

## CHEIA NA BACIA DO RIO CAÍ (RS) EM OUTUBRO DE 2016

*Karine Pickbrenner<sup>1\*</sup>, Emanuel Duarte<sup>2</sup>, Adriana Burin Weschenfelder<sup>3</sup>, Andrea de Oliveira Germano<sup>4</sup>, Eber José de Andrade Pinto<sup>5</sup>*

**Resumo**– Um evento de chuva intensa, ocorrido entre 15 e 22 de outubro de 2016, atingiu a bacia do rio Caí, promovendo vários transtornos. Em apenas quatro dias os acumulados de chuva atingiram quase 300 mm e inundações severas se manifestaram nos municípios de São Sebastião do Caí e Montenegro. A bacia do rio Caí dispõe de um sistema de alerta de eventos hidrológicos extremos operado pela CPRM (Serviço Geológico do Brasil).

A caracterização meteorológica do evento identificou a presença de um sistema frontal ao sul do estado e a presença de fluxo de umidade proveniente da região amazônica como fatores que influenciaram a formação de um sistema convectivo de mesoescala.

Os níveis dos rios se apresentaram acima dos máximos históricos nas estações Linha Gonzaga, localizada no rio Caí, São Vendelino, no rio Forromeco e Costa do Cadeia Montante, no rio Cadeia. Para viabilizar a estimativa da frequência dos eventos de precipitação, foram elaboradas equações IDF (intensidade-duração-frequência). As intensidades de precipitação mais críticas ocorreram em 12 horas, com estimativas de tempo de recorrência que variam de 18 anos, no pluviômetro da cidade de São Vendelino, até 119 anos, no pluviômetro situado na cidade de Caxias do Sul.

**Palavras-Chave** – Eventos Extremos, Sistemas de Alerta Hidrológico, Relações Intensidade-Duração-Frequência (IDF)

## FLOOD IN THE CAÍ RIVER BASIN (RS) IN OCTOBER 2016

**Abstract**– An anomalous rain event, occurred between October 15 and 22, 2016, has hit the Caí river basin, promoting several damages. In only 04 days the accumulated rainfall reached almost 300 mm and severe floods occurred in the cities of São Sebastião do Caí and Montenegro. The Caí river basin has a warning system for extreme hydrological events operated by CPRM (Brazilian Geological Service).

The meteorological characterization of the event has identified the presence of a frontal system in the south of the state and the presence of humidity flow coming from the amazonic region, both of them building up a mesoscale convective system.

River levels reached historical maximum registers at the Linha Gonzaga station, located at the Caí river, at the São Vendelino station, located at the Forromeco river and at the Costa do Cadeia Montante station, located at the Cadeia river.

In order to make possible the estimation of the frequency of precipitation events, IDF (intensity-duration-frequency) equations were elaborated. The most critical precipitation intensities occurred in 12 hours, with estimates of recurrence time ranging from 18 years, at the rain gauge in São Vendelino city, up to 119 years, at the rain gauge situated in Caxias do Sul city.

**Keywords** – Extreme Events, Hydrological Warning Systems, Intensity-Duration-Frequency (IDF)

<sup>1\*</sup> Pesquisadora em Geociências da CPRM, R. Banco da Província, 105, 90840030 Porto Alegre RS, [karine.pickbrenner@cprm.gov.br](mailto:karine.pickbrenner@cprm.gov.br)

<sup>2</sup> Pesquisadora em Geociências da CPRM, R. Banco da Província, 105, 90840030 Porto Alegre RS, [emanuel.duarte@cprm.gov.br](mailto:emanuel.duarte@cprm.gov.br)

<sup>3</sup> Pesquisadora em Geociências da CPRM, R. Banco da Província, 105, 90840030 Porto Alegre RS, [adriana.weschenfelder@cprm.gov.br](mailto:adriana.weschenfelder@cprm.gov.br)

<sup>4</sup> Pesquisadora em Geociências da CPRM, R. Banco da Província, 105, 90840030 Porto Alegre RS, [andrea.germano@cprm.gov.br](mailto:andrea.germano@cprm.gov.br)

<sup>5</sup> Professor Adjunto da EE-UFGM e Pesquisador em Geociências da CPRM, Av. Brasil, 1731, 30140002 Belo Horizonte MG, [eber.andrade@cprm.gov.br](mailto:eber.andrade@cprm.gov.br)

## 1- INTRODUÇÃO

Os eventos extremos de cheias ou estiagens devem ser monitorados constantemente por meio de sistemas dedicados. Como, por exemplo, os Sistemas de Alerta Hidrológicos que são considerados uma medida não-estrutural que visam a melhor convivência da população com as enchentes e inundações e são de caráter preventivo, ou seja, não adotam soluções físicas que implicam na execução de obras. Os Sistemas de Alerta Hidrológico (SAH) possibilitam a coleta dos dados hidrológicos, a consistência, o armazenamento, a divulgação dessas informações e facilitam a realização da previsão de eventos hidrológicos críticos, com antecedência de semanas, dias ou horas em função das características de cada bacia hidrográfica, contribuindo, assim, para minimizar os impactos sobre a população.

Dentre as atividades dos sistemas de alerta hidrológicos destaca-se o estudo dos eventos extremos ocorridos nas bacias monitoradas pelo sistema. Os objetivos desses estudos variam da avaliação dos métodos de previsão, do funcionamento dos sistemas de monitoramento até análise da frequência das precipitações. Neste último caso, as análises podem utilizar as relações intensidade-duração-frequência (IDF). Essas relações podem ser estabelecidas para os pontos da rede hidrometeorológica nacional que dispõe de registros contínuos de chuva, ou seja, estações equipadas com pluviógrafos ou estações automáticas, ou a partir da desagregação de quantias de precipitações diárias. As relações IDF são importantíssimas na definição das intensidades de precipitação associadas a uma frequência de ocorrência, as quais podem ser utilizadas no dimensionamento de diversas estruturas de drenagem pluvial ou de aproveitamento dos recursos hídricos, além de viabilizar a estimativa da frequência de um evento de precipitação ocorrido, definindo se o evento foi raro ou ordinário.

Este trabalho apresenta os resultados de alguns estudos hidrológicos elaborados com os dados coletados durante o evento extremo de outubro de 2016 pelo Sistema de Alerta do rio Caí, implantado pela CPRM em 2010 e operado com a emissão de previsões desde 2012.

## 2- CARACTERÍSTICAS DA BACIA E DO SISTEMA DE ALERTA

A bacia hidrográfica do rio Caí localiza-se integralmente no estado do Rio Grande do Sul, na região Hidrográfica do Guaíba e possui uma área de drenagem de 4.938 km<sup>2</sup> (Figura 1).

O rio Caí nasce no planalto da Serra Geral no município de São Francisco de Paula, entre as altitudes de 900 e 1000 m. Recebe o nome de rio Santa Cruz até a divisa dos municípios de Canela e Gramado, percorre 195 km até desembocar no delta do rio do Jacuí, em frente a Ilha Grande dos Marinheiros, nas proximidades do povoado de Morretes. Seus principais afluentes pela margem esquerda são os rios do Caracol, Pinto, Pirajá e Cadeia, e pela margem direita são os rios Divisa, Muniz, Macaco, Piaí, Pinhal, Ouro, Mauá e Maratá.

A bacia do rio Caí dispõe de um sistema de alerta de eventos hidrológicos extremos operado pela CPRM. Este sistema está completamente implantado, isto é, até a fase de disseminação dos avisos. Como parte deste sistema, o monitoramento e transmissão de informações constitui-se de sete estações, com sensores de chuva e nível, conforme visualizado no mapa da Figura 1.

Os dados são transmitidos a cada 15 minutos, através de tecnologia GSM/GPRS ou GOES (estação Linha Gonzaga), a um centro de previsão de cheias, onde estão concentradas as seguintes atividades: recepção e processamento de informações; análise dos dados, previsão de níveis com modelo matemático, e avaliação dos resultados; divulgação e emissão, se necessário, de alerta hidrológico à Defesa Civil.

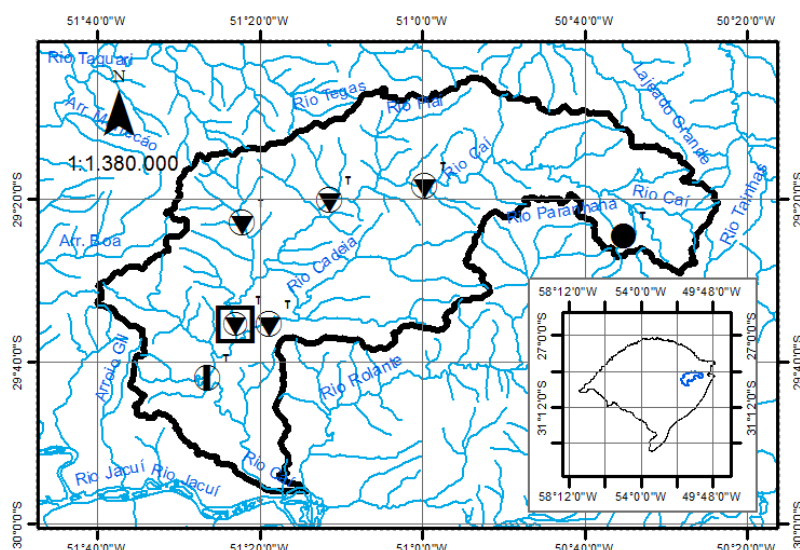


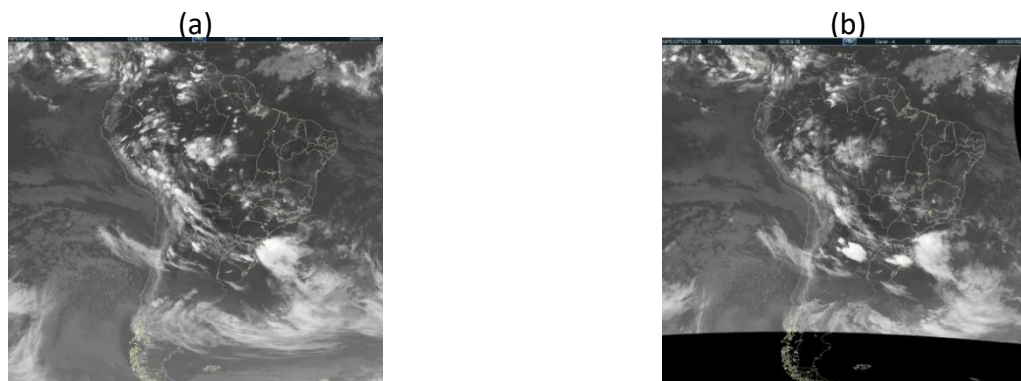
Figura 1 – Mapa da bacia do rio Caí com as estações telemétricas instaladas

Foi desenvolvido para a previsão de níveis um modelo composto de redes neurais artificiais, treinadas para as situações representadas pelas séries dos dados históricos disponíveis até a instalação das estações telemétricas, ou seja, os dados das estações convencionais (totais diários de chuvas às 7 h e cotas das 7 e 17 h).

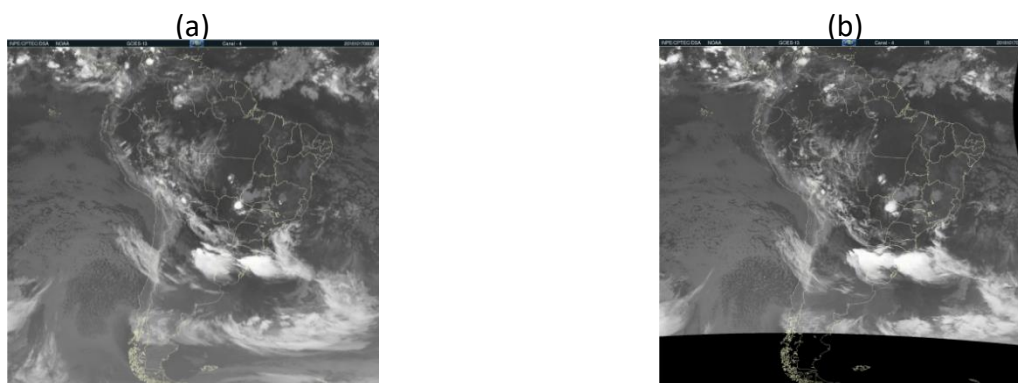
### 3- CARACTERIZAÇÃO METEOROLÓGICA DO EVENTO DE OUTUBRO DE 2016

As grandes magnitudes de chuva, acumuladas em períodos de tempo bastante reduzidos, que se manifestaram na bacia do rio Caí entre os dias 15 e 22 de outubro de 2016, foram resultantes da presença de um bloqueio atmosférico que, segundo o INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), encontrava-se centrado na região Sudeste do Brasil, o que favoreceu a atuação de intensas áreas de instabilidade, propiciando a formação de eventos convectivos. Segundo Filho *et al.* (2014), no sul da América do Sul observa-se uma maior frequência de ocorrência de eventos convectivos na primavera.

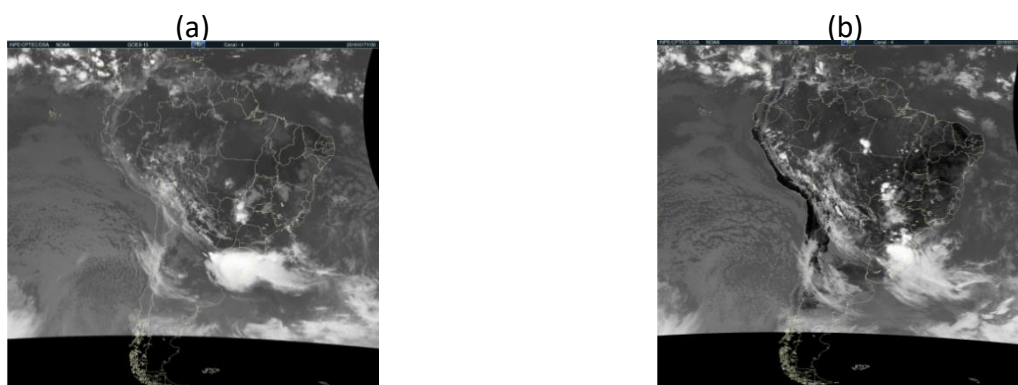
A análise visual das imagens obtidas no CPTEC (Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos), observadas nas Figuras 2a a 4b, permitem verificar que durante a ocorrência do evento analisado ocorreu a formação de sistemas convectivos, já na tarde do dia 16 de outubro, intensificando-se durante a noite até madrugada do dia 17 (como apresentado na literatura científica) seguido de outros formados no fim da tarde e início da noite do mesmo dia.



Figuras 2a e 2b - Imagens do canal IR, satélite GOES-8, referentes ao dia 17/10/2016, hora local: 0 h e 2 h (Fonte: CPTEC/INPE)



Figuras 3a e 3b - Imagens do canal IR, satélite GOES-8, referentes ao dia 17/10/2016, hora local: 6 h e 8 h (Fonte: CPTEC/INPE)



Figuras 4a e 4b - Imagens do canal IR, satélite GOES-8, referentes ao dia 17/10/2016, hora local: 11 h e 17 h (Fonte: CPTEC/INPE)

Destaca-se que durante a observação do sistema, teve-se a presença de um sistema frontal, mais ao sul do estado e a presença de fluxo de umidade proveniente da região amazônica. A interação desses dois processos propiciou a formação de um sistema convectivo intenso de mesoescala. (informação verbal)<sup>6</sup>, que causou precipitações muito intensas e de elevada magnitude na região da bacia do Caí.

#### 4- RESULTADOS

A Figura 5 apresenta uma síntese do comportamento dos níveis do rio Caí nas estações de monitoramento do Sistema de Alerta do rio Caí, durante o evento de outubro de 2016.

As cotas de inundação apresentadas na Figura 5 foram definidas no Sistema de Alerta do rio Caí com base na análise da seção transversal nos pontos de monitoramento e indicam o extravasamento da calha do rio nestes pontos. Os limites de permanência de 50%, também ilustrados na síntese apresentada na mesma figura, representam os valores correspondentes às cotas que são igualadas ou superadas em 50% do tempo. Estes valores são utilizados para representar o comportamento mediano dos níveis do rio Caí em cada estação de monitoramento.

A Tabela 1 apresenta um resumo das precipitações e cotas registradas nas estações de monitoramento do Sistema de Alerta do Caí durante o evento de outubro de 2016, bem como cotas históricas.

<sup>6</sup> Informe repassado pelo meteorologista Gabriel Bonow Munchow em 20/10/2016.



Os resultados apresentados na Tabela 1 e visualizados na Figura 5 mostram que os maiores volumes de chuva se concentraram entre os dias 15 e 20 de outubro. As cotas de inundação foram ultrapassadas em Barca do Caí e Passo Montenegro, estações situadas no rio Caí, respectivamente a partir de 46 h e 51 h dos primeiros registros de chuva do evento.

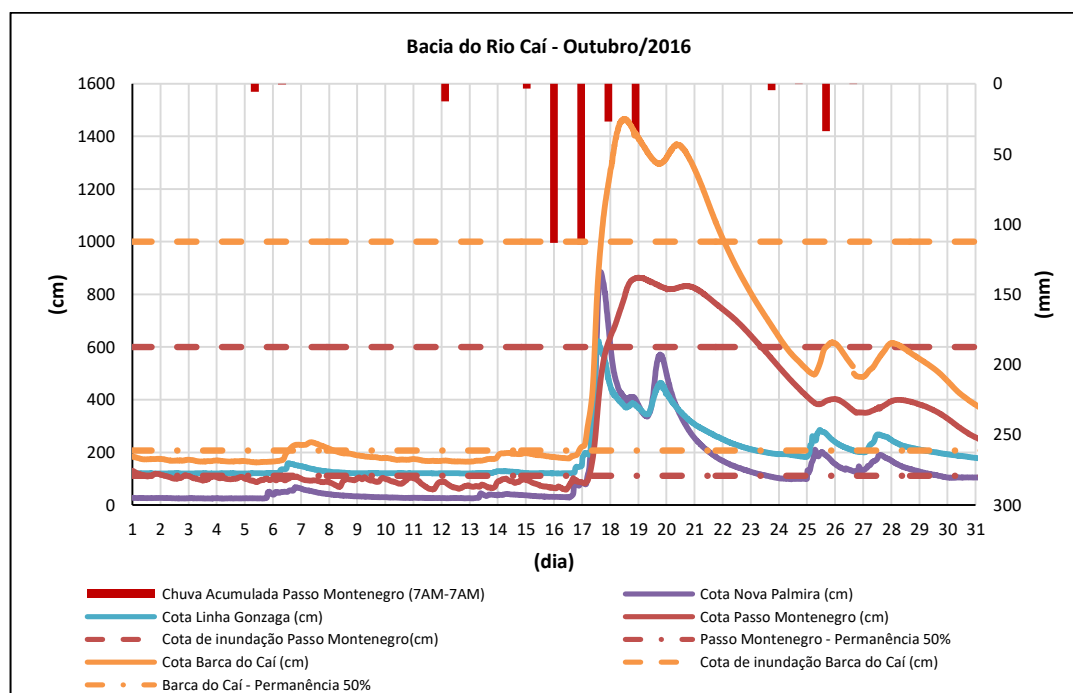


Figura 5 – Comportamento dos níveis do rio Caí durante evento de outubro de 2016

Ocorreram níveis de cotas acima dos máximos históricos nas estações de Linha Gonzaga, no rio Caí, São Vendelino, no Arroio Forromeco, e Costa do Cadeia Montante, no rio Cadeia. Na estação de Nova Palmira, entre os dias 17 e 18 de outubro, ocorreu o desbarrancamento no local onde encontrava-se o sensor, impedindo a precisão na determinação da cota máxima atingida durante o evento. A estimativa deste valor encontra-se em torno de 8,85m, o que configuraria a segunda maior cota da série histórica. Em São Vendelino ocorreu uma falha na emissão de dados durante o provável pico de cheia. A máxima cota registrada anteriormente ao pico, de 4,58 m, no dia 17 de outubro às 13:00 h, representa o maior valor histórico registrado neste posto de monitoramento. As estimativas conduzem para cotas máximas de 4,84 m. Em Linha Gonzaga, estação de monitoramento operante no Sistema de Alerta mais a montante no rio Caí, os níveis atingiram a cota de 6,22 m, no dia 17/10/2016, às 14:15 h. Em Barca do Caí, estação monitorada na cidade de São Sebastião do Caí, as cotas atingiram o nível máximo de 14,66 m no dia 18/10/2016, às 12:00h, representando um incremento de cotas de 12,81 m, desde o início da chuva. Em Passo Montenegro, estação localizada mais a jusante no rio Caí, o pico da cheia ocorreu com o nível do rio atingindo a cota de 8,64m às 23:30 h do dia 18/10/2016. O acréscimo de cotas durante o evento, nesta seção, foi de 7,95m, a partir do início da chuva.

Observando na Tabela 1 os registros de precipitação acumulados em 24h, de 145,4mm e 204,4mm, respectivamente em Capão dos Coxos e Nova Palmira, comparativamente às magnitudes de precipitação médias de longo período para o mês de outubro, de 157,2mm e 181,1mm (Pinto *et al.*, 2011), pode-se avaliar a excepcionalidade do evento, considerando-se que o volume de chuva acumulado em 24h aproximou-se e até superou os acumulados mensais médios em duas estações da bacia hidrográfica.

Tabela 1 – Precipitações e cotas no evento de outubro de 2016

Estação	Capão dos Coxos	Linha Gonzaga	Nova Palmira	São Vendelino
Tipo	Pluviométrica	Pluviométrica e Fluviométrica	Pluviométrica e Fluviométrica	Pluviométrica e Fluviométrica
Curso d'água	-	Rio Caí	Rio Caí	Arroio Forromeco
Cotas históricas máximas e data	-	524 cm (11/2013); 499 cm (07/2015)	900 cm (12/1986); 880 cm (10/2000); 800 cm (06/1982); 780 cm (09/2007); 768 cm (09/2009)	430 cm (12/2012); 390 cm (11/2013); 360 cm (08/2011); 360 cm (09/2012); 320 cm (07/2015)
Cota máxima registrada no evento e data/hora	-	622 cm 17/10/2016 14:15:00	885 cm (cota estimada) 17/10/2016 15:45:00	484 cm (cota estimada) 17/10/2016 14:45:00
Precipitação acumulada entre 15 e 20/10/2016	230,4 mm	271,2 mm	302,0 mm	260,8 mm
Precipitação máxima de 1 dia (7am – 7am) e data/hora fim	98,8 mm 17/10/2016 07:00h	111,2 mm 18/10/2016 07:00h	115,8 mm 18/10/2016 07:00h	105,0 mm 18/10/2016 07:00h
Precipitação máxima de 24h e data/hora início	145,4 mm 16/10/2016 14:15h	177,2 mm 16/10/2016 14:45h	204,4 mm 16/10/2016 13:45h	142,2 mm 16/10/2016 13:15h
Estação	Costa do Cadeia Montante		Barca do Cai	Passo Montenegro
Tipo	Pluviométrica e Fluviométrica		Fluviométrica	Pluviométrica e Fluviométrica
Curso d'água	Rio Cadeia		Rio Caí	Rio Caí
Cotas históricas máximas e data	1035 cm (08/2013); 1028 cm (04/2011); 1008 cm (07/2015); 982 cm (07/2011); 959 cm (09/2012)		1470 cm (09/2007); 1462 cm (21/2011); 1450 cm (04/1956); 1428 cm (09/2009); 1390 cm (07/1954)	970 cm (10/1989); 920 cm (05/1941); 870 cm (09/2007); 860 cm (11/1941); 856 cm (07/2011)
Cota de inundação	-		1000 cm	600 cm
Cota máxima registrada no evento e data/hora	1073 cm 18/10/2016 11:00h		1466 cm 18/10/2016 12:00h	864 cm 18/10/2016 23:30h
Precipitação acumulada entre 15 e 20/10/2016	-		-	294,6 mm
Precipitação máxima de 1 dia (7am – 7am) e data/hora	-		-	114,4 mm 18/10/2016 07:00h
Precipitação máxima de 24h e data/hora	-		-	201,6 mm 16/10/2016 15:30h

(\*) Pinto *et al.*, 2011

A Tabela 2 apresenta os erros absolutos apresentados nas cotas registradas dos postos de monitoramento de Barca do Caí e Passo Montenegro, situados respectivamente nos municípios de São Sebastião do Caí e Montenegro, os mais atingidos pela cheia de outubro de 2016. Os resultados mostram que os erros médios observados nas previsões emitidas pelo Sistema de Alerta foram de 4,78% no posto Barca do Caí e 5,13% no posto Passo Montenegro, valores considerados aceitáveis para essas áreas. O erro visualizado na primeira previsão pode ser atribuído a cota de nível baixo utilizada para partida do modelo; esse apresenta melhor calibração para níveis altos, bem como os dados utilizados para o treinamento da rede neural não contemplaram eventos com essa dinâmica.

Tabela 2 – Erros absolutos apresentados nas cotas das estações de monitoramento

Data da Previsão	Barca do Caí		Erro %	Passo Montenegro		Erro %	Data da Previsão	Barca do Caí		Erro %	Passo Montenegro		Erro %
	Previsto	Observado		Previsto	Observado			Previsto	Observado		Previsto	Observado	
17/10/2016 19:00	7,62	10,82	29,6	2,69	5,4	50,2	20/10/2016 18:00	13,3	13,35	0,4	8,18	8,32	1,7
18/10/2016 02:00	13,54	12,85	-5,4	7,39	6,48	-14,0	21/10/2016 02:00	12,23	12,66	3,4	8,07	8,22	1,8
18/10/2016 07:30	12,98	14,26	9,0	7,42	7,13	-4,1	21/10/2016 08:00	11,81	12,02	1,7	8,02	8,05	0,4
18/10/2016 18:00	13,62	14,45	5,7	7,9	8,47	6,7	21/10/2016 18:00	11,27	10,86	-3,8	7,82	7,68	-1,8
19/10/2016 02:00	13,35	13,86	3,7	8,24	8,63	4,5	22/10/2016 02:00	10,4	10,03	-3,7	7,54	7,4	-1,9
19/10/2016 08:30	12,75	13,39	4,8	8,36	8,54	2,1	22/10/2016 08:00	9,84	9,46	-4,0	7,29	7,19	-1,4
19/10/2016 18:00	12,73	12,97	1,9	8,32	8,33	0,1	22/10/2016 18:00	8,89	8,6	-3,4	6,79	6,77	-0,3
20/10/2016 02:00	13,44	13,25	-1,4	8,27	8,21	-0,7	23/10/2016 03:30	8,03	7,86	-2,2	6,32	6,31	-0,2
20/10/2016 07:30	13,52	13,61	0,7	8,23	8,21	-0,2	23/10/2016 08:30	7,61	7,51	-1,3	6,06	6,07	0,2

A Figura 6 ilustra o comportamento das chuvas acumuladas nas estações de monitoramento entre os dias 15 e 20 de outubro de 2016. Em apenas quatro dias ocorreram acumulados de chuva

entre 230 e 300 mm, que se apresentam consideravelmente superiores comparativamente aos acumulados médios de longo período para o mês de outubro (Pinto *et al.*, 2011).

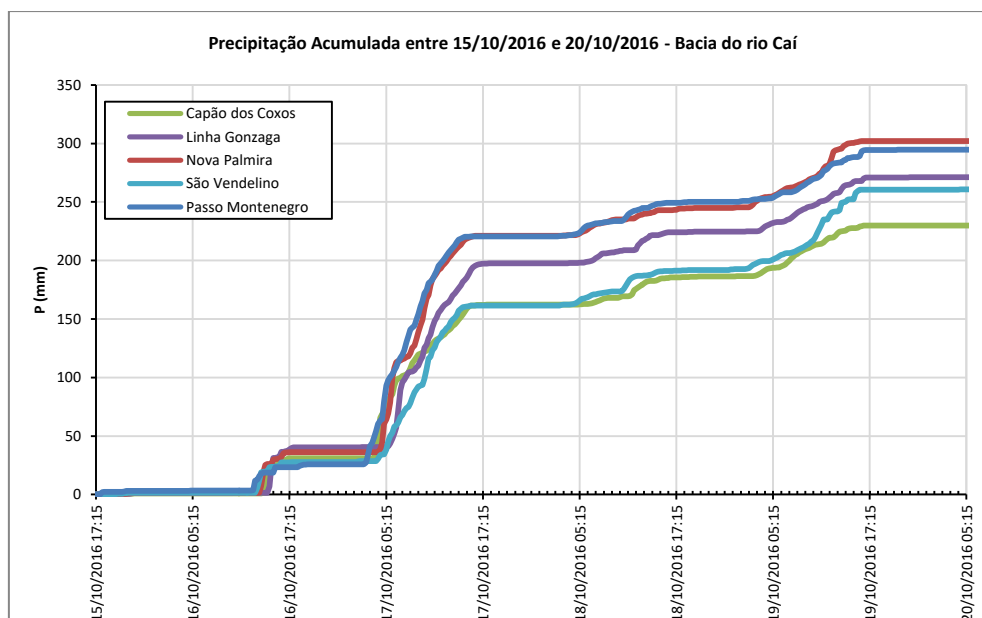


Figura 6 – Comportamento das chuvas acumuladas na Bacia do rio Caí durante o evento extremo

Com o objetivo de estimar o tempo de retorno ou a frequência de ocorrência dos eventos de chuva ocorridos no mês de outubro de 2016 na bacia do rio Caí, foram elaboradas equações intensidade-duração-frequência (IDF) utilizando metodologia, descrita em Pinto (2013), de desagregação quantis de chuvas diárias obtidas a partir análise frequência regional de precipitações diárias detalhada por Hosking e Wallis (1997). Os quantis associados a diferentes tempos de retorno fora estimados quatro postos pluviométricos existentes na bacia, englobando os municípios de São Francisco de Paula, Caxias do Sul e São Vendelino. Para o município de São Sebastião do Caí foi elaborada uma equação IDF considerando-se a metodologia regional aplicada para a coordenada referente a sede municipal. Os relatórios das equações IDF são apresentados em Weschenfelder *et al.* (2017 a, b, c, d).

A Tabela 3 apresenta as máximas intensidades de chuva quantificadas nas diferentes durações, bem como os tempos de retorno estimados utilizando as equações IDF definidas para cada posto pluviométrico.

Tabela 3- Estimativa de tempos de retorno e probabilidades de ocorrência para chuvas intensas ocorridas em outubro de 2016- Bacia do rio Caí.

Capão dos Coxos						São Vendelino					
Duração	P (mm)	i (mm/h)	Data-Hora Início	Tr (anos)	P(>=) (%)	Duração	P (mm)	i (mm/h)	Data-Hora Início	Tr (anos)	P(>=) (%)
15 Min	18,0	72,0	17/10/2016 04:15	1,9	51,9	15 Min	8,8	35,2	17/10/2016 10:00	<1	
30 Min	32,4	64,8	17/10/2016 04:00	5,8	17,2	30 Min	17,6	35,2	17/10/2016 10:00	<1	
1 Hora	37,8	37,8	17/10/2016 03:45	2,6	37,9	1 Hora	24,4	24,4	17/10/2016 10:00	<1	
2 Horas	52,6	26,3	17/10/2016 04:00	4,2	23,9	2 Horas	38,8	19,4	17/10/2016 09:45	<1	
3 Horas	68,2	22,7	17/10/2016 03:45	8,6	11,6	3 Horas	48,4	16,1	17/10/2016 09:45	<1	
4 Horas	71,6	17,9	17/10/2016 03:45	7,1	14,0	4 Horas	60,4	15,1	17/10/2016 08:15	1,3	77,7
6 Horas	90,4	15,1	17/10/2016 03:45	13,7	7,3	6 Horas	88,8	14,8	17/10/2016 05:00	5,6	17,9
8 Horas	102,4	12,8	17/10/2016 03:45	17,7	5,7	8 Horas	109,4	13,7	17/10/2016 05:00	11,4	8,8
12 Horas	130,4	10,9	17/10/2016 03:45	36,8	2,7	12 Horas	132,8	11,1	17/10/2016 03:45	18,4	5,4
14 Horas	131,2	9,4	17/10/2016 03:45	30,9	3,2	14 Horas	133,2	9,5	17/10/2016 01:30	15,2	6,6
24 Horas	145,4	6,1	16/10/2016 14:00	26,1	3,8	24 Horas	142,2	5,9	16/10/2016 13:00	10,5	9,5

Tabela 3 ( continuação)- Estimativa de tempos de retorno e probabilidades de ocorrência para chuvas intensas ocorridas em outubro de 2016- Bacia do rio Caí.

Linha Gonzaga						Nova Palmira					
Duração	P (mm)	i (mm/h)	Data-Hora Início	Tr (anos)	P(>=) (%)	Duração	P (mm)	i (mm/h)	Data-Hora Início	Tr (anos)	P(>=) (%)
15 Min	18,0	72,0	17/10/2016 06:45	<1		15 Min	21,0	84,0	17/10/2016 05:45	2,2	44,8
30 Min	32,2	64,4	17/10/2016 06:30	2,8	35,1	30 Min	30,4	60,8	17/10/2016 05:30	2,1	47,7
1 Hora	43,6	43,6	17/10/2016 06:15	2,9	34,9	1 Hora	44,2	44,2	17/10/2016 05:15	3,1	32,5
2 Horas	57,8	28,9	17/10/2016 05:45	3,5	28,6	2 Horas	74,8	37,4	17/10/2016 04:30	13,9	7,2
3 Horas	64,2	21,4	17/10/2016 05:15	3,1	31,8	3 Horas	79,2	26,4	17/10/2016 04:15	9,7	10,3
4 Horas	77,6	19,4	17/10/2016 06:00	5,6	18,0	4 Horas	87,0	21,8	17/10/2016 04:30	10,2	9,8
6 Horas	111,6	18,6	17/10/2016 05:45	21,4	4,7	6 Horas	134,4	22,4	17/10/2016 04:45	57,7	1,7
8 Horas	128,8	16,1	17/10/2016 05:30	30,6	3,3	8 Horas	159,0	19,9	17/10/2016 04:15	94,3	1,1
12 Horas	156,8	13,1	17/10/2016 05:15	50,1	2,0	12 Horas	184,4	15,4	17/10/2016 04:00	119,2	0,8
14 Horas	157,0	11,2	17/10/2016 04:00	41,0	2,4	14 Horas	185,0	13,2	17/10/2016 03:00	98,5	1,0
24 Horas	177,2	7,4	16/10/2016 14:30	38,2	2,6	24 Horas	204,4	8,5	16/10/2016 13:30	82,0	1,2

Observa-se que as intensidades mais críticas de precipitação ocorreram nas durações de 12 h, com estimativas de tempos de retorno variando de 18 anos, na estação pluviométrica de São Vendelino, no município de São Vendelino, até 119 anos, na estação de Nova Palmira, no município de Caxias do Sul.

## 5- CONCLUSÕES

A análise visual das imagens de satélite, com a identificação do tipo de formação dos eventos meteorológicos, convectivos e/ou frentes, responsáveis pela ocorrência das precipitações extremas, mostram que este tipo de conhecimento, juntamente com a elaboração de curvas IDF, configuram ferramentas importantes para a caracterização da excepcionalidade dos eventos. Em outubro de 2016, as intensidades mais críticas ocorreram nas durações de 12 h, com estimativas de tempos de retorno variando de 18 anos a 119 anos.

Neste evento, o SAH-Caí emitiu 18 boletins com previsões de nível para os municípios de São Sebastião do Caí e Montenegro, os erros médios observados nas previsões foram 4,78% e 5,13% respectivamente. As previsões foram enviadas para as defesas civis municipais, estadual, CENAD e CEMADEN e se configuraram como uma importante ferramenta de gestão do risco viabilizando a remoção da população afetada com 10 horas de antecedência.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CEPTEC. Imagens do canal IR do satélite GOES 17/10/16 sobre a América do Sul. Disponível em: <http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/goes.formulario.logic>. Acesso em outubro de 2016.
- FILHO, A.J.P., CARBONE, R.E., TUTTLE, J.D. Convective Rainfall System in the La Plata Basin. Published Online October 2014. <http://www.scirp.org/journal/acs>.
- HOSKING, J. R. M. e WALLIS, J. R Regional Frequency Analysis – An Approach Based on L-Moments, 224 p. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, 1997.
- INMET. Notícias <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=noticia/listarNoticias&offset=0>. Acesso em outubro de 2016.
- PINTO, E. J. A. (Coord.) et al. Atlas pluviométrico do Brasil: isoietas mensais, isoietas trimestrais, isoietas anuais, meses mais secos, meses mais chuvosos, trimestres mais secos, trimestres mais chuvosos. Brasília:
- PINTO, E. J. A. Metodologia para definição das equações Intensidade-Duração-Frequência do Projeto Atlas Pluviométrico. CPRM. Belo Horizonte. Mar, 2013.
- CPRM, 2011. 1 DVD. Escala 1.5:000.000. Sistema de Informação Geográfica-SIG - versão 2.0 - atualizada em novembro/2011; Programa Geologia do Brasil; Levantamento da Geodiversidade.
- WESCHENFELDER, A.B.; PICKBRENNER, K.; PINTO, E. J. A. Atlas Pluviométrico do Brasil; Equações Intensidade-Duração-Frequência: municípios São Francisco de Paula, Caxias do Sul, São Vendelino, São Sebastião do Caí. CPRM, 2017 a, b, c, d. 13p. Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade. Carta de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundação.