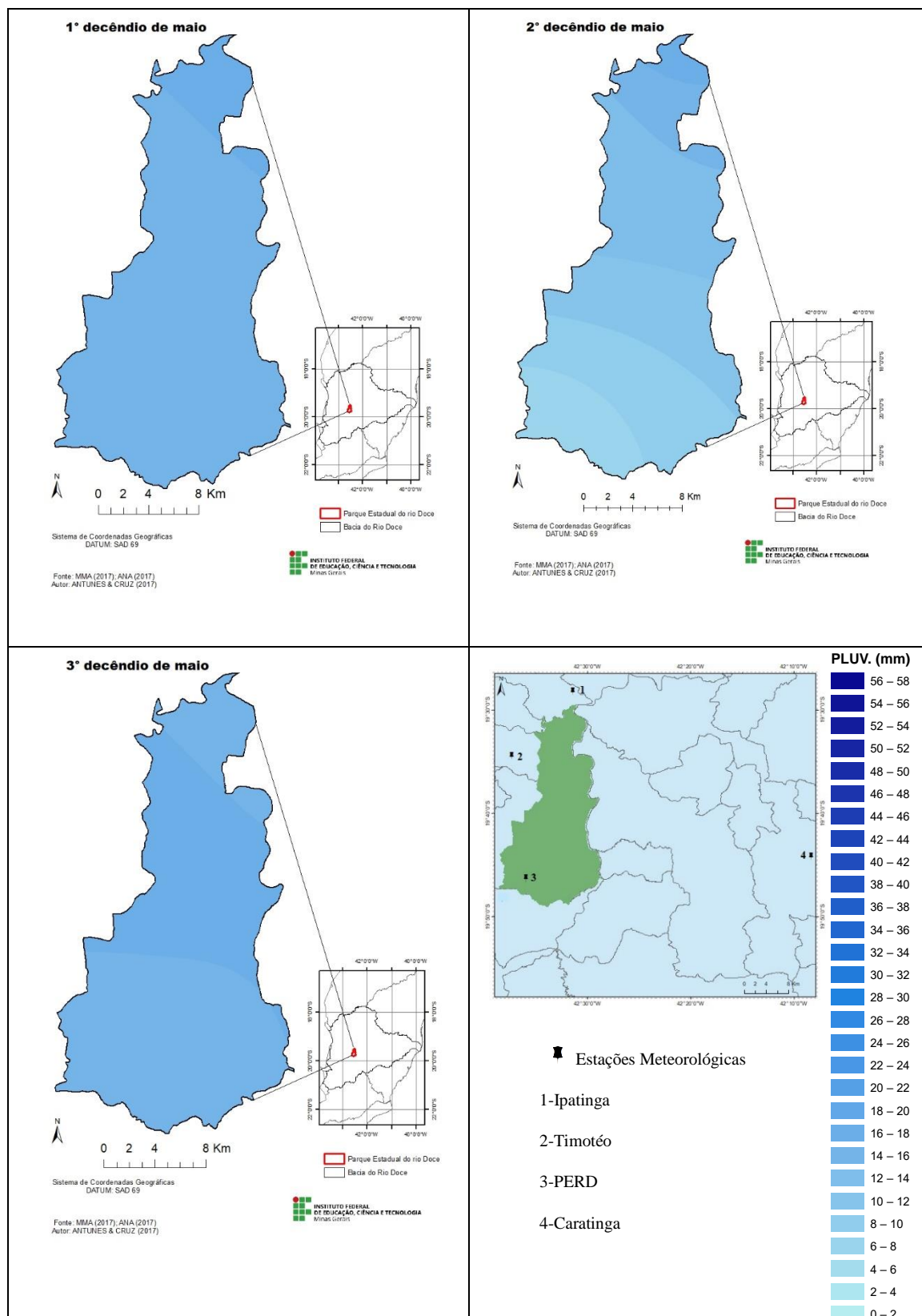


FIGURA 5A- Média decenal de precipitação no PERD dos 1°, 2°, 3° decênios de maio.
Fonte: ANA, INMET, 2016.

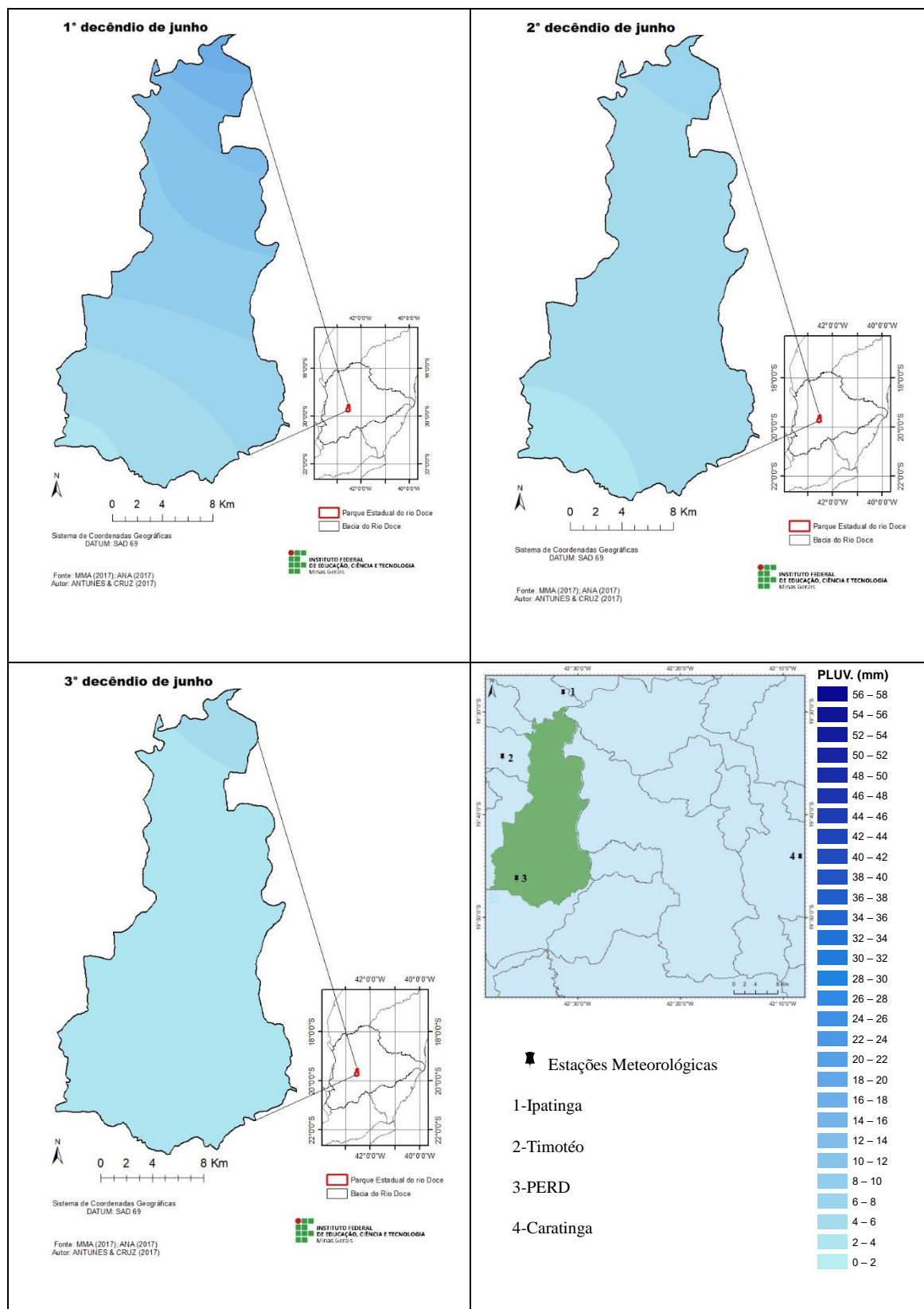


FIGURA 6A - Média decenal de precipitação no PERD dos 1°, 2°, 3° decêndios de junho.
Fonte: ANA, INMET, 2016.

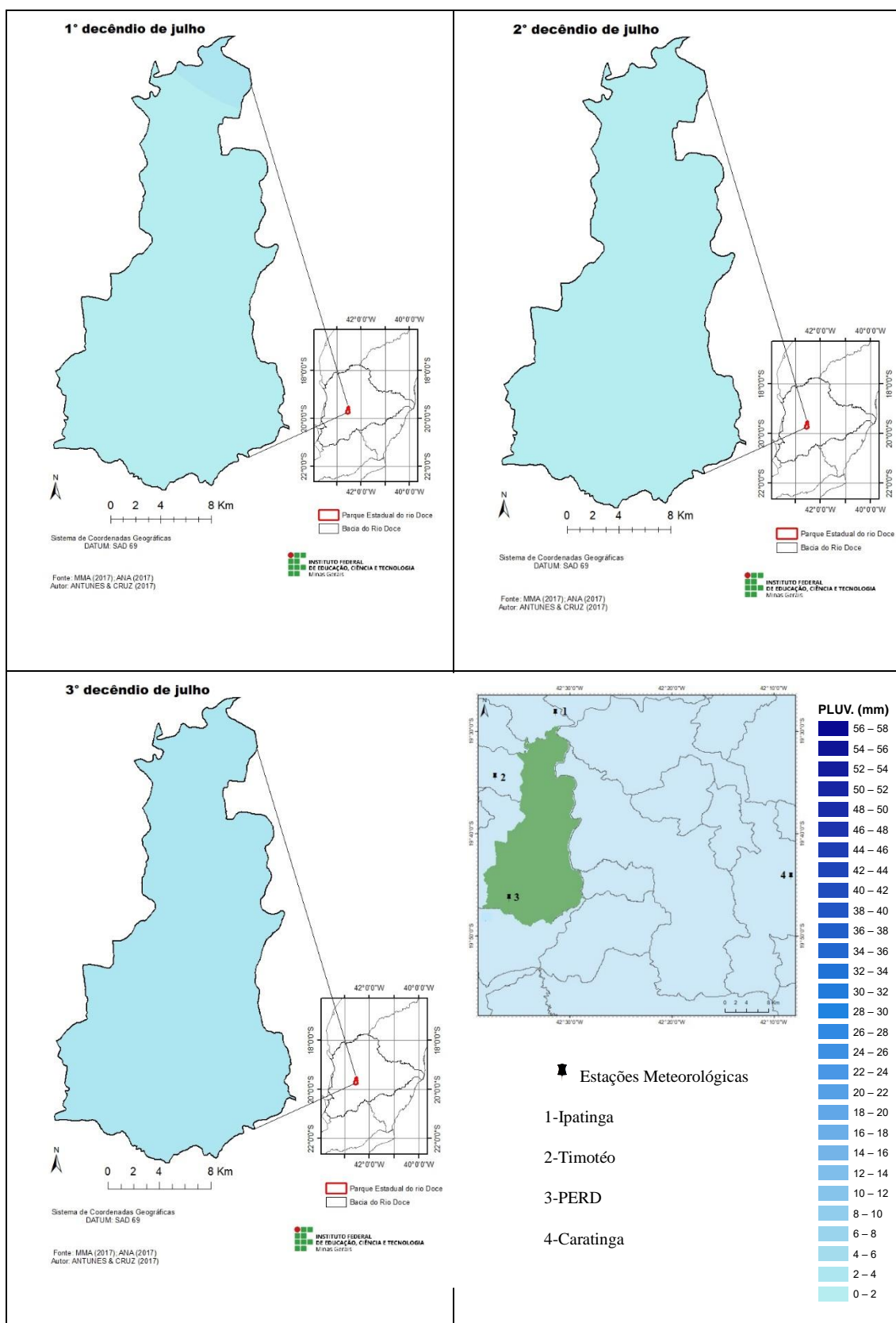


FIGURA 7A - Média decenal de precipitação no PERD dos 1°, 2°, 3° decêndios de julho.
Fonte: ANA, INMET, 2016.

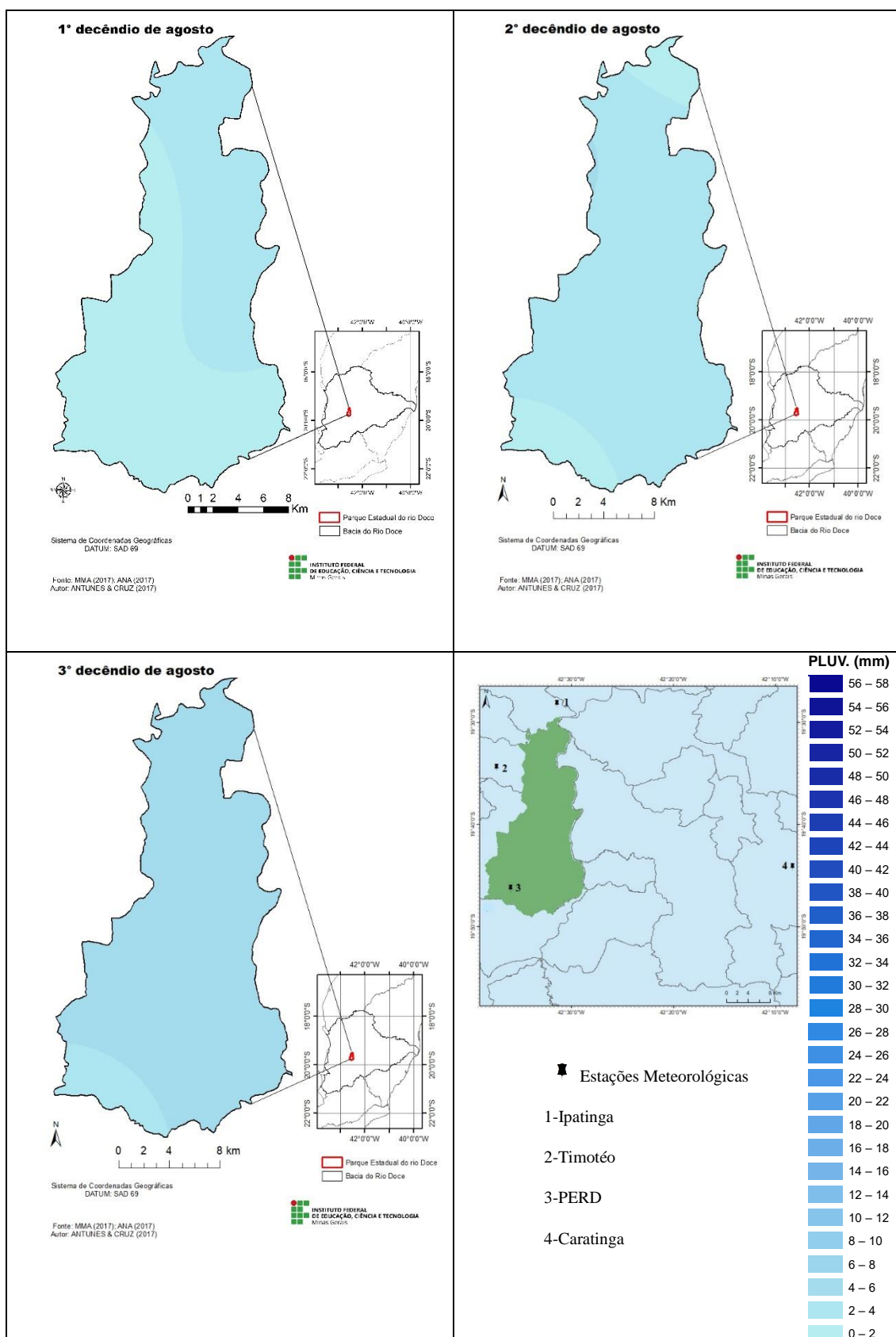


FIGURA 8A - Média decenal de precipitação no PERD agosto (1°, 2° e 3°) decênios.
Fonte: IGAM, INMET, 2016.

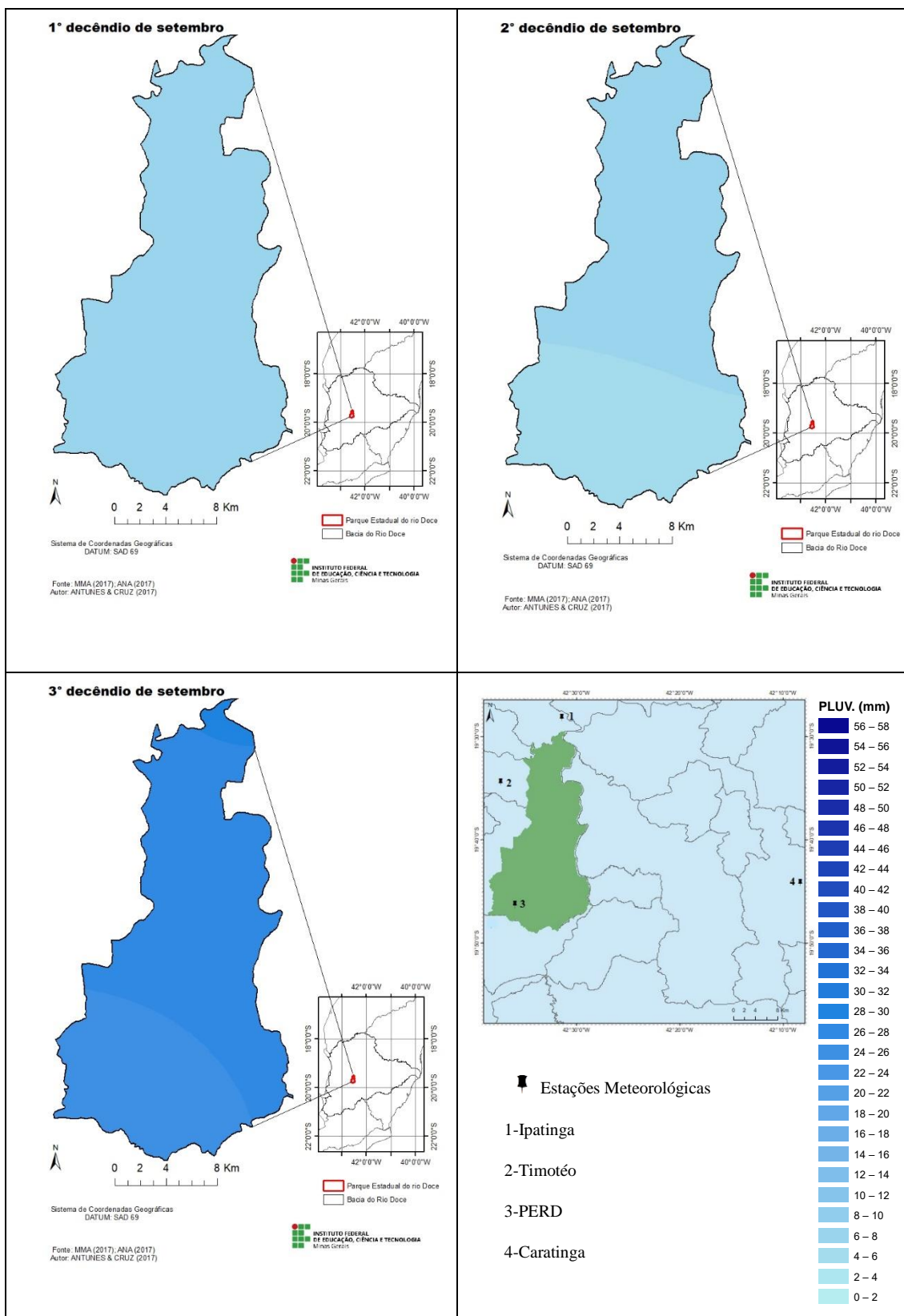


FIGURA 8A - Média decenal de precipitação no PERD setembro (1°, 2° e 3°) decêndios.
Fonte: IGAM, INMET, 2016.

APÊNDICE B - MÉDIA DECENAL DE TEMPERATURA NO PERD

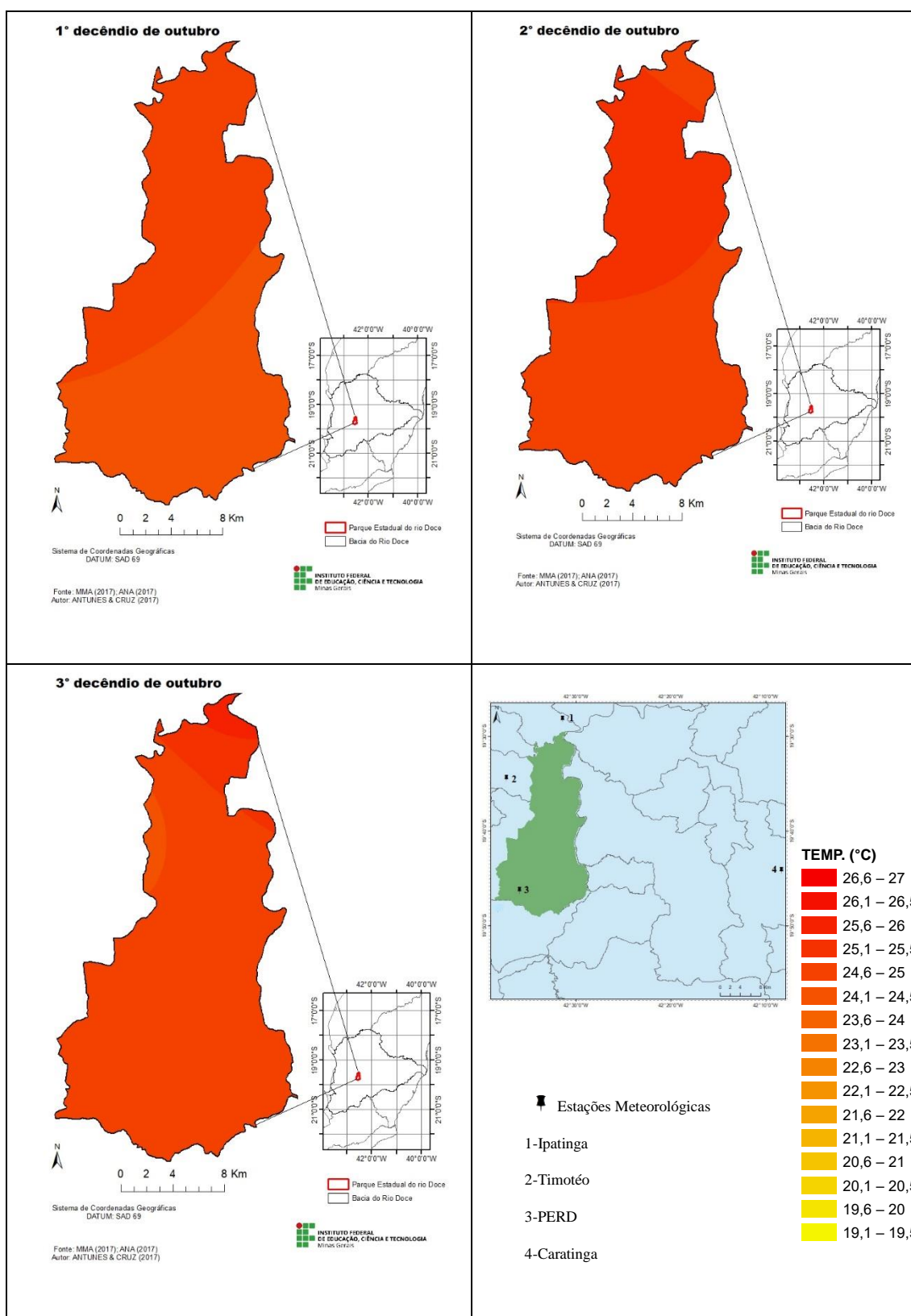


FIGURA 1B - Média decenal de temperatura no PERD de outubro 1°(a), 2°(b), 3°(c) decênios.
Fonte: IGAM, INMET, 2016.

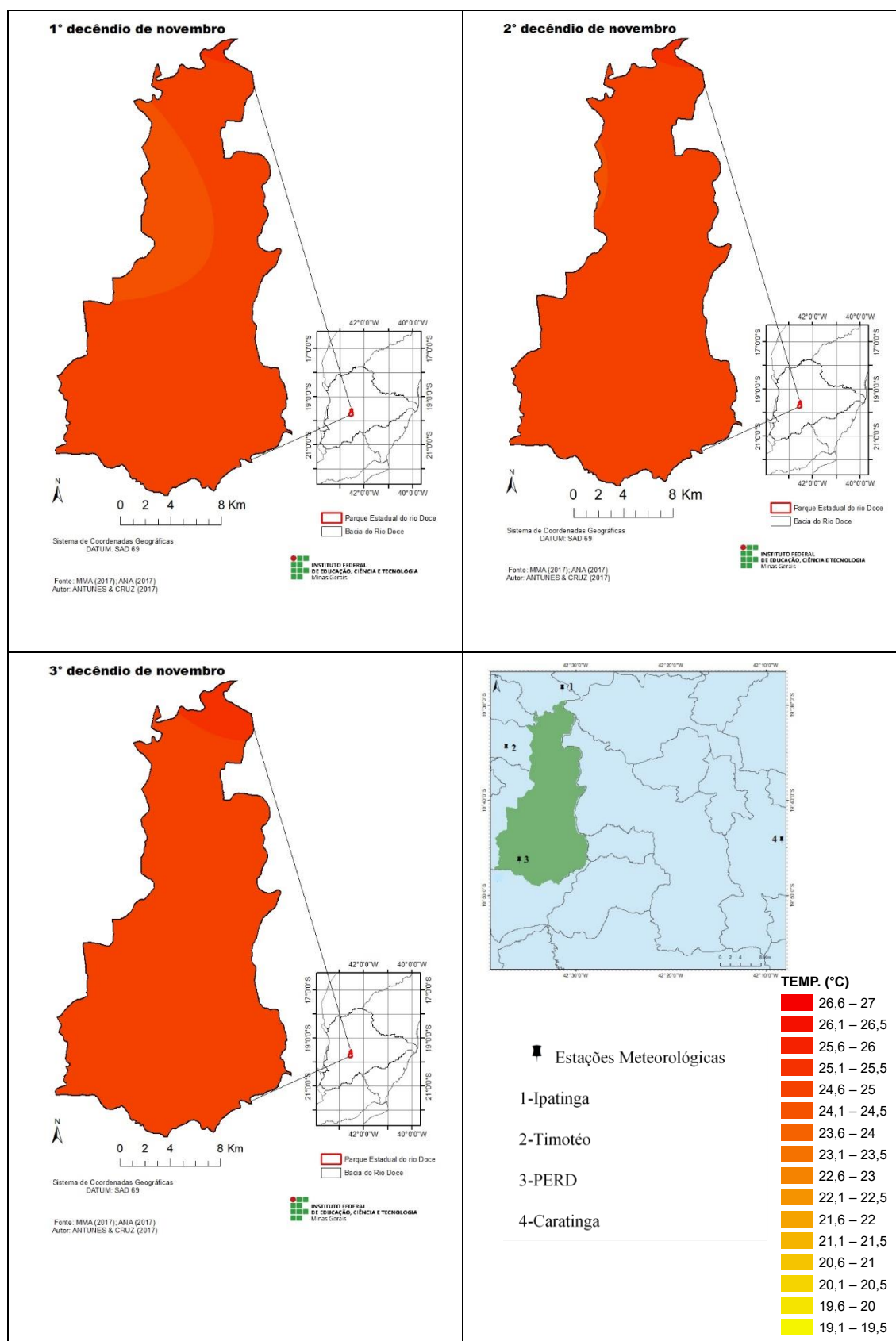


FIGURA 2B - Média decenal de temperatura no PERD de novembro 1°(a), 2°(b),3(c).
Fonte: IGAM, INMET, 2016.

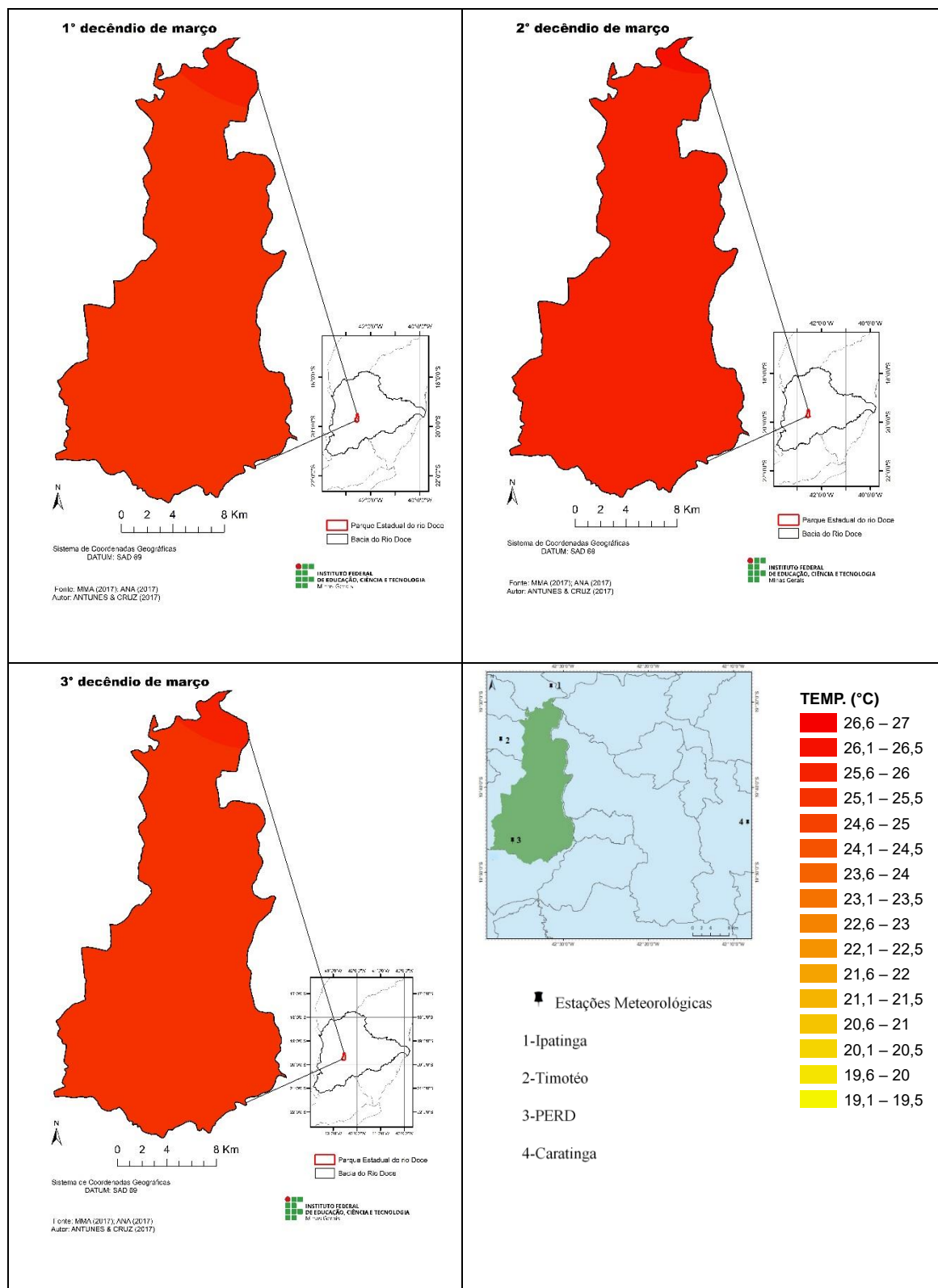


FIGURA 3B - Média decenal de temperatura no PERD de março 1° (a), 2°(b), 3°(c).
Fonte: IGAM, INMET, 2016.

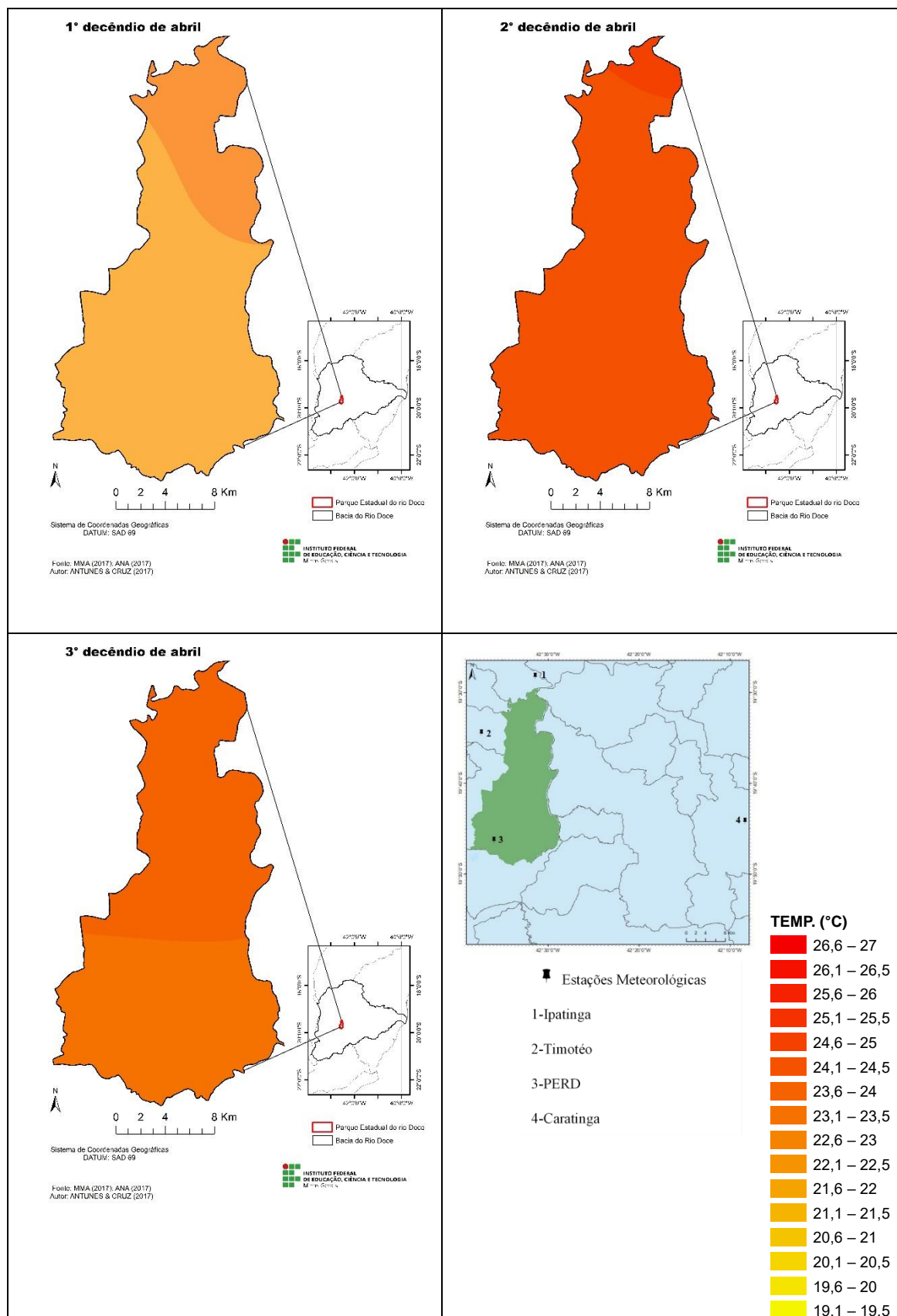


FIGURA 4B - Média decenal de temperatura do PERD de abril 1º(a),2º(b),3º(c).
Fonte: IGAM, INMET, 2016.

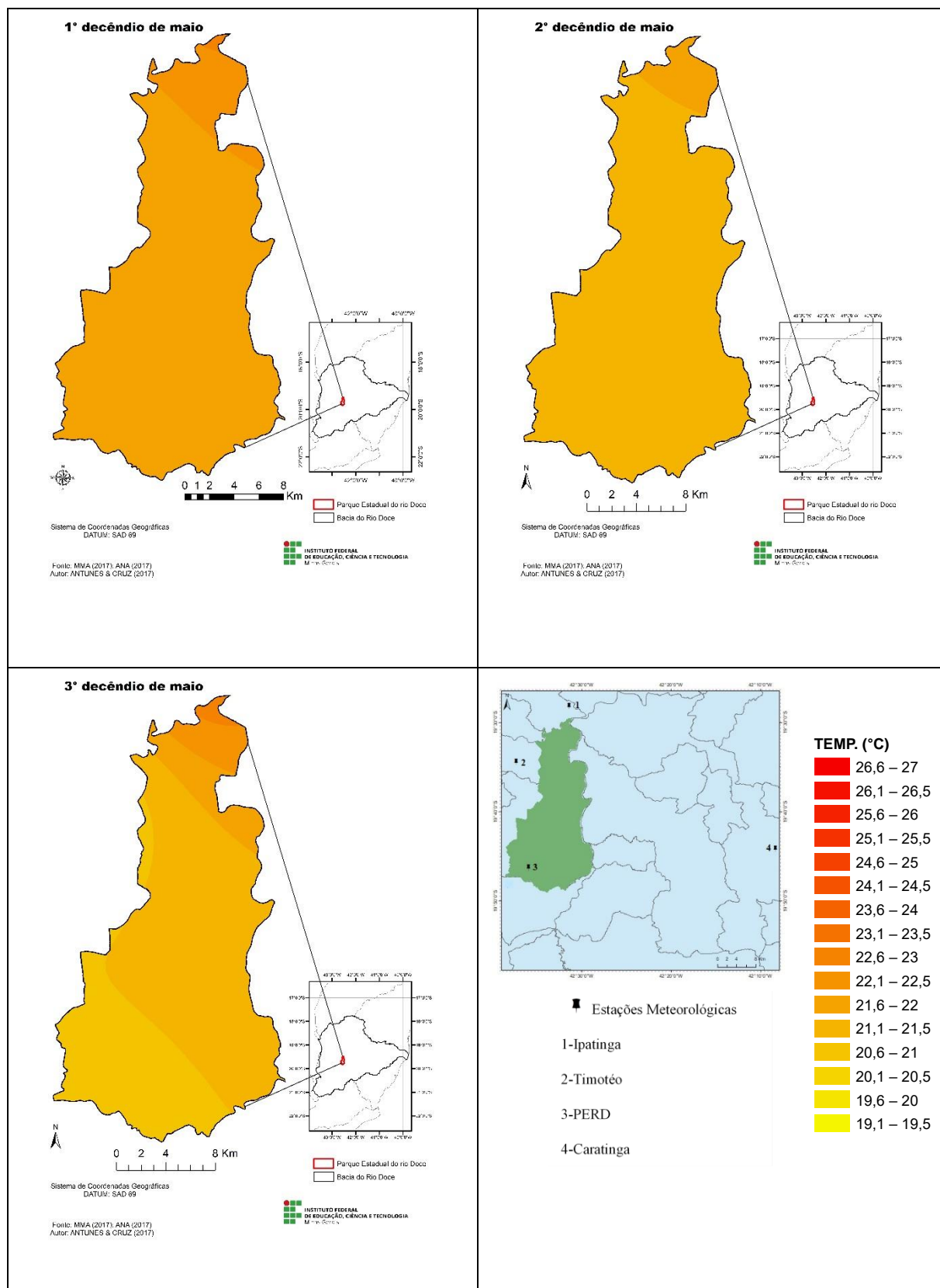


FIGURA 5B - Média decenal de temperatura do PERD de maio: 1º(a),2º(b),3º(c) decênios
Fonte: IGAM, INMET, 2016

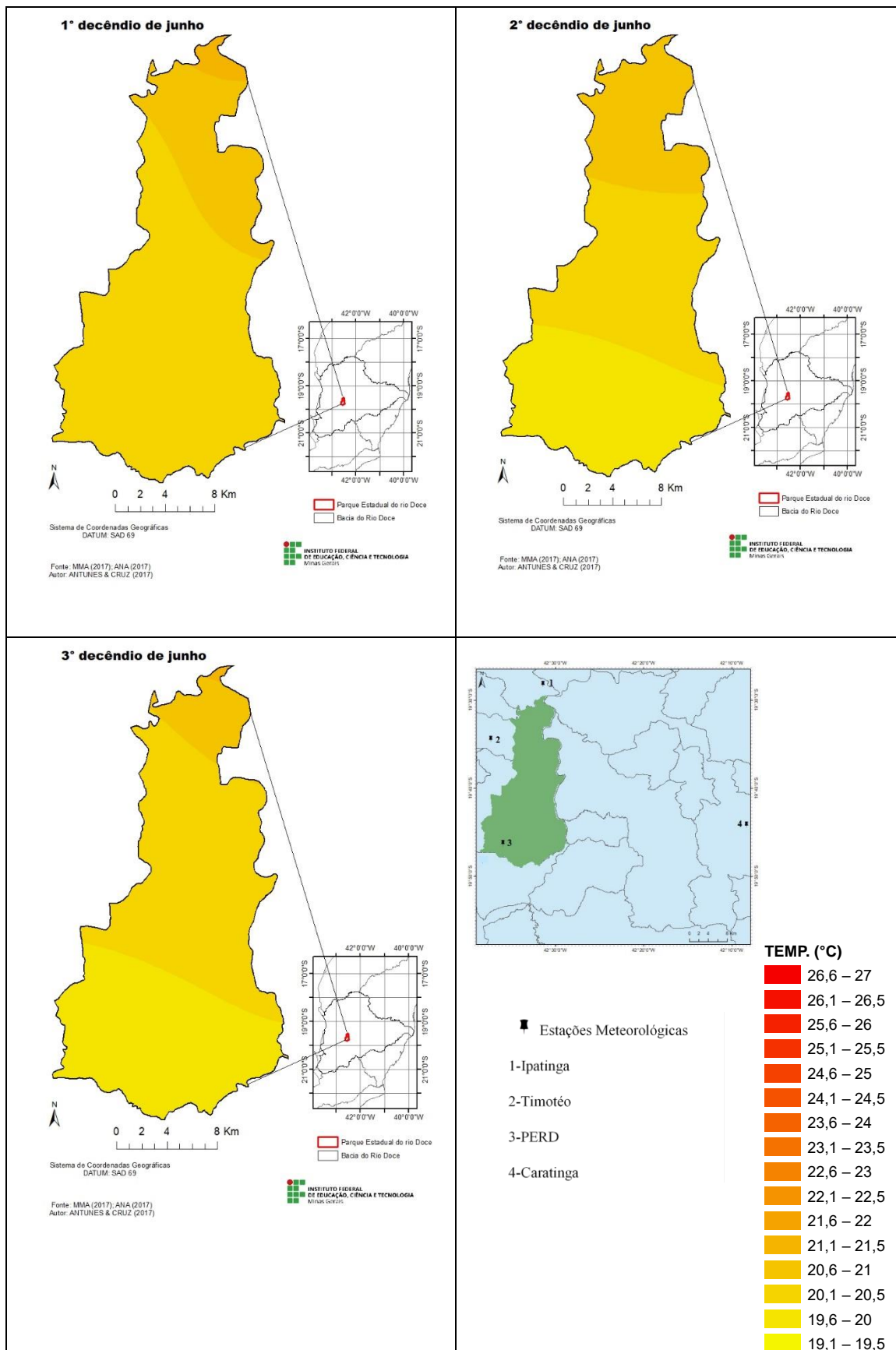


FIGURA 6B - Média decenal de temperatura no PERD de junho 1º(a), 2º(b), 3º(c) decêndios. Fonte: ANA, INMET, 2016.

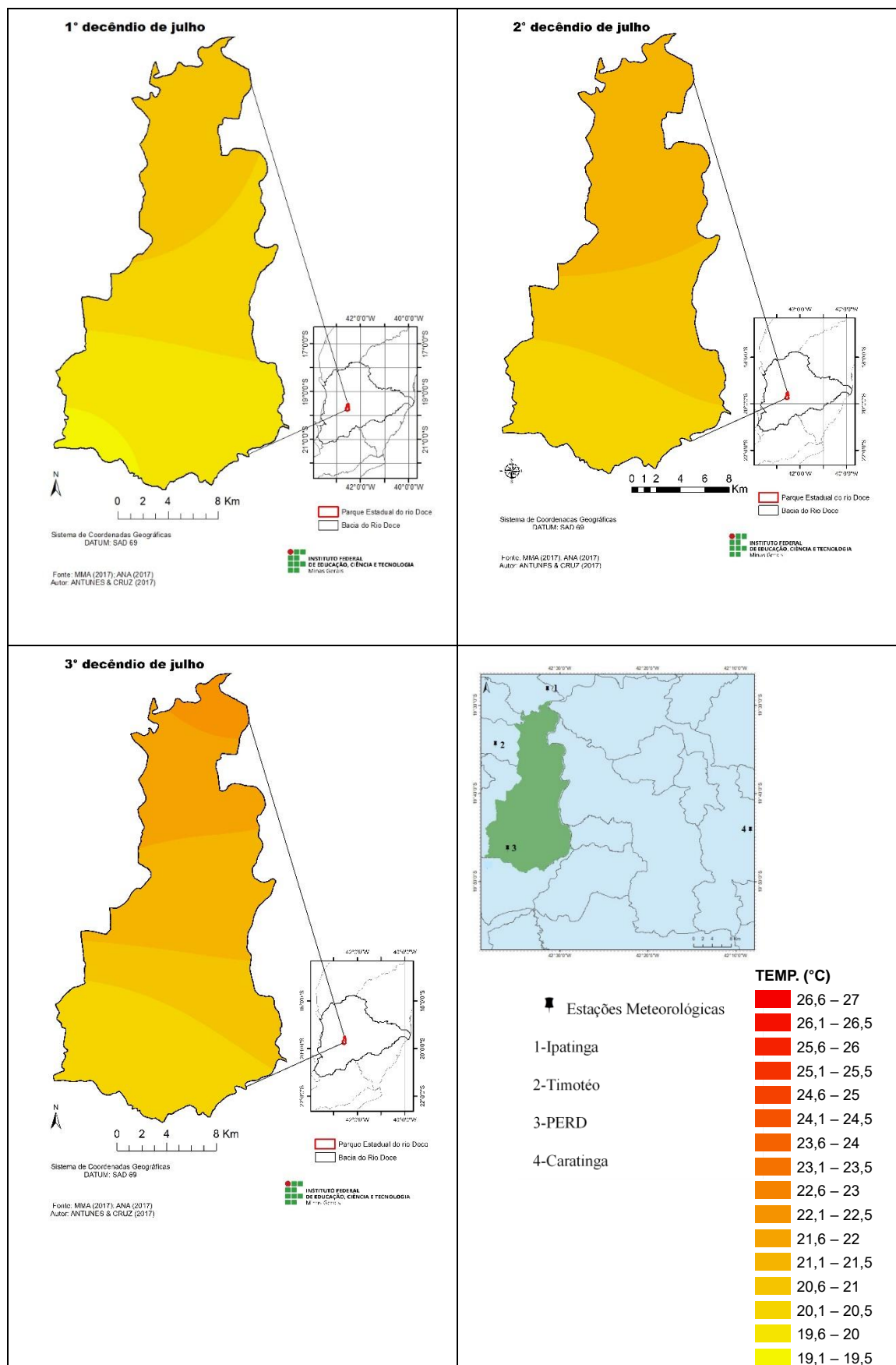


FIGURA 7B - Média decenal de temperatura no PERD de julho 1º (a), 2º(b), 3º(c) decênios. Fonte: IGAM, INMET, 2016.

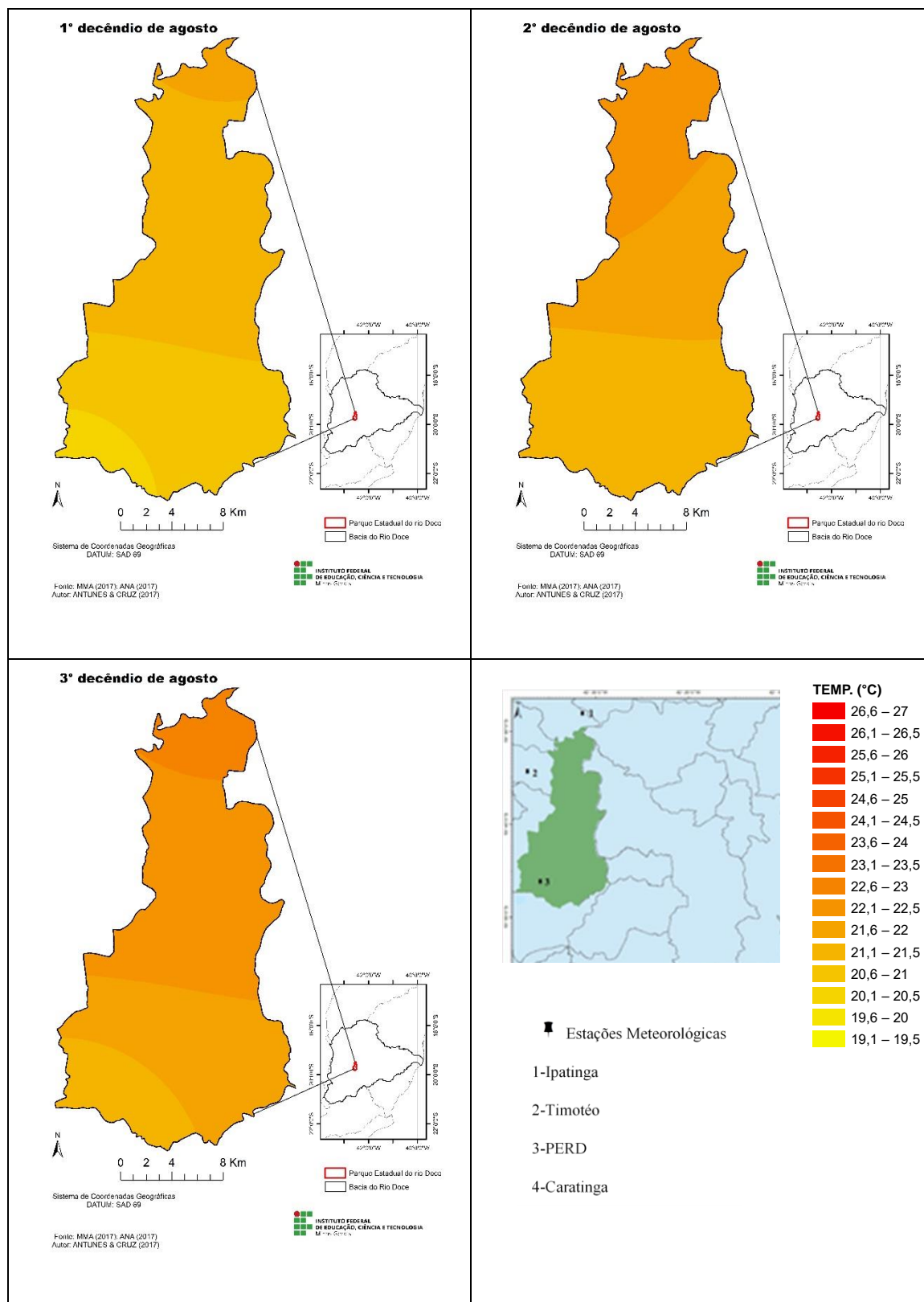


FIGURA 8B - Média decenal de temperatura no PERD de agosto 1° (a), 2°(b), 3°(c) decênios. Fonte: IGAM, IMET, 2016.

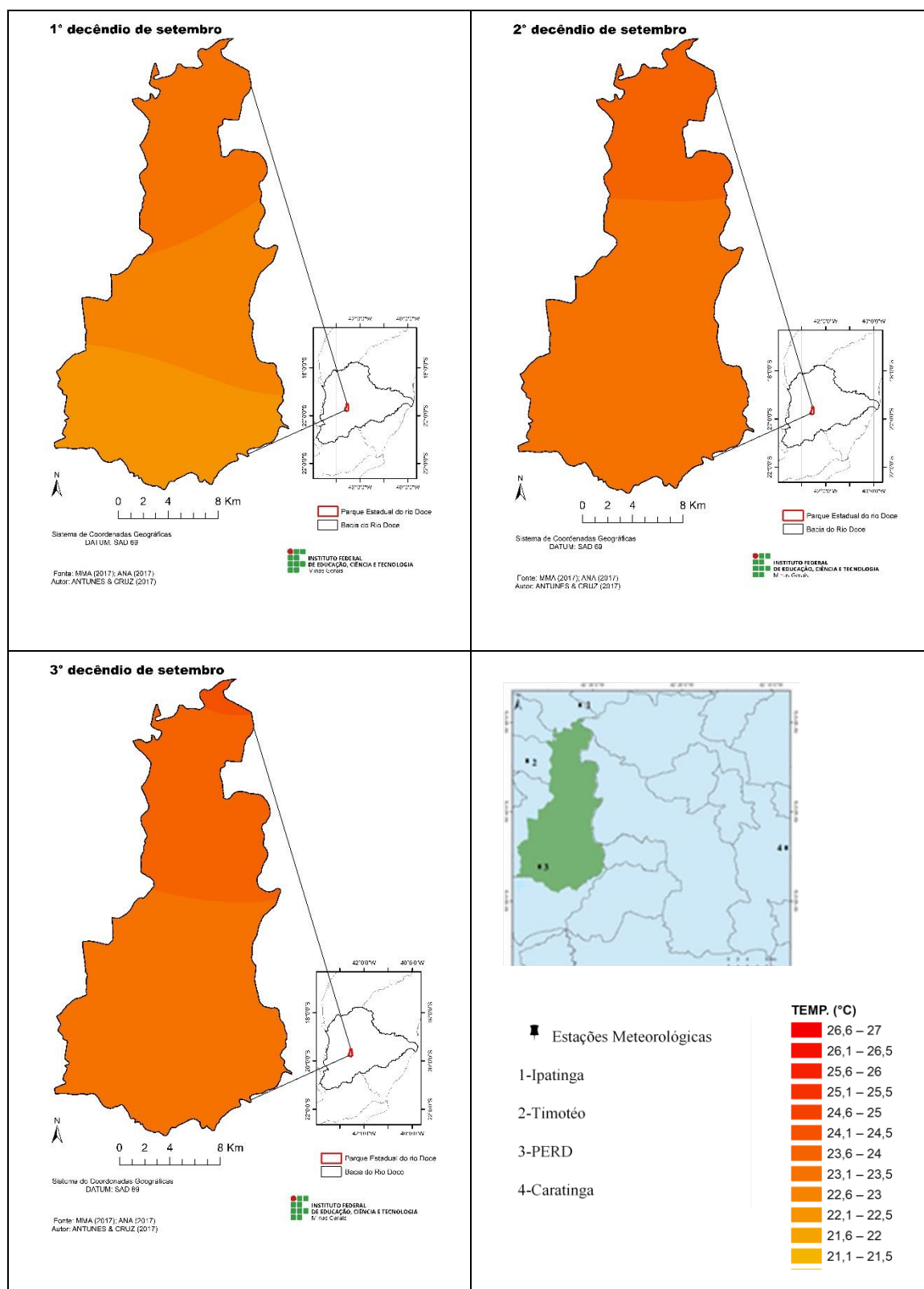


FIGURA 9B - Média decenal de temperatura no PERD de setembro 1°(a),2°(b),3°(c).
Fonte: IGAM, INMET, 2016.

APÊNDICE C - CAMPOS DE LINHA DE CORRENTE 200 hPa e 850 hPa

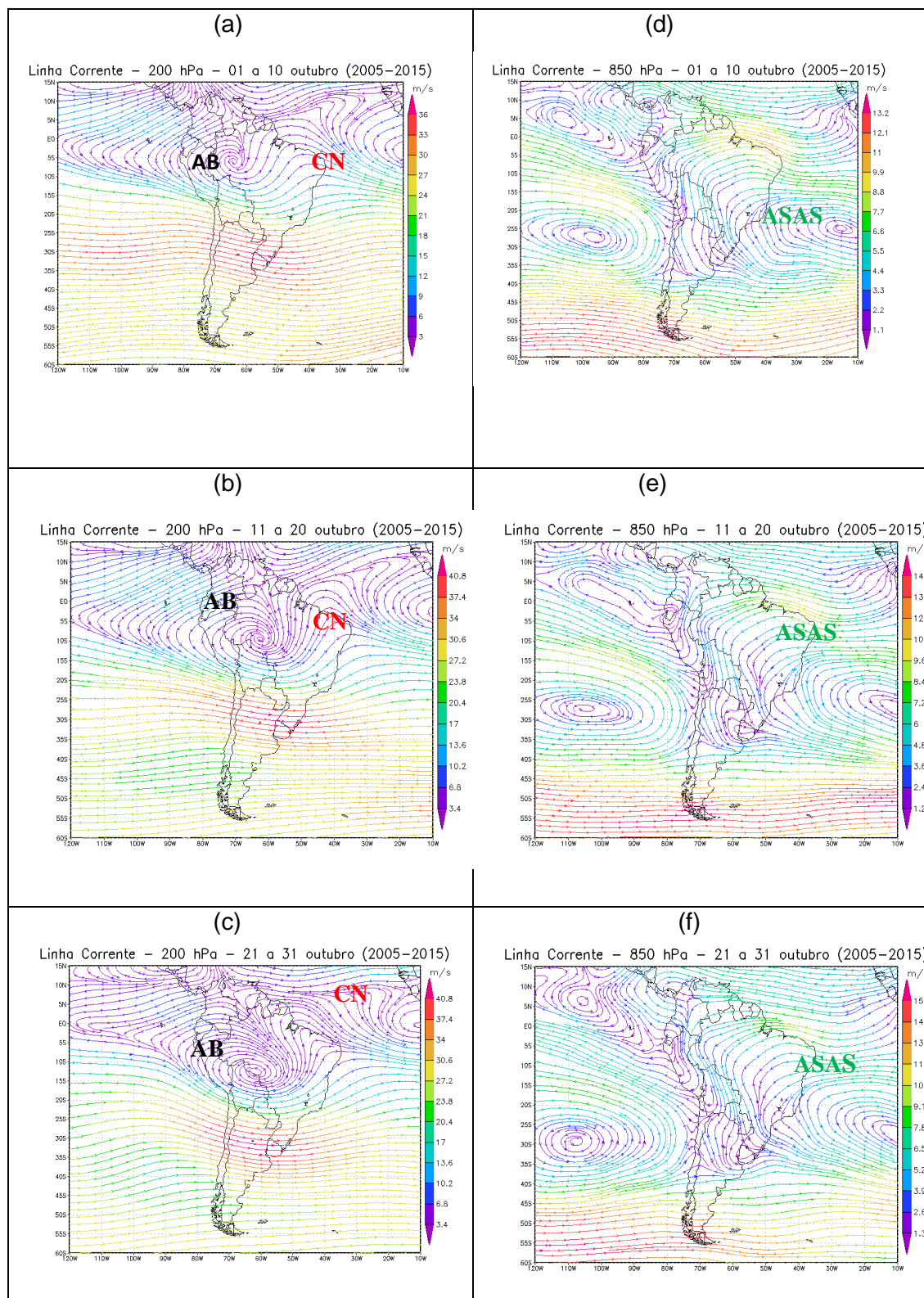
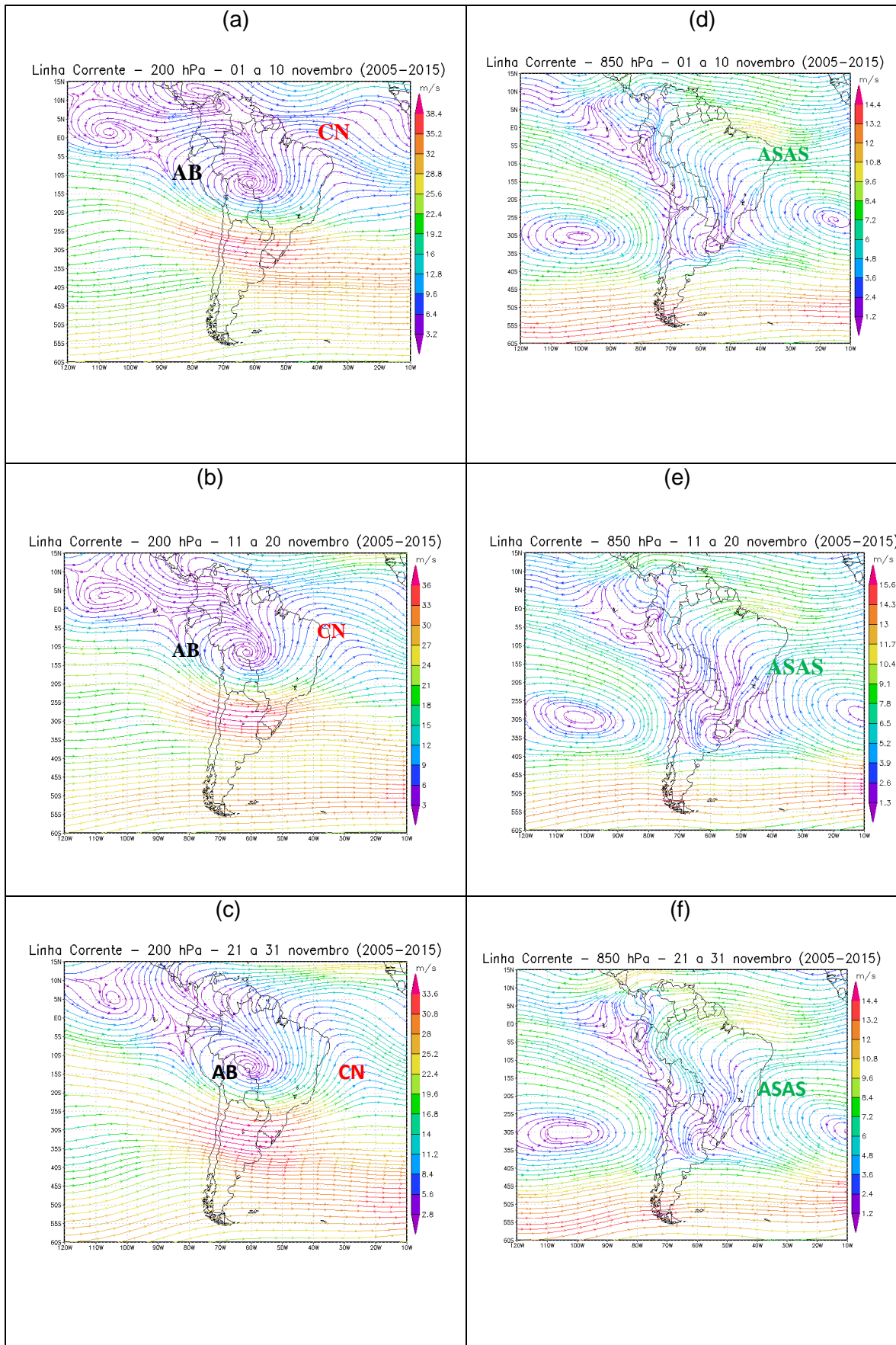


FIGURA 1C – Campos de linhas de corrente 200hPa (a, b, c) e 850hPa (d, e, f) 1º, 2º e 3º decêndios

de outubro (2005-2015)

Fonte: NOAA, 2017



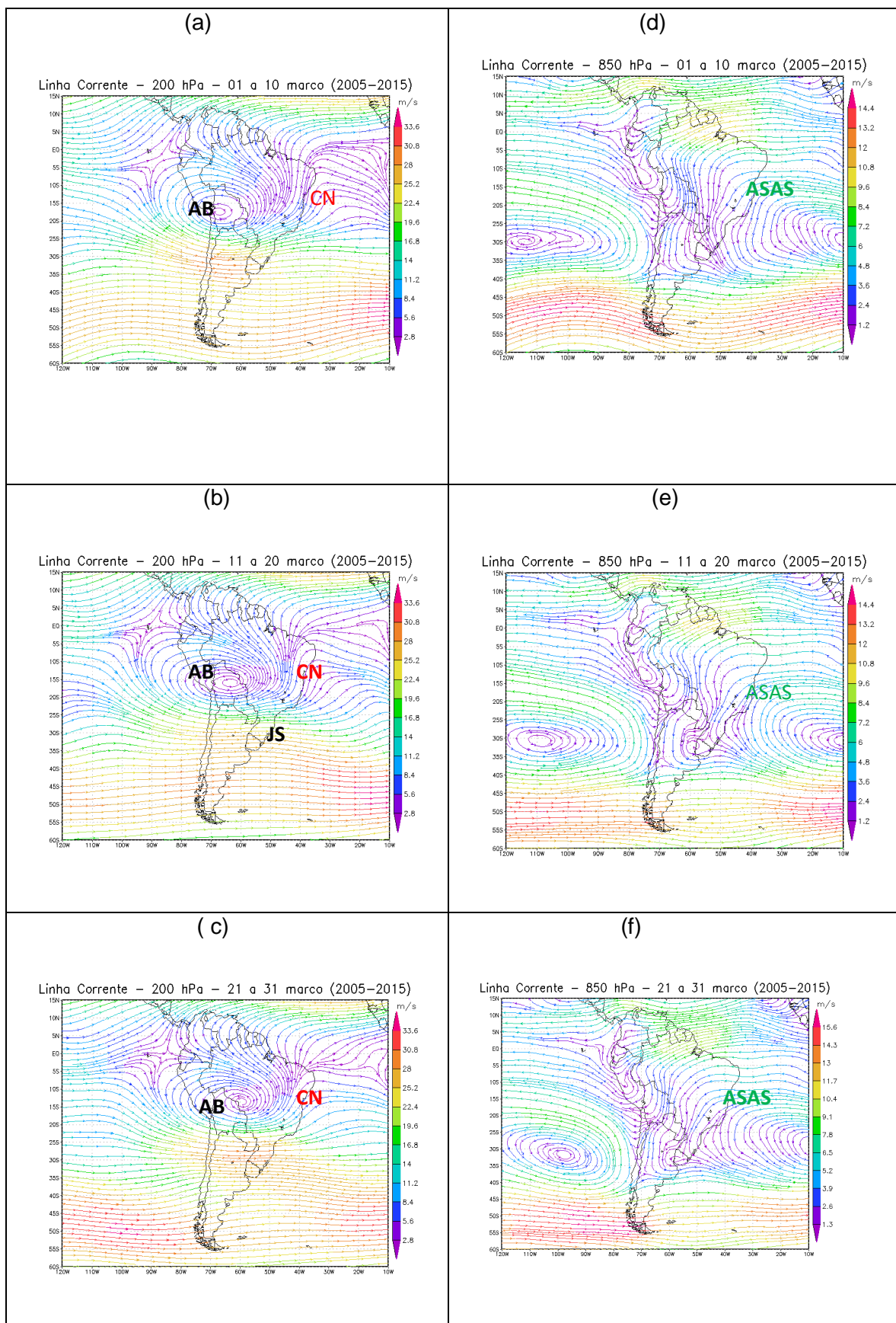


FIGURA 3C - Campos de linha de corrente 200 hPa (a,b,c) e 850 hPa (a,b,c) 1°, 2° e 3° decêndios de março.

Fonte NOAA, 2017

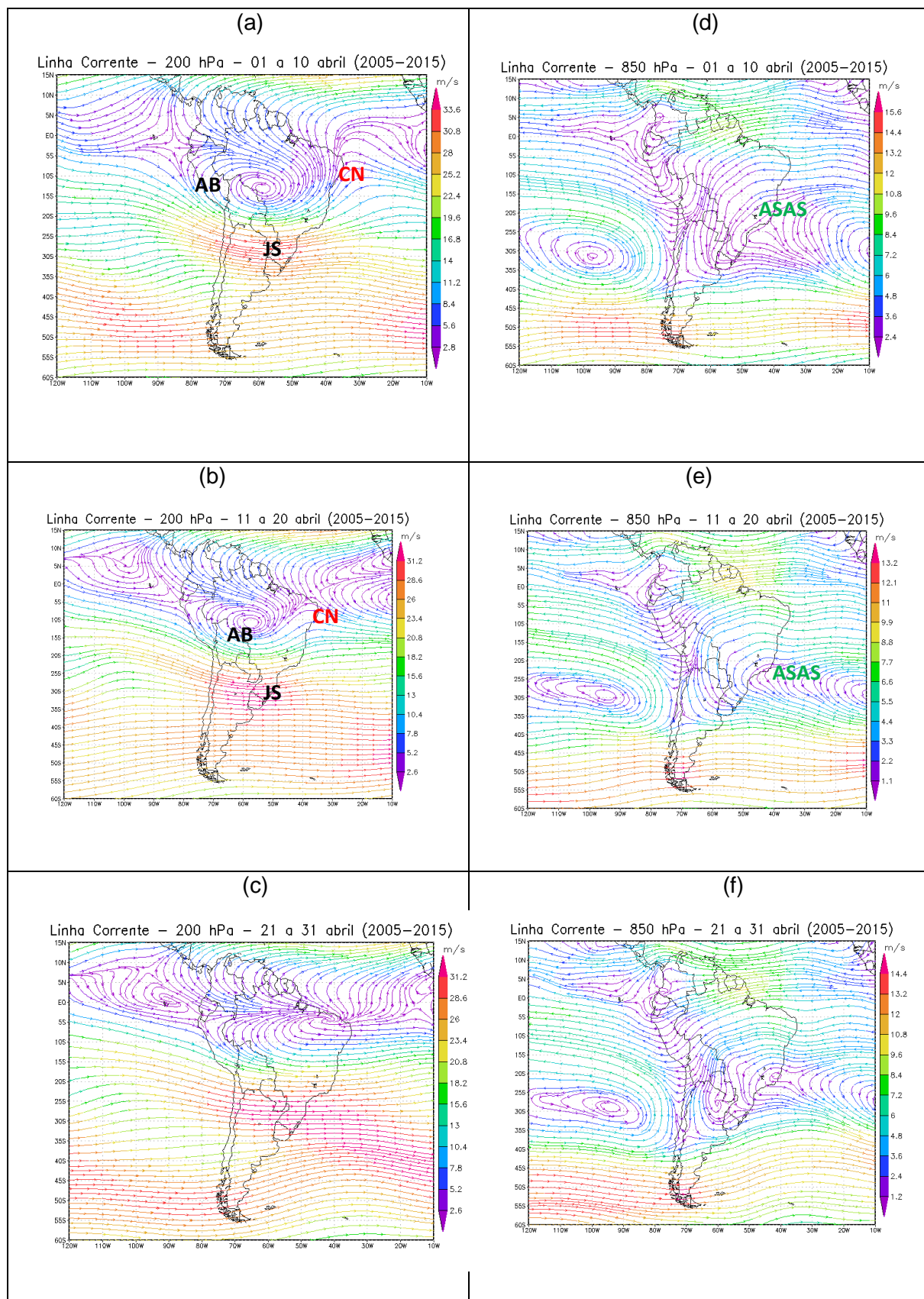
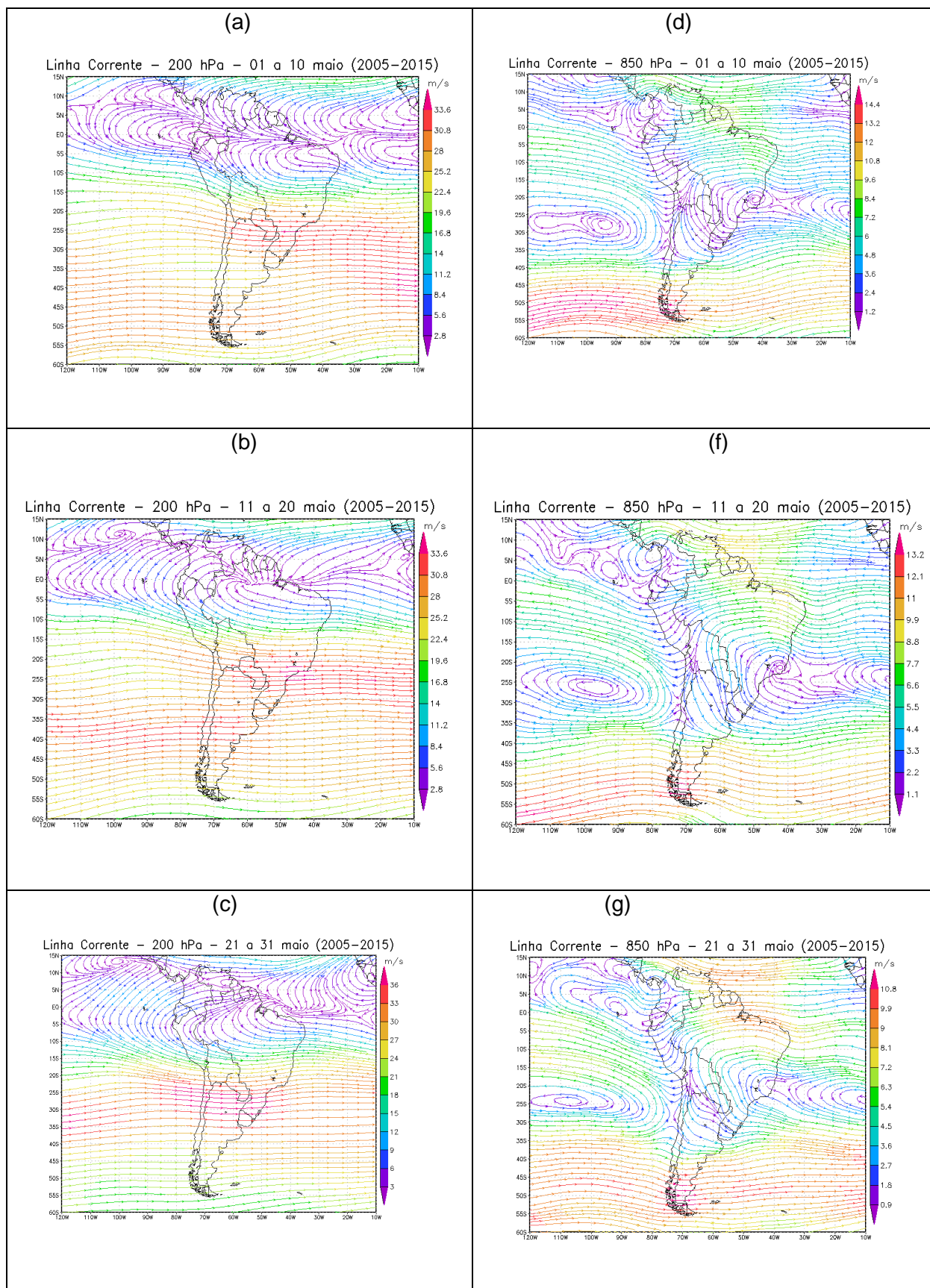


FIGURA 4C - Campos de linha de corrente 200 hPa (1°, 2° e 3°) e 850 hPa (1°, 2° e 3°) decêndios de Abril.

Fonte: NOAA, 2017



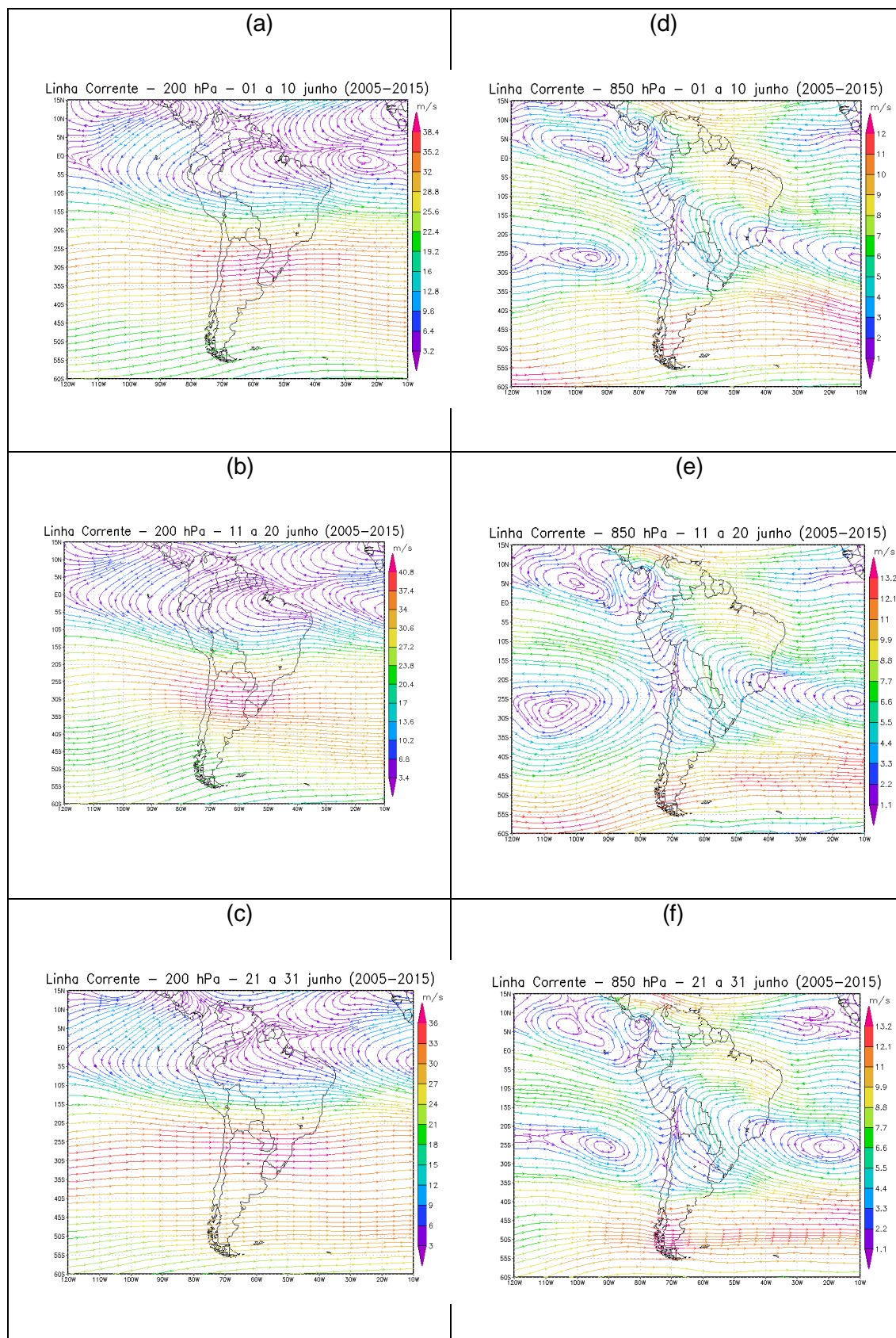


FIGURA 6C - Campos de linhas de corrente 200hPa (a,b,c) e 850 hPa (a,b,c) 1°, 2° e 3° decêndios de junho.

Fonte: NOAA, 2017

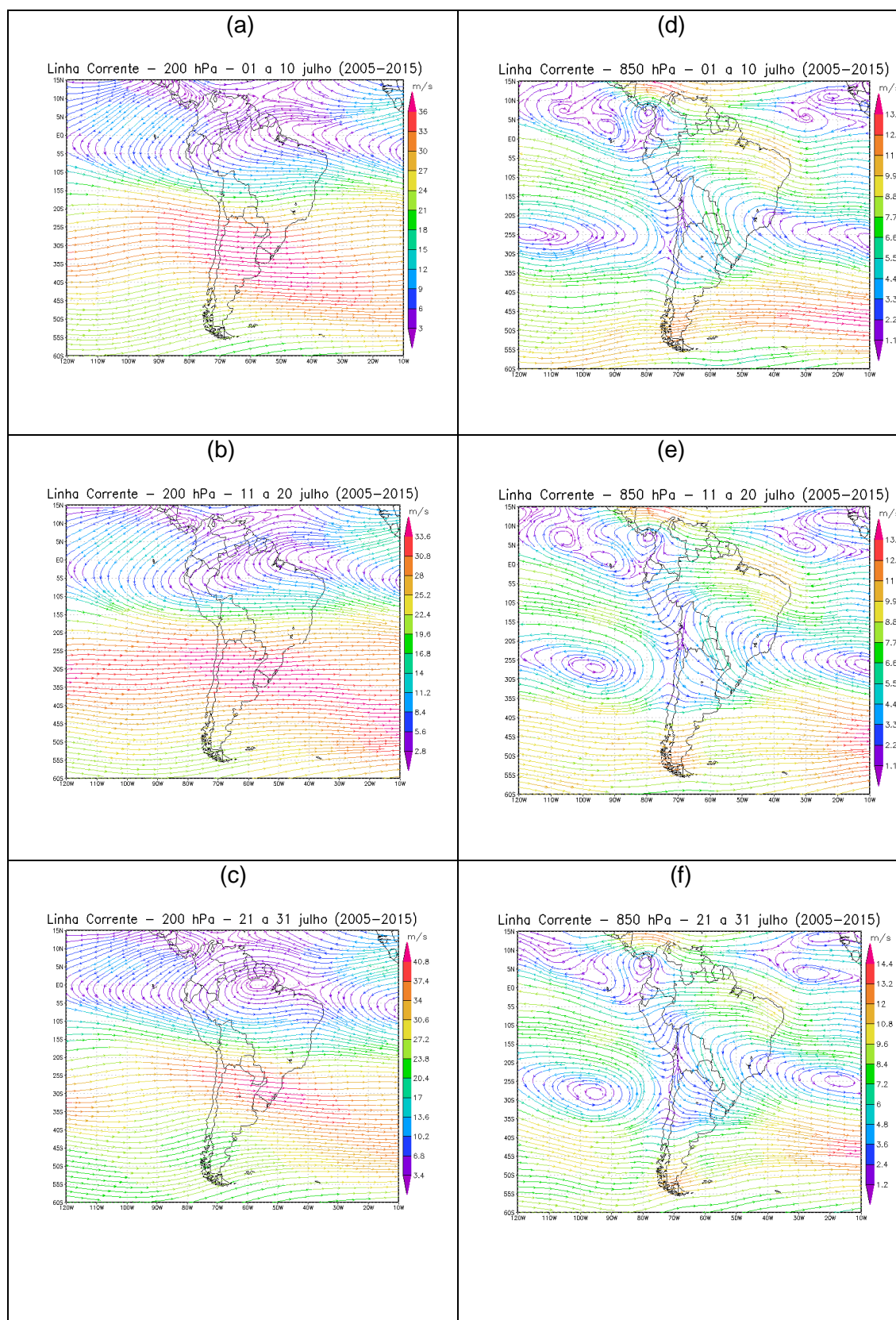


FIGURA 7C - Campos de linhas de corrente 200hPa (a,b,c) e 850 hPa (a,b,c) 1°, 2° e 3° decêndios de julho.

Fonte: NOAA, 2017

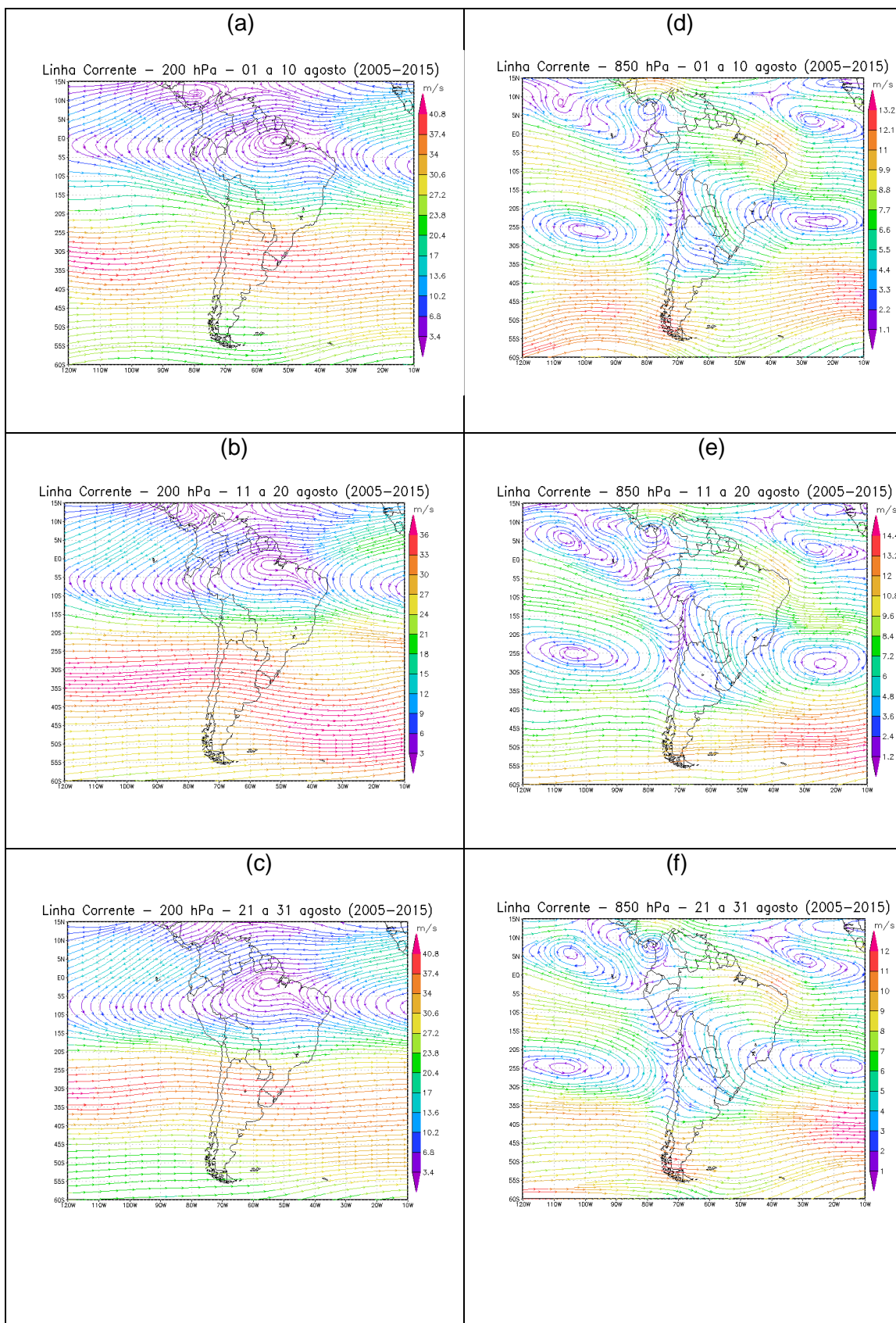


FIGURA 8C - Campos de linhas de corrente 200hPa (a,b,c) e 850 hPa (a,b,c) 1°, 2° e 3° decêndios de Agosto

Fonte: NOAA, 2017

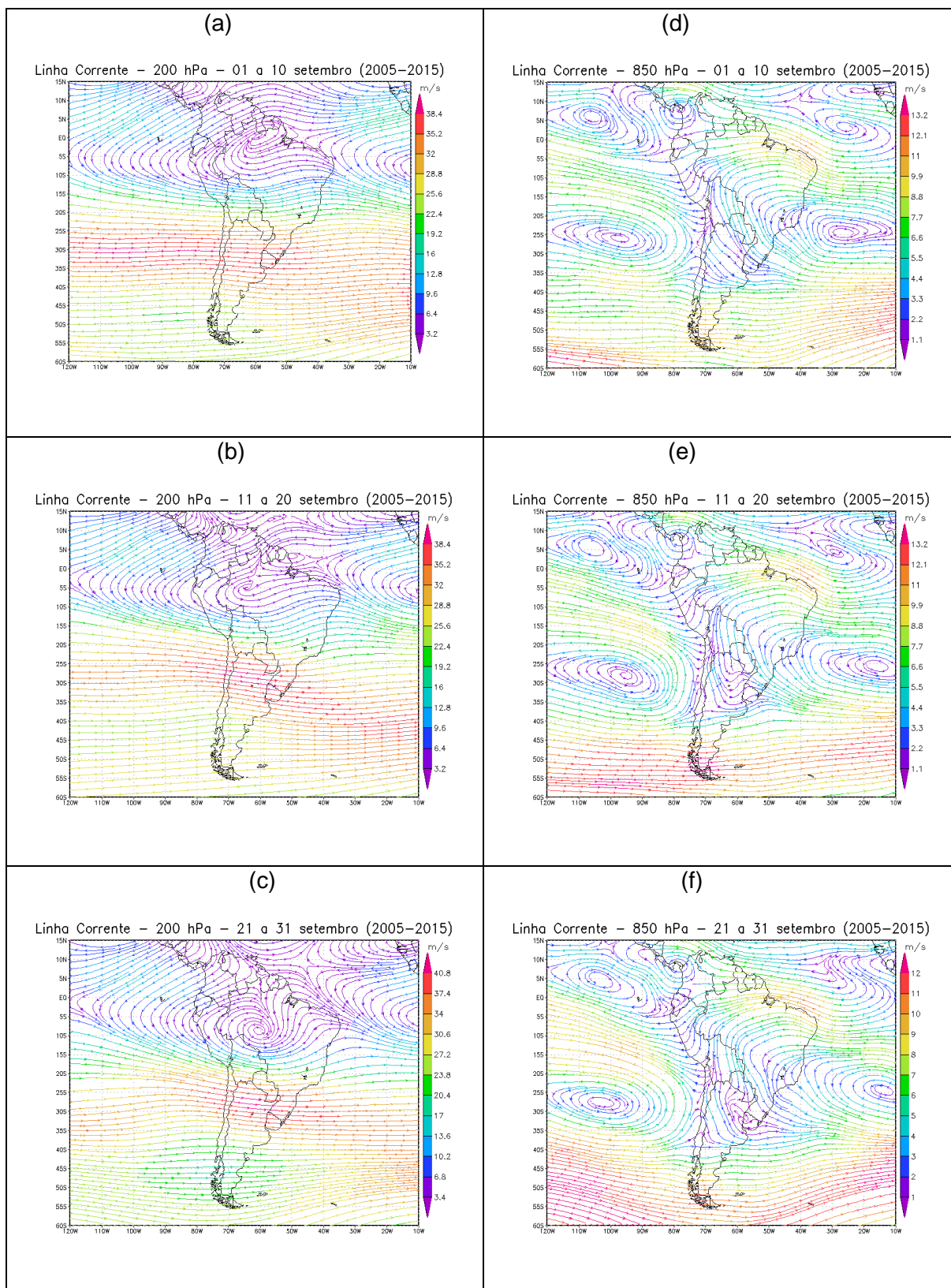


FIGURA 9C - Campos de linhas de corrente 200hPa (a,b,c) e 850 hPa (a,b,c) 1°, 2° e 3°
decêndios de setembro.

Fonte: NOAA, 2017