ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DAS CHUVAS PERSISTENTES NA REGIÃO DO PARQUE ESTADUAL DO RIO DOCE–PERD, SOB INFLUÊNCIAS DAS ZCAS E ZCOU (OUT/2015 A DEZ/2016)

LIMA, Jean Monteiro - jeanmonteirolima@gmail.com
Instituto Federal de Minas Gerais / IFMG

CUPOLILLO, Fulvio - fulvio.cupolillo@ifmg.edu.br
Instituto Federal de Minas Gerais / IFMG

RESUMO: Este artigo tem por objetivo analisar os eventos de chuvas persistentes que ocorreram na região do Parque Estadual do Rio Doce (PERD), para o período de outubro de 2015 a dezembro de 2016, por meio de elaboração de mapas decendiais de precipitações, com dados fornecidos das estações meteorológicas automáticas de Timóteo e Caratinga fornecidos pelo INMET e com o uso software ArcGIS 10.5. Assim, foi analisado o decêndio de cada mês, observando os maiores e menores índices totais pluviométricos bem como os eventos: Zona de Convergência da América do Sul (ZCAS) e Zona de Convergência de Umidade (ZCOU), que geraram as chuvas persistentes na região. Os resultados evidenciaram a estreita relação entre os eventos de ZCAS e ZCOU e catástrofes urbanas como enchentes e deslizamentos, ocorridos nos município do entorno do PERD, bem como demonstram a urgente e crescente necessidade do planejamento estratégico por parte do poder público e da população na organização do espaço geográfico de modo a evitar transtornos como a perda de vidas humanas, prejuízos materiais e danos ambientais, devido à influência destes mecanismos atmosféricos na gênese das chuvas persistentes e seus efeitos no Bioma Mata Atlântica e sistemas lacustres do PERD.

PALAVRAS-CHAVE: Parque Estadual do Rio Doce, Zona de Convergência da América do Sul, Zona de Convergência de Umidade, Decêndio

SPATIAL-TEMPORAL ANALYSIS OF PERSISTENT RAINS IN THE REGION OF THE RIO DOCE STATE PARK - RDSP, UNDER THE INFLUENCE OF ZCAS AND ZCOU (OCT / 2015 TO DEC / 2016)

ABSTRACT: This article aims to analyze the events of persistent rainfall that occurred in the Rio Doce State Park (PERD) region, for the period from October 2015 to December 2016, through the elaboration of decendial precipitation maps, with data supplied from the automatic meteorological stations of Timothy and Caratinga provided by the National Institute of Meteorology (INMET) and using ArcGIS 10.5 software. Thus, the decendium of each month was analyzed, observing the highest and lowest totais pluvimetric indices as well as the events: South America Convergence Zone (ZCAS) and the Moisture Convergence Zone (ZCOU), which generated persistent rainfall in the region. The results evidenced the close relationship between the events of ZCAS and ZCOU and urban disasters such as floods and landslides, occurring in the municipalities of around the PERD, as well as demonstrate the urgent and increasing need for strategic planning by the public and population authorities in the organization of geographic space in order to avoid disturbances such as the loss of human lives, environmental damage due to the influence of these atmospheric mechanisms on the genesis of persistent rainfall and its effects on the Atlantic Forest Biome and PERD Lake Systems

KEYWORDS: agrometeorology, crop, agriculture, seeding

EL ANÁLISIS ESPACIAL-TEMPORAL DE LAS LLUVIAS PERSISTENTES EN LA REGIÓN DEL PARQUE ESTADUAL DEL RÍO DULCE - PERD, BAJO LAS INFLUENCIAS DE LAS ZCAS Y ZCOU (OCT / 2015 A DIC / 2016)

RESUMEN: Este artículo tiene como objetivo analizar los eventos de lluvia persistente que ocurrieron en el Parque Estatal Río Doce (PERD), para el período del 2015 de octubre al 2016 de diciembre, a través de la elaboración de mapas de precipitación decendial, con datos Suministrados por las estaciones meteorológicas automáticas Timoteo y Caratinga proporcionadas por el Instituto Nacional de Meteorología (INMET) y con el uso del software ArcGIS 10,5. Así, se analizó la decendium de cada mes, observando los índices de precipitación totales más grandes y mínimos, así como los eventos: Zona de Convergencia de Sudamérica (ZCAS) y la Zona de Convergencia de Humedad (ZCOU), que generó lluvias persistentes en la región. Los resultados evidenciaron la estrecha relación entre los eventos de ZCAS y ZCOU y desastres urbanos como inundaciones y derrumbes, ocurriendo en los municipios de En torno a lo PERD, así como demostrar la necesidad urgente y cada vez mayor de planificación estratégica por las autoridades públicas y de población en la organización del espacio geográfico con el fin de evitar disturbios como la pérdida de vidas humanas, daños medioambientales debido a la influencia de estos mecanismos atmosféricos en la génesis de las lluvias persistentes y sus efectos sobre el bioma Forestal Atlántico y Sistemas del lago PERD

PALABRAS CLAVE: Parque Estatal del Río Doce, Zona de Convergencia de América del Sur, Zona de Convergencia de Humedad, Decendio

1.INTRODUÇÃO

Historicamente, a humanidade concebia a água dentro da cultura da abundância infinita. A pouca disponibilidade ou escassez limitava-se a certas regiões que não desfrutavam dessa fartura natural. Atualmente, a cultura da abundância foi substituída pela da escassez pela qual a sociedade brasileira clama por chuvas que trarão água para a necessidade humana, principalmente, nos grandes centros urbanos e ainda permitirá encher os reservatórios de geração de energia (DIEGUES, 2009).

No entanto, quando o período chuvoso ocorre, observa-se um despreparo da sociedade, devido à ausência de planejamento estratégico, englobando provisão de recursos em infraestrutura e capacitação técnica, o que pode resultar em desastres como inundações e escorregamento de massas, ceifando vidas nas regiões urbanizadas.

Neste contexto, conforme (CARDOSO et al.; 1998), os estudos que possibilitam o conhecimento sobre a distribuição e variações da chuva, no quesito temporal e espacial, são essenciais para subsidiar estudos hidrológicos e o planejamento de uso dos recursos hídricos.

Especialistas em tempo e clima em ciências atmosféricas identificaram e pontuaram os mecanismos atmosféricos que atuam na formação das chuvas no Brasil e em especial em Minas Gerais como: Zona de Convergência da América do Sul (ZCAS), Zona de Convergência de Umidade (ZCOU), as Frentes Frias (FF) e as Chuvas Convectivas. Outra circulação importante para manter a convergência de umidade nos baixos níveis é a Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), que em seu movimento anticiclônico sobre o oceano, centrado em aproximadamente 30º Sul, transporta vapor d'água em direção à costa sudeste

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

do Brasil, intensificando a convergência de umidade já existente na ZCAS (PALLOTTA, NAKAZATO, 2010).

Entretanto, de acordo com Cupollilo (2015), a região objeto do presente estudo, bacia do Rio Doce, experimenta um inverno seco, devido a atuação da circulação anti-horária e subsidente do ASAS, e a presença da Massa Polar Atlântica (MPA), mesmo que exista umidade disponível no ar tanto no inverno quanto no verão.

Abreu (1998), descreve que o Estado de Minas Gerais apresenta características de um clima de transição, com duas estações bem definidas, uma seca (abril a setembro) e outra chuvosa (outubro a março).

Quadro (1994), estabeleceu como um dos primeiros critérios na conceituação de ZCAS, a persistência da banda de nebulosidade por pelo menos quatro dias seguidos, semi-estacionária sobre a América do Sul no sentido (NW-SE), que se estende desde o sul da região Amazônica até a região central do Atlântico Sul, pontua que ocorre pelo menos um episódio por mês (Dezembro, Janeiro e Fevereiro), no verão do hemisfério sul e que o fenômeno do El Niño contribui negativamente para a formação da ZCAS, apesar dos resultados ainda não serem conclusivos entre o posicionamento da Alta da Bolívia e a ocorrência de ZCAS.

O El Niño é caracterizado por anomalias positivas de temperatura da superfície do mar (TSM) no pacífico equatorial e sua caracterização é feita, através de índices como, o índice de oscilação sul (IOS) que é caracterizado pela diferença de pressão padronizada em Darwin (Austrália) e Taiti (Polinésia Francesa), sendo que é considerado positivo, quando a pressão está maior no Taiti e negativo quando a pressão está maior em Darwin, e do índice ONI (Oceanic Niño Index) que é calculado por meio de médias trimestrais móveis (DJF, JFM, etc) de anomalias da temperatura da superfície do mar (TSM) na região do Niño 3.4 (5ºN-5ºS, 120º-170ºW, sobre o Pacífico Equatorial Tropical).

De acordo com Índice ONI (Oceanic Niño Index) usado pelo NOAA para caracterização do fenômeno ENOS (El Niño/La Niña) o evento de El Niño de 2015/2016 foi o que atingiu o maior valor do ONI (Golden Gate Weather Services, 2016).

Amaro, Lacerda e Molion (2008), observaram que o fenômeno da ZCAS está associado à alta atividade convectiva sobre o continente, devido aos fatores termodinâmicos e dinâmicos, por isso dá-se o nome de Zona de Convergência da América do Sul e não do Atlântico Sul.

Estudos do Grupo de Previsão de Tempo (GPT), do Centro de Previsão de Tempo e Estados Climáticos - CPTEC (SACRAMENTO NETO et al., 2010), perceberam que em alguns períodos ocorre a formação de um canal associado a convergência de umidade e massa, bastante similar a ZCAS, mas, sem a configuração clássica descrita na literatura. Então a este padrão similar não clássico passaram a denominar de Zona de Convergência de Umidade.

No Brasil, as frentes frias são os sistemas meteorológicos mais comuns que modificam as condições de tempo. Assim, segundo a climatologia elaborada por Cavalcanti e Kousky (2009), que analisaram a distribuição espacial da atividade frontal sobre a América do Sul, existem duas regiões preferenciais com maior frequência de passagens frontais: A primeira se localiza

imediatamente a leste da Cordilheira dos Andes e a segunda sobre o litoral das regiões Sul e Sudeste, provavelmente relacionada à presença da Serra do Mar.

Desta forma, os estudos de Rodrigues et al. (2004), mostraram que as frentes frias se deslocam em média do sudoeste para nordeste ao longo da região sul e sudeste do Brasil, com uma frequência mensal de 3-4 frentes/mês.

A formação das chuvas convectivas ocorre com a penetração das frentes frias e os ventos quentes que surgem na região favorecendo um rápido crescimento de turbulência atmosférica, devido ao choque térmico do ar quente em ascensão e o ar frio em subsidência (camada de mistura) que se eleva e leva as parcelas de ar até o nível de condensação por levantamento (SOUZA et al., 2000).

Abreu (1998) e Lucas (2015), discorrem que a ZCAS que provocam consequências socioambientais, que pode ser sentidas nas constantes inundações provocadas pelo transbordamento dos rios e, nas cidades, pelos deslizamentos em assentamentos urbanos inadequados, muitas vezes com grandes prejuízos e até perdas de vidas humanas. Cupolillo (2015) a ZCAS, durante a estação chuvosa que se estaciona muitas vezes sobre os paralelos 19º e 20º de latitudes sul, correspondente à localização da região em que está inserido o Parque Estadual do Rio Doce - PERD, provocando catástrofes em muitos municípios da bacia, como enchentes, quedas de barreiras nas rodovias e em áreas urbanas do seu entorno.

Assim, este trabalho tem como principal objetivo analisar as chuvas persistentes que ocorreram no entorno do PERD no período de outubro de 2015 a dezembro 2016, por meio de elaboração de mapas de espacializações das precipitações e linhas de corrente.

1.1 ÁREA DE ESTUDO

A região em estudo localiza-se na porção central da bacia hidrográfica do Rio Doce, onde esta inserido PERD e é composta pelos município de Ipatinga, Coronel Fabriciano, Timóteo, Dionísio, Marliéria, Ipatinga, Pingo D'agua, Córrego Novo, Jaguaraçu, São José do Goiabal, Bom Jesus do Galho, Vargem Alegre e Entre Folhas, conforme a Figura 1.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

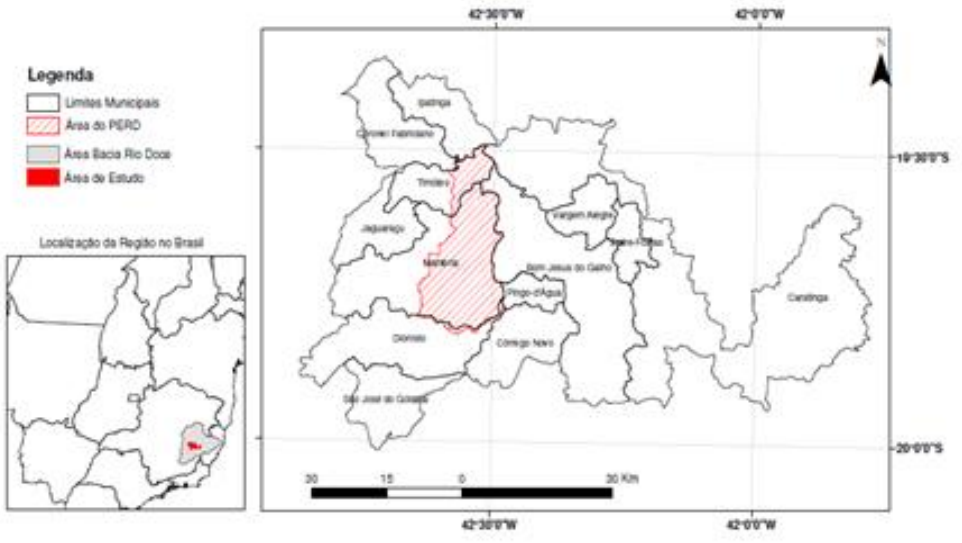


Figura 1 - Localização geográfica da área de estudo. Fonte: ArcGIS 10.5, Mapa produzido pelos autores.

2.MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizados neste estudo as informações contidos nos Boletins Agroclimatológicos do INMET e dados pluviométricos provenientes das estações meteorológicas automáticas de Timóteo e Caratinga, no período de outubro de 2015 a dezembro de 2016.

Na tabulação dos dados das estações meteorológicas (Timóteo– 19º57'38.24" de latitude sul e 42º62'24.13" de longitude oeste e Caratinga– 19º73'57.57" de latitude sul e 42º13'71.46" longitude oeste) foi adotado a metodologia de Cupolillo (2015) onde foi realizado o somatório das precipitações em períodos de decêndios.

O decêndio equivale a um período de dez dias consecutivos para os quais se calcula a soma de uma variável. Portanto, um mês contém três decêndios e o ano trinta e seis. Nos meses que apresentam trinta e um dias, a soma do 3º decêndio é elaborada para onze dias. Em fevereiro, o terceiro decêndio é calculado para oito dias, sendo que para anos bi sextos e calculado para nove dias (CUPOLILLO 2015).

Desta forma, após a tabulação dos dados foi construído histograma, demonstrando, a quantidade de chuva acumulada em cada um dos decêndios do período estudado, de outubro de 2015 a dezembro de 2016.

Após a identificação dos mecanismos como ZCAS e ZCOU, que geraram as chuvas persistentes na região, foram elaborados mapas decendiais, de espacialização das precipitações a partir da ferramenta geoestatística do software ArcGIS 10.5. Embora Lucas et. al (2013), descreve que outros modelos de interpolação como o RBF apresentam resultados melhores, foi utilizado o modelo matemático de interpolação determinístico, como o Inverse Distance Weighting (IDW), pelo fato dele apresentar melhor a realidade geográfica da bacia do rio Doce, além de levar em conta as características topográficas da área analisada.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Cupolillo (2015) sugere o uso do interpolador IDW por demonstrar cartograficamente a influência das condições topográficas na distribuição das chuvas, tornando-se o mais próximo da realidade em questão.

Foram construídos gráficos com os dados diários dos decêndios, onde ocorreram os eventos de ZCAS e ZCOU de modo a demonstrar o dia de maior precipitação e em seguida utilizou-se imagens de satélite GÓES-13, disponibilizadas pelo CPETC, dos dias em que ocorreram as maiores concentrações de chuva e como forma de entender e identificar os mecanismos atmosféricos que atuavam no nos dias de ZCAS, foram utilizados dados de reanálise do NCEP (National Center for Enviroment Prediction), obtidos via portal do CDC/NOAA (Climate Diagnostic Center/National Oceanic and Atmospheric Administration), considerando dados decendiais de vento, com resolução horizontal de 2,5º e trabalhados no visualizador gráfico GrADS (Grid Analysisand Display System).

Determinou-se o domínio espacial para América do Sul, Oceanos Pacífico e Atlântico, entre as coordenadas geográficas entre 15º de latitude norte, 60º de latitude sul, 120º de longitude oeste e 10º de longitude oeste, englobando as variáveis: componente meridional e zonal do vento. Assim foram elaborados mapas de Linhas de Corrente aos níveis de 200 hPa e 850 hPa dos decêndios em que ocorreram os eventos de ZCAS e ZCOU.

De posse das informações realizou-se pesquisa via internet nos jornais da região detectando as conseqüências dos transtornos causados pelas chuvas persistentes durante a ocorrência dos eventos de ZCAS e ZCOU.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3. 1 ANÁLISE DAS PRECIPITAÇÕES.

Na Figura 02, percebe-se o período de chuva que compreende os meses de outubro a março e o período de seca que compreende os meses de abril a setembro. Em conformidade com Cupolillo (2015), é possível constatar a presença de veranico, que são períodos de estiagens dentro de uma estação chuvosa. Os decêndios fevereiro mostram a redução brusca das chuvas.

De acordo com o Boletim Agroclimatológico do Instituto Nacional de Meteorológia – INMET, ocorreram no mês de outubro de 2015 quatro sistemas frontais (FF) que geram áreas de instabilidade, porém nos 1º e 2º decêndios de outubro de 2015, não foi registrado nenhum valor de precipitação nas estações da região em estudo. Somente o quarto sistema frontal ocorrido no mês outubro que provocou chuva em seu 3º decêndio, acarretando áreas de instabilidade que se transformaram em chuvas torrenciais.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

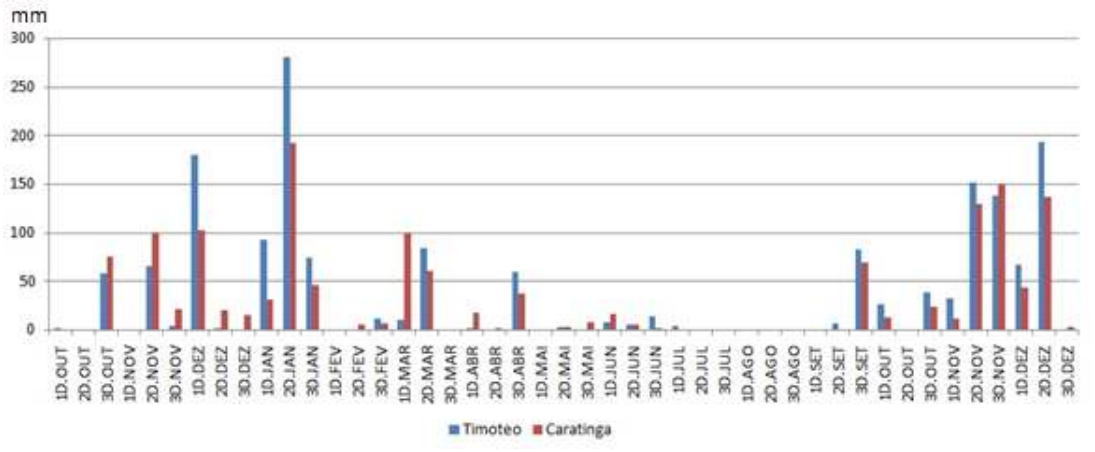


Figura 2 – Distribuição dos totais em decêndios de precipitação de chuvas registrados nas estações meteorológicas de Timóteo e Caratinga do INMET – Out/2015 à Dez/2016. Fonte: Elaborado pelos autores.

No mês de novembro de 2015, foram registrados chuvas nos três decêndios (1D.NOV, 2D.NOV e 3D.NOV), devido a penetração de cinco frentes frias. Também no 2º decêndio ocorreu o primeiro episódio de ZCOU.

Já no mês de dezembro de 2015, conforme o Boletim Agroclimatológico, não ocorreu ZCAS e ZCOU, apenas sistemas de origem frontais e áreas de instabilidades associadas à interação entre o calor e a alta umidade na atmosfera. Assim o 1º decêndio apresentou maiores totais de precipitação do que o 2º e 3º decêndios.

No mês de janeiro de 2016, foram registradas chuvas durante os três decêndios (1D.JAN, 2D.JAN e 3D.JAN), mas a partir do dia 14 do mês, ocorreu a formação do primeiro episódio de ZCAS, onde verificar-se os maiores totais de precipitação do período observado, 270 mm de chuva acumulada.

No mês de fevereiro de 2016 ocorreu a formação de um veranico climático, o qual também detectado por Cupolillo (2015), em sua climatologia de 1973 a 2003 e verificado no registro das estações de Caratinga e Timóteo (D1.FEV,D2.FEV e D3.FEV) e mesmo que o Boletim Agroclimatológico apresenta a formação de um episódio de ZCOU no 3º decêndio, em que não é possível verificar o registro de chuvas nessas estações meteorológicas.

Para o mês de março de 2016 o Boletim Agroclimatológico pontua a ocorrência de três eventos de ZCOU durante todo o mês, nos dias 5, 14 e 26, porém, na região em estudo apenas no 1º e 2º decêndios é possível verificar a atuação do sistema meteorológico com um elevado índice pluviométrico registrado no 1º decêndio na estação de Caratinga. Já no 3º decêndio, não houve registro de precipitação de chuvas nas estações.

No mês de abril inicia-se a estação seca, que de acordo com o Boletim Agroclimatológico, esporadicamente, observou-se a formação de áreas de instabilidade, devido à configuração de bloqueio atmosférico que foi caracterizada pela presença, nesse caso específico, da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) que se manteve estacionária sobre o Oceano Atlântico,

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

impedindo o avanço de sistemas de origem frontal e, consequentemente, das massas de ar frio e seco (de origem polar) sobre o país. Nos 1º e 2º decêndios verifica-se um baixo índice de precipitações e no 3º decêndio as áreas de instabilidade foram reforçadas devido à atuação de um sistema de origem frontal sobre a região acarretando, o alto índice de precipitação na região.

O final da estação seca ocorre no mês de setembro que é considerado um mês de transição entre o término de período seco e início do período chuvoso, por isso, as chuvas ainda apresentam uma característica irregular, tanto espacialmente quanto temporalmente. De acordo com o Boletim Agroclimatológico, durante esse mês observou-se que além de atuação de áreas de instabilidade, sistemas de origem frontal que conseguiram influenciar as condições de tempo na região. No último decêndio (3D.SET) uma intensa frente fria atuou sobre Minas Gerais, gerando áreas de instabilidade que ocasionaram pancadas de chuva isoladas sobre Minas Gerais e região em estudo.

Segundo o Boletim Agroclimatológico no mês de outubro de 2016, o fenômeno que predominou foi às áreas de instabilidade atmosférica, que provocaram chuvas no 1º e 3º decêndios. Já no 2º decêndio observou-se a aproximação da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) sobre o continente influenciando nas condições do tempo na região Sudeste e, consequentemente, não foi registrado nenhuma precipitação na região. Também o mês de outubro de 2016, apresentou um índice pluviométrico menor do que o mesmo período de 2015.

No mês de novembro de 2016, conforme o mesmo Boletim, ocorreram cinco sistemas de origem frontal que influenciaram nas condições de tempo da região, gerando linhas de instabilidade, porém não ocorram episódios ZCAS ou ZCOU. No entanto, as precipitações registradas no 2º e 3º decêndios do mês tem relação com a formação de uma área de baixa pressão sobre o continente que se deslocou, em sentido ao oceano de modo a formar uma Tempestade Subtropical nomeada de 'DENI' pela Marinha do Brasil. Esta favoreceu a formação de áreas de instabilidade em toda a região Sudeste que levou o INMET a divulgar Aviso Meteorológico de Grande Perigo, conforme Boletim de Analise Climática Semanal, do mês de novembro de 2016.

No 1º decêndio de dezembro de 2016, ocorreram precipitações influenciadas pela formação de áreas de instabilidades, geradas pela interação entre o calor e a umidade disponível na atmosfera e algumas vezes, mantida pela circulação dos ventos em médios e altos da atmosfera. No 2º decêndio ocorreu um episódio de ZCAS, provocando chuva na região e em todo sudeste. Em relação ao 3º decêndio do mês, conforme o Boletim Agroclimatológico do INMET (dez/2016), observou-se a formação de um Cavado em altos níveis que se transformando em um Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN) pode ter relação com o baixo índice de pluviosidade registrado.

3. 2 ANÁLISES DOS EVENTOS DE ZCAS E ZCOU

Foram selecionados os episódios de ZCOU do 2º decêndio de novembro de 2015 e os episódios do 1º e 2º decêndios de março de 2016, bem como os

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

episódios de ZCAS do 2º decêndio de janeiro e do 2º decêndio de dezembro do ano de 2016, para espacialização e análises das chuvas.

No 2º decêndio de novembro de 2015, Figura 03, no início da estação chuvosa ocorreu um episódio de ZCOU de modo que a região próxima a Caratinga apresentou maiores precipitações em relação a Timóteo. No PERD é possível verificar que a porção norte obteve uma menor pluviosidade em relação a porção sul.

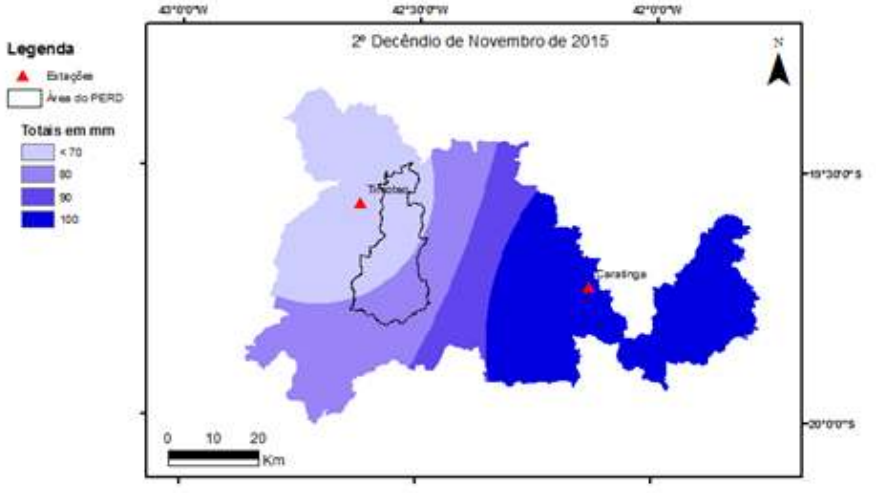
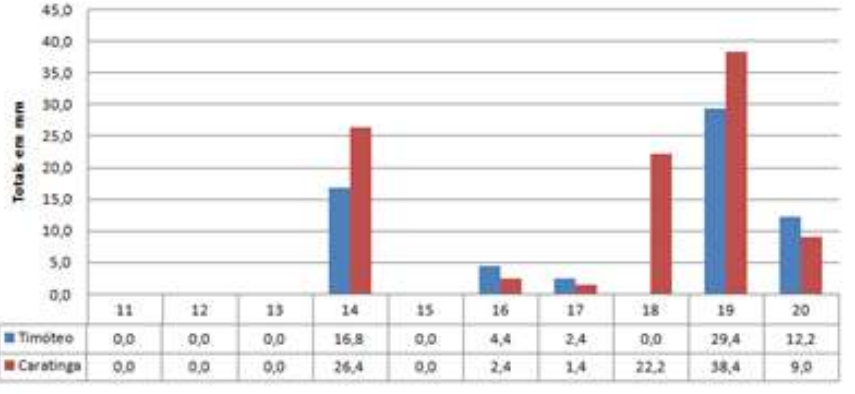


Figura 3 – Espacializações da distribuição das precipitações na região do PERD conforme a ocorrência de evento de ZCOU no 2º decêndio de novembro de 2015. Fonte: ArcGIS 10.5, elaborado pelos autores.

Neste, Figura 4, os dias 14 e 19 apresentaram os maiores totais de precipitação em Timóteo e Caratinga. Contudo, nestes dias os totais de precipitação foram maiores em Caratinga, ocorrendo no dia 18 o ápice de precipitação. Sendo que para Timóteo não houve registro de chuva neste dia.



	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Timóteo	0,0	0,0	0,0	16,8	0,0	4,4	2,4	0,0	29,4	12,2
Caratinga	0,0	0,0	0,0	26,4	0,0	2,4	1,4	22,2	38,4	9,0

Figura 4 – Total das precipitações diárias das estações de Timóteo e Caratinga do INMET no 2º decêndio de novembro de 2015. Fonte: Elaborado pelos autores.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

No dia 19, ocorreram os maiores totais de precipitações diárias na região, na Figura 5 é possível visualizar perfeitamente o posicionamento da ZCOU sobre o Brasil, Minas Gerais e região.

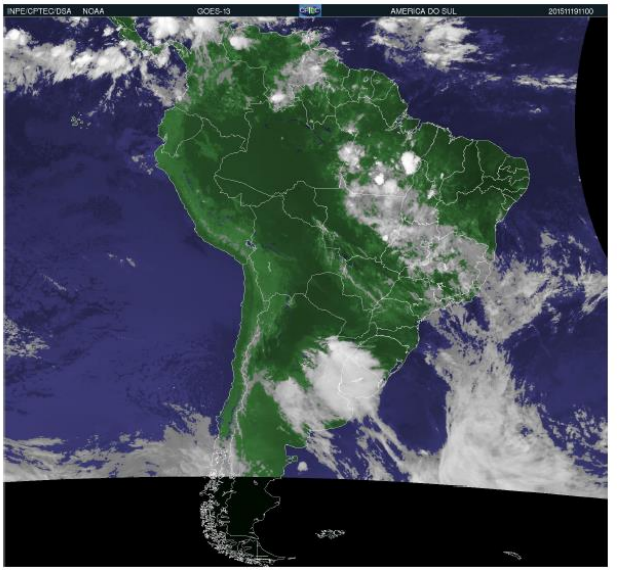


Figura 5 – Posicionamento da ZCOU sobre a região no dia 19/11/2015. Fonte: Imagem IR GÓES-13 colorida. Disponível em: http://www.cptec.inpe.br. Acesso em: 10 mar 2018.

Analisando os mecanismos dinâmicos de meso e grande escala que atuam no estado de Minas Gerais são os mesmos que influenciam no clima da região em estudo, Figura 6. No 2º decêndio do mês de novembro, em especial no dia 19, os campos de linhas de corrente demonstram que a posição da AB avança em direção à Região Centro-Oeste. Concomitante a esse fato, na porção leste do continente, limítrofe ao oceano Atlântico, começa a se configurar um mecanismo denominado de Cavado do Nordeste (CN) a 200 hPa. No nível de 850 hPa, verifica-se a confluência dos ventos em baixos níveis influenciando o tempo sobre Minas Gerais.

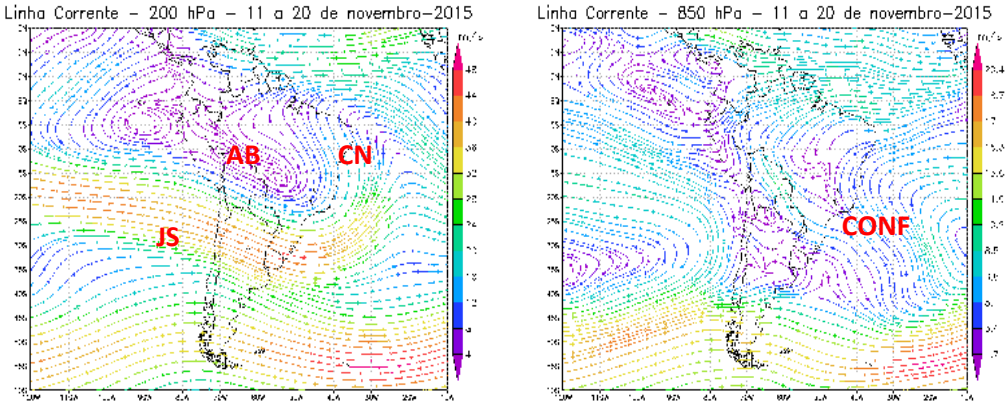


Figura 6 – Campos de Linha de Corrente 200 hPa e 850 hPa – 2º Decêndio de novembro 2015. AB (Alta da Bolívia), CN(Cavado do Nordeste), JS (Jato Subtropical e CONF(Confluência dos Ventos). Fonte de dados: Disponível em: www.cdc.noaa.gov. Acesso em: 20 mar. 2017. Elaborado pelos autores.

No 2º decêndio do mês de janeiro de 2016, Figura 7, ocorreu o primeiro e único episódio de ZCAS no ano hidrológico de 2015, com um elevado índice pluviométrico nas duas cidades. Verifica-se pela espacialização que Timóteo registrou um acumulado de mais 80 mm em dez dias do que Caratinga. Também se observa que ocorreram maiores precipitações na porção norte e significativas no sul do PERD.

Conforme o histograma de precipitações diárias, Figura 8, as chuvas iniciaram no dia 13 e se estenderam até o dia 20, com o maior pico de precipitações no dia 18, com destaque para Timóteo.

No dia 18 ocorreram os maiores totais de chuvas diárias na região, na Figura 9 é possível visualizar perfeitamente o posicionamento da ZCAS com a sua banda de nebulosidade sobre a região da bacia hidrográfica do Rio Doce.

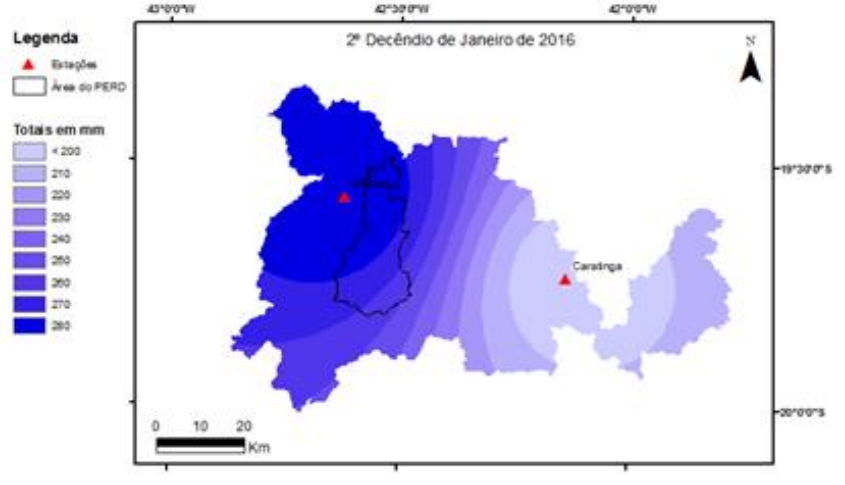
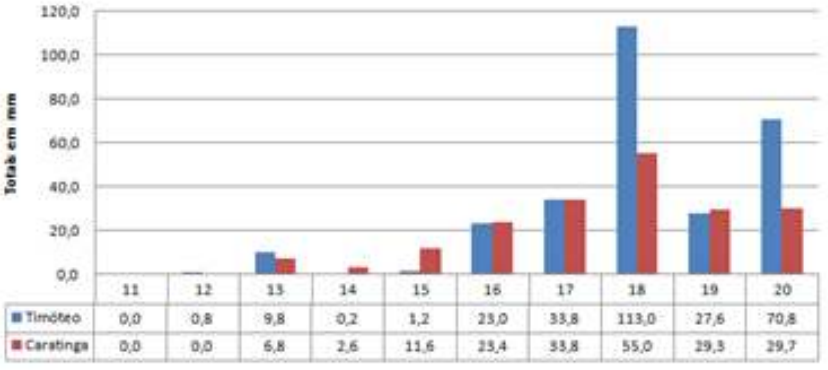


Figura 7 – Espacializações da distribuição das precipitações na região do PERD conforme a ocorrência de evento de ZCAS no 2º decêndio de janeiro de 2016. Fonte: ArcGIS 10.5, elaborado pelos autores.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)



	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Timóteo	0,0	0,8	9,8	0,2	1,2	23,0	33,8	113,0	27,6	70,8
Caratinga	0,0	0,0	6,8	2,6	11,6	23,4	33,8	55,0	29,3	29,7

Figura 8 – Total das precipitações diárias das estações de Timóteo e Caratinga do INMET no 2º decêndio de janeiro de 2016. Fonte: Elaborado pelos autores.

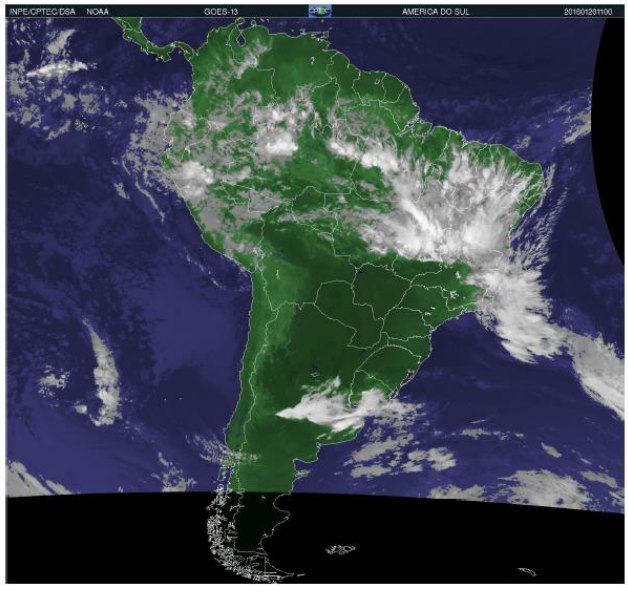


Figura 9 – Posicionamento da ZCAS sobre a região no dia 18/01/2016. Fonte: Imagem IR GÓES-13 colorida. Disponível em: http://www.cptec.inpe.br. Acesso em: 10 mar 2018.

Segundo Vianello e Maia (1986), o fortalecimento da AB sobre o continente brasileiro favorece a configuração da Baixa do Chaco, fortalecendo os mecanismos convectivos à superfície. O JS, antes predominantemente zonal, inicia um processo de ondulação sobre o sudeste, favorecendo a penetração de sistemas frontais em Minas Gerais (Figura 10).

Assim com a influência da AB envolvendo todo o estado e, correlatamente o VCAN, apresenta-se de forma bem acentuada no Atlântico. Em 850 hPa, no dia 18 de janeiro observa-se a formação de confluência do escoamento sobre Minas Gerais, transportando umidade da Amazônia para Minas Gerais, responsável pela formação de ZCAS.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

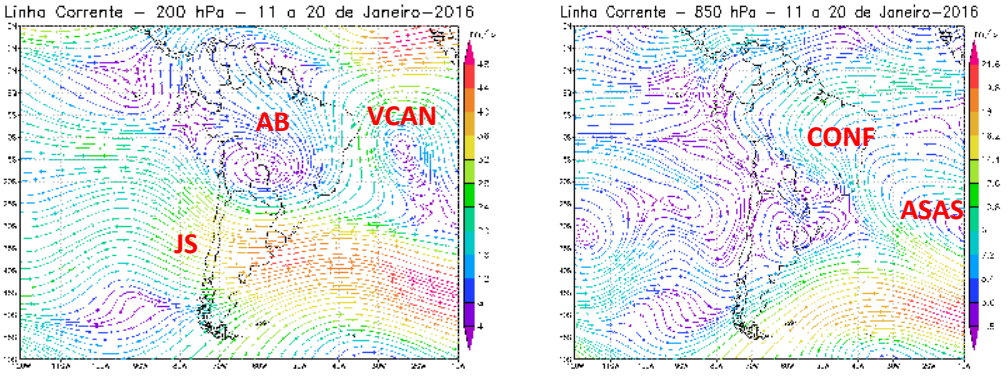


Figura 10 – Campos de Linha de Corrente 200 hPa e 850 hPa – 2º Decêndio de janeiro 2016. AB (Alta da Bolívia), VCAN (Vórtice Ciclônico de Altos Níveis), JS (Jato Subtropical), ASAS (Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul) e CONF (Confluência dos Ventos). Fonte de dados: Disponível em: www.cdc.noaa.gov. Acesso em: 20 mar. 2017. Elaborado pelos autores.

No 1º decêndio de março de 2016, Figura 11, ocorreu um episódio de ZCOU, onde a espacialização dos dados demonstrou uma baixa precipitação em Timóteo e uma expressiva precipitação em Caratinga. No PERD observa apenas um acumulado mais significativo na porção sul.

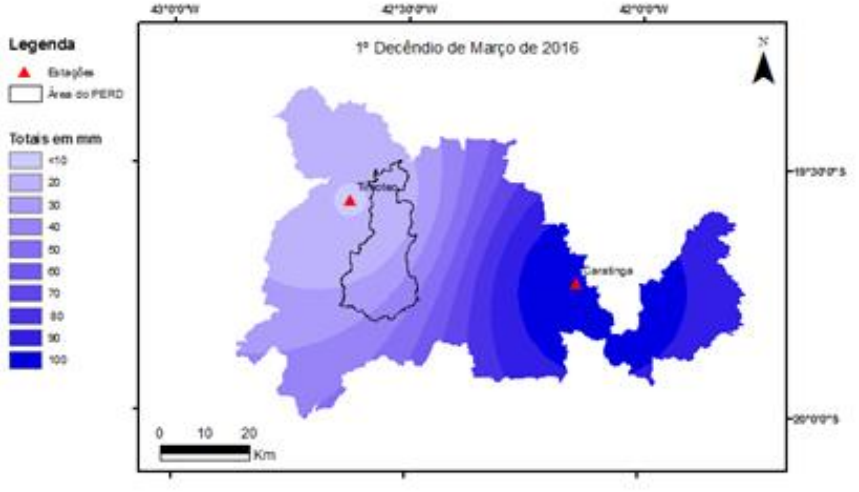


Figura 11 – Espacializações da distribuição das precipitações na região do PERD conforme a ocorrência de evento de ZCOU no 1º decêndio de março de 2016. Fonte: ArcGIS 10.5, elaborado pelos autores.

Neste, ocorreram poucas precipitações diárias conforme a Figura 12. No entanto no dia 5 ocorreu o maior acumulado de precipitação do período em Caratinga e um valor pequeno de precipitação em Timóteo.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Timóteo	0,0	0,0	0,0	0,0	9,2	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0
Caratinga	7,2	0,0	0,0	0,2	77,4	0,0	13,2	0,0	0,0	0,0

Figura 12 – Total das precipitações diárias das estações de Timóteo e Caratinga do INMET no 1º decêndio de março de 2016. Fonte: Elaborado pelos autores.

Como o maior total de precipitação ocorreu no 5º dia do 1º decêndio, é possível verificar na Figura 13, o posicionamento da ZCOU com a sua banda de nebulosidade sobre a região em estudo.

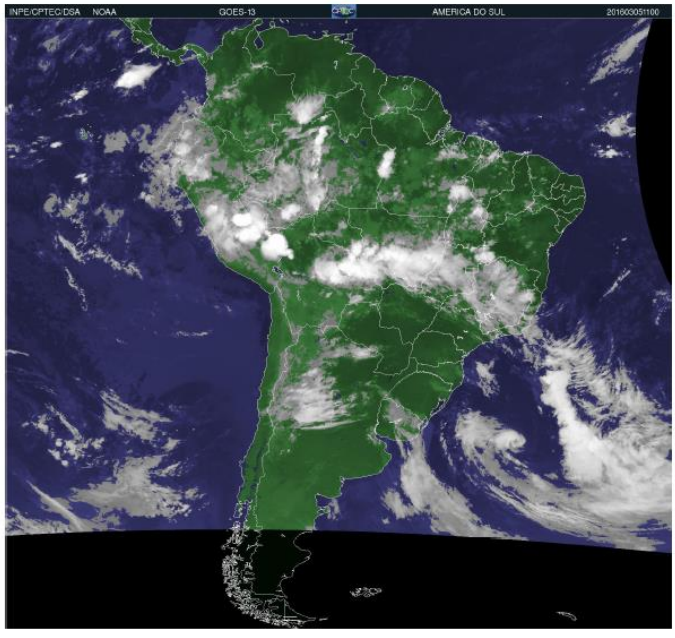


Figura 13 – Posicionamento da ZCOU sobre a região no dia 05/03/2016. Fonte: Imagem IR GÓES-13 colorida. Disponível em: http://www.cptec.inpe.br. Acesso em: 10 mar 2018.

A partir de março a Alta da Bolívia (AB) começa a perder força e mudar sua posição para o oeste e o Cavado do Nordeste (CN) quase não existe mais a 200 hPA (Figura 14), porém foi possível a formação de uma ZCOU na confluência do ventos a 850 hPA, que proporcionou a elevada precipitação que foi registrada na região.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

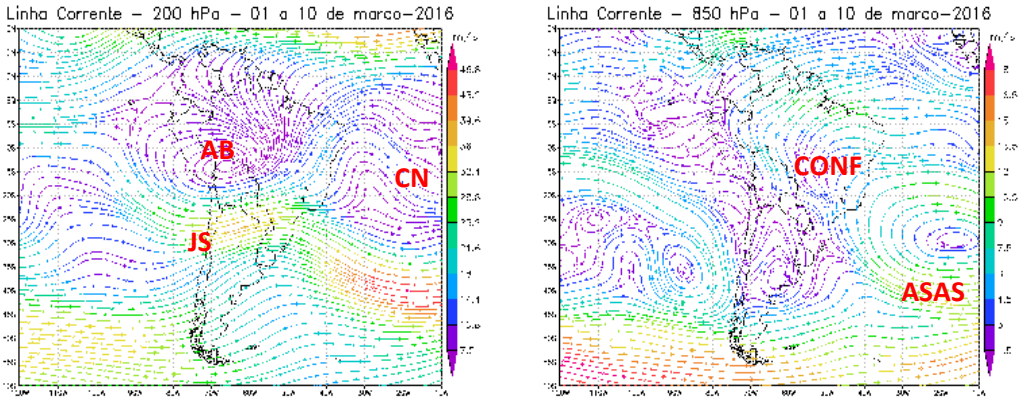


Figura 14 – Campos de Linha de Corrente 200 hPa e 850 hPa – 1º Decêndio de março 2016. AB (Alta da Bolívia), CN (Cavado do Nordeste), JS (Jato Subtropical) e ASAS (Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul). Fonte de dados: Disponível em: www.cdc.noaa.gov. Acesso em: 20 mar. 2017. Elaborado pelos autores.

No 2º decêndio de março de 2016, finalizando a estação chuvosa do ano hidrológico de 2015, verifica-se uma redução nos totais pluviométricos, onde na Figura 15 ocorre a espacialização do segundo episódio de ZCOU. Em Timóteo e na porção norte do PERD identifica-se os maiores totais de precipitação.

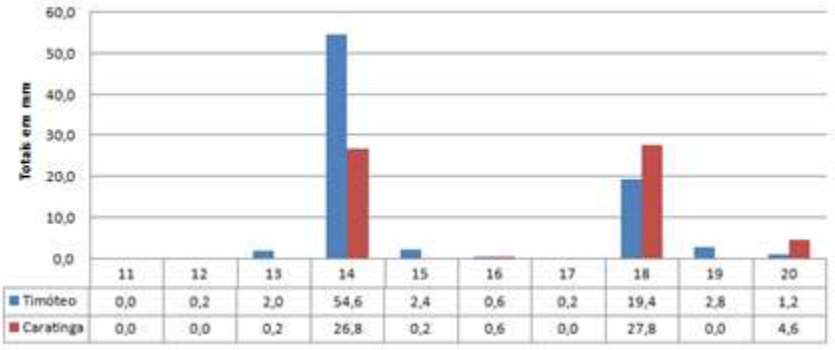


Figura 15 – Espacializações da distribuição das precipitações na região do PERD conforme a ocorrência de evento de ZCOU no 2º decêndio de março de 2016. Fonte: ArcGIS 10.5, elaborado pelos autores.

Observa-se na Figura 16, que os dias que ocorreram os maiores acumulados de precipitações foram o dia 14 e 18, sendo que no dia 14 choveu mais em Timóteo e no dia 18 choveu mais em Caratinga, porém com uma diferença pequena entre ambas.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Analisando a imagem de satélite do dia 14 de março de 2016, verifica-se uma ZCOU com uma pequena banda de nebulosidade e nuvens bastante espaçadas sobre a região, fato que explica o baixo índice de acúmulo de precipitações do período, conforme Figura 17.



	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Timóteo	0,0	0,2	2,0	54,6	2,4	0,6	0,2	19,4	2,8	1,2
Caratinga	0,0	0,0	0,2	26,8	0,2	0,6	0,0	27,8	0,0	4,6

Figura 16 – Total das precipitações diárias das estações de Timóteo e Caratinga do INMET no 2º decêndio de março de 2016. Fonte: Elaborado pelos autores.

No dia 14 de março de 2016, é possível verificar na Figura 18, em 200 hPa, a AB desloca-se para sudeste e o CN para leste que se fecha formando um bloqueio atmosférico sobre o oceano e, permitindo que se restabeleça na superfície, condições favoráveis à penetração dos sistemas frontais e à confluência de umidade de origem amazônica, restabelecendo o mecanismo favorável à ocorrência de chuvas sobre Minas Gerais. Porém em 850 hPa verifica-se uma penetração dos ventos em baixos nível que prejudica a formação de uma ZCOU muito intensa.

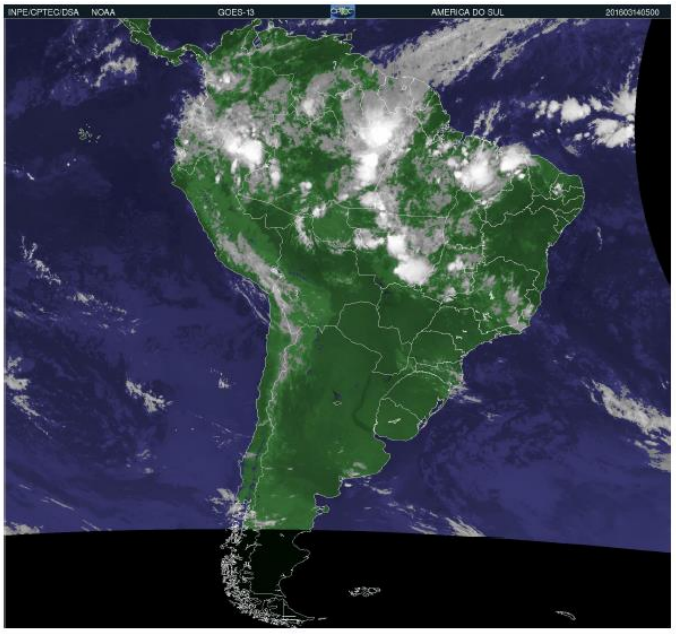


Figura 17 – Posicionamento da ZCOU sobre a região no dia 14/03/2016. Fonte: Imagem IR GÓES-13 colorida. Disponível em: http://www.cptec.inpe.br. Acesso em: 10 mar 2018.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

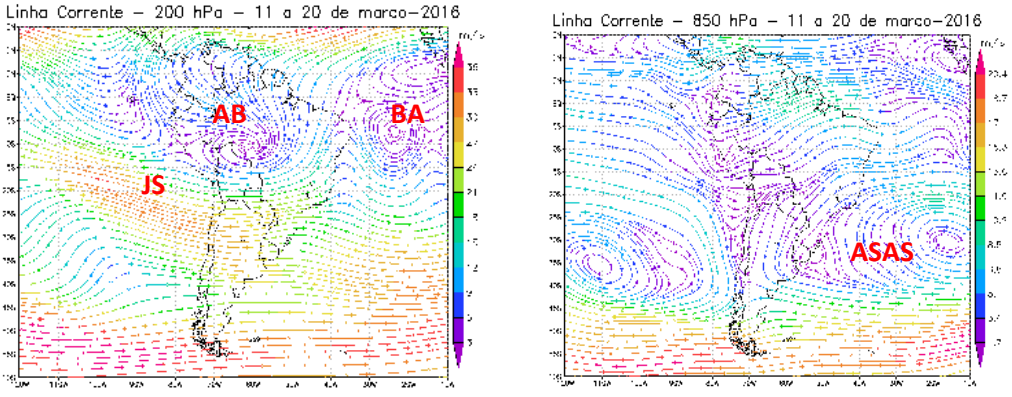


Figura 18 – Campos de Linha de Corrente 200 hPa e 850 hPa – 2º Decêndio de janeiro 2016. AB (Alta da Bolívia), BA (Bloqueio Atmosférico), JS (Jato Subtropical) e ASAS (Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul). Fonte de dados: Disponível em: www.cdc.noaa.gov. Acesso em: 20 mar. 2017. Elaborado pelos autores.

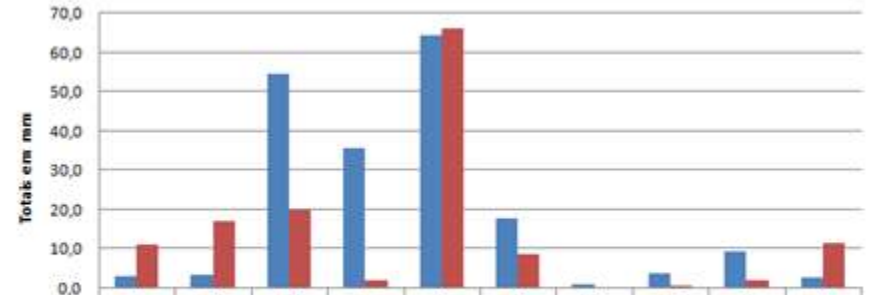
No 2º decêndio de dezembro de 2016 aconteceu o segundo episódio de ZCAS do período estudado, Figura 19. Pela espacialização dos dados verifica-se um maior total de precipitação sobre a região de Timóteo, como também precipitações expressivas sobre o território do PERD.



Figura 19 - Espacializações da distribuição das precipitações na região do PERD conforme a ocorrência de evento de ZCOU no 2º decêndio de dezembro de 2016. Fonte: ArcGIS 10.5, elaborado pelos autores.

Durante todo o 2º decêndio de dezembro de 2016, Figura 20, foram registradas precipitações diárias, mas nos dias 13 a 15 foram os que apresentaram os maiores totais especialmente em Timóteo, onde as somas deste totais elevaram o acumulado nesta região.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)



	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Timóteo	2,8	3,0	54,4	35,6	64,2	17,6	0,8	3,4	9,2	2,4
Caratinga	11,0	16,8	19,6	1,6	66,0	8,4	0,0	0,4	1,6	11,2

Figura 20 – Total das precipitações diárias das estações de Timóteo e Caratinga do INMET no 2º decêndio de dezembro de 2016. Fonte: Elaborado pelos autores.

Na Figura 21, é possível visualizar a configuração clássica da ZCAS sobre o Brasil e consequentemente sobre a região em estudo. De modo que a banda de nebulosidade proporcionou precipitações diárias sobre a região que levaram a acumulação dos altos índices de precipitação.

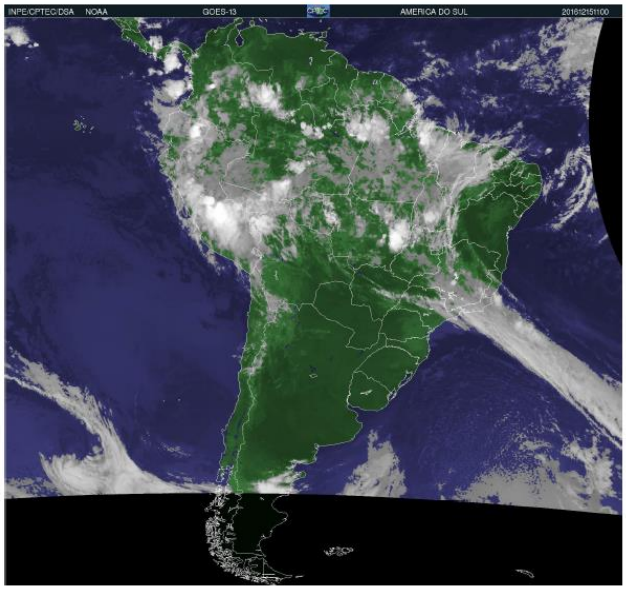


Figura 21 – Posicionamento da ZCAS sobre a região no dia 15/12/2016. Fonte: Imagem IR GÓES-13 colorida. Disponível em: http://www.cptec.inpe.br. Acesso em: 10 mar 2018.

Na Figura 22, é verifica-se uma intensa AB e a formação de uma área alongada de baixa pressão atmosférica, associada a circulação ciclônica (Cavado), sobre a América do Sul e a confluência do ventos em 200 hPa sobre o Estado de Minas Gerias. Em 850 hPa, no dia 15 de dezembro observa-se a formação de confluência do escoamento sobre Minas Gerais, transportando

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

umidade da Amazônia para Minas Gerais, responsável pela formação de ZCAS.O ASAS tem seu núcleo sobre o oceano e causando pouca influência sobre no tempo do estado.

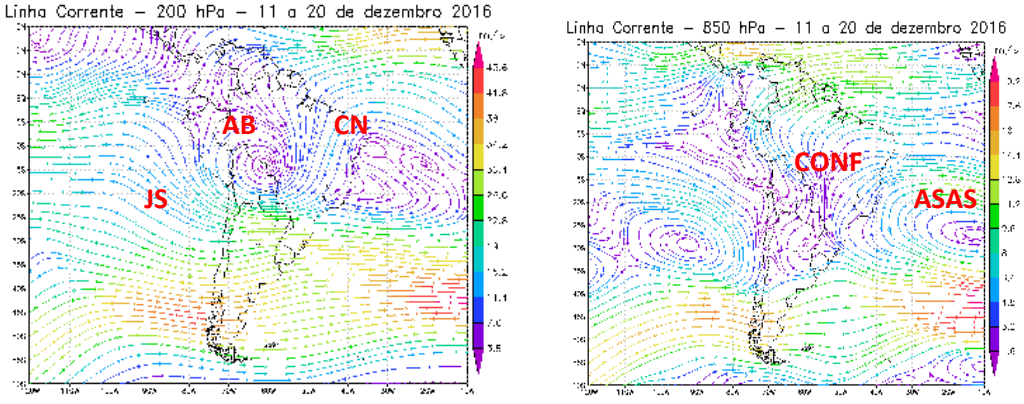


Figura 22– Campos de Linha de Corrente 200 hPa e 850 hPa – dia 15 de dezembro 2016. AB (Alta da Bolívia), CN (Cavado), JS (Jato Subtropical), ASAS (Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul) e CONF(Confluência dos Ventos). Fonte de dados: Disponível em: www.cdc.noaa.gov. Acesso em: 20 mar. 2017. Elaborado pelos autores.

3.3- ANÁLISE DOS IMPACTOS SÓCIO AMBIENTAIS.

Abreu (1998), apresenta que ZCAS é a responsável pelas chuvas intensas, prolongadas, que ocorrem no Sudeste e no Estado de Minas Gerais, e que são conhecidas popularmente como "invernadas", por trazerem grandes transtornos socioambientais. Assim verifica-se que existe claramente uma relação entre a ocorrência do fenômeno e as chuvas persistentes, com a gravidade do impacto causado pelas chuvas e a forma de uso ocupação do solo na região em que ocorreu o impacto.

Como no PERD, existem registros de vazões do Rio Doce, da influência das chuvas nos ambientes lacustres e vegetação e não existe registro de catástrofes ambientais como a abertura clareiras, estragos em trilhas ou outro dano, buscou-se de maneira simples e rápida no sitio do G1 notícias dos "Vales de Minas Gerais" e do sitio do jornal "Aconteceu no Vale" (Figura 23, 24 e 25) é notícias, onde foi possível averiguar que nos decêndios que ocorreram os episódios de ZCAS, 2º decêndio de janeiro de 2016 e 2º decêndio de dezembro de 2016, houve transtornos com desmoronamentos de encostas e inundações na região em estudo.

Verifica-se, no entanto, que a ZCAS manifesta de maneira variável, de acordo a dinâmica atmosférica e geomorfológica da área em estudo. Deste modo, a intensidade dos transtornos dependerá de variáveis locais quanto ao uso e ocupação do solo na área urbana ou rural, bem como depende da eficiência dos mecanismos de prevenção a desastres. (BATISTA e RODRIGUES, 2010).

As ZCOU também provocam transtornos do mais variados grau, mas devido o seu período de atuação ser curto e uma vez que sempre antes de uma ZCAS ocorre um ZCOU, limitou-se a pesquisa apenas aos eventos de ZCAS.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)



Figura 23 – Abertura das comportas de barragens devido às chuvas persistentes durante a ocorrência de episódio de ZCAS no 2º decêndio de janeiro de 2016. Fonte: Reportagem do Jornal ACONTECEU NOS VALES, 18 jan 2016. Disponível em: http://aconteceunovale.com. br/portal/ Acesso em: 11 mar 2018.



Figura 24 –Trabalho de Prevenção da Defesa Civil devido às chuvas persistentes durante a ocorrência de episódio de ZCAS no 2º decêndio de janeiro de 2016. Fonte: Reportagem do Jornal ACONTECEU NOS VALES, 17 jan 2016. Disponível em: http://aconteceunovale.com. br/portal/ Acesso em: 11 mar 2018.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)


MENU G1 VALES DE MINAS GERAIS

20/12/2016 11h16 - Atualizado em 20/12/2016 11h16

Em Timóteo, Prefeitura decreta estado de alerta por causa das chuvas

Defesa Civil registrou 40 ocorrências de deslizamento e desmoronamento. Igreja no Bairro Santa Cecília ficou danificada com a queda de um muro.

Do G1 Vales de Minas Gerais

Igreja ficou parcialmente destruída com a queda do muro (Foto: Reprodução/ Inter TV)

A Prefeitura de Timóteo (MG) decretou estado de alerta, nessa segunda-feira (19), devido às últimas chuvas que atingiu a região. Segundo informações da Defesa Civil, o município registrou mais de 40 ocorrências de deslizamento e desmoronamento de terra. Não houve

Figura 25 – Medidas adotadas pelo executivo em virtude das chuvas persistentes durante a ocorrência de episódio de ZCAS no 2º decêndio de dezembro de 2016
Fonte: Reportagem do Jornal G1 portal de noticias, 20 dez 2016. Disponível em: http://g1.globo.com/mg/vales-mg/noticia. Acesso em: 11 mar 2018.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos dados de precipitações no período de outubro de 2015 a dezembro de 2016, neste estudo, permitiu verificar que existe uma correlação entre as chuvas persistentes na região com os episódios de ZCAS e ZCOU, onde os mecanismos atmosféricos como a Alta da Bolívia (AB), o Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN), o Anticiclone Subtropical do Atlântico do Sul (ASAS), o Cavado do Nordeste (CN) e a posição do Jato Subtropical (JS), Bloqueio Atmosférico (BA) e a Zona de Convergência da América do Sul (ZCAS) são imprescindíveis no comportamento do regime hídrico da bacia do Rio Doce e das chuvas da região do PERD, conforme demonstrado as condições dinâmicas analisadas, a partir dos campos de linha de corrente a 200 hPa e 850 hPa.

Verificou-se também, que não ocorreu pelo menos um episódio de ZCAS nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, como apontado por Quadro (1994), no entanto, o mesmo já apresenta hipoteticamente a interferência do El Niño (2015 e 2016), nos sistemas atmosféricos.

Define-se como mais apropriado para a Zona de Convergência o uso da nomenclatura "zona de Convergência da América do Sul" em vez de "Zona de Convergência do Atlântico Sul", devido este mecanismo atmosférico ocorrer

predominantemente sobre o continente, o qual é fator determinante para sua formação.

O estudo em questão também responde as afirmações de Lucas (2007), que apontam a ZCAS como o principal mecanismo atmosférico de causador muitos transtornos na região Leste de Minas Gerais, em especial a região do entorno PERD. Contudo os impactos pluviais mais propensos a ocorrerem, possuem outras variáveis como ocupação inadequada nas margens de rios e encostas, ausência de planejamento pelos gestores públicos, bem como, a atuação eficaz da Defesa Civil.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, M. L. Climatologia da estação chuvosa de Minas Gerais: de Nimer (1977) a Zona de Convergência do Atlântico Sul. Revista Geonomos, Belo Horizonte, v. 6, n. 2, p. 17-22, Dez.1998.

AMARO, H. A,; LACERDA, E. G.; MOLION, L. C. B. Um episódio da Zona de Convergência na América do Sul. Rev. Bras. Geof. vol.17 n.2-3 , 2008.

BATISTA, M. S.; RODRIGUES, R. Á.; Análise climática de Viçosa associada à ocorrência de eventos pluviométricos extremos. Caminhos de Geografia. Uberlândia. v. 11, n. 36, p. 52 – 67, dez/2010.

CARDOSO, C. O.; ULLMANN, M. N. ; BERTOL, I. Análise de chuvas intensas a partir da desagregação das chuvas diárias de Lages e de Campos Novos (SC). R. Bras. Ci. Solo,22, pag.131-140, 1998.

CAVALCANTI, I.F.A.; KOUSKY, V.E. Frentes frias sobre o Brasil. Tempo e Clima no Brasil. Oficina de Textos, 2009.

CUPOLILLO, F. Diagnóstico Hidroclimatológico da Bacia do Rio Doce. 1ª Ed. Saarbucken – Alemanha: Novas Edições Acadêmicas, 2015.

DIEGUES, A. C. Água e cultura nas populações tradicionais brasileiras In: RIBEIRO, W. C. (org.). Governança da água no Brasil: uma visão interdisciplinar. São Paulo: Annablume, FAPESP, CNPq, 2009. p. 13-34.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE (ESRI). ArcGIS Professional GIS for the desktop , versão 10.5, 2015. Disponível em : http://www.esri.com/software/arcgis/index.html . Acesso em 20 mar 2017

GEORGE MASON UNIVERSATY GrADS versão 2.0.2, 2016. Disponível em: http://cola.gmu.edu/grads/. Acesso em 20 mar 2017

GOLDEN GATE WEATHER SERVICES. El Niño and La Niña Yearsand Intensities Basedon Oceanic Niño Index (ONI). 2016. Disponível em: http://ggweather.com/enso/oni.htm. Acesso em 20 abril 2018. Acesso em 20 mar 2017

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA INMET, Boletim Agroclimatológico Mensal. N.10/2015 a 12/2016. Disponível em: www.inmet.gov.br

LUCAS, T. de P. B. Gêneses e Espacialidades das Precipitações nas Estações Chuvosas de2010/2011 e 2011/2012 em Belo Horizonte Minas Gerais, e suas correlações com os impactos hidrológicos. Tese (Doutorado em Geografia) -

Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, Departamento de Geografia, 2015.

LUCAS, T.P. B. ; PLEC, D.; ABREU, M.. L.; PARIZZI, M. G. Identificação de interpoladores adequados a dados de chuva a partir de parâmetros estatísticos. Revista Brasileira de Climatologia. ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica) Ano 9 – Vol. 13 – JUL/DEZ 2013.

LUCAS, T. de P. B. Chuvas persistentes e ação da zona de convergência do atlântico sul na região metropolitana de Belo Horizonte. Belo Horizonte (MG), UFMG, Dissertação, 2007

PALLOTTA, M.; NAKAZATO, R. Y. Caracterização de episódios de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e Zona de Convergência de umidade (ZCOU) em janeiro e fevereiro de 2010. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 16, 2010, Belém, Anais do XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia, Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2010.

QUADRO, M. F. L. Estudo de episódios de zona de convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre a América do Sul. 1994. 94 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia)– Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1994.

RODRIGUES, M,L.G.; FRANCO, D. ; SUGAHARA, S. Climatologia de frentes frias no litoral de Santa Catarina. Revista Brasileira de Geofísica, v. 22, n. 2, p. 135-151, 2004.

SACRAMENTO NETO, O. B.; ESCOBAR, G. C. J.;SILVA, P. E. D. Método objetivo para identificar episódios de Zonas de Convergência de Umidade (ZCOU) no ambiente operacional do Centro de Previsão de Tempo e Estados Climáticos. CPTEC. XVI Congresso de Meteorologia, 2010.

SOUZA, E. P.; RENNÓ, N. O.; SILVA DIAS, M.A.F.. 2000. Convective circulation sinduced by surface heterogeneities. Journal of Atmospheric Sciences . 57: 2915-2922.

VIANELLO, R. L.; MAIA, L. F. P. G. Estudo preliminar da climatologia dinâmica do estado de Minas Gerais. Revista Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 12, n. 138, p. 6-8, 1986