

O Evento de Chuva Intensa de Janeiro de 2009 Sobre a Região de Pelotas-RS

Claudinéia Brazil Saldanha, Walter Collischonn, Marcelo Marques

Instituto de Pesquisas Hidráulicas, UFRGS
collischonn@iph.ufrgs.br

Sílvio Steinmetz, Ivan Rodrigues de Almeida, Carlos Reisser Júnior

EMBRAPA Clima Temperado
silvio@cpact.embrapa.br

Recebido: 21/08/09 - revisado: 05/08/11 - aceito: 19/03/12

RESUMO

Um evento de chuva de intensidade excepcional ocorreu na região Sul do Estado do Rio Grande do Sul, mais precisamente entre os municípios de Pelotas e Canguçu, entre os dias 28 e 29 de janeiro de 2009. Este evento resultou numa extraordinária cheia nos rios da região, em especial dos cursos d'água com áreas de drenagem da ordem de 100 km², cujas bacias foram atingidas pelo núcleo com maior intensidade de precipitação, como os Arroios Teodósio, Fragata e Pelotas. Neste artigo é apresentada uma caracterização deste evento utilizando dados de pluviômetros e pluviógrafos com diferentes graus de confiabilidade, destacando-se a rede de pluviógrafos e pluviômetros automáticos da EMBRAPA. Além disso, foram utilizadas imagens de radar para a análise da distribuição espacial das chuvas. Os dados foram comparados aos maiores eventos de chuva já registrados no mundo e no Brasil (segundo o INMET) e com as curvas IDF (intensidade-duração-frequência) ajustadas a partir de dois pluviógrafos localizados em Porto Alegre, que fica a 255 km de Pelotas. Conclui-se que este evento é, possivelmente, o mais intenso já registrado no Brasil no caso da duração de 3 horas e possivelmente também para as durações de 12 e 24 horas.

Palavras-chave: chuvas intensas, pluviometria, radar.

INTRODUÇÃO

Eventos extremos de precipitação podem causar prejuízos materiais e perdas de vidas humanas. Exemplos recentes de eventos extremos de chuva no Brasil, que tiveram ampla cobertura por parte da imprensa, incluem os eventos da região serrana do Rio de Janeiro, em 2011 (Medeiros e Barros, 2011), os escorregamentos de encostas de morros em Santa Catarina, em 2008 (Goerl et al., 2009), e a enchente devastadora entre os Estados de Pernambuco e Alagoas, em 2010 (Fialho e Molion, 2011).

Idealmente cada evento de chuva ou de cheia extrema deveria ser cuidadosamente analisado, procurando caracterizar a partir dos registros disponíveis de precipitação, ou das marcas de cheia, a real magnitude do evento (Gaume e Borga, 2008). Este tipo de análise é realizada em diferentes países, podendo ser conduzido por uma agência governamental ou de pesquisa, e existem diversos exemplos de análises hidrológicas de eventos hidrológicos

extremos do tipo *flash-flood* (enxurradas) na literatura internacional (Ogden et al., 2000; Borga et al., 2008; Lombroso e Gaume, 2012; Marchi et al., 2009; Gaume et al., 2004).

No Brasil os registros de eventos extremos, em geral, limitam-se aos relatórios da Defesa Civil, que apresentam detalhes dos prejuízos causados porém não apresentam uma análise dos eventos do ponto de vista hidrológico.

Uma das causas para esta ausência de análises hidrológicas aprofundadas sobre eventos severos está relacionada à carência de dados hidrológicos mais detalhados. Em muitos casos de chuvas que se acredita serem extremas não existem dados pluviométricos e pluviográficos disponíveis para fazer uma descrição adequada do evento.

São raros os episódios em que o evento extremo ocorre em uma área razoavelmente bem monitorada. Este é o caso descrito no presente artigo, que descreve um evento de chuva extremamente intenso ocorrido no Sul do Estado do Rio Grande do Sul em 2009. A principal motivação para a realização do artigo é que o evento descrito possivelmen

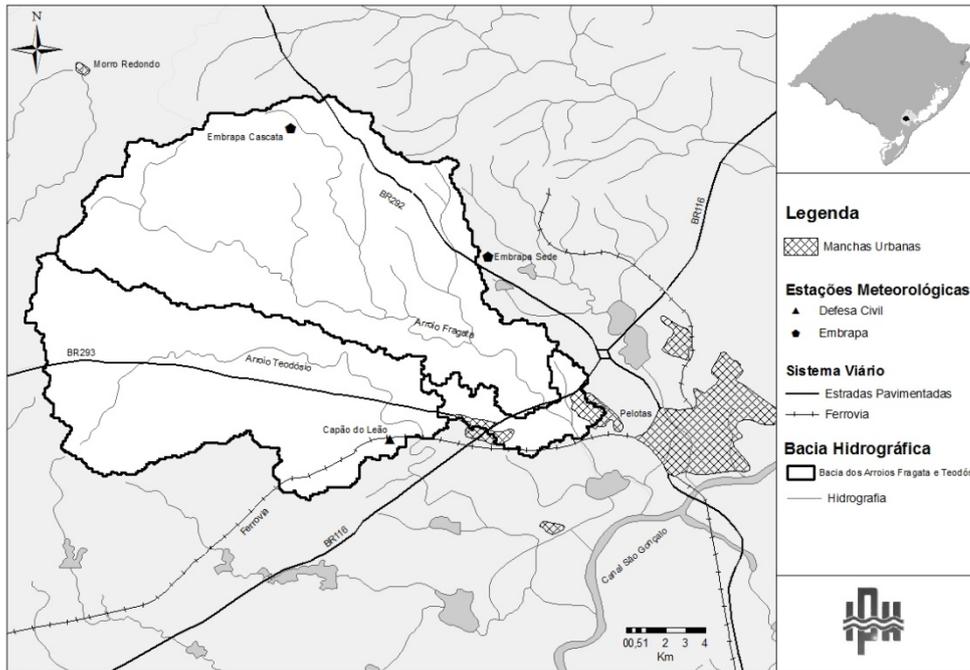


Figura 1 - Mapa da região atingida com destaque para as bacias dos Arroios Fragata e Teodósio (contorno preto), as áreas urbanas de Pelotas, Morro Redondo e Capão do Leão, as rodovias (linhas vermelhas) e a Ferrovia.

te seja o mais intenso evento de chuva já registrado no Brasil, nas durações entre 3 e 24 horas, o que, por si só, merece o interesse das comunidades técnicas e científicas nas áreas de Recursos Hídricos e Meteorologia.

O artigo está organizado em 8 seções, além desta introdução. A primeira seção refere-se aos aspectos que descrevem a formação da chuva durante os dias analisados. A segunda seção apresenta os dados pluviométricos utilizados para caracterizar o evento, na terceira é feita uma análise da chuva estimada pelo radar da aeronáutica. A quarta e a quinta seção apresentam estudos comparativos da chuva observada com as máximas alturas de chuvas registradas no Brasil, e com chuvas intensas estimadas por curvas IDF, respectivamente. Ao final é realizada ainda uma comparação das chuvas observadas neste evento com as maiores chuvas já registradas no mundo para diferentes durações.

DESCRIÇÃO GERAL DO EVENTO

Nos dias 28 e 29 de janeiro de 2009 uma chuva excepcionalmente intensa atingiu a região Sul

do Estado do Rio Grande do Sul, provocando prejuízos materiais e perdas de vidas humanas. A chuva concentrou-se numa região em que se formam diversos cursos d'água que drenam para Sudeste, na direção da Lagoa dos Patos e do Canal de São Gonçalo. Entre esses cursos d'água destacam-se o Arroio Teodósio e o Arroio Fragata, ao longo dos quais a enchente, decorrente da referida chuva intensa, provocou grandes prejuízos.

A enchente no Arroio Fragata causou a queda de uma ponte rodoviária da BR 116, que liga as cidades de Pelotas e Jaguarão, e o Brasil ao Uruguai. Além disso, a enchente do Arroio Fragata também provocou o rompimento do aterro da via férrea de Rio Grande a Bagé, ocasionando o descarrilamento de um trem e, provocando a morte do maquinista.

A figura 1 apresenta uma visão geral da área em que ocorreu o evento, destacando as cidades de Pelotas e Capão do Leão, os Arroios Fragata e Teodósio, as principais rodovias e a ferrovia existente na região.

Este artigo descreve o evento de chuva ocorrido na região, procurando caracterizar sua magnitude em termos de intensidade de precipitação e tempo de retorno.

FORMAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO

No dia 28 de janeiro de 2009, a formação de um sistema de baixa pressão sobre o Rio Grande do Sul e Uruguai favoreceu o aumento da convecção sobre o Estado, formando nuvens com elevado desenvolvimento vertical.

A carta sinótica da Figura 2 mostra a localização do centro de baixa pressão e a posição da alta subtropical do Atlântico Sul, que contribuiu para o desenvolvimento do sistema trazendo umidade para o continente, provocando a ocorrência de chuvas intensas.

As regiões sul e parte da leste do Rio Grande do Sul foram as que registraram maior intensidade de precipitação durante esses dois dias, devido ao posicionamento do vórtice do sistema de baixa pressão entre o Uruguai e o sul gaúcho durante este período.

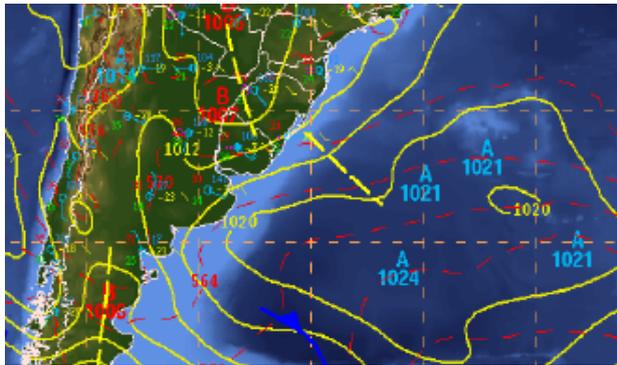


Figura 2 - Carta sinótica sobre o sul da América do Sul referente ao dia 28 de janeiro de 2009, às 22:00 horas. Fonte: Centro de previsão de tempo e estudos climáticos (CPTEC).

A região do município de Pelotas foi uma das mais atingidas pelas chuvas fortes, principalmente entre o período da tarde e noite do dia 28 de Janeiro, devido à presença de nuvens com elevado desenvolvimento vertical formadas pela advecção de umidade vinda do leste, como pode ser observado na imagem de satélite (Figura 3a). As regiões em tons de cinza indicam nuvens com pequeno desenvolvimento vertical, e as regiões azuis mostram nuvens com grande desenvolvimento vertical, as quais estão geralmente associadas a chuvas mais intensas.

Durante o dia 29, o sistema perdeu intensidade quanto ao desenvolvimento das nuvens, mas a presença de nuvens baixas continuou provocando

chuvas sobre a região, porém com menor intensidade (Figura 3b). Portanto a discussão dos resultados será baseada principalmente no dia 28 de janeiro de 2009.

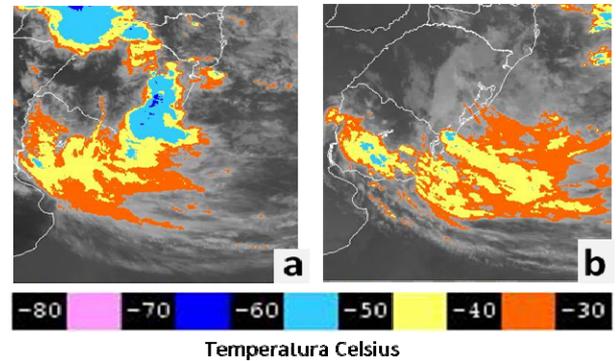


Figura 3 - Imagens de satélite do dia 28 de janeiro de 2009, às 18:00 horas (a) e 29 de janeiro de 2009, às 06:00 horas (b). Fonte: Centro de previsão de tempo e estudos climáticos (CPTEC).

DADOS UTILIZADOS

Foram consultadas três fontes de informações sobre a chuva que ocorreu na região do evento: Defesa Civil; Embrapa; e INMET (Figura 4). Adicionalmente, foram analisadas as imagens de radar fornecidas pela Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais (DSA) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). O radar é de operação da Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica (REDEMET) e está localizado a 31°24'14''S e 52°42'06''W a uma altitude de 466,57 metros.

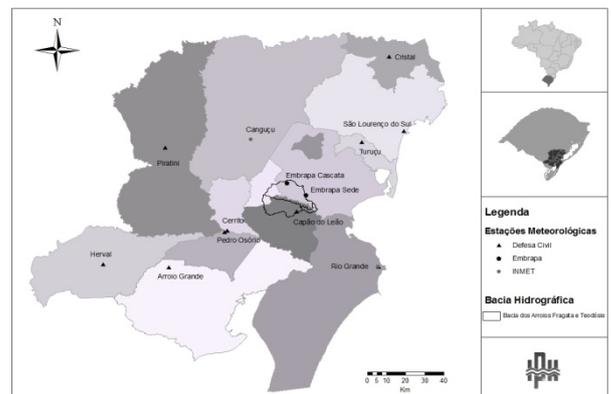


Figura 4 - Localização das estações pluviométricas da defesa Civil, Embrapa e INMET.

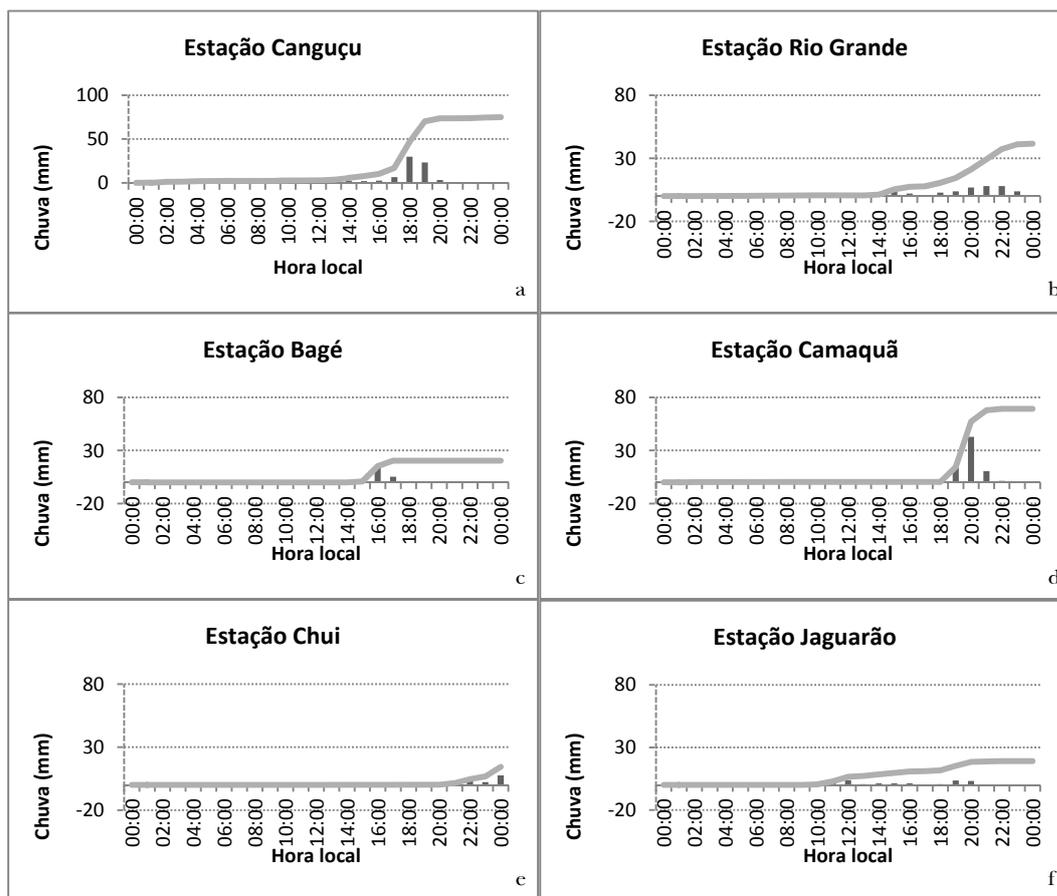


Figura 5 - Dados de chuva das estações automáticas pertencentes ao INMET: Canguçu (a), Rio Grande (b), Bagé (c), Camaquã (d), Chui (e) e Jaguarão (f). O gráfico de barras indica a chuva horária e a linha contínua a chuva acumulada para cada uma das estações.

Dados do INMET

O Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) é o órgão oficial de coleta de dados meteorológicos e uma das principais entidades que produzem previsões de tempo e clima no Brasil. O INMET tem uma rede de observações meteorológicas que inclui a medição da precipitação, em estações meteorológicas automáticas e convencionais.

As estações meteorológicas automáticas do INMET localizadas na região do município de Pelotas, estão localizadas nas cidades de Bagé, Camaquã, Canguçu, Chui, Jaguarão e Rio Grande. A figura 5 apresenta a chuva horária e acumulada no dia 28 de janeiro de 2009 para cada uma destas estações, observa-se que as estações de Canguçu e Camaquã foram as que registraram as maiores alturas de chuva. Nestes dois locais os valores registrados foram próximos de 70 mm, o que não pode ser considerado um valor extremo para a duração de 24 horas.

Entretanto, observa-se que esta chuva ocorreu de forma bastante concentrada, ao longo de apenas 3 a 4 horas.

Dados da Defesa Civil

A defesa civil do Rio Grande do Sul também mantém uma rede de coleta de dados pluviométricos. A vantagem da rede de coleta da Defesa Civil é que existem dados em mais locais do que na rede do INMET. Praticamente cada sede de município tem um pluviômetro da Defesa Civil. No entanto, os dados da Defesa Civil são menos confiáveis que os dados do INMET, porque os pluviômetros utilizados são mais simples. De acordo com a Defesa Civil do RS, são utilizados pluviômetros tipo cunha com capacidade de 130 mm, área de captação de 15 cm², divisão de 2,5 mm e material de poliestireno cristal. Este tipo de pluviômetro não é preciso, em função da pequena área de captação e, também, porque a

instalação nem sempre é feita em local adequado. Além disso a leitura do total precipitado é realizada diretamente no aparelho e, portanto, tem alto grau de imprecisão. Um comunicado técnico da Embrapa Uva e Vinho, de Bento Gonçalves (Conceição e Zanetoni, 2007), indica que os pluviômetros do tipo cunha, de dimensões iguais aos utilizados pela Defesa Civil do RS, superestimam as chuvas de alturas superiores a 10 mm, em cerca de 18%. A Tabela 1 apresenta as chuvas registradas nos pluviômetros da Defesa Civil do RS na região de Pelotas entre as 8:00 horas do dia 28 de janeiro e as 8:00 horas do dia 29 de janeiro de 2009.

Observa-se que em várias cidades a chuva observada excedeu a capacidade do pluviômetro utilizado (130 mm). Isto significa que é possível que o pluviômetro tenha transbordado durante o evento, exceto quando o observador tenha tido o cuidado de esvaziar o conteúdo do pluviômetro ao longo do dia, antes de ocorrer o transbordamento. No caso específico da localidade de Turuçu, a chuva foi suficiente para fazer o pluviômetro transbordar duas vezes ao longo das 24 horas.

Apesar da grande incerteza associada aos dados medidos pela Defesa Civil, as informações produzidas permitem complementar os dados do INMET e da Embrapa.

Tabela 1 - Precipitação registrada nos pluviômetros da Defesa Civil do RS na região de Pelotas entre as 8:00 horas do dia 28 de janeiro e as 8:00 horas do dia 29 de janeiro de 2009.

Local	Latitude (graus)	Longitude (graus)	Chuva (mm)
Arroio Grande	-32.2375	-53.0869	180.0
Capão do Leão	-31.7633	-52.4838	250.0
Cerrito	-31.8563	-52.8127	247.5
Cristal	-30.9997	-52.0483	125.0
Herval	-32.0236	-53.3955	160.0
Pedro Osório	-31.8641	-52.8233	247.5
Piratini	-31.448	-53.1041	70.0
Rio Grande	-32.035	-52.0986	41.0
São Lourenço do Sul	-31.3655	-51.9783	67.0
Turuçu	-31.4216	-52.1783	300.0

Dados registrados pela EMBRAPA

O Laboratório de Agrometeorologia da Embrapa Clima Temperado mantém um conjunto de pluviômetros convencionais e automáticos em três locais diferentes na região de Pelotas: a Sede

Principal da Embrapa Clima Temperado, próxima à estrada de Pelotas a Canguçu; a Estação Experimental Cascata; e a Estação Experimental de Terras Baixas, localizada junto ao Campus da Universidade Federal de Pelotas, no município de Capão do Leão (localização indicada nas figuras 1 e 4).

Na Sede da Embrapa (latitude 31° 40' 49" S e longitude 52° 26' 22" W), os dados de chuva provêm de três instrumentos de medição: um pluviômetro automático de cubas basculantes de marca Davis; um pluviômetro automático de cubas basculantes de marca Campbell; e um pluviógrafo (registro em papel) de balança.

Na Estação Experimental Cascata (latitude 31° 37' 18" S e longitude 52° 31' 42" W), os dados de chuva provêm de três instrumentos de medição: um pluviômetro de leitura convencional ou manual; um pluviômetro automático de cubas basculantes de marca Squitter; e um pluviógrafo (registro em papel) de balança que não operou adequadamente durante o evento.

As chuvas registradas por esses instrumentos no dia 28 de janeiro estão, provavelmente, entre as chuvas de maior intensidade já registradas em todo Brasil. O pluviômetro de leitura convencional, ou manual, localizado na Estação Experimental Cascata transbordou durante o evento. A capacidade do instrumento, segundo os técnicos do Laboratório de Agrometeorologia, é de 235 mm. Isto significa que a chuva entre a hora zero e a hora 24 do dia 28 de janeiro seguramente superou os 235 mm, o que está de acordo com os valores medidos pelos instrumentos automáticos.

O pluviógrafo de balança, instalado na Sede da Embrapa Clima Temperado, registrou um total de 464 mm no mesmo período (00:00 horas do dia 28 de janeiro até 24:00 horas do dia 28 de janeiro). No mesmo período, o pluviômetro automático da marca Davis, instalado no mesmo local, registrou 479 mm. O outro pluviômetro automático, este de marca Campbell, instalado também na Sede da Embrapa Clima Temperado, registrou 418 mm nas mesmas 24 horas.

As diferenças entre as medições são relativamente pequenas, considerando a magnitude do evento. É possível que as diferenças nos valores medidos sejam decorrentes das diferenças entre os equipamentos e das diferenças de posicionamento dos aparelhos com relação aos obstáculos aerodinâmicos, como o relevo, construções e vegetação. Um estudo recente realizado na Universidade Federal do Paraná mostrou que o pluviômetro Campbell tende a subestimar as precipitações muito intensas (Braga e Fernandes, 2007). O valor de 418 mm,

registrado no pluviômetro automático Campbell da Sede da Embrapa, pode, portanto, estar subestimado, o que é coerente com os valores medidos por outros aparelhos no mesmo local (464 e 479 mm respectivamente no pluviômetro de balança e no pluviômetro automático de marca Davis). Infelizmente não foram encontradas informações sobre a precisão das medições desses outros instrumentos durante as chuvas mais intensas.

Os pluviômetros automáticos registraram dados de precipitação a cada hora, e os dados de precipitação acumulada, medidos a partir das 00 horas do dia 28 de janeiro até as 00 horas do dia 29 de janeiro, disponibilizados pelo Laboratório de Agrometeorologia da Embrapa, estão apresentados na Figura 6. De acordo com os registros dos pluviômetros localizados na Estação Experimental da Cascata e na Sede, observa-se que a chuva iniciou no final da manhã do dia 28, mas as maiores alturas de chuva ocorreram a partir das 16 horas, o que coincide com as observações na rede de estações automáticas do INMET (figura 5).

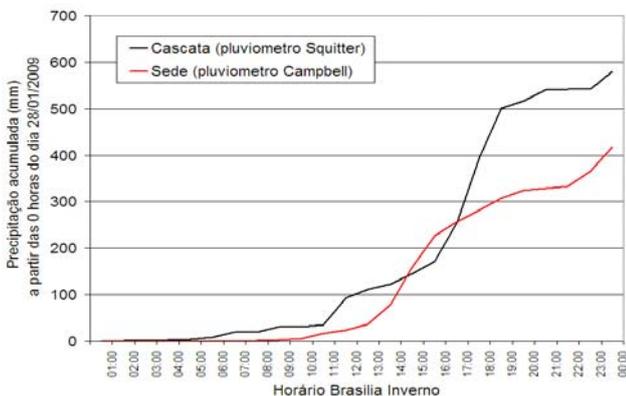


Figura 6 - Gráfico de precipitação acumulada nos pluviômetros automáticos do Laboratório de Agrometeorologia da Embrapa Clima Temperado na Sede e na Estação Experimental Cascata.

COMPARAÇÃO COM DADOS DE RADAR

O sistema de radares para controle de tráfego aéreo da Aeronáutica tem sido utilizado recentemente para estimar a precipitação pelo Centro de Pesquisas de Tempo e Clima do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC-INPE). Essas estimativas não são tão precisas como medições com pluviômetros, mas tem a vantagem de permitir visualizar a distribuição espacial da intensidade de precipitação.

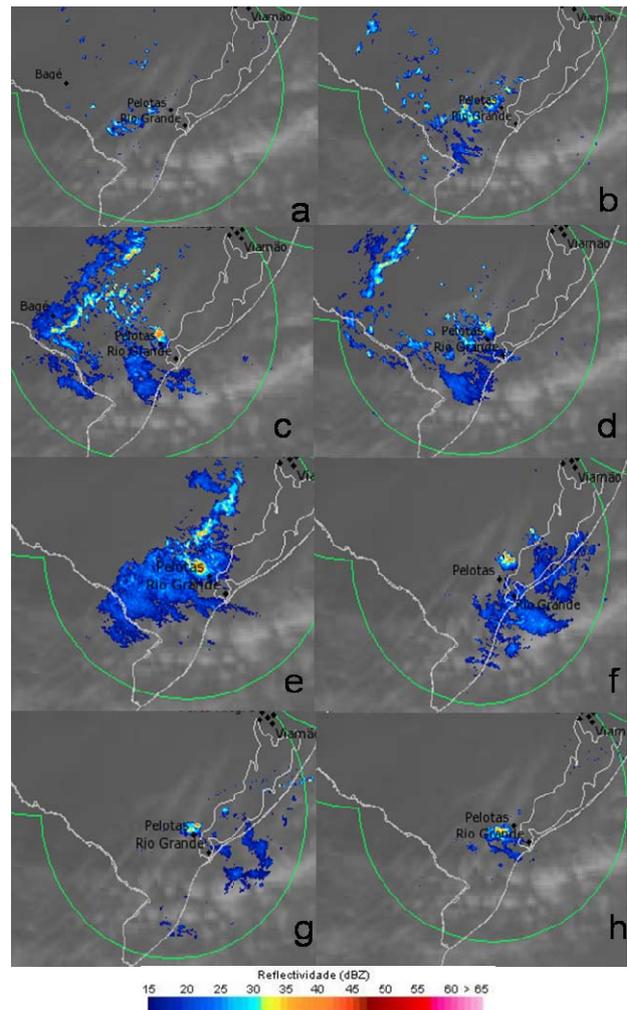


Figura 7 - Imagem do radar de Canguçu correspondente aos dias 28 de janeiro de 2009 (a região colorida corresponde aos locais em que estava ocorrendo chuva no momento; a escala de cores indica intensidades crescentes de precipitação do azul para o rosa).

Um dos radares desse sistema está localizado no município de Canguçu, a uma distância de aproximadamente 40km das bacias dos Arroios Fragata e Teodósio.

O conjunto de imagens referente ao evento analisado é apresentado na figura 7.

Observa-se a formação de chuvas a oeste de Pelotas e Rio Grande, às 10:00 horas (Figura 7-a). As chuvas se intensificam ao norte de Pelotas, como pode ser observado na imagem das 14:00 horas (Figura 7-b).

A imagem das 18:00 horas (Figura 7-c), mostra que a região de maior intensidade de chuvas ainda é muito concentrada, mas está localizada mais

a noroeste de Pelotas. Essa região corresponde aproximadamente à bacia do Arroio Fragata e aos locais em que estão localizados os pluviômetros da Embrapa. É interessante observar que este é o horário aproximado em que ocorreram as intensidades máximas de chuva na Estação Experimental Cascata.

Na imagem das 20:00 horas (Figura 7-d) observa-se que o núcleo de maior precipitação (mancha avermelhada) se desfaz um pouco neste momento, criando dois núcleos menores, um ao norte e outro a oeste de Pelotas.

As figuras 7-e a 7-h mostram que os núcleos de precipitação foram sempre muito concentrados e que se alternaram entre uma região ao norte de Pelotas, na direção de Turuçu, onde também ocorreram muitos problemas de inundação, e uma região a oeste de Pelotas.

O conjunto de imagens de radar deixa claro que as chuvas ocorridas durante esse evento foram extremamente concentradas sobre uma região que se estende desde Pedro Osório até Turuçu, aproximadamente. Nas outras regiões ocorreram chuvas, mas não de forma tão intensa como na região próxima de Pelotas.

AVALIAÇÃO DA MAGNITUDE DA PRECIPITAÇÃO

A avaliação da magnitude da precipitação ocorrida no período de 28 a 29 de janeiro de 2009 em Pelotas foi realizada através de:

1. Comparação com chuvas máximas registradas no Brasil, segundo o INMET.
2. Comparação com chuvas intensas estimadas por curvas IDF.
3. Comparação com as chuvas mais intensas registradas no mundo.

Comparação com as maiores chuvas registradas no Brasil em 24 horas

A maior precipitação já registrada no Brasil em um período de 24 horas, de acordo com os dados do INMET, do período de 1961 a 1990, ocorreu em Maceió-AL, em 1979, quando choveu 407,6 mm. Outros eventos máximos, com duração de 24 horas, de acordo com o INMET, são apresentados na Tabela 2. Segundo o INMET, também, a maior precipitação em 24 horas no RS ocorreu no município de Bagé, em 15/02/1983, quando a medição indicou 263 mm, sendo que nesse mesmo dia registrou-se

188 mm no município de Pelotas (segundo registros da ETB).

Tabela 2 - Precipitação máxima ocorrida no Brasil no período de 24 horas, segundo o INMET, a partir de dados do período de 1961 a 1990.

Local	Data	Precipitação (mm)
Maceió – AL	28/04/79	407,6
Ubatuba – SP	21/11/69	380,0
Aracajú – SE	24/07/64	376,5

Comparação com chuvas intensas estimadas por curvas IDF

Uma análise importante para avaliar a intensidade das chuvas registradas na região de Pelotas em janeiro de 2009 é a comparação com curvas de Intensidade, Duração e Frequência (IDF). Para comparação, foram utilizadas três equações de curvas IDF válidas para a região de Porto Alegre e uma equação válida para cada uma das seguintes regiões: Bagé, Rio Grande, Encruzilhada do Sul e Pelotas (Tabela 3).

A Tabela 3 também apresenta as estimativas das chuvas de 100 anos de tempo de retorno para as durações de 3 e 24 horas, usando estas equações, e os valores medidos pelos pluviômetros da Embrapa entre 28 e 29 de janeiro de 2009. Para a duração de 3 horas, observa-se que a chuva medida no pluviômetro da Sede da Embrapa é quase duas vezes superior à chuva de 100 anos de tempo de retorno estimada com base na curva IDF de Porto Alegre, mesmo utilizando a curva que gera os maiores valores de estimativa (8^o. DISME). No caso da medição realizada na Embrapa Cascata (329,25 mm), essa é mais de três vezes superior à chuva de 100 anos de tempo de retorno (98,2 mm).

Para a duração de 24 horas, observa-se que a chuva medida no pluviômetro da Sede da Embrapa é aproximadamente igual a três vezes o valor da chuva de 100 anos de tempo de retorno estimada com base na curva IDF de Porto Alegre, mesmo utilizando a curva que gera os maiores valores de estimativa (8^o. DISME). No caso da medição realizada na Embrapa Cascata (586 mm), esta é mais de quatro vezes superior à chuva de 100 anos de tempo de retorno (140,6 mm). O mesmo pode ser observado nas demais localidades, a altura de chuva medida no período analisado ultrapassa as alturas máximas de chuva estimadas a partir das equações IDF das diferentes localidades.

Tabela 3 - Equações de curvas IDF elaboradas para diferentes regiões, comparação entre as chuvas medidas na Embrapa Pelotas nos dias 28 e 29 de janeiro de 2009 e as estimativas de chuva de 100 anos de tempo de retorno com durações de 3 e 24 horas.

Local	Equação	Chuva com duração 3 horas (mm)	Chuva com duração 24 horas (mm)
8º DISME- Porto Alegre, RS	$I = \frac{1297,9 \cdot TR^{0,171}}{(t_d + 11,619)^{0,85}}$ Fonte: Bemfica, 1999	98.2	140.6
Aeroporto – Porto Alegre, RS	$I = \frac{826,806 \cdot TR^{0,143}}{(t_d + 13,326)^{0,793}}$ Fonte: Bemfica, 1999	73.7	119.1
Redenção – Porto Alegre, RS	$I = \frac{1265,67 \cdot TR^{0,052}}{(t_d + 12)^{\frac{0,88}{TR^{0,05}}}}$ IPH, 2005	122.3	237.8
Bagé, RS	$I = \frac{604,9 \cdot TR^{0,21}}{(t_d + 3,25)^{0,72}}$ Denardin e Freitas, 1982	112.1	202.8
Rio Grande, RS	$I = \frac{431,09 \cdot TR^{0,19}}{(t_d + 3,7)^{0,64}}$ Denardin e Freitas, 1982	110.3	235.9
Encruzilhada do Sul, RS	$I = \frac{774,14 \cdot TR^{0,23}}{(t_d + 6,9)^{0,74}}$ Denardin e Freitas, 1982	139.6	245.6
Pelotas, RS	$I = \frac{12353,0975 + 64,7169 \cdot \ln TR^{0,143}}{(t_d + 5)^{0,8277 \cdot (Tr)^{-0,0180}}}$ Goulart et. al, 1992	95.25	136.8
Embrapa Sede	-	190,9	424
Embrapa Cascata	-	329,25	586

Comparação com as maiores chuvas registradas no Mundo para diferentes durações

As chuvas mais intensas já registradas no mundo, para diferentes durações, são apresentadas na Tabela 5. Observa-se que existem regiões da Chi-

na em que já ocorreu em 10 horas a chuva de 1400 mm, que é equivalente, ou até superior ao total anual médio de precipitação em Pelotas.

As maiores chuvas registradas no mundo, apresentadas na tabela 5, podem ser comparadas às

chuvas medidas nos pluviômetros da Embrapa, durante o evento de 28 e 29 de janeiro de 2009.

A Figura 7 apresenta as alturas máximas de chuva registradas nos pluviômetros da Embrapa (Sede e Cascata) comparados aos maiores valores já registrados no Mundo, os quais foram aproximados por uma equação envoltória que se apresenta como uma reta, em coordenadas logarítmicas. No mesmo gráfico estão também os maiores valores já registrados no Brasil, de acordo com o INMET, para a duração de 24 horas.

Observa-se que os valores medidos nos pluviômetros da Embrapa são superiores aos máximos já registrados no Brasil, de acordo com o INMET, para a duração de 24 horas. A chuva máxima registrada na Embrapa Cascata, com duração de 3 horas, foi de 329,25 mm, o que corresponde a 48% da máxima mundial, estimada pela envoltória (linha reta) para esta mesma duração.

Essas comparações permitem concluir que o evento ocorrido em Pelotas em janeiro de 2009 foi realmente extraordinário, constituindo, provavelmente em um recorde de altura máxima de precipitação no Brasil, para durações de 3 a 24 horas.

Tabela 5 - Maiores precipitações já registradas no mundo para diferentes durações da chuva.

Duração	Precipitação (mm)	Local e Data
1 minuto	38	Barot, Guadeloupe 26/11/1970
15 minutos	198	Plumb Point, Jamaica 12/05/1916
30 minutos	280	Sikeshugou, Hebei, China 03/07/1974
60 minutos	401	Shangdi, Mongólia, China 03/07/1975
10 horas	1400	Muduocaidang, Mongólia, China 01/08/1977
24 horas	1825	Foc Foc, Ilhas Reunião 07 e 08/01/1966
12 meses	26461	Cherrapunji, Índia Ago. de 1860 a Jul. de 1861

FONTE: Ward & Trimble, 2003

Essas comparações permitem concluir que o evento ocorrido em Pelotas em janeiro de 2009 foi realmente extraordinário, constituindo, provavelmente, um recorde de medição de precipitação no Brasil para as durações de 24 horas e para durações menores.

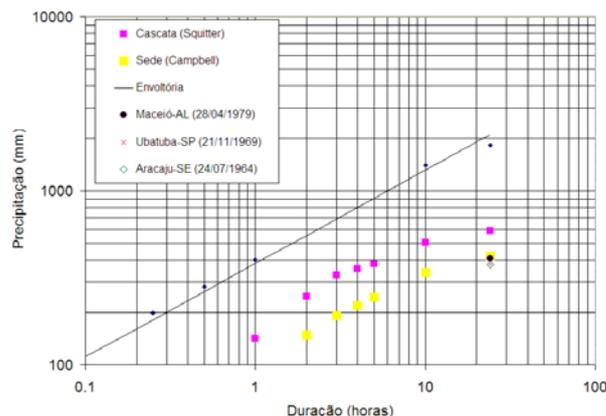


Figura 8 - Valores máximos de chuva registrados nos pluviômetros da Embrapa comparados aos maiores valores já registrados no Mundo (aproximados por uma linha reta) e aos maiores valores já registrados no Brasil, de acordo com o INMET, para a duração de 24 horas.

CONCLUSÕES

A chuva de Pelotas do dia 28 de janeiro de 2009 foi um evento muito concentrado na região entre os municípios gaúchos de Pedro Osório e Turuçu, com valores máximos ao norte e noroeste da área urbana de Pelotas.

As medições de precipitação realizadas em diversos locais, embora tenham sido feitas com instrumentos de diferentes graus de precisão, são coerentes entre si e com as imagens de radar de Canguçu.

A região da bacia do Arroio Fragata é a região em que as medições de chuva são mais confiáveis em toda a região, porque a Embrapa dispõe de diversos equipamentos automáticos de precisão relativamente alta e cujas medições são coerentes entre si.

A chuva medida pela Embrapa na Estação Experimental Cascata é, provavelmente, a maior chuva já medida no Brasil, pelo menos para durações de até 24 horas.

Para a duração de 3 horas, a chuva medida na Estação Experimental Cascata é comparável, ainda que inferior, às maiores chuvas já registradas no mundo, com esta duração.

As chuvas registradas pela Embrapa, tanto na Estação Experimental Cascata como na Sede, correspondem a valores duas a cinco vezes maiores do que os valores máximos estimados com período de retorno de 100 anos na região, onde estão dispo-

níveis curvas que relacionam a intensidade, a duração e a frequência de chuvas intensas.

AGRADECIMENTOS

Agrademos ao CNPQ pela bolsa de estudo da primeira autora e aos técnicos da EMBRAPA.

REFERÊNCIAS

- BEMFICA, D.C., 1999. Análise da aplicabilidade de padrões de chuva de projeto a Porto Alegre, dissertação de mestrado do programa de pós-graduação em Engenharia de Recursos hídricos do IPH/UFRGS, 160p.
- BORGA, M.; GAUME, E.; CREUTIN, J. D.; MARCHI, L. 2008 Surveying flash floods: gauging the ungauged extremes. *Hydrological Processes* Vol. 22 pp. 3883-3885.
- BRAGA, S. M., FERNANDES, V. S. (2007). Performance de Sensores de Precipitação do Tipo "Tipping Bucket" (Báscula) – Um Alerta para Ocorrência de Erros. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, pp-197-204, vol. 12 n.1.
- CALHEIROS, A. J. P.; MOLION, L. C.; MANCINI, J. C.; TENÓRIO, R. S. 2006. Um evento de precipitação extrema sobre a costa leste do Nordeste do Brasil. *Anais do XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia*, Florianópolis-SC.
- CONCEIÇÃO E ZANETONI, (2007) Relatório Interno Embrapa: <http://www.cnpqv.embrapa.br/publica/comunicado/cot075.pdf>
- CONCEIÇÃO, M. A. F.; ZANETONI, I. P. (2007) Estimativa de chuvas usando pluviômetros plásticos. Comunicado Técnico Embrapa Uva e Vinho.
- DENARDIN, J., FREITAS, P. L. (1982) Características fundamentais da chuva no Brasil, V.17, p 1409 – 1416.
- FIALHO, W. M. B.; MOLION, L. C. B. 2011 Eventos extremos: Alagoas Junho de 2010 *Anais do IV Encontro Sulbrasileiro de Meteorologia*. Pelotas.
- GAUME, E. AND BORGA, M. 2008 Post-flood field investigations in upland catchments after major flash floods: proposal of a methodology and illustrations. *Journal of Flood Risk Management*, Vol. 1 pp. 175–189. doi: 10.1111/j.1753-318X.2008.00023.x
- GAUME, E.; LIVET, M.; DESBORDES, M.; VILLENEUVE, J.-P. 2004 Hydrological analysis of the river Aude, France, flash flood on 12 and 13 November 1999. *Journal of Hydrology*, 286 1–4 (2004), pp. 135–154.
- GOERL, R.F.; KOBAYAMA, M.; CORRÊA, G. P.; ROCHA, H.L.; GIGLIO, J.N. 2009. Desastre hidrológico resultante das chuvas intensas em Rio dos Cedros – SC. *Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*. Campo Grande: ABRH.
- GOULART, J.P.; MAESTRINI, A.P.; NEBEL, A. 1992. Relação Intensidade-duração-frequência de chuvas em Pelotas-RS. *Revista Brasileira de Meteorologia*, Pelotas, v.7, n.1-2, p. 543-548.
- IPH ; TUCCI, C. E. M. (Coordenador) (2005) Plano Diretor de Drenagem Urbana - Volume VI - 159 p.
- LUMBROSO, D.; GAUME, E. 2012 Reducing the uncertainty in indirect estimates of extreme flash flood discharges. *Journal of Hydrology* Vols. 414-415 pp. 16-30.
- MARCHI, L., BORGA, M., PRECISO, E., SANGATI, M., GAUME, E., BAIN, V., DELRIEU, G., BONNIFAIT, L. AND POGAČNIK, N. 2009 Comprehensive post-event survey of a flash flood in Western Slovenia: observation strategy and lessons learned. *Hydrological Processes*, 23: 3761–3770. doi: 10.1002/hyp.7542
- MEDEIROS, V. S. ; BARROS, M. T. L. 2011 Análise de eventos críticos de precipitação ocorridos na região serrana do estado do rio de janeiro nos dias 11 e 12 de janeiro de 2011. *Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, 2011, Maceió-AL.
- OGDEN, F.L.; SHARIF, H.O.; SENARATH, S.U.S.; SMITH, J.A.; BAECK, M.L.; RICHARDSON, J.R. 2000 Hydrologic analysis of the Fort Collins, Colorado, flash flood of 1997. *Journal of Hydrology* Vol. 228 1-2 pp. 82-100 doi: 10.1016/S0022-1694(00)00146-3.
- ROSA, A. F. M.; MIERES, L. S.; SALDANHA, C. B.; ALVES, R. C. 2011. Análise de chuva intensa na região de Agudo-RS em janeiro de 2010. *Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto Curitiba*, PR.
- WARD, A. D.; TRIMBLE, S. W. (2003) *Environmental Hydrology*. Lewis, Boca Raton . 475p.

The Intense Rainfall Event of January 2009 Over The Pelotas Region in Rio Grande do Sul

ABSTRACT

This article describes an event of exceptional rainfall that occurred in the southern region of Rio Grande do Sul, more precisely between the cities of Pelotas and Canguçu, January 28-29 2009. This event resulted in an extraordinary flood in the rivers of the region, especially in water courses with 100 km² drainage areas whose basins were affected by the intense precipitation, such as Arroio Teodósio, Arroio Fragata and Arroio Pelotas. The event was analyzed and characterized using data from rain

gauges with different degrees of reliability, highlighting the automatic rain gauge network of EMBRAPA. Moreover, radar system images were used to analyze the spatial distribution of rainfall. The data were compared to the biggest rainfall event ever recorded in the world and in Brazil (according to INMET) and to IDF curves adjusted from two rain gauges located in Porto Alegre, which is 255 km from Pelotas. It is possible that this event was the most intense ever recorded in Brazil, at least for a 3-hour duration, and possibly also for 12 and 24 hours.

Key-words: *Intense rainfall, pluviometry, radar.*