



## A FÍSICA ALIADA A TECNOLOGIA PARA PREVENÇÃO DE DESASTRES NATURAIS NO PARÁ.

**Reginaldo B. Pacheco<sup>1</sup>; Samuel Viegas Sodré<sup>2</sup>, Cristiano Mateus de Oliveira<sup>3</sup>,  
Bruno Panarra F. G. das Neves<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>especialista em hidrometeorologia e licenciando em física – IFPA. e-mail: rbpacheco19@gmail.com

<sup>2</sup>licenciando em física - IFPA. Bolsista do PIBID. e-mail: sam\_viegas@hotmail.com

<sup>3</sup>Licenciando em Física e monitor - IFPA. Bolsistas do IFPA. e-mail: crismateus20@hotmail.com; neves.brunopanarra@hotmail.com

**Resumo:** A característica específica da região Amazônica, de clima quente e úmido, propicia as ocorrências de desastres causadas por tempestades tropicais, acompanhadas de descargas elétricas cujas consequências são agravadas pela grande quantidade de ocorrências desse fenômeno. O uso do conhecimento da física aplicado ao campo do eletromagnetismo, utiliza o radar meteorológico com efeito Doppler para detectar o deslocamento das nuvens com grande quantidade de energia (calor), auxiliando no monitoramento das tempestades. Utilizou-se do software TITAN para empregar algoritmos sofisticados para identificar e rastrear tempestades, repassando assim informações para serem utilizadas preventivamente pela Defesa Civil, para confecção de alerta e alarme, possibilitando antecipadamente avisos às populações atingidas. Este trabalho mostrou através do uso da tecnologia para o monitoramento das imagens de radar meteorológico do SIPAM – CRO-BE/SIPAM (Centro Regional e Operacional/Sistema de Proteção da Amazônia) observar a aproximação de tempestade a um alcance radial de 400 km com antecedência de duas horas no Pará, auxiliando a Defesa Civil na emissão de alertas e alarmes às comunidades.

**Palavras-chave:** monitoramento, radar com efeito doppler, titan

### 1. INTRODUÇÃO

No início do século XVIII, quando o estudo da Eletricidade se intensificou, muitos cientistas, movidos pela curiosidade e pelo desejo de explicar os fatos mediante uma experiência, se dispuseram a investigar os fenômenos elétricos. Aparentemente, em 1708, o cientista William Wall foi o primeiro a observar que a faísca que saía de um pedaço de âmbar eletrizado assemelhava-se à descarga de um relâmpago. Após isso, outras importantes descobertas sobre eletrização dos corpos sugeriram que relâmpagos deveriam ser manifestações elétricas na atmosfera. As principais consequências das descargas elétricas atmosféricas (raios) são a luz (relâmpago) e o som (trovão). Os relâmpagos são produzidos basicamente pela radiação eletromagnética emitida por elétrons que, após serem excitados pela energia elétrica, retornam a seus estados fundamentais. Isto ocorre principalmente na Descarga de Retorno e por esta razão, no caso da descarga nuvem-solo, a geração da luz é feita de baixo para cima. A luz do relâmpago é bastante intensa devido à grande quantidade de moléculas excitadas. Pode-se observar que as ramificações do canal são menos brilhantes pela menor quantidade de cargas presentes nessa região. A geração de luz dura cerca de um décimo de segundo. Portanto, os fótons produzidos no início da trajetória, apesar de chegarem primeiro na retina do observador, conseguem mantê-la sensibilizada até a chegada dos fótons provenientes do final da trajetória. Por isso, é comum se pensar que o canal se iluminou todo de uma vez ou ainda que o relâmpago *caiu*, vindo de cima para baixo, talvez por colocarmos a nuvem como nossa referência. Geralmente a luz do relâmpago é de cor branca, mas pode variar, dependendo das propriedades atmosféricas entre o relâmpago e o observador. (Rogério Sousa et al).

As tempestades que ocorrem na Amazônia, diante da implicação de nuvens convectivas, formadas por nuvens cumulonimbus que proporcionam o aparecimento de outros fenômenos da física atmosférica, dentre eles as descargas elétricas, são monitoradas através de radar para uso da Meteorologia. Essas nuvens produzem grande quantidade de energia que são captadas pelo radar com efeito Doppler que é utilizado para mensurar a velocidade radial de alvos móveis das antenas de feixe

direcional. O efeito Doppler altera a frequência recebida de cima ou de baixo baseado na velocidade radial do alvo ao feixe, permitindo a medição precisa e direta da velocidade, estabelecendo desta forma as características das tempestades, tendo como consequência os danos e prejuízos à sociedade e ao meio ambiente, sendo por vezes irreversíveis e de difícil reparação (Tavares, JP. Nardim, 2009 e outros).

Através da utilização do software TITAN - Identificação, Controle e Análise de previsão imediata de tempestade (Thunderstorm, Identification, Tracking, Analysis and Nowcasting) o qual emprega algoritmos sofisticados para identificar e rastrear tempestades, as quais são definidas como uma região contígua tridimensional, de tal forma que certos parâmetros como a refletividade, o volume, a altura, entre outros, satisfaçam determinadas condições. A aplicação específica de identificação e previsão de tempestades através das chuvas que pelo uso de radares meteorológicos, utilizam componentes e introduzem dados de vários tipos de radares meteorológicos às informações, tais como dados de trajetória de aviões, dados de descargas atmosféricas, imagens de satélite, modelos numéricos, estações meteorológicas dentre outros. (Mike Dixon, moderador, 2009).

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O software TITAN introduz vários tipos de ferramentas de uso do radar meteorológico com efeito Doppler (conforme mostrado na figura 1), a inserção de remapeamento de dados de radar em coordenadas cartesianas que favorece a visualização dentro da área requerida pelo radar à observação de seu deslocamento numa distância radial em torno de 400 km.



Figura 1 – Imagem e localização do radar Doppler de Belém/PA utilizado para monitoramento de tempestades na atmosfera

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As imagens de radar meteorológico (figuras 2, 3, 4) mostram o desenvolvimento da quantidade de energia refletida em dBZ (Alcance e refletividade do equipamento expresso em decibéis). O deslocamento da tempestade foi intenso (acima de 51 dBZ) e se organizou rapidamente formando uma tempestade no distrito de Mosqueiro/PA. Na análise da meteorologia sinótica (é a ciência que estuda a atmosfera terrestre e está relacionada com a descrição, análise e previsão do tempo), percebe-se que a interatividade de complexos convectivos associado à grande quantidade de umidade, e intenso gradiente de temperatura e pressão na região, intensificou a formação das nuvens cumulonimbus que caracterizou a tempestade, e que teve seu início no Estado de Tocantins.

Como se observou, o vento dos alíseos intenso em velocidade vindo de sudeste do Estado do Pará foi o principal responsável por deslocar a grande quantidade de umidade, que ao interagir com as características reinantes na zona de monitoramento propiciou a ocorrência do fenômeno observado.



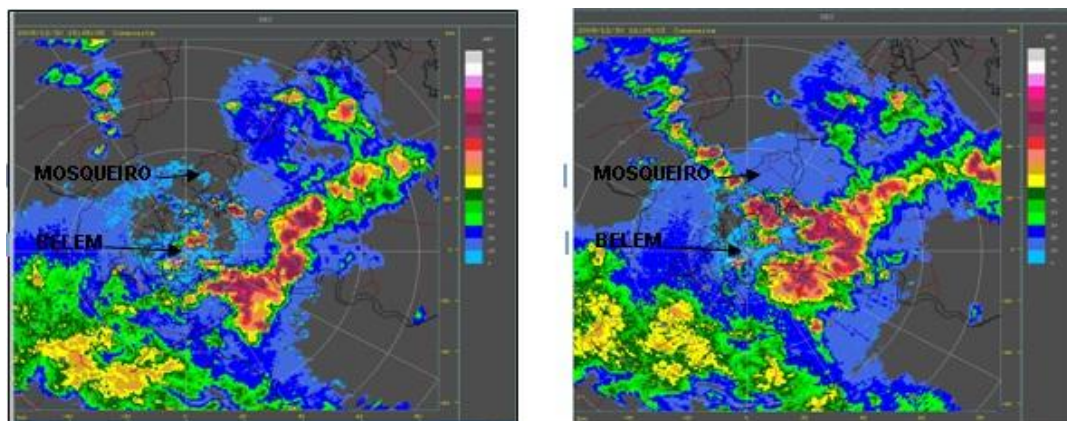


Figura 2 – Evolução da tempestade ocorrida em 30/12/2009, no horário entre 12h45 (imagem à direita) e 13h09 (imagem à esquerda). Fonte: SIPAM

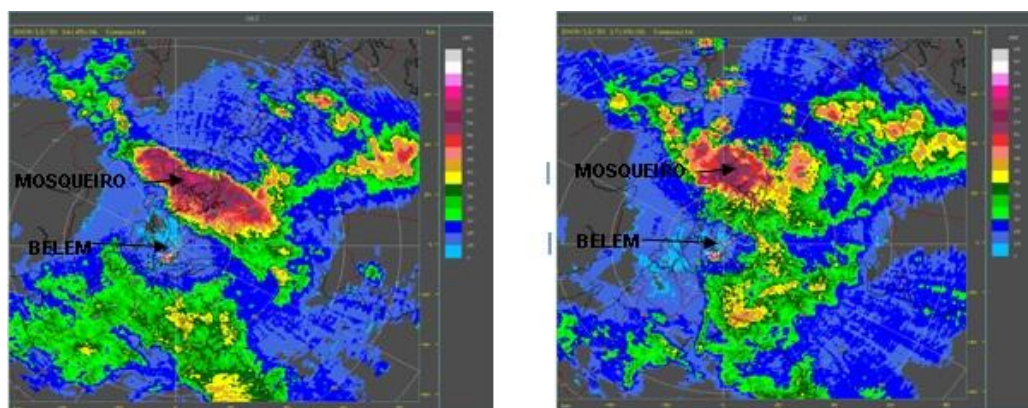


Figura 3 – Evolução da tempestade ocorrida em 30/12/2009, no horário entre 13h45 (imagem à direita) e 14h09 (imagem à esquerda). Fonte: SIPAM

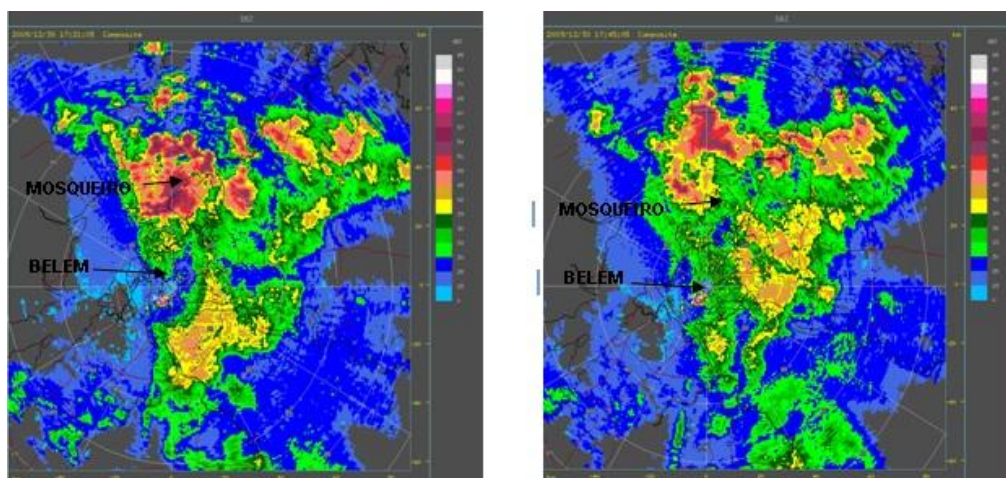


Figura 4 – Evolução da tempestade ocorrida em 30/12/2009, no horário entre 14h21 (imagem à direita) e 14h45 (imagem à esquerda). Fonte: SIPAM

### 3.1. Comportamento da Tempestade Segundo a Escala Fujita

Um tornado é um grande redemoinho de vento formado por tempestades. Sua intensidade pode variar de 0 a 5 de acordo com a escala Fujita, criada por Tetsuya Theodore Fujita (1920-1998), meteorologista especialista em tornados. Os tornados se formam a partir de uma mudança na direção e cisalhamento da velocidade do vento. Essa mudança na direção e o aumento da velocidade do vento com a altura acabam criando uma rotação horizontal, o redemoinho. O ar ascendente entra na tempestade inclinada e o ar em rotação da posição horizontal muda para a posição vertical criando uma área de rotação que é igual a quase toda a área da tempestade. Alguns tornados se originam das chamadas “supercélulas”, que são nuvens de tempestades enormes que se movimentam em círculos e as quais são responsáveis pelo piores tornados da história.

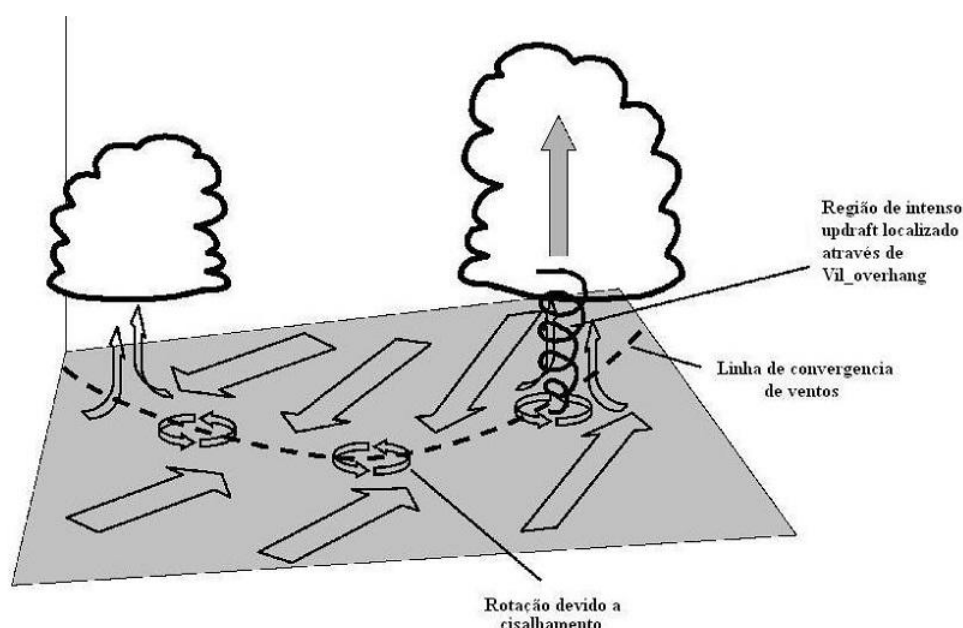


Figura 05 – Estágio de crescimento do tornado não associado à supercélula, adaptado segundo FUJITA (1981)

Tabela 1 – Qualificação da velocidade da tempestade segundo FUJITA.

Categorias	Velocidade compreendida	Danos causados
F0	64 a 116 km/h	Danos leves como postes de sinalização, semáforos e arrancar árvores de raízes rasas.
F1	117 a 180 km/h	Podem fazer um carro capotar, ou arrancar casas móveis dos lugares.
F2	181 a 253 km/h	Já arranca facilmente as árvores da terra, telhados inteiros, e qualquer objeto que não esteja bem fixo.
F3	254 a 332 km/h	Já consegue causar danos sérios como descarrilar trens, arrancar paredes e arrancar qualquer árvore do solo.
F4	333 a 419 km/h	Consegue arrancar casas inteiras do lugar e até levantar carros grandes.
F5	420 a 511 km/h	Arremessa carros pelo ar como se fossem de brinquedo, casas inteiras e até prédios são destruídos, danificando até estruturas de concreto reforçadas com aço.



Levando em consideração a tabela 1, atribuiu-se um índice severo a tempestade ocorrida no município de Mosqueiro como F0, com velocidade do vento em torno de 116km/h , e poder de refletividade que mede a intensidade do eco (dBZ) de 51 dBZ.

Detectou-se durante a dissipação do fenômeno um pequeno estrago causado na comunidade, que destelhou casas e derrubou árvores de raízes rasas na região litorânea do distrito de Mosqueiro, região metropolitana de Belém no Pará.



Figura 10 – foto imagem da destruição do tornado trouxe prejuízo a comunidade local. Fonte: SIPAM

#### 4. CONCLUSÃO

Os fenômenos meteorológicos tais como tornados, trombas d'água, vendavais e outros devido à ação antrópica vêm se tornando frequentes, causando danos humanos, materiais, e ambientais, e prejuízos econômicos e sociais na região do Pará. A ocupação das áreas de risco por parte da população, e a falta de fiscalização pela ausência de políticas públicas, na qual se alicerça os problemas sociais da sociedade, aumentam a vulnerabilidade das pessoas, provocando os desastres naturais. Através das informações meteorológicas, o monitoramento da Defesa Civil em parceria com o Sistema de Proteção da Amazônia (CROBE) emite boletins de alertas preventivos às comunidades. É importante ressaltar que são necessárias outras ações de gestão, pois somente uma boa previsão não é suficiente para mitigação dos desastres.

Diante desses resultados percebe-se a grande importância do monitoramento de tempestades severas com uso de radares meteorológicos, pois os desastres naturais vêm se tornando frequentes nas Regiões brasileira, em especial nos municípios do Estado do Pará.

#### 5. REFERÊNCIAS

*J. Geophys. Convective Systems Observed from Satellite and radar during the WETAMC/LBA Experiment.. Res.*, Vol. 107, (D20), 8054, doi:10.1029/2001JD000337.



Collier, C.G. **Applications of Weather Radar Systems**, 2.ed, 1996, England; Praxis Publishing Ltd, p. 165-224.

Dixon, M e wiener G: **Thunderstorm Identification, Tracking, Analysis, and Nowcasting (TITAN)**. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 1993, v.10 (3), p.785-797.

Machado; Laurent, Henri. 2004: **The convective system area expansion over Amazonia and its relationships with convective system life duration and high-level wind divergence**. *Mon. Wea. Rev.*, Vol. 132, No. 4, pp. 714-725.

Tavares, João Paulo Nardim. **Tempestades severas na região metropolitana de Belém: Avaliação das condições termodinâmicas e impactos sócio-econômicos** – 2009101f. : il. Dissertação do programa de mestrado em ciências Ambientais/UFPA-2009.

Laurent, Henri; Machado L.A.T.; Morales C.; Durieux, L., 2002. **Characteristics of Amazonian Mesoscale Convective Systems Observed from Satellite and radar during the WETAMC/LBA Experiment**. *J. Geophys. Res.*, Vol. 107, (D20), 8054, doi:10.1029/2001JD000337.

Machado; Laurent, Henri. 2004: **The Convective System Area Expansion over Amazonia and its Relationships with Convective System Life Duration and High-Level Wind Divergence**. *Mon. Wea. Rev.*, Vol. 132, No. 4, pp. 714-725.