

ANÁLISE DE TEMPESTADE POTENCIALMENTE SEVERA UTILIZANDO DADOS DE RADAR METEOROLÓGICO

Douglas Cristino Leal
Universidade Estadual de Campinas

Jonas Teixeira Nery
Universidade Estadual de Campinas

Gerhard Held
Instituto de Pesquisas Meteorológicas de Bauru

Ana Maria Gomes
Instituto de Pesquisas Meteorológicas de Bauru

EVENTOS EXTREMOS E IMPACTOS HIDRO METEOROLÓGICOS

RESUMO:

Este estudo tem como objetivo geral contribuir para melhorar a destreza dos alertas de tempestades, possibilitando a mitigação dos riscos potenciais decorrentes desses eventos na área central do estado de São Paulo e regiões adjacentes, dentro do raio de alcance de 240 km, a partir do radar *Doppler* de Bauru do Instituto de Pesquisas Meteorológicas (IPMet). Para definição dos limiares de alerta foi realizado uma estatística descritiva utilizando dados volumétricos coletados com o radar de Bauru. A partir destes dados obteve-se a distribuição de VIL, topo dos ecos e densidade VIL relativo às tempestades. Para a seleção de células de tempestades potencialmente severas definiu-se um limiar de 40 dBZ para a refletividade, obtendo-se a partir daí os valores médios das magnitudes com que esses eventos acontecem. Os boletins climatológicos do Centro de Previsão de Tempo e Clima (CPTEC) possibilitaram a compreensão e análises em mesoescala. Foi selecionado o evento do dia 26 de março de 2000, ocorrido no município de Bauru, o qual provocou duas vítimas fatais por descargas elétricas. Esta seleção se deu para a comprovação da severidade das tempestades e para comparar os valores estatísticos obtidos e os observados durante o período da mesma.

Palavras-Chave: Densidade VIL, topo dos ecos, tempestades severas, radar *Doppler*, TITAN.

ABSTRACT:

This study aims to give a contribution to improving the overall skill of the warnings of storms, enabling the mitigation of potential risks associated with these events in the central area of São Paulo and adjacent regions within the operating range of 240 km from the radar *Doppler* Bauru of the Meteorological Research Institute (IPMet). For setting alert thresholds was performed using descriptive statistics using volumetric data collected with the Bauru radar. From these data we obtained the distribution of VIL, top of echoes and VIL density relative to storms. For the selection of potentially severe storms cells it was defined a threshold of 40 dBZ for reflectivity, yielding thereafter the average magnitudes of which these events occur in the area. The climatological bulletins of the Center for Weather Forecasting and Climate (CPTEC) provided an understanding and analysis of the mesoscale systems that has traversed the state of São Paulo during the period. We selected the event of the day March 26, 2000, occurred in the city of Bauru, which caused two fatalities by lightning. This selection was made to prove the severity of storms and to compare the long term statistical values obtained and the ones observed during the same period when the storm occurred.

Key-Words: VIL Density, Echo Tops, Severe Storm, Doppler radar, TITAN

1. INTRODUÇÃO

A Meteorologia, ciência que estuda a atmosfera terrestre, torna-se cada vez mais importante na atualidade por ser requisitada em grande parte no Brasil e no mundo. Nela consta o tempo e a climatologia. O tempo pode ser definido estado momentâneo da atmosfera com relação à temperatura, umidade, nebulosidade, precipitação e outros fenômenos meteorológicos. O clima tem sido frequentemente definido como "A sucessão habitual dos tipos de tempo em um determinado local da superfície terrestre" (SORRE, 1951), ou seja, é o estudo das sucessões de tipos de tempo que permitirão compreender o mecanismo do clima.

Nos últimos anos a importância da previsão imediata tem aumentado significativamente. A precisão desta previsão é importante para prevenir e minimizar prejuízos à vida, além dos prejuízos econômicos. É de grande valia o estudo dessa interação direta entre o homem e o meio físico quanto a produção do Espaço Geográfico, no que tange a suas organizações, reproduções e grandes mudanças na natureza (ROSS, 2005).

Uma das ferramentas de grande importância para previsão imediata é o radar meteorológico. Neste trabalho foram analisados dados volumétricos gerados pelo radar *Doppler* de Bauru, do Instituto de Pesquisas Meteorológicas de Bauru (IPMet), no Estado de São Paulo (Figura 1).

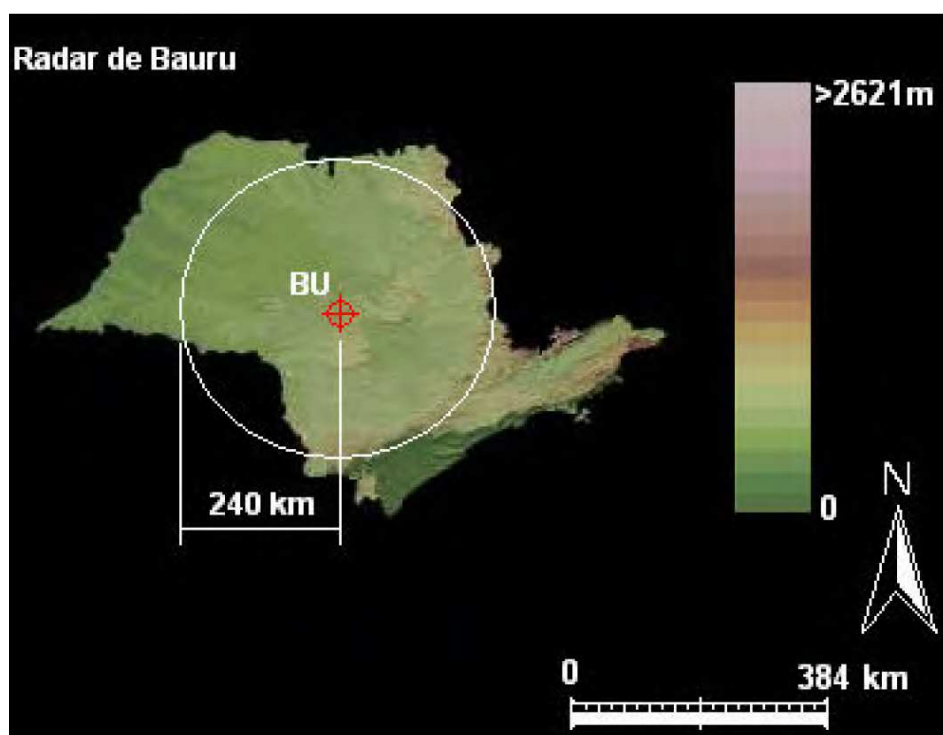


Figura 1: Mapa do estado de São Paulo, com a localização do radar meteorológico do IPMet, em Bauru-SP, indicado pela cruz vermelha. O círculo interno centrado no radar, mostra o raio de alcance de 240 km.

Fonte: Queiroz, 2009.

O radar meteorológico de Bauru, modelo EEC DWR-88S, opera na banda *S Doppler*. Este, pelo efeito *Doppler*, detecta a direção de deslocamento e velocidade de partículas em movimento.

Localiza-se nas coordenadas de 22° 21' 36'' de latitude sul e 049° 01' 48'' de longitude oeste, instalado a uma altitude de 624 m.

Foram utilizados produtos gerados pelo radar *Doppler* de Bauru, assim como o VIL (*Vertically Integrated Liquid*). Refere-se à estimativa do conteúdo de água líquida equivalente, baseado em estudos teóricos de distribuições do tamanho de gotas e estudos empíricos de fator de refletividade e conteúdo de água líquida (LOUISVILLE, 2004).

Este fator é proporcional ao número total de gotas (alvos) dentro de um volume medido e seus diâmetros elevados à sexta potência. Assim, VIL aumenta exponencialmente de acordo com a refletividade, portanto grandes valores de VIL estão geralmente associados à presença de granizo. Como um resultado, VIL é usado para identificar temporais que provavelmente contêm granizo.

Outro produto utilizado é o topo dos ecos. É uma imagem da altura da máxima ocorrência de um limiar de refletividade (dBZ) selecionado e amostrado em quilômetros. É um excelente indicador de tempo severo e granizo. A probabilidade de granizo é derivada da altura do nível de congelamento e da altura do topo dos ecos do radar para um limiar de 45 dBZ (DELLOBBE e HOLLEMAN, 2006).

Quando o VIL é “normalizado” usando o topo do eco, a densidade VIL resultante poderá ser usada para identificar tempestades com altos valores de refletividades relativas à sua altura. À medida que a densidade VIL aumenta, os núcleos contendo granizo tendem a ser mais profundos e mais intensos, portanto o tamanho do granizo observado tende a ser maior (PAXTON e SHEPHERD, 1993).

Densidade VIL é um bom indicador de granizo severo (BAUMGARDT e KING, 1997). Por tempo severo entende-se uma variedade de fenômenos meteorológicos que provocam danos em superfície resultantes de ventos fortes, precipitação muito intensa, enchentes súbitas, granizo e raios associados à atividade convectiva¹.

A máxima refletividade acarreta em altos limiares, o que significa altos valores de VIL e densidade VIL. Essas altas refletividades podem provocar danos à vida e a propriedade devido às tempestades severas que produz, conseqüentemente acarreta danos em superfície trazendo sérios prejuízos a população.

Leal et al. (2008), realizaram estudos para se definir limiares para o parâmetro densidade VIL em tempestades severas na área central do Estado de São Paulo. Verificou-se que ao se obter as estimativas médias associadas a eventos severos que ocorrem na área de alcance do radar de Bauru, como uma classificação para o nível de severidade das tempestades, foi proposto que o parâmetro densidade VIL $< 2,0 \text{ g/m}^3$ seja associado a tempestades não severas. Para valores de densidade VIL, entre $2,0$ a $4,0 \text{ g/m}^3$, o mesmo seja associado a tempestades severas com potencial para produzir ventos intensos e / ou granizo, enquanto que para um valor de densidade VIL $> 4,0 \text{ g/m}^3$ à tempestades extremamente severas, podendo provocar danos a vida e a propriedade em grandes proporções.

¹ http://www.wmo.ch/web/www/DPS/Meetings/Wshop-SEEF_Toulouse2004

A implementação desses resultados e sua transferência para o setor produtivo, certamente é uma contribuição para a melhoria dos principais aspectos sócio econômicos no estado de São Paulo.

O estudo de caso selecionado para análise de limiares já estabelecidos foi o evento do dia 26 de março de 2000. Foi um caso significativo de tempestade que gerou inundações, descargas elétricas e duas vítimas fatais em aproximadamente 1 hora. A análise é inerente para demonstrar que eventos extremos podem gerar grandes impactos na sociedade.

2. OBJETIVOS

Esse trabalho tem o objetivo de melhorar os alertas de tempestades, contribuindo para uma mitigação dos riscos potenciais decorrentes desses eventos na área central do estado de São Paulo e regiões adjacentes, dentro do raio de alcance de 240 km, a partir do radar de Bauru, através da determinação e avaliação do parâmetro densidade VIL (razão entre VIL e o topo dos ecos).

Especificamente, o trabalho compreende:

- *Estabelecer uma estatística climatológica sobre a distribuição de VIL, topo dos ecos e densidade VIL relativos às tempestades, utilizando dados coletados com o radar Doppler de Bauru;*
- *Analisar comparativamente uma tempestade severa em relação aos limiares já estabelecidos para validação da mesma.*

3. METODOLOGIA

O processamento dos dados volumétricos de refletividade, coletados com o radar *Doppler* de Bauru, foi realizado através do sistema *Thunderstorm, Identification, Tracking, Analysis and Nowcasting* (TITAN), Dixon e Wiener, 1993. Este sistema é especialmente desenvolvido para o tratamento e aplicações das informações de radares meteorológicos.

Estes dados foram recuperados em seu formato proprietário SIGMET e convertidos para o formato MDV do TITAN, cujo módulo estatístico fornece os parâmetros médios relativos à série de dados em análise. Para obtenção dos parâmetros relativos às células de tempestade foram definidos limiares de refletividade >40 dBZ e volume $>16\text{Km}^3$.

Foram três os parâmetros utilizados:

- VIL (kg/m^2): a equação de VIL é uma estimativa de água líquida derivada das informações de radar, baseado em considerações sobre a refletividade.
- Topo dos ecos associados (km): o produto topo dos ecos representa a altura da máxima ocorrência de um limiar de dBZ, selecionado e amostrado em quilômetros, e é um excelente indicador de tempo severo e granizo.
- Densidade VIL (g/m^3): é um bom indicador de granizo severo. É calculado a partir dos dois parâmetros anteriores e definido pela razão entre VIL e Topo dos ecos. Os detalhes referentes à metodologia para obtenção destes parâmetros podem se encontrados em Gomes e Held (2004).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análise da Dinâmica Climática do Mês de Março de 2000

A presente análise da dinâmica climática está baseada nos boletins do Centro de Previsão de Tempo e Clima (CPTEC, 2006), tendo como base os boletins divulgados, *on-line*. O mês de março destaca-se como o de maior ocorrência de convecção, na área de estudo. Neste período, observam-se diversas dinâmicas atuantes nessa área (Bauru e adjacências), tais como: sistemas frontais forçando o ar úmido e quente da região a ascender, forçantes térmicas devido a aquecimentos diferenciados, linhas de instabilidades ou Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM).

Durante o mês de março foi observado um enfraquecimento do fenômeno La Niña, com o aparecimento de pequenos núcleos positivos de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) na região Niño 3. No oceano Atlântico Tropical, a TSM apresentou valores ligeiramente acima da média. Foi observada a atuação de nove sistemas frontais, sendo que a média climatológica é de seis sistemas.

No mês de março de 2000 foram observadas anomalias positivas de chuva no extremo oeste e norte do estado de São Paulo. Desvios negativos foram observados na faixa leste de São Paulo. Em relação à temperatura, ocorreu variação de normal acima da média climatológica em São Paulo, Rio de Janeiro e centro-sul de Minas Gerais.

4.2. Climatologia das Distribuições de VIL, Topo dos Ecos e Densidade VIL de Janeiro de 2000 à Abril de 2011

A caracterização das tempestades sob o aspecto climatológico para a área central do estado de São Paulo, utilizando os dados do radar *Doppler* de Bauru foi realizada através da obtenção das estatísticas para o topo dos ecos e VIL, cujos parâmetros foram determinados com o *software* TITAN, desenvolvido no NCAR e implementado nos computadores do IPMet. Essas estatísticas foram determinadas considerando o período de janeiro de 2000 à abril de 2011.

A partir da distribuição dos máximos de topo dos ecos e VIL, foi calculado o parâmetro densidade VIL (g/m^3) para todo o período considerado em que o limiar de refletividade excedeu a 40 dBZ (seleção das tempestades potencialmente severas), dentro da área de 240 km de alcance do radar *Doppler* de Bauru.

As figuras, a seguir, apresentam os resultados mais significativos, excluídos os valores considerados extremos nas séries analisadas. Dessas figuras, nota-se que as referidas distribuições de frequência seguem o modelo da distribuição lognormal, observado para os parâmetros VIL e altura e dos ecos do radar, observados nas várias situações convectivas, como evidenciado em Potts et al. (2000) e López (1977).

Os resultados das distribuições de frequência, de janeiro de 2000 à abril de 2011, para os parâmetros topo dos ecos, VIL e densidade VIL (40 dBZ), são mostrados nas Figuras 2, 3 e 4, respectivamente. Ao analisar as figuras, é possível observar que a “cauda” do gráfico representa a ocorrência de tormentas severas que podem causar danos à vida e a propriedade.

Na distribuição do topo dos ecos, observa-se que há uma ocorrência de 85% das frequências entre 5 e 10 km e 11% excede topos de ecos acima de 10 km (Figura 2).

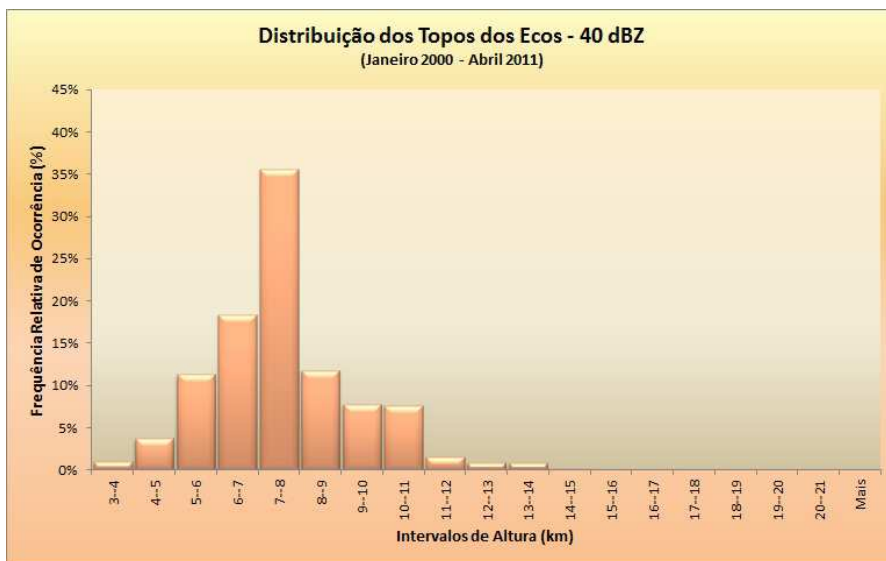


Figura 2: Distribuição da frequência de ocorrência do topo dos ecos (40 dBZ), no período de janeiro de 2000 à abril de 2011.

Para os valores de VIL (kg/m^2) a frequência é de 87%, observada no intervalo de 4 a 27 kg/m^2 , sendo que em torno de 3% desses valores são excedidos (Figura 3).

A distribuição de frequência do parâmetro densidade VIL, entre 1 e 2 g/m^3 é de 78% e o que excede 2 g/m^3 é constatada frequência de 19%, observada na Figura 4.

Os valores médios obtidos para o topo dos ecos é de 6,6 km de altura. Valores médios para VIL é de $8,5 \text{ kg/m}^2$. O parâmetro densidade VIL médio calculado é de $1,6 \text{ g/m}^3$.

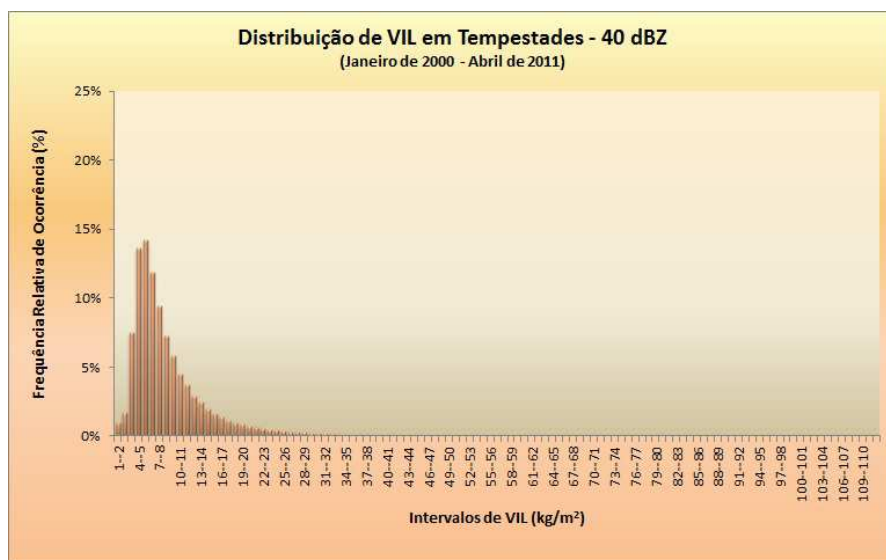


Figura 3: Distribuição da frequência de ocorrência de VIL (40 dBZ), no período de janeiro de 2000 à abril de 2011.

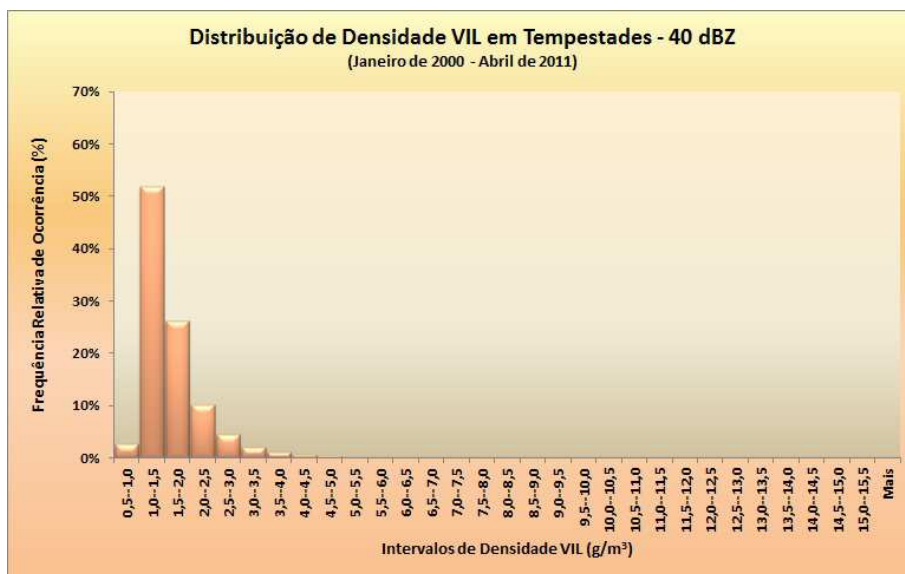


Figura 4: Distribuição da frequência de ocorrência de densidade VIL (40 dBZ), no período de janeiro de 2000 à abril de 2011.

4.3. Climatologia das Tempestades para o Mês de Março de 2000 - 40 dBZ

A distribuição de frequência para o topo dos ecos durante o mês de março de 2000 apresentou 88% das tempestades com topo observado entre 5 a 10 km sendo que 6% desses excederam os 10 km, como mostrado na Figura 5.

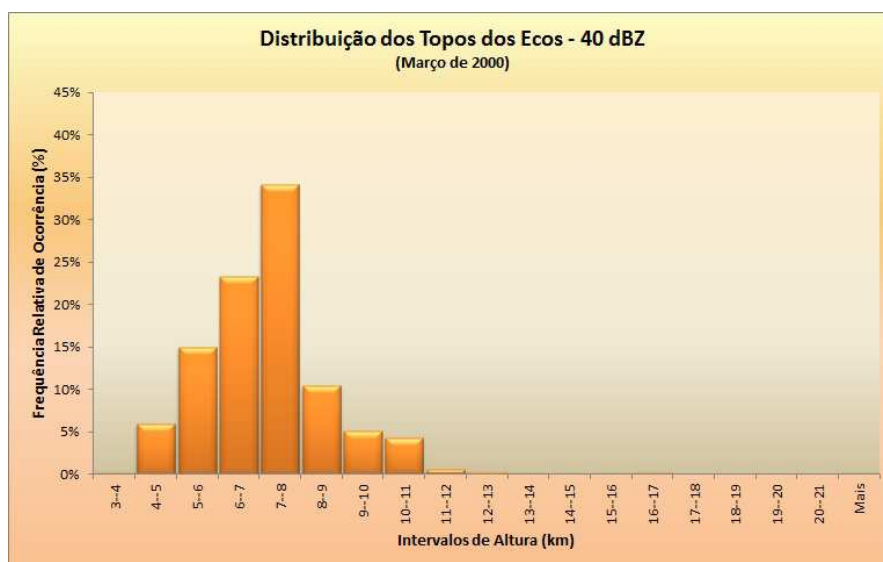


Figura 5: Distribuição da frequência do topo dos ecos (40 dBZ) para o mês de março de 2000.

Para os valores de VIL entre 4 e 27 kg/m² obteve-se frequência de 84% e o que ultrapassou 27 kg/m², a frequência obtida foi de 1%, Figura 6.

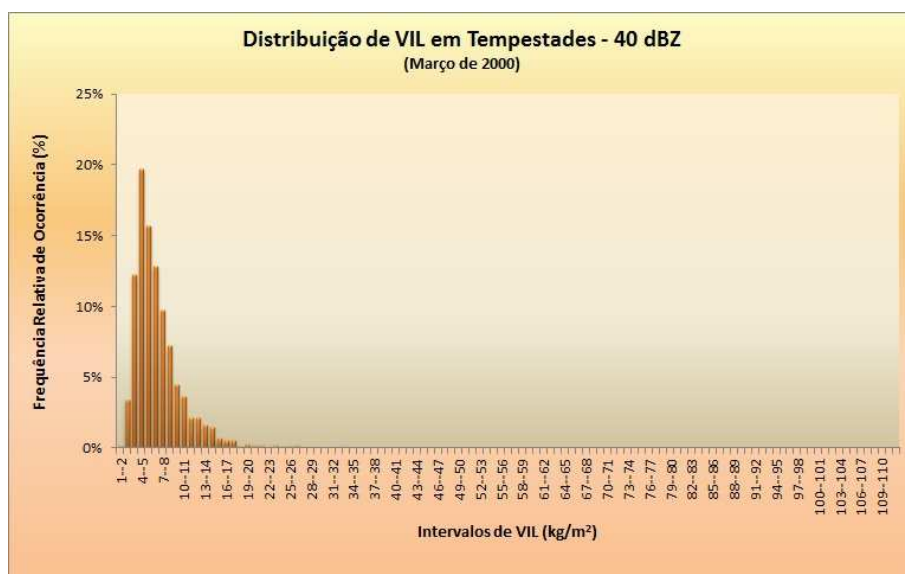


Figura 6: Distribuição da frequência de VIL (40 dBZ) para o mês de março de 2000.

Em relação aos valores de densidade VIL o resultado obtido para a distribuição de frequência mostrou que 88% das tempestades possuem valores entre 1 e 2 g/m³ e que 7% possuem valores que ultrapassam 2 g/m³, como ilustrado pela Figura 7. A média das frequências das tempestades para os parâmetros topo dos ecos, VIL e densidade VIL foi, respectivamente, 6,1 km, 6,2 kg/m² e 0,9 g/m³. Para este mês de março foi constatada grande frequência de tempestades no período, porém, com topo de nuvens entre 5 e 8 km, valores de VIL com maior ocorrência de 32,7 kg/m² e densidade VIL de até 3,5 g/m³.

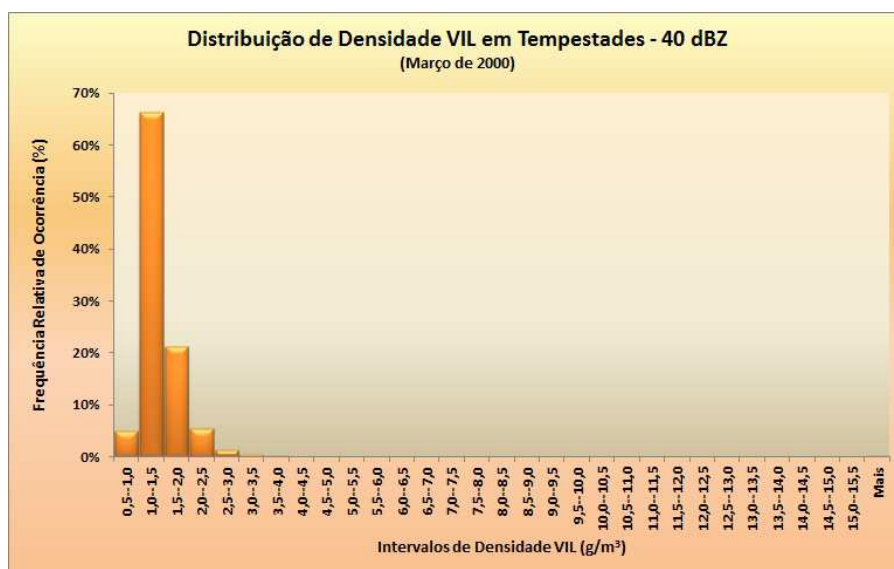


Figura 7: Distribuição da frequência de densidade VIL (40 dBZ) para o mês de março de 2000.

4.4. Análise do Evento Severo Selecionado: 26 de Março de 2000

Considerando que a precipitação média anual em Bauru é de 1149 mm, dos quais 80% ocorrem de outubro a março, sabe-se que mais da metade (49%) dessa precipitação ocorre no período de dezembro a fevereiro (HELD e NACHTIGALL, 2002).

Em relação ao número mensal médio de chamadas atendidas pelo Corpo de Bombeiros, devido às chuvas de verão, sabe-se que o mesmo está diretamente relacionado à intensidade com que essas tempestades atingem o município de Bauru. Assim sendo, a maioria dos pedidos por socorro acontece dentro do período de janeiro a março (59% de todos os chamados), indicando que os sistemas que produzem as enchentes repentinas são mais frequentes durante esses meses do ano, que correspondem ao período de outubro a dezembro, significando 20% de todos os chamados (GOMES e HELD, 2004).

Segue a análise de um caso significativo de tempestade que gerou inundações, descargas elétricas e mortes. A análise demonstra que eventos extremos como este geram grandes impactos na sociedade. Todos os horários das imagens do radar seguem o horário UT que no Horário Local (HL) equivale a UT – 3 horas. É importante ressaltar que os horários dos radares não mudam com o horário de verão.

O evento de 26 de março de 2000 produziu chuvas intensas sobre a região de Bauru, de acordo com dados obtidos pela Defesa Civil. O evento foi acompanhado por descargas elétricas e teve um tempo de duração de aproximadamente uma hora, resultando em duas vítimas fatais.

A Figura 8 mostra os campos de refletividade e velocidades radiais associados a este evento no horário das 21:37 UT. A letra **R** indica a localização do radar de Bauru. As setas vermelhas e azuis indicam a região de convergência inferida, através das velocidades radiais. Da análise da imagem do radar é importante destacar a extensa área de precipitação estratiforme precedendo as regiões contendo as células convectivas à frente dessa linha de precipitação.

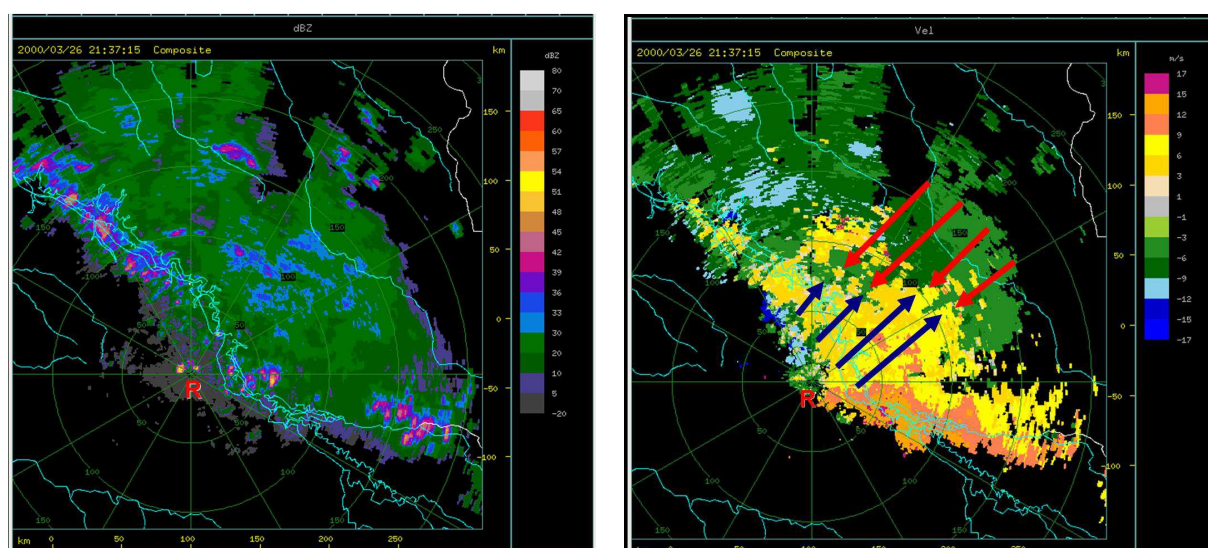


Figura 8: Campo de refletividade do radar de Bauru para o evento de 26 de março de 2000, às 21:37 UT (esquerda) e de velocidade radial (direita).

O campo de velocidades radiais, relativo ao campo de refletividades, mostra uma grande área de convergência, visto através de regiões onde as velocidades radiais evidenciam movimentos que se opõem, indicadas pelas setas azuis e vermelhas. Este evento caracterizou-se por chuvas fortes e ventos intensos. A evolução temporal da célula que produziu essas chuvas sobre a região de Bauru neste dia é mostrada através de uma sequência para os campos de refletividade, ilustrado pela Figura 9. Os primeiros ecos relativos a esta célula foram observados às 21:07 UT sendo que às 21:37 UT a tempestade já exibia refletividades excedendo a 60 dBZ, resultando em valores calculados de VIL de 20,4 kg/m², decaindo nos próximos 30 minutos, conforme pode ser visto na Figura 9, considerando o horário das 22:07 UT. Valor máximo de VIL foi de 20,1 kg/m², topo dos ecos de 7,6 km e densidade VIL de 2,64 g/m³.

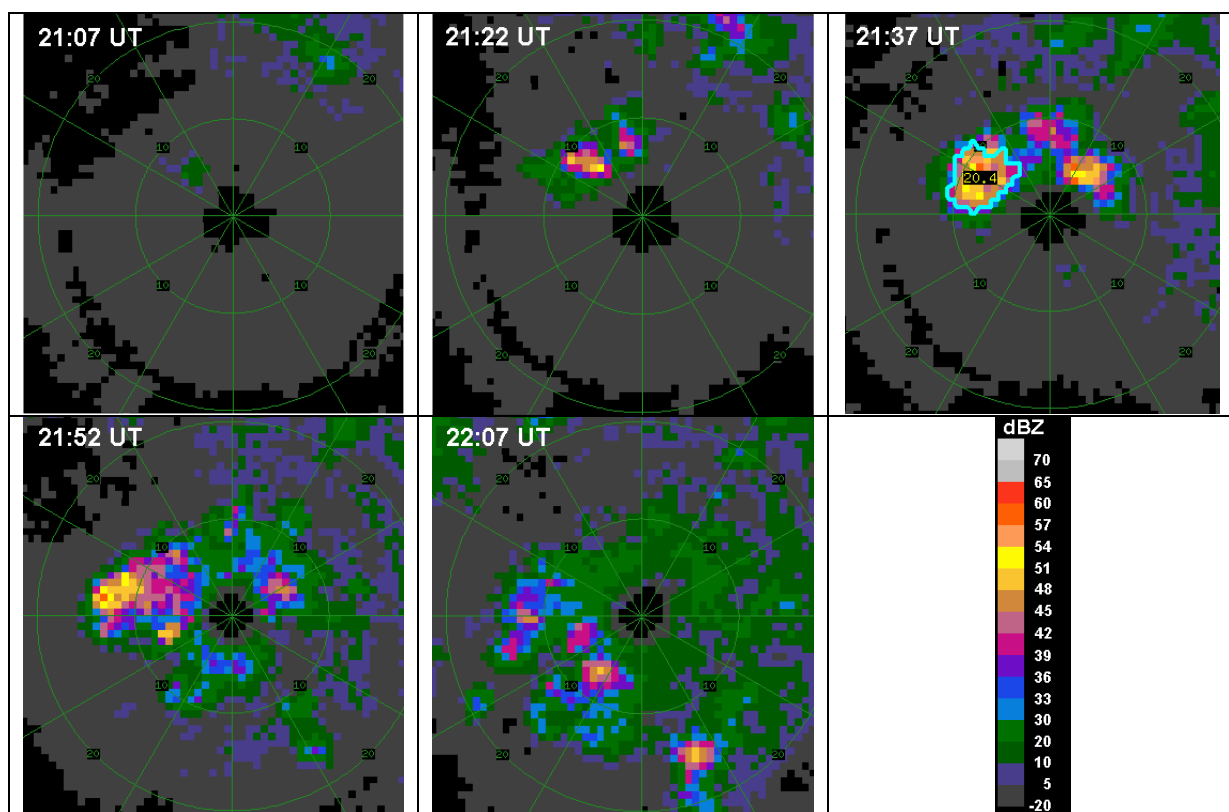


Figura 9: Campo de refletividade do radar de Bauru para o evento de 26 de março de 2000, que mostra a evolução temporal da célula convectiva que atingiu Bauru desde a sua formação às 21:07 UT até sua fase de decaimento às 22:07 UT.

Este evento resultou em duas vítimas fatais: um catador de papel de 38 anos e seu sobrinho de 10 anos. Ambos estavam sob uma mangueira, no Jd. Prudência, de acordo com o JcNet/Defesa Civil. Porém é importante ressaltar que estas mortes não foram diretamente relacionadas à tempestade, mas sim a atividade elétrica produzida pela mesma.

5. CONCLUSÕES

A recuperação dos dados volumétricos, do radar *Doppler* de Bauru, alocado no IPMet, no formato original e a conversão dos mesmos para a operação no TITAN, proporcionou o estudo de uma base de dados com mais de 10 anos (janeiro de 2000 à abril de 2011) para análise. O limiar utilizado foi de 40 dBZ para a seleção de tempestades potencialmente severas, definindo valores médios das magnitudes com que esses eventos acontecem.

Foi realizada uma estatística climatológica da distribuição de VIL, topo dos ecos e densidade VIL relativo ao mês da tempestade severa para comparativo da média climatológica de toda a base de dados. A análise da dinâmica climática, baseada nos boletins do CPTEC, proporcionou uma visão geral das massas de ar, temperatura e precipitação em mesoescala que corroboraram na formação da tempestade.

O estudo da distribuição de frequência dos produtos gerados pelo radar, para o mês de março de 2000, comparando com a distribuição da base de dados de mais de 10 anos, é possível afirmar que este mês possui valores que superam 5 e 10 km em relação ao topo dos ecos, 4 e 27 kg/m² em VIL e 1 e 2 g/m³ em densidade VIL. Valores acima desses, ou seja, a “cauda” do gráfico para este mês não supera a estatística climatológica geral. Esta tempestade não obteve valores extremos quanto a altos índices de severidade comparada com a climatologia geral. Porém, foi suficiente para gerar danos em superfície.

O evento ocorrido em Bauru, no dia 26 de março de 2000, possibilitou uma comparação entre os valores estatísticos obtidos e os observados durante o período da tempestade. A tempestade apresentou valores máximos de topo dos ecos, VIL e densidade VIL de 7,6 km, 20,1 kg/m² e 2,6 g/m³ sendo que a média climatológica da série de mais de 10 anos, é de 6,6 km, 8,5 kg/m² e 1,6 g/m³ e, para o mês de março, valores de 6,1 km, 6,2 kg/m² e 0,9 g/m³, respectivamente. Ou seja, excedeu os valores da média climatológica de mais de 10 anos e do mês de março de 2000.

Essa tempestade, de acordo com a classificação proposta por Leal, et al. (2008) para o nível de severidade das tempestades, está entre os valores de densidade VIL 2,0 à 4,0 g/m³, caracterizado por tempestades severas com potencial para produzir ventos intensos e / ou granizo. Portanto, comprova-se que esses eventos de grande magnitude podem provocar, consequentemente impactos na sociedade e, especificamente neste caso analisado, houve duas vítimas fatais por descargas elétricas.

AGRADECIMENTOS: À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de Mestrado, ao primeiro autor. A analista J. M. Kokistu pela assistência na instalação e suporte dos programas que compõem o sistema TITAN.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAUMGARDT, D. A. e KING, K. W. *Verification of the WSR-88D build 9.0 hail algorithms over the upper Midwest*. NOAA/National Weather Service Office La Crosse, Wisconsin, 1997.

- CPTEC. *Climanálise: Boletim de monitoramento e análise climática*. V. 21, n. 09, setembro de 2006.
- DELOBBE, L. e HOLLEMAN, I. *Uncertainties in radar echo top heights used for hail detection*. Meteorol. Appl. 13, 2006. p. 361-374.
- DIXON, M. e WIENER, G. *TITAN: Thunderstorm Identification, Tracking, Analysis and Nowcasting - A radar-based methodology*. J. Atmos. Ocean. Technol., n°10, 1993, p. 785-797.
- GOMES, A. M e HELD G. *Determinação e avaliação do parâmetro densidade VIL para alerta de tempestades*. Anais XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, (CD ROM), Fortaleza, 29 de agosto – 3 de Setembro de 2004, SBMET, 12pp
- HELD, G. e NACHTIGALL, L. F. *Flood-producing storms in Bauru during February 2001*. Anais XII Congresso Brasileiro de Meteorologia (CD ROM), Foz do Iguaçu, SBMET, p. 3155 – 3164, 2002.
- LEAL, D. C; HELD, G; GOMES, A. M e NERY, J. T. *Parâmetro Densidade VIL: Climatologia e aplicação para alerta de tempestades no estado de São Paulo*. XI Congresso de Meteorologia – CBMET. A Meteorologia das Cidades, 2008.
- LÓPEZ, R. O. *The lognormal distribution in cumulus cloud populations*. Monthly Weather Review, v. 105, p. 865 – 872, American Meteorological Society, 1977.
- LOUISVILLE, K.Y. *VIL Density as a hail indicator*. Science and Technology. NOAA's National Weather Service Weather Forecast Office, 2004.
- QUEIROZ, A. P. *Monitoramento e Previsão Imediata de Tempestades Severas Usando dados de Radar*. Dissertação de Mestrado do Curso de Pós Graduação em Meteorologia. INPE, 2009.
- PAXTON, C. H. e SHEPHERD, J. M. *Radar diagnostic parameters as indicators of severe weather in central Florida*. NOAA Tech. Memo. NWS SR – 149, 1993, 12 p.
- ROSS, J. L. S. *A geografia: da natureza à sociedade*. in ROSS, J. L. S.(Org.) Geografia do Brasil. São Paulo: Edusp, 2005. p. 15-17.
- SORRE, M. *Les fondements de La Géographie Humaine, tomol : les fondements biologiques*, 3 ed. Paris :Armand Colin, 1951.