



IMPORTÂNCIA DAS IMAGENS PROVENIENTES DOS SATÉLITES METEOROLÓGICOS NO MONITORAMENTO DE SISTEMAS CONVECTIVOS

*Anderson Wesley de Lima Souza¹, Ana Paula Colavite², Ricardo Henrique Bueno³,
Guilherme da Cunha Ventura⁴*

RESUMO: O presente estudo teve como objetivo realizar uma discussão sobre a importância do uso de imagens de satélites meteorológicos no monitoramento de sistemas convectivos (SCs), os quais são responsáveis pela maioria das ocorrências dos tempos adversos (granizo e vendavais) e pela entrada de sistemas frontais, auxiliando desta forma na Previsão Numérica do Tempo (PNT). Como procedimento metodológico foi utilizado o levantamento bibliográfico, e a análise das imagens do satélite meteorológico GOES-12 (*Geostationary Operational Environmental Satellite*), sendo apresentadas de duas maneiras: A primeira foi demonstrada as informações gráficas gerada pelo programa desenvolvido pelo Centro de Previsões de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE), denominado FORTRACC, possuindo a função de fornecer informações referentes aos SCs. A segunda trata de uma sequência de imagens provenientes do satélite meteorológico GOES-12, com intervalos de uma hora no período de doze horas, a qual observou-se o deslocamento de uma área de instabilidade que atingiu o Centro Sul do Brasil, em 13/10/2011. Portanto, este modelo de trabalho pode auxiliar os órgãos públicos responsáveis nas tomadas de decisões em situações de ocorrência de desastres. Por sua vez estas tecnologias podem desempenhar papel fundamental no monitoramento de eventos adversos, fornecendo informações rápidas, precisas e de fácil acesso e com antecedência, possibilitado aos órgãos responsáveis, se prepararem para tais eventos, e principalmente emitir alerta para pessoas que residem em locais de risco para se precaverem.

PALAVRAS-CHAVE:

Desastres Naturais; Órgãos Públicos de Tomada de Decisão; Previsão Numérica do Tempo.

1 INTRODUÇÃO

Na atualidade observa-se o amplo emprego de geotecnologias na meteorologia, especialmente com intuito de monitorar os fenômenos atmosféricos e realizar a previsão do tempo. A inserção das tecnologias espaciais, nesse ramo de atividade, teve início na década de 1960 nos Estados Unidos, quando a *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) juntamente com o Departamento de Defesa dos Estados Unidos se uniram na tentativa de desenvolver um sistema de satélites meteorológicos.

Segundo informações disponibilizadas no Centro de Previsões de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC, 2015), este programa foi denominado de TIRO (*Television and Infrared Observation Satellite*) e foi responsável pelo lançamento de 10 satélites deste modelo, no período de 1960 a 1965. Entre os anos de 1966 e 1969, foram lançando mais 9 satélites do modelo TOS (TIRO *Operational Satellite*) operados pela ESSA (*Environmental Science Services Administration*) e pertencentes à NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*), que atualmente é a principal responsável por controlar os satélites meteorológicos que atuam sobre a América do Sul como, por exemplo, os da divisão GOES (*Geostationary Operational Environmental Satellite*). A partir de 1970 houve significativo avanço na tecnologia de coleta de dados meteorológicos com o desenvolvimento de satélites com sensores que captam a energia infravermelha.

Ainda segundo informações do CPTEC (2015), os satélites meteorológicos são satélites artificiais cujo objetivo é de monitorar o tempo e conseqüentemente apoiar estudos de clima, já que este é caracterizado devido à sucessão dos tipos de tempo. As imagens oriundas destes satélites demonstram outros elementos além das nuvens e formações de nuvens, com elas é possível a visualização: luzes das cidades; queimadas; efeitos da

¹ - Acadêmico do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Maringá-UEM. Departamento de Geografia, Maringá-PR, Bolsista da CAPES.

E-mail de contato: limabacharel@gmail.com

² Professora Adjunta do Departamento de Geografia da Universidade Estadual do Paraná -UNESPAR – Campus de Campo Mourão, Campo Mourão -PR

E-mail de contato: apcolavite@hotmail.com

³ - Acadêmico do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Maringá-UEM Departamento de Geografia, Maringá-PR, Bolsista do CNPq.

E-mail de contato: buenogeography@gmail.com

⁴ Licenciado e Bacharel pela Universidade Estadual do Paraná- UNESPAR- Campus de Campo Mourão, Campo Mourão -PR .E-mail de contato: guilhermecventura@hotmail.com



poluição; aurora; tempestades de raios; poeira; cobertura de neve e gelo; limite das correntes oceânicas; dentre outros. Estas são informações que podem ser obtidas através das imagens disponibilizadas pelos satélites meteorológicos.

Segundo Andreoli (2007), a meteorologia e a prática da previsão de tempo melhoraram significativamente nas últimas três décadas. Os melhoramentos ocorridos estão relacionados ao aumento significativo da habilidade de observar e modelar a atmosfera global. Como resultados desses avanços se têm alcançado um melhor entendimento de diversos processos atmosféricos e a possibilidade do desenvolvimento de modelos atmosféricos globais sofisticados que são utilizados tanto para fins de pesquisas como para a Previsão Numérica de Tempo (PNT). Desta forma, as observações atmosféricas incluem as medidas diretas e estimadas por satélites, de variáveis atmosféricas como a velocidade do vento, a umidade, a pressão e a temperatura. A combinação dessas observações proporciona uma extensiva base de dados para a inicialização e verificação dos modelos de PNT e para pesquisas da atmosfera de forma geral.

Este trabalho teve por objetivo demonstrar a importância dos satélites meteorológicos nos usos da PNT, como também no monitoramento dos fenômenos atmosféricos como a entrada de sistemas frontais e principalmente a formação dos sistemas convectivos (SCs), que são os principais responsáveis pelas tempestades de raios, tendo em vista que estes fenômenos estão relacionados a ocorrências de desastres naturais no Brasil. Segundo Tominaga *et al* (2009), considera-se como desastre natural todo aquele que tem como gênese um fenômeno natural de grande intensidade, agravado ou não pela atividade humana, como exemplo cita-se: chuvas intensas provocando inundação, erosão e escorregamentos; ventos fortes formando vendaval, tornado e furacões, que provoca danos e prejuízos econômicos para a sociedade e para as empresas de distribuição de energia e telecomunicações.

Desta forma, buscou-se apresentar as melhorias ocorridas nas últimas décadas, proporcionadas pelos avanços tecnológicos e as possibilidades de se prever tais fenômenos com antecedência. Essa melhoria e instantaneidade na previsão da ocorrência dos fenômenos meteorológicos adversos permite que os órgãos competentes, em especial a defesa civil, se antecipem na tomada de decisões, emitindo alertas aos moradores que residem em áreas de risco, bem como se organizem com medidas de apoio para atender a população atingida.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente fez-se um levantamento bibliográfico, referente à utilização de imagens de satélites, discutindo brevemente sobre o histórico dos satélites de cunho meteorológico e como esses passaram a serem fundamentais para as PNT.

Após o levantamento bibliográfico, demonstrou-se o funcionamento do programa desenvolvido pelo CPETC denominado FORTRACC, cujo papel é monitorar os sistemas convectivos (SCs), disponibilizando essas informações nas imagens provenientes do satélite meteorológico GOES-12, apresentando informações gráficas que este programa gera sobre as imagens, demonstrando as informações obtidas sobre os SCs, a cada trinta minutos.

Em seguida, demonstrou por meio de uma sequência de imagens provenientes do GOES-12, disponibilizadas pelo CPETC com intervalo de uma hora, o deslocamento de uma forte área de instabilidade que atingiu o Centro Sul do Brasil em 13/10/2011. A organização das imagens foram feitas com auxílio do *software Corel Draw XIV*.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Análise do desenvolvimento de um sistema convectivo por meio das imagens de satélite

Para Machado *et al* (2003), os satélites são utilizados em grande escala para monitorar os sistemas convectivos (SCs), pois sabe-se que uma característica marcante da convecção é a sua organização em diversas escalas de tempo e espaço. Pode-se salientar também que estes SCs podem variar desde células na ordem de poucas centenas de metros até células que podem atingir grandes aglomerados convectivos na ordem de milhares de quilômetros, com ciclo de vida com duração de vários dias compostos de diferentes tipos de nuvens. Os SCs são responsáveis pela maior parte da precipitação nos Trópicos e em várias regiões de latitudes médias durante a estação quente.

Machado *et al* (2003) apresentam dois tipos de SCs, sendo o primeiro as linhas de instabilidades, caracterizadas por uma organização linear das células convectivas. O segundo são os complexos convectivos de mesoescala, caracterizados por uma organização menos importante das células convectivas no interior do sistema. Embora diferentes condições dinâmicas e termodinâmicas favoreçam o aparecimento de sistemas convectivos de mesoescala, um ponto em comum é a forte convergência em baixos níveis que precede a sua formação por várias horas. No caso das linhas de instabilidade, as fortes organizações das células convectivas



favorecem o suprimento de ar quente e úmido, e o forte cisalhamento vertical do vento separa as regiões *updrafts* e *downdraft* (movimentos de descida e subida do ar). No caso dos complexos convectivos de mesoescala, um jato em baixo nível e em fraco regime de vento supre as células convectivas de ar quente e úmido, responsável pela manutenção do sistema. Segundo Macedo *et al* (2004), monitorar o deslocamento e evolução dos SCs é de grande importância para a PNT e de fenômenos meteorológicos adversos.

Ressaltam, ainda, a importância na definição das condições atmosféricas com influencia direta na condição de nebulosidade, na quantidade da radiação solar incidente à superfície, no regime de ventos e na precipitação de uma região.

Desta forma, para se realizar as previsões de curto prazo e para acompanhar a evolução dos sistemas convectivos, o CPETC desenvolveu-se um programa denominado FORTRACC, que segundo Macedo *et al* (2004), é um programa responsável por identificar e acompanhar os sistemas convectivos que atuam sobre o Brasil, utilizando como base de dados as imagens fornecidas pelo GOES-12.

Segundo o CPETEC, o aplicativo possibilita a previsão meteorológica em curto prazo e o monitoramento da evolução dos sistemas convectivos. Portanto, o FORTRACC foi desenvolvido com o objetivo de obter a evolução temporal e a respectiva trajetória dos sistemas convectivos, os quais geralmente estão associados com precipitações intensas e rajadas de vento. Durante o desenvolvimento do FORTRACC, almejou-se ainda a previsibilidade de evolução destes sistemas com até duas horas de antecedência, com o intuito de auxiliar os órgãos responsáveis por tomada de decisões. A partir dos dados obtidos pelo FORTRACC, foi possível desenvolver um aplicativo gráfico operacional para a disseminação dos resultados na internet, como pode ser verificado na figura 1, ao qual a população tem amplo acesso e também pode fazer o acompanhamento dos SCs.

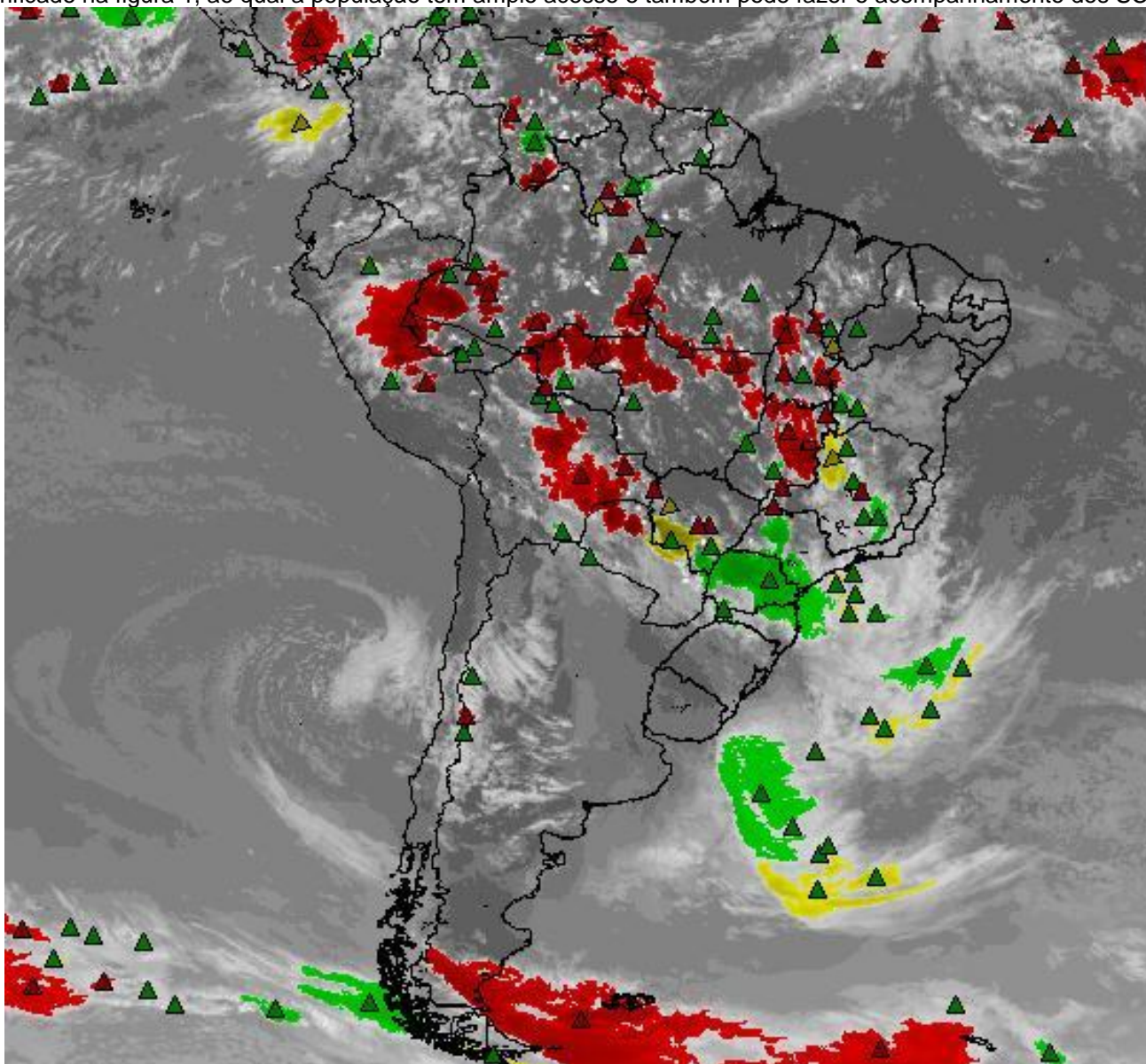


Figura 01: sistemas convectivos.

Fonte: DAS/CPTEC/INPE, data 20111013-hora: 19h30min GMT.



Com base em informações do CPETEC (2015) observa-se na imagem de satélite, que a cor verde indica desintensificação do SCs, a cor amarela adverte que o SCs encontra-se estável e o vermelho a intensificação do SCs. Os triângulos espalhados na imagem desempenham a função de fornecer informações referentes ao SCs, ao clicar com o *mouse* sobre qualquer triângulo (Figura 2) será aberta uma caixa com informações gráficas referentes à evolução temporal da tempestade.

Desta forma, o FORTRACC, fornece dados sobre os SCs, que são anexados na imagem de satélite e em seguida disponibilizados na internet como: a hora que a imagem é postada; área em Km² que o SCs abrange; a direção que este seguirá; a localização em latitude e em longitude; a velocidade do vento em metros por segundo (m/s); o tempo de vida do SCs (horas); a temperatura mínima; o tempo de expansão do SCs; e a fase do sistema; se ele está intensificando, estável ou desintensificando.

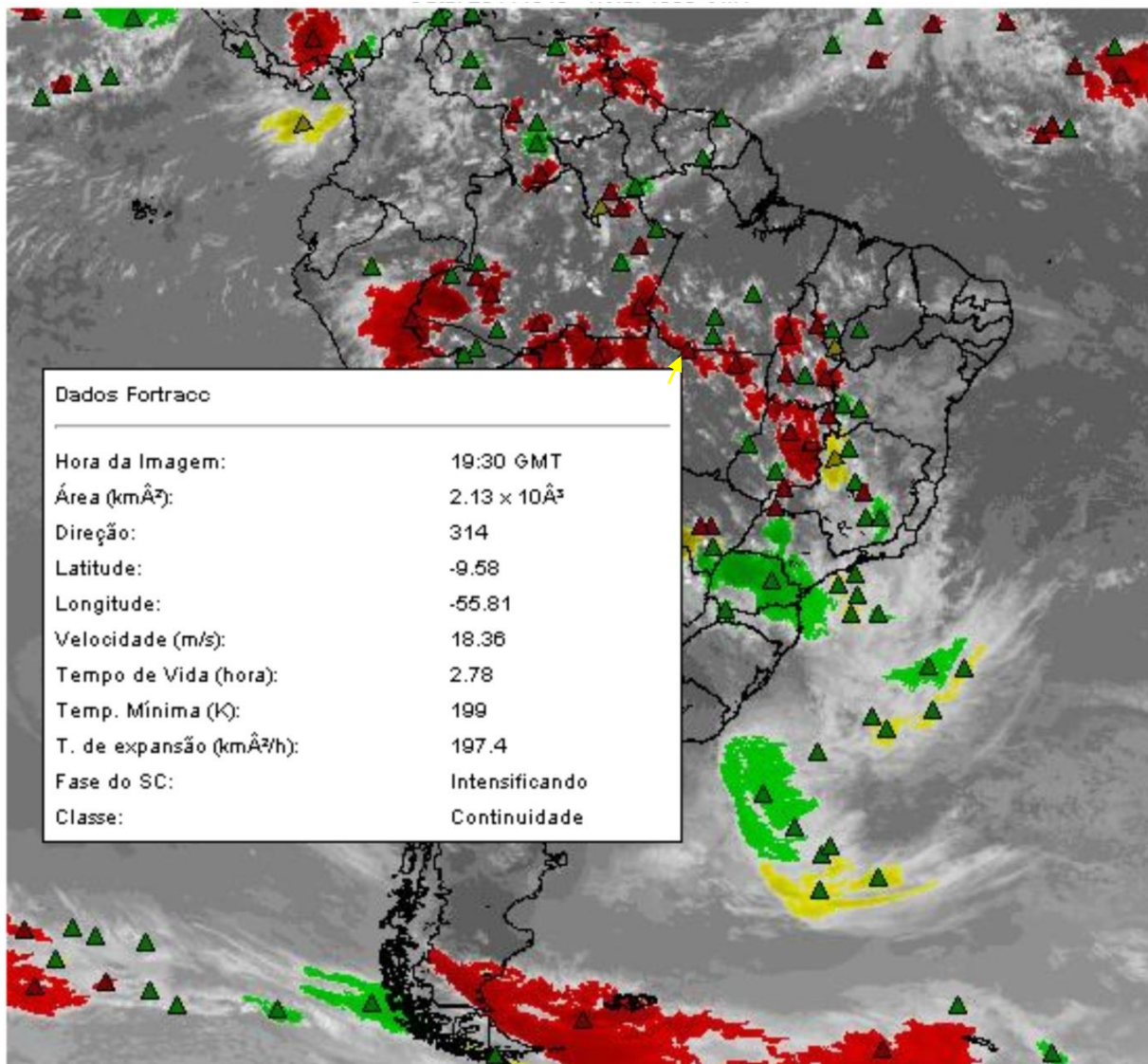


Figura 02: Dados dos sistemas convectivos.

Fonte: DAS/CPTEC/INPE, data 20111013-hora: 19h30min GMT.

Por meio dos estudos das imagens de satélites fornecidas pelo satélite GOES-12 no canal infravermelho, é possível detectar os SCs, a direção de deslocamento, a estimativa do tempo de duração dos SCs, o momento em que se começa a se formar, sua maturação e sua dissipação. Também é possível se prever a posição geográfica, na qual o sistema convectivo pode atuar, a temperatura do topo e a expansão da área, tudo isto sendo previsto com duas horas de antecedência, o que permite alertar a população para ficarem atentos com a possível ocorrência de uma tempestade.

Com base nas informações disponibilizadas pelo CPTEC (2015), é importante ressaltar que os satélites do modelo GOES possuem órbita geoestacionária, sendo assim constituem satélites que permanecem estacionados sobre a linha do Equador, apresentando períodos de rotação coincidentes com o período sideral de rotação da



Terra, para que façam o acompanhamento contínuo de uma mesma região da atmosfera terrestre. Desta forma, o satélite pode observar uma área circular com raio equivalente a 70° de latitude, e devido à deformação proveniente da curvatura da superfície terrestre, o ângulo de observação é limitado. Entretanto, os dados obtidos destes satélites restringem-se a uma área cujo raio é equivalente a 55° de latitude quando destinados as PNT e com o raio de 65° de latitude nas análises qualitativas.

Em decorrência das diversas vantagens proporcionadas por esses modelos de satélites geoestacionários, o uso predominante das imagens de satélites para fins meteorológicos no Brasil é proveniente do satélite geoestacionário GOES-12 e recentemente GOES-13 e de acordo com Macedo *et al* (2004), a sua grande utilização se deve ao fato destes satélites produzirem imagens da América do Sul em cinco canais (diferentes bandas de comprimento de onda), as quais permitem observar e/ou quantificar várias características da nebulosidade. As vantagens das imagens GOES são: alta frequência apresentando uma imagem a cada meia hora; a definição da resolução espacial em torno de 4 km; e seu caráter operacional, isto é, a previsão de serviço contínuo por um período extenso de tempo. Estas características são úteis para desenvolver e aplicar métodos de monitoramento destinados a fornecer informações para previsão do impacto de alguns fenômenos meteorológicos e/ou sua avaliação posterior na escala de horas.

Pode se observar na figura 3, as imagens provenientes do satélite GOES-12, no canal infravermelho realçado, que estão agrupadas sequencialmente, demonstrando o deslocamento de uma forte área de instabilidade que atingiu a região de Centro-Sul do Brasil no dia 13/10/2011.

Esta instabilidade foi formada pela intensa condição termodinâmica (calor e alta umidade do ar), fortalecida pelos ventos do quadrante oeste/noroeste, combinada como padrão dinâmico ditado pela difluência na alta troposfera e pelo deslocamento de cavados ao longo do perfil troposférico.

Ressalta-se que a área de baixa pressão e os cavados que se formaram sobre esta região, aumentaram a convergência das massas de ar sobre o Centro-Sul do Brasil (como pode ser observado nas imagens de satélite abaixo), o que garante o suprimento de alta taxa umidade, alimentando assim a instabilidade sobre estas áreas. Toda esta condição de tempo, resultou em uma forte atividade convectiva, com o topo das nuvens atingindo temperaturas de até -80°C , criando, condições favoráveis à ocorrência de temporais associados com queda de granizo e vendavais.

Nota-se que nas imagens de satélite no canal infravermelho realçado, mostra o panorama do deslocamento das áreas de instabilidade que inicialmente começaram a ganhar força na região Sudoeste do Paraná, avançando para o interior do Estado atingindo inclusive os estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul.

Pinheiro (2011), apresenta que, as cores que são demonstradas nas imagens de satélite no canal infravermelho realçado, demonstra a profundidade e a temperatura que o topo destas nuvens podem atingir. O tom de azul escuro indica que o topo destas nuvens podem atingir a temperatura de aproximada de -60°C , a cor rosa -70°C e a cor branca indica que alguns pontos de desenvolvimento vertical das nuvens convectivas foi ainda maior, com topo chegando a alcançar o valor de -80°C .

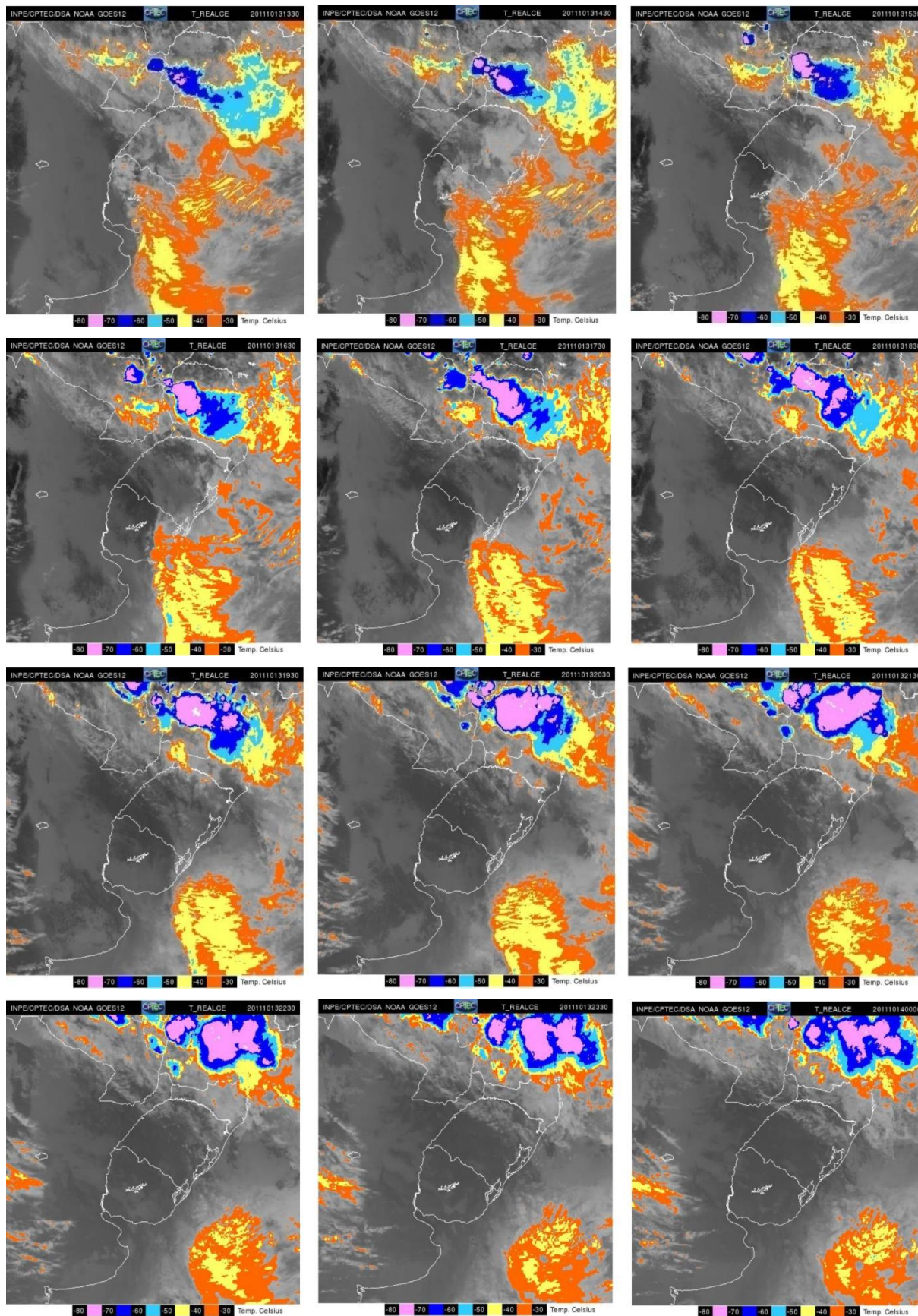


Figura 03: Sequência de imagens do satélite GOES-12 no canal infravermelho e realçado, das 13h30minz de 13/10/2011 às 00h30minz de 14/10/2011

Fonte: CPTEC/ INPE.



4 CONCLUSÃO

Pode-se concluir que com o advento do uso das imagens orbitais houve uma conquista muito importante para a meteorologia, através das imagens de satélite tornou-se possível a realização de previsões com alta precisão, até mesmo podendo antecipar a ocorrência de fenômenos meteorológicos adversos, como, por exemplo, a condição de tempo severo que ocorreu no dia 13/10/2011, na região Centro-Sul do Brasil, foi possível prevê-la com 48 horas de antecedência, pelos meteorologistas Grupo de Previsão do Tempo GPT do CPTEC/INPE.

Os satélites meteorológicos possibilitaram a melhoria do sistema de previsão do tempo, do monitoramento e acompanhamento em tempo real de furacões, ciclone, tornados e tempestades severas, despertando assim o interesse da sociedade em geral, devido a sua utilidade nas tomadas de decisões por parte da defesa civil, redes de distribuição de energia elétrica criando-se também a possibilidade de estudos sobre suas características em diferentes regiões.

Desta forma, com as informações, sobre as condições de tempo severo, disponibilizadas instantaneamente é possível que os órgãos competentes antecipem a tomada de decisão, prontifiquem-se e coloquem em alerta a população que reside em áreas de risco de escorregamento e alagamento.

Mesmo diante de todo esse avanço tecnológico, deve-se ressaltar que para que essas informações tenham resultado os órgãos responsáveis, sejam eles da esfera, federal, estadual ou municipal, devem ter equipes treinadas para trabalhar com situações adversas, apresentando preparo técnico para tal. Essa situação é ainda mais urgente no caso dos municípios que possuem histórico de ocorrência de desastres, e aqueles que possuem alto potencial de ocorrência e condições favoráveis à incidência (regiões de relevo acidentado ou áreas localizadas próximas ao leito fluvial), devendo, nestes casos, seguir um plano de contingência emergencial, para possível ocorrência de fenômenos adversos.

Tendo em vista que a maioria dos desastres naturais que ocorrem no Brasil está associado a fenômenos meteorológicos (chuvas intensas, granizos, vendavais), estas técnicas de PNT, tornam-se uma ferramenta importante, para monitoramentos desses fenômenos, pelo fato de apoiarem a obtenção de uma gama de informações em um curto espaço de tempo, e com precisão, sendo utilizado super computadores para gerar as PNT, e disponibilizar esses dados na internet. Porém, para que tudo isso seja aproveitado, é necessário que os órgãos responsáveis utilizem essas informações, mas para isso, têm que ter mecanismo para elabora bancos de dados, ter sistemas de alertas, e pessoas capacitadas para trabalhar essas informações dentro desses órgãos, para melhor estruturar os planos de contingência e que isto possa ter retorno para sociedade.

REFERENCIAS

ANDREOLI, R. V.; HERDIES, D. L.; SOUZA, R. A. F.; SAPUCCI, L. F.; ARAVÉQUIA, J. A.; FERREIRA, S. H. S. Tipos de observações e o controle de qualidade utilizando na assimilação de dados no CPTEC/INPE. **Boletim da Sociedade de Meteorologia**, 2007. Disponível em: <http://assimila.cptec.inpe.br/~rassmla/pubs/pub_r08.pdf> acesso em: 12 de agosto 2015, 15h 34min.

CPTEC, **Centro de Previsões de Tempo e Estudos Climáticos**. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/>> acesso em: 13 de agosto 2015, 11h 55min.

MACEDO, S.R. **FORTRACC**: Guia operacional. 2004. Disponível em:<<http://sigma.cptec.inpe.br/fortracc/pdf/manual-operacao.pdf>> acesso em: 10 de agosto 2015, 16h 39min.

MACEDO, S. R.; VILA, D.; MACHADO, L. A. **FORTRACC**- previsão a curto prazo e evolução dos sistemas convectivos. **FORTRACC**, V 1. Guia do usuário, 2004. Disponível em: <<http://sigma.cptec.inpe.br/fortracc/pdf/fortracc.pdf>> acesso em: 11 de agosto 2015, 18h 04min.

MACHADO, L. A. T.; VILA, D.; LAURENT, H.; MORALES, C.; CEBALLOS, J. MIRANCOS, F.; NOSAKI, S. Sistema de previsão imediata de ocorrência de tempestades para apoio a tomada de decisão na distribuição e manutenção da rede elétrica. **ICITENEL, Anais**. Salvador, 2003. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=579>> acesso em: 12de agosto 2015, 16h 19min.

PINHEIRO, H. R. Intensos temporais atingem o RS em 07/10/2011. Grupo de previsão de tempo do CPTEC/INPE, Cachoeira Paulista, 2011. Disponível em: <http://www.cptec.inpe.br/~rupload/arquivo/Temporais_RS_071011_avaliacao.pdf> acesso em: 12de agosto 2015, 16h 29min.

TOMINAGA, L. K. Desastres naturais: por que ocorrem: in: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL. R (org). **Desastres naturais**: conhecer para prevenir. 1ª edição. Instituto Geológico, São Paulo, 2009.