



MONITORANDO SISTEMAS ATMOSFÉRICOS DE TEMPO POR SATÉLITE: UM ESTUDO DE CASO PARA GOIÂNIA.

SYLVIA ELAINE MARQUES DE FARIAS¹
VINÍCIUS VIEIRA MESQUITA²
GISLAINE CRISTINA LUIZ³
LAERTE GUIMARÃES FERREIRA JUNIOR⁴

Resumo: Os centros urbanos frequentemente sofrem a ação e os efeitos do tempo e do clima. Este estudo teve por objetivo diagnosticar a evolução de uma tempestade severa por meio de dados satelitários sobre o centro e região metropolitana de Goiânia-GO. Os resultados decorrem de informação do satélite METEOSAT 10, referente ao dia 12 de Dezembro de 2013, em tempo real. As imagens de satélite mostraram que núcleos de nebulosidade distintos, oriundos da ZCOU, formaram um sistema único que atingiu a região. Os resultados também mostraram que o sistema de recepção de dados EUMETCast instalado no LAPIG/UFG é robusto para estudar o ambiente urbano.

Palavra-chave: Precipitação, METEOSAT 10, Goiânia.

Abstract: The purpose of this study was to detect the evolution of a severe storm using satellite data over central and metropolitan area of Goiânia, GO. The results are from data in real time, of satellite METEOSAT 10 for the December 12, 2013. The Images showed that core convection, source of ZCOU, formed a unique system that hit the region. The results also showed that the data receiving system EUMETCast installed on LAPIG/UFG is robust to study the urban environment.

Keyword: Precipitation, METEOSAT 10, Goiânia.

1 – Introdução

Os centros urbanos são sistemas complexos onde ocorre a interação entre sociedade e ambiente. Nos últimos anos tem-se dado atenção aos eventos climáticos e suas consequências sobre as cidades. Em episódios que envolvem a precipitação, mais comum que episódios de calor e seca, as populações são significativamente mais afetadas e deixam sequelas psicológicas e sociais por longos períodos. Além disso, as populações

¹ Doutoranda em Ciências Ambientais. Laboratório de Climatologia/LAPIG – Instituto de Estudos Sócio Ambientais - IESA/Universidade Federal de Goiás – UFG. Campus Samambaia (Campus II) CEP.: 74001-970. Cx.Postal 131. Goiânia, GO. sylfarias@gmail.com

² Graduando em Geografia. Laboratório de Processamento de Imagem e Geoprocessamento – LAPIG. IESA/UFG. vieiramesquita@gmail.com

³ Professora Dra. Coordenadora do Laboratório de Climatologia. IESA/UFG. gislaineluz@yahoo.com.br.

⁴ Professor Dr. Coordenador do Laboratório de Processamento de Imagem e Geoprocessamento. – LAPIG. IESA/UFG. Laerte@ufg.br.



mais afetadas por extremos climáticos são aquelas socialmente mais vulneráveis. Sob este contexto, vários estudos mostram que os centros urbanos localizados nas regiões tropicais têm sofrido com extremos climáticos cada vez mais frequentes e significativos.

Todavia, vale resaltar que as consequências diretas que acometem as populações urbanas em maior parte estão relacionadas à falta do planejamento urbano ou a sua ineficiência. A ineficiência do planejamento urbano se reflete na falta de políticas públicas para população urbana de baixa renda, vazios urbanos, coleta seletiva de resíduos sólidos, educação ambiental e ocupação irregular próximo a corpos de água, vegetação, encostas e morros localizados na região metropolitana.

Os satélites são ferramentas robustas que em tempo quase real monitoram as condições meteorológicas sobre uma região. Sob este contexto, este estudo tem por finalidade mostrar a evolução e organização de um sistema meteorológico em tempo real sobre uma área densamente urbanizada. O sistema provocou intensa precipitação sobre a malha urbana e provocou transtornos para a população na parte centro sul e região metropolitana de Goiânia, GO. Por meio de imagens do satélite METEOSAT 10, foi possível identificar e acompanhar a organização do fenômeno que originou extremos de precipitação sobre a cidade no dia 12 de Dezembro de 2013. Como desdobramento do objetivo fim deste estudo, este artigo também tem a finalidade de informar a sociedade e a comunidade científica à aquisição de uma estação de recepção de dados ambientais e meteorológicos por meio de satélite. A estação de recepção de dados está em funcionamento desde o dia 26 de Setembro de 2013, no Laboratório de Processamento de Imagem e Geoprocessamento (LAPIG) da Universidade Federal de Goiás (UFG). A estação padrão de recepção EUMETCast do LAPIG/UFG, é um sistema de baixo custo e permite a recepção e distribuição de dados ambientais e meteorológicos.

1.1 – Monitoramento de sistemas de tempo por satélite: o sistema EUMETCAST

Com o advento dos satélites meteorológicos foi possível obter imagens da cobertura de nuvens sobre a Terra. Assim como, observar e monitorar a organização de sistemas meteorológicos como: massas de ar, formação de sistemas convectivos, frentes, precipitação, geadas, nevoeiros, ciclones. Em suma, a grande contribuição das imagens de satélite é identificar sistemas de mesoescala, grandes demais para ser visto por observadores no solo ou sistemas pequenos demais, para ser detectado por redes de estações sinóticas (Jansen, 2011). A previsão de tais fenômenos está relacionada à segurança social, econômica e sustentabilidade das atividades humanas. Sobre o Brasil, as informações meteorológicas são provenientes dos satélites meteorológicos europeu, METEOSAT e do norte-americano GOES. No dia 1 de abril de 1960 foi lançado, pelos



Estados Unidos, o primeiro satélite meteorológico, o TIROS-1 (Television and Infrared Observation Satellite). A partir daí, foi possível receber imagens da cobertura de nuvens sobre a Terra, observar fenômenos meteorológicos e fazer previsões do tempo com maior exatidão e de modo sistemático.

A EUMETSAT (European Organisation for the Exploration of Meteorological Satellites) lançou o primeiro satélite METEOSAT em 1977. Desde então, vem contribuindo com a sua evolução para o monitoramento ambiental e meteorológico. Atualmente, o satélite METEOSAT 10 faz parte da segunda geração de satélites da família METEOSAT. Foi lançado em 05 de julho de 2012 e está localizado a 36.000km de distância da superfície terrestre. Possui órbita geoestacionária voltada para 0° e leva a bordo o sensor multiespectral SEVIRI (Spinning Enhanced Visible Infrared Imager) que possui 12 canais. Por meio dos sistemas EUMETCast e GEONETCast (WMO's Integrated Global Data Dissemination Service) e SAF's (Satellite Application Facilities) são distribuídos dados ambientais, medidas "in situ", produtos derivados e serviços. Estas informações são transmitidas aos usuários, em todo o planeta, por meio de satélites de telecomunicações pela EUMETSAT (EUMETSAT, 2014). Os dados provenientes do METEOSAT 10 são recebidos em tempo quase real, diariamente. Tal fato caracteriza-se como uma rica fonte de informações científicas e de cunho socioambiental.

1.2 – Condições sinóticas para o mês de Dezembro de 2013 e precipitação sobre Goiânia.

O mês de dezembro de 2013 foi marcado pelo excesso de chuva em decorrência da atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). No verão, é recorrente a formação de episódios de Zona de Convergência de Umidade (ZCOU) sobre o continente, que ocorre devido à interação de vários sistemas (JBN, frentes, ventos do anticiclone tropical do Atlântico Sul, por exemplo). A ZCOU se estende no sentido noroeste-sudeste desde a Amazônia até o sudeste do Brasil e oceano Atlântico Sul. Quando a ZCOU atua durante três dias ou mais, passa a ser denominada Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Tanto a ZCOU como a ZCAS podem ser identificadas por imagens de satélite como uma banda de nebulosidade desde a Amazônia até o Atlântico Sul. Ressalta-se que estes sistemas causam elevados totais de precipitação sobre a região em que estão atuando, causando transtornos socioeconômicos e ambientais.

As anomalias de precipitação, intensificadas pela ZCOU, foram favorecidas pela condição de bloqueio atmosférico que se estabeleceu sobre o Pacífico Sul no decorrer da primeira quinzena de Dezembro. O posicionamento dos vórtices ciclônicos em altos níveis



sobre áreas oceânicas também contribuiu para a ocorrência de chuvas em grande parte da Região Nordeste durante a primeira quinzena de dezembro, amenizando a condição de seca em decorrência da estiagem prolongada (CPTEC, 2014). Especialmente no leste de Minas Gerais, Centro sul de Goiás e no Espírito Santo, onde a atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) causou aumento do volume de chuva e sérios transtornos à população (CPTEC, 2014; INMET, 2014). Climatologicamente os meses de Dezembro e Janeiro são os meses de maior precipitação sobre Goiânia e região metropolitana, como consequência dos primeiros episódios da ZCAS ou da ZCOU que quando localizadas sobre uma região provoca extremos de precipitação e causam transtornos a população. Todavia, especificamente o mês de Dezembro de 2013 foi atípico. A Figura 1 mostra a evolução da precipitação no mês de Dezembro desde 2009 a 2013 para Goiânia, GO. Especificamente ano de 2013, os acumulados indicaram totais de 503 mm, contudo, somente entre o dia 1 até às 10 horas do dia 18 de Dezembro, o total acumulado foi de 427,1mm, representando aproximadamente, 65% de chuva acima da média normal para Dezembro, que é de aproximadamente 259 mm (Climatempo, 2013).

Dentre os episódios de extremos ocorridos no mês de dezembro de 2013, ressaltamos o evento ocorrido no dia 12. Conforme informações da estação meteorológica convencional do INMET, em 24 horas o total acumulado foi de 76,9mm sendo que na estação meteorológica convencional do SIMEHGO (Sistema Meteorológico e Hidrológico do Estado de Goiás), foi registrado em duas horas, o equivalente a 37,0mm. Ressalta-se a variabilidade espacial para o evento, quando foi observado em uma estação meteorológica particular, em apenas duas horas no alto do Serrinha, porção sul de Goiânia, 116 mm de chuva (comunicação pessoal). Foi este contexto de episódio extremo, com expressiva variabilidade espacial que nos chamou a atenção para as informações armazenadas do METEOSAT 10, no sentido de compreender o sistema atmosférico atuante.

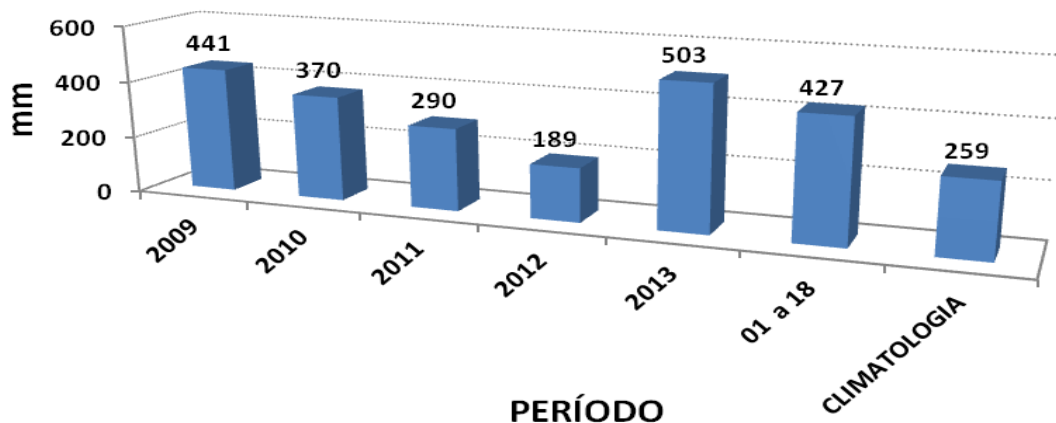


Figura 01 – Totais de precipitação para o mês de Dezembro correspondente aos anos de 2009 a 2013, climatologia (1961 a 1990) e o período correspondente entre os dias 01 a 18 de Dezembro de 2013. Fonte: INMET e Climatempo.

3 – Material e Método

As análises dos dados referentes a este estudo decorrem de informações do CPETC/INPE, INMET, Climatempo, informações pessoais e dados coletados no LAPIG/UFG, referente às informações do METEOSAT 10.

3.1 – Área de Estudo

Goiânia é uma metrópole com uma população de 1.302.001 habitantes, em uma área de 732.801km² e altitude média de 791m. A população residente urbana é de 99,6%, enquanto a rural é de 0,38%, segundo o Censo de 2010 (IBGE, 2014). Está localizado na região Centro-Oeste do Brasil, inserida no bioma Cerrado e caracterizada por um intenso crescimento populacional desde 1950 devido ao intenso fluxo demográfico e econômico. A Região Metropolitana foi criada em 30 de dezembro de 1999 pela Lei Complementar Estadual de número 27. Engloba vinte municípios e ocupa uma área de 7.397,203 km². Contém cerca de 35%, da população total de Goiás e aproximadamente 36,5% de seu Produto Interno Bruto (IMB, 2014), (Figura 2).

3.2 – Recepção de dados e satélite METEOSAT 10

O sistema de recepção de dados é constituído por uma antena parabólica de 2.6 metros de diâmetro apontada para o satélite de telecomunicações NSS 806. Os dados são enviados para um computador contendo uma placa DVB (Digital Video Broadcast) PCI ou USB Box, com a finalidade de decodificar o sinal da antena. Após a decodificação o EKU (EUMETCast Key Unit) autoriza a recepção de dados armazenamento em um servidor. Diariamente são armazenados 10.994 arquivos, aproximadamente 10 Gigabytes de dados



(Figura 03). Todo o sistema de recepção de dados está localizado no Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (LAPIG) na Universidade Federal do Goiás (UFG).

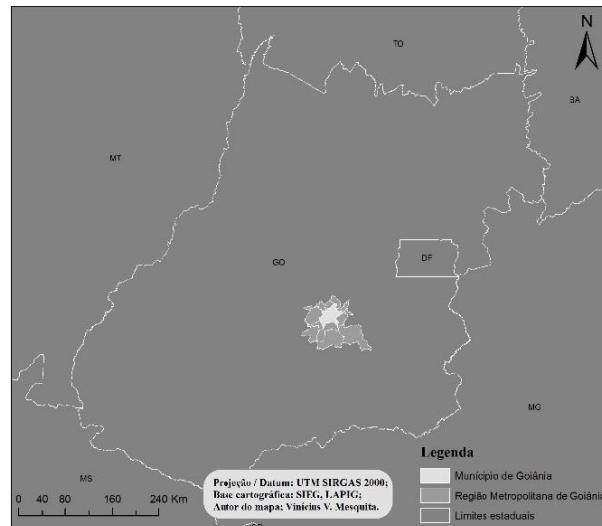


Figura – 02 – Localização da Região Metropolitana de Goiânia (RMG) no Estado de Goiás.

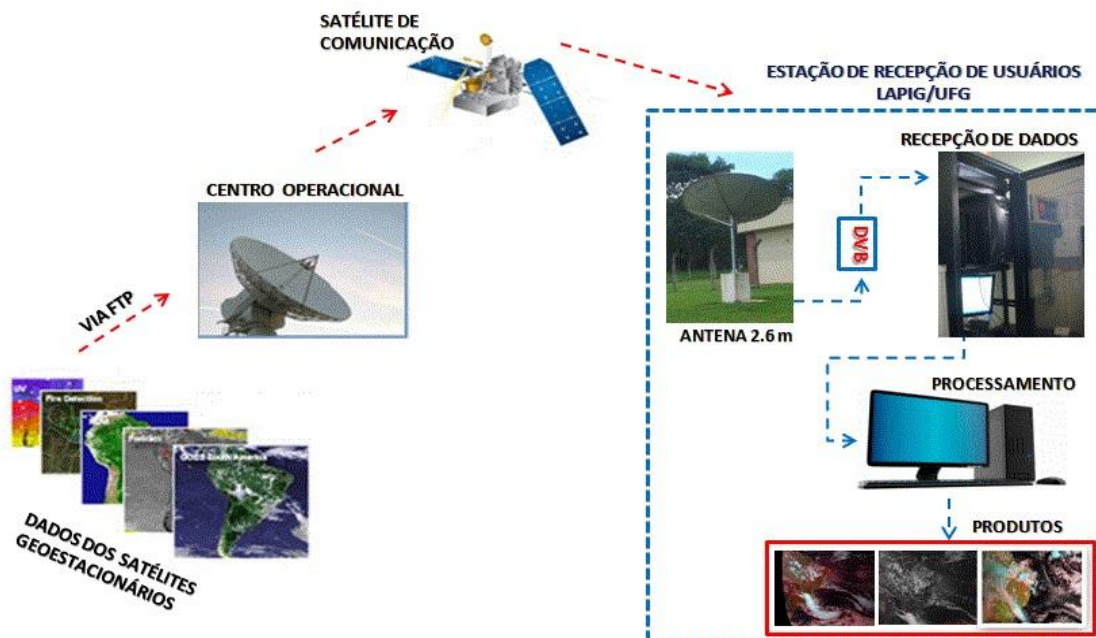


Figura 03 - Logística geral do sistema de difusão e recepção de dados do sistema EUMETCast, instalado no LAPIG/UFG.



3.3 – Métodos

A partir dos dados armazenados no servidor do LAPIG/UFG desde o dia 26 de Setembro de 2013, tomou-se uma amostra das imagens do dia 12 de Dezembro de 2013. As imagens possuem resolução temporal de 15 minutos e espacial de 1.0 a 3.0 km. A data em questão refere-se a primeira forte tempestade registrada pelo sistema, ocorrida sobre a parte centro sul e região metropolitana da cidade. As imagens foram selecionadas entre as 17 e 21 horas. Os dados METEOSAT 10 obtidos do Sistema EUMETCast, foram processados utilizando-se a ferramenta MSG Data Retriever (GEONETCast ToolBox do software aberto ILWIS). Os dados de refletância e temperatura de brilho possibilitaram fazer recortes espaciais pré-definidos nas imagens dos satélites da série MSG (METEOSAT Second Generation). Utilizando uma composição natural das bandas do visível (3km de resolução espacial) e a banda pancromática (1km de resolução espacial) foi feita uma fusão de bandas (Pan Sharpening) utilizando-se o método Gram Schmidt. Isto possibilitou um melhor realce na visualização dos topos de nuvem e distinção de alguns alvos na superfície. Para intensificar o realce e localização dos topos de nuvem utilizou-se o canal 9 termal do METEOSAT 10. Este procedimento permitiu visualizar a temperatura de brilho dos alvos e detecção das temperaturas negativas que evidenciam os topos de nuvem, a composição de diferenças de temperatura dos canais 6-7(R), 8-9(G), 6 invertida (B) e as massas de ar atuantes no dia. Com os dados processados delimitaram-se as áreas de estudo e aplicando-se um esquema de cores no canal 9 termal.

3 – Resultado e Discussão

A seguir é feita uma discussão sobre a situação sinótica na porção central do Brasil e os sistemas de tempo atuantes que evoluíram para uma forte tempestade com início por volta das 20h30min horas no dia 12 de Dezembro de 2013. O fenômeno atingiu Goiânia e sua região metropolitana, GO. Tal tempestade provocou enchentes na área urbana e culminou com a morte de duas pessoas (Globo, 2014). Segundo informações do Corpo Militar de Bombeiros do Estado de Goiás (CBMGO), foram registradas 27 ocorrências entre as 19h e 23h relacionadas com as chuvas, para atender, dentre outros, ocorrência de processos de alagamentos e inundações; quedas de árvore; acidentes automobilísticos; carros ilhados em pontos críticos ao longo da Marginal Botafogo. Ainda segundo informações do CBMGO, geralmente são atendidas de 04 a 05 ocorrências dessas naturezas em uma chuva considerada "forte" na capital (Comunicação pessoal).

As Figuras 4 e 5 mostram os sistemas meteorológicos atuantes sobre o Brasil no dia 12 de Dezembro de 2013. Climatologicamente estes fenômenos são recorrentes no início do



verão da América do Sul. Na Figura 04, são mostradas as massas de ar organizando uma banda de nebulosidade que culminam na formação de uma zona de convergência de umidade (Figura 05). Tal configuração foi favorecida pelas condições de bloqueio atmosférico que se estabeleceu sobre o Pacífico Sul e o posicionamento dos vórtices ciclônicos em altos níveis (VCAN) sobre áreas oceânicas durante a primeira quinzena de dezembro (CPTEC, 2014).

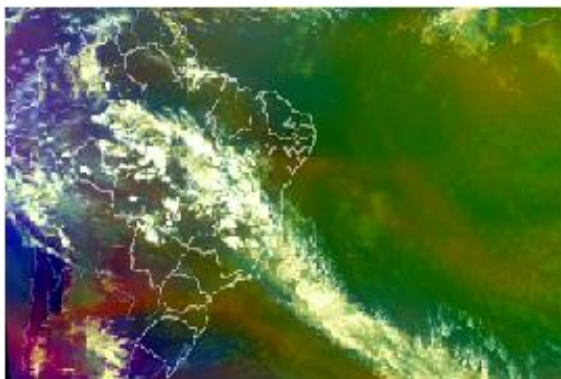


Figura 04 – Massas de ar no dia 12/12/2013 as 17:00 UTC próximo a superfície. **Verde e Azul Claro:** Ar Quente Úmido; **Azul Escuro e Roxo:** Massa de Ar Frio; **Verde Oliva:** Massas de Ar Quente Seco; **Vermelho e Vinho:** Jatos (alto potencial de vorticidade).

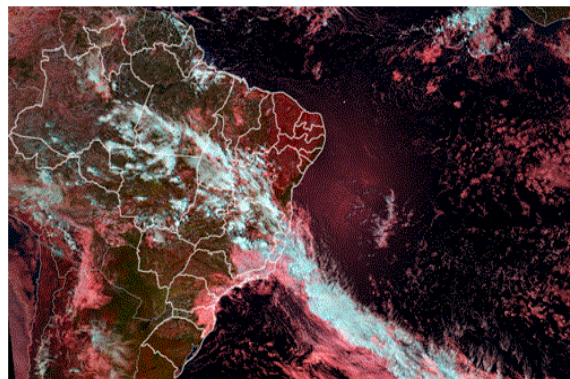


Figura 05 – Configuração característica de um sistema transiente zonal de verão (ZCOU) estendendo-se do Atlântico passando pelos estados do MT, norte de GO e MG e ES. METEOSAT 10 - 12/12/2013 17:00 UTC. Fonte: LAPIG/IESA/UFMG.

As análises das cartas sinóticas para o dia 12/12/2013 fornecidas pelo CPTEC/INPE mostram que: as 00Z foram observadas a presença de uma ampla área de alta pressão atuando pela área central do continente sul-americano com um núcleo sobre o estado de GO. Na borda norte desta área de alta pressão, foi observado um VCAN inibindo o desenvolvimento de nuvens neste setor. Um cavado foi observado entre o sul de GO, Triângulo Mineiro e SP favorecendo o levantamento do ar e a conseqüente instabilidade entre o interior de GO, de MG e ES, áreas sob a influência da vanguarda do sistema. Considerando a atmosfera média, 500 hPa, o padrão de circulação favoreceu a configuração do canal de umidade, ZCOU que atuou em superfície desde o noroeste do MT, centro-norte de GO, centro de MG, extremo norte do RJ e ES e Atlântico adjacente e que organizou uma banda de nebulosidade e convecção nesta área.

Na baixa atmosfera, 850 hPa, um cavado sobre o Atlântico, o Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, associado a uma área de baixa pressão centrada no oceano (32°S/30°W) favoreceu a confluência dos ventos pelo interior do Brasil que, aliada a presença do cavado em 500 hPa, deu suporte a ZCOU em superfície. Na análise da carta sinótica de superfície foi observada uma onda frontal subtropical sobre o Atlântico (31°S/29°W) associada à



ZCOU, que se estendeu entre o norte do RJ, ES, MG, GO e MT. Na retaguarda do sistema frontal, observou-se um centro de alta pressão (1016 hPa entre 30°S-40°S) e uma frente fria atuando mais ao sul sobre o Atlântico, com ciclone em oclusão de 972 hPa em torno de 55°S/25°W (CPTEC/INPE, 2013).

A partir das imagens do METEOSAT 10, observa-se a evolução espaço-temporal do sistema de nebulosidade sobre o Estado de Goiás e região metropolitana de Goiânia. A configuração da ZCOU (Figura 5) originou núcleos de nebulosidade que se desprenderam deste sistema, e alimentados pela convecção originou a tempestade. Na Figura 6, observa-se a temperatura de topo das nuvens convectivas sobre o Estado de Goiás, incluindo-se a RMG. Observa-se um contraste entre uma região colorida variando de verde a lilás e uma região cinza. A porção colorida aponta a temperatura do topo das nuvens, indicando nuvens profundas e com intensa atividade convectiva. A porção em tonalidade cinza, indica a ausência de nebulosidade ou núcleos de umidade em formação. Conforme as imagens do METEOSAT 10, a nebulosidade adentra o Estado a partir dos setores norte e oeste entre as 17UTC e 18:30UTC até cobrir toda a região metropolitana as 21:30UTC. A partir da figura 6G é possível identificar pequenos sobre a RMG que se intensifica (Figura 6F a 6L). Este núcleo é alimentado por outro, mais a sudoeste culminando em uma tempestade severa (Figura 6L) com temperatura de topo de nuvens variando de -40°C a -90°C.

A tempestade se originou de células convectivas dispersas. Segundo Barry e Chorley (2013) células convectivas dispersas desenvolve-se por meio do forte aquecimento das superfícies do solo no verão, especialmente quando as baixas temperaturas na troposfera superior facilitam a liberação da instabilidade condicional ou convectiva. Áreas pequenas (20 a 50km²) são afetadas por pancadas fortes que duram aproximadamente entre 30 minutos e 1 hora. Situação observada para a RMG.

Considerando-se a Figura 07, observa-se com mais enfoque a evolução das nuvens convectivas sobre a RMG. A Figura 7F, mostra que existe um pequeno núcleo convectivo a sul da RMG. As Figuras 7G e 7L mostram a evolução desta nebulosidade sobre a região, onde o núcleo convectivo com temperatura de topo próximo a -90°C, se intensifica e se expande pela liberação do calor latente para a atmosfera. Na Figura 7L, a célula convectiva se expande a ponto de interagir com uma célula convectiva a sudoeste, culminando em uma tempestade severa. As imagens do METEOSAT 10 possibilitaram a identificação da formação de um sistema de tempo severo atuando diretamente sobre uma região intensamente urbanizada.

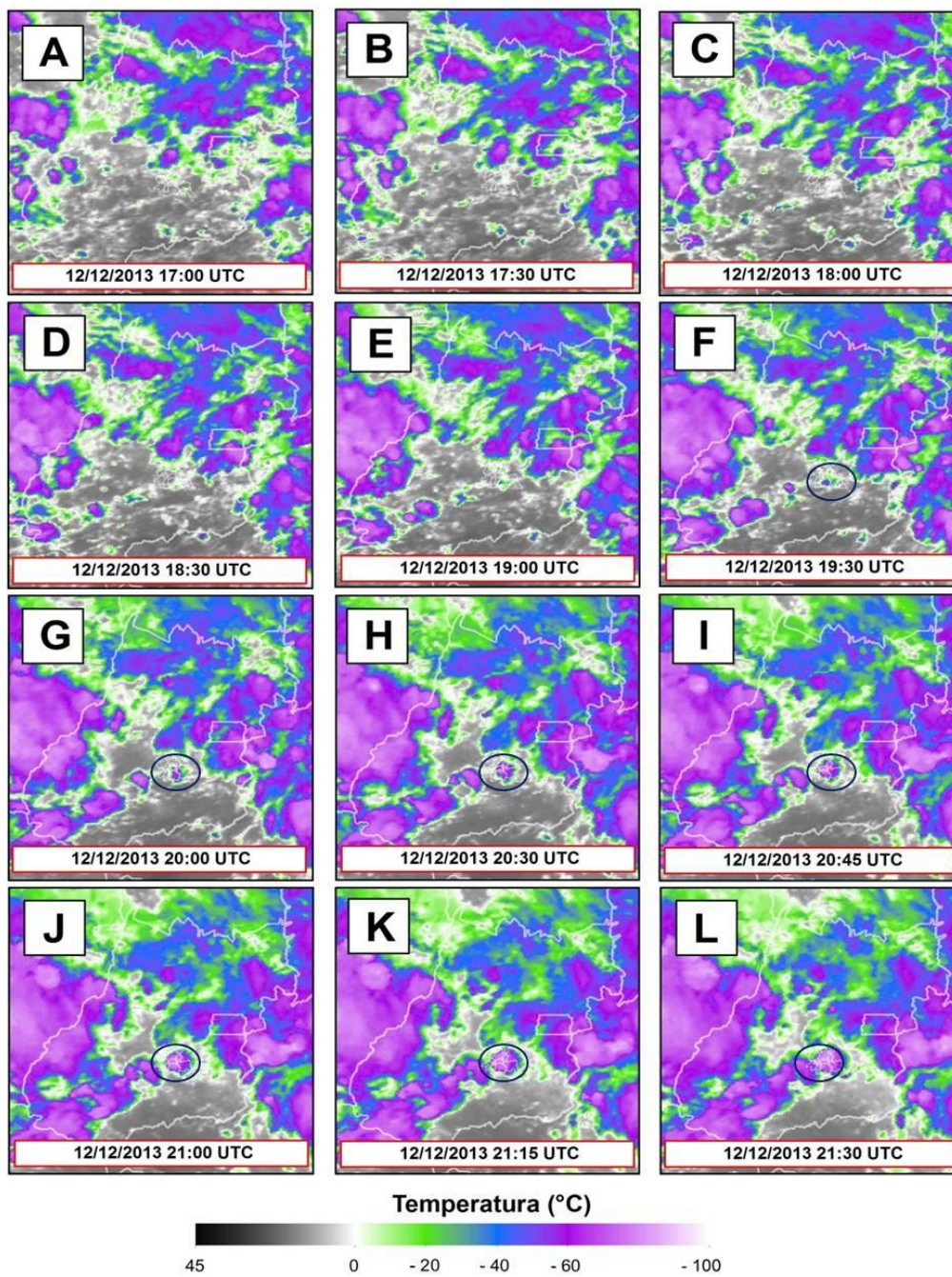


Figura 06 – Evolução horária da temperatura do topo de nuvens convectivas sobre o Estado de Goiás entre as 17 UTC e 21:30 UTC no dia 12 de Dezembro de 2012, conforme as imagens do METEOSAT 10. Partes coloridas representam a temperatura do topo de nuvens. Partes em cinza, a temperatura do solo.

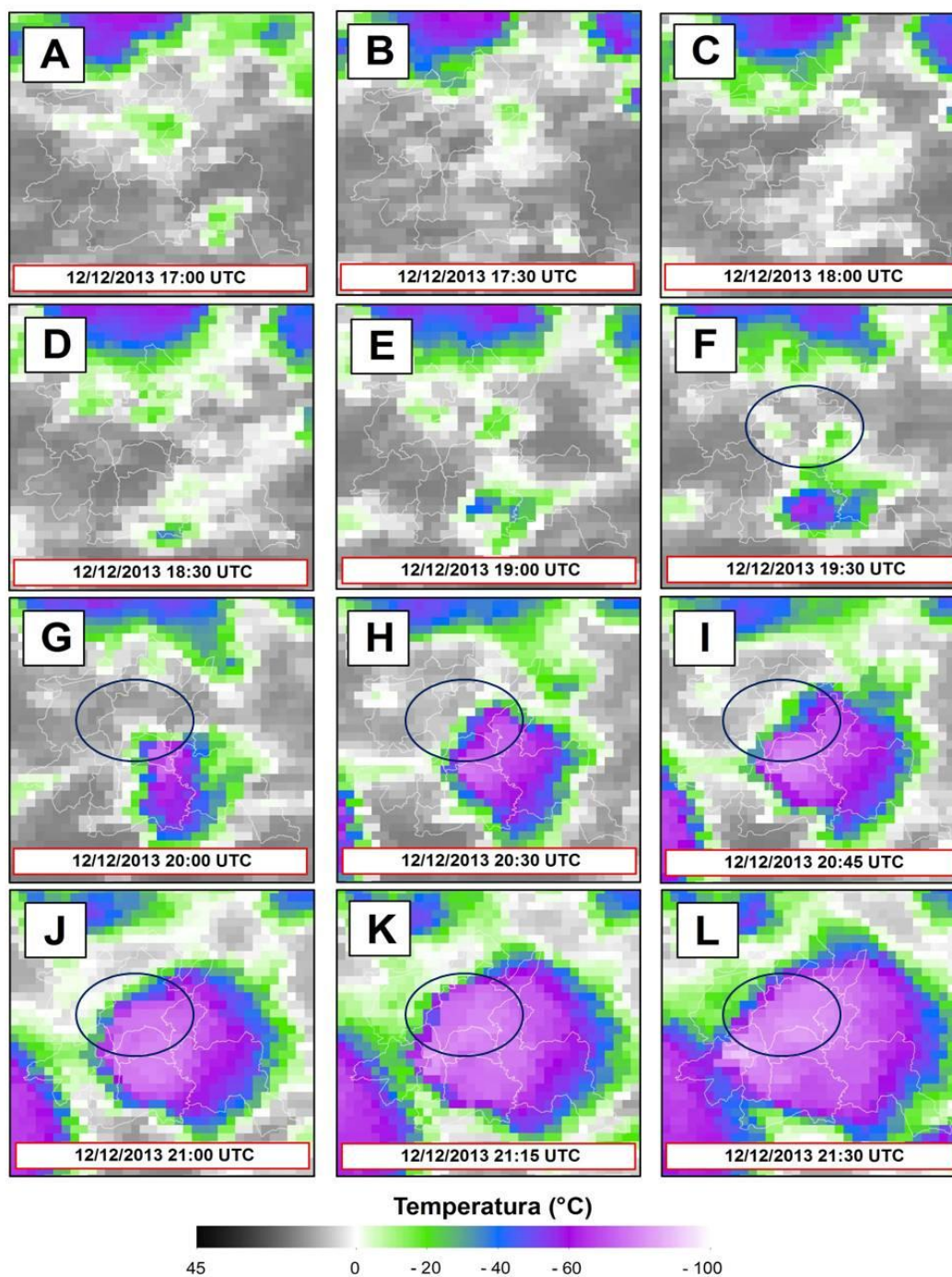


Figura 07 - Evolução horária da temperatura do topo de nuvens convectivas sobre Goiânia e região metropolitana entre as 17 UTC e 21:30 UTC no dia 12 de Dezembro de 2012, conforme as imagens do METEOSAT 10. Partes coloridas representam topos de nuvens. Partes cinzas, temperatura do solo.



5 – Conclusões

Utilizou-se as imagens do satélite METEOSAT 10, mediante o sistema EUMETCast para monitorar e analisar uma tempestade severa que atingiu a porção centro-sul e Região Metropolitana de Goiânia. A resolução espacial (3km) e temporal (15 minutos) possibilitou identificar e monitorar os sistemas de tempo local e regional. Assim como, padrões climáticos atmosféricos sobre a porção central do território brasileiro. As análises mostraram que células convectivas desprendidas da formação da Zona de Convergência de Umidade (ZCOU) se intensificaram sobre a região metropolitana de Goiânia, densamente urbanizada. As imagens mostraram que pequenos núcleos presentes desde o final da manhã se expandiram devido a uma superfície mais aquecida e com grande quantidade de material particulado culminando em uma intensa tempestade noturna. A partir dessas análises, ressalta-se a importância de estudos que permitam acompanhar a evolução e o desencadeamento de episódios extremos de tempo principalmente sobre centros urbanos. A cobertura do solo urbano modifica o balanço de energia a superfície liberando mais calor sensível para a atmosfera. Por sua vez, induz convecção que potencializam episódios extremos de tempo sobre regiões densamente povoadas.

6 – Referencias Bibliográficas

AGENCIA MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE. <<http://www.goiania.go.gov.br/>>. Acesso em 10/01/2012

BARRY R. e CHORLEY, R. **Atmosfera, tempo e clima**. Porto Alegre: Ed. Bookman, 2013.

CLIMATEMPO. Previsão do Tempo. <http://www.climatepo.com.br/destaques/tag/goias/>, acesso em 13 de maio de 2014.

GOIÁS TEMPO. Comunicação pessoal em 15/12/2013.

CPTEC/INPE. Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. **Análise sinótica**. <http://www.cptec.inpe.br/>,

EUMETSAT. European Organisation for the Exploration of Meteorological Satellites. <http://www.eumetsat.int>, acesso em 20 de maio de 2014.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia E Estatística. <http://www.ibge.gov.br>, Acesso em 20/02/2014.

IMB, Instituto Mário Borges de estatísticas e estudos socioeconômicos. <http://www.imb.go.gov.br> , acesso em 18 de maio de 2014.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990**. <http://www.inmet.gov.br/>, acesso em 20 de maio de 2014.



JANSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres.** [S.l.]: Jonh R. Jansen: tradução José Carlos Neves Epiphanyo (Coord.) São José dos Campos, SP: Ed. Parêntese, 2009. 598 p.

UMA PESSOA MORRE E OUTRA ESTÁ DESAPARECIDA APÓS CHUVA EM GOIÂNIA. <http://g1.globo.com/goias/noticia/2013/12>. Acesso em 20/12/2013.