

XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

A IMPORTÂNCIA DE REALIZAR CALIBRAÇÃO, AFERIÇÃO E ANÁLISE DE CONSISTÊNCIA DE EM PLUVIÔMETROS AUTOMÁTICOS

Andrea de Oliveira Germano¹; Karine Pickbrenner²

RESUMO – Avaliar dados hidrometeorológicos e obter séries de dados automáticos livres de erros e falhas são grandes desafios para estudos hidroclimáticos ambientais. No período de 03 a 27 de janeiro de 2019, um evento de chuva intensa provocou diversos transtornos nas regiões do trecho médio do rio Uruguai e nas sub-bacias hidrográficas dos rios Ibicui e Negro. O pluviômetro automático na PCD de Uruguaiana (ANA/CPRM) registrou e transmitiu “online” acumulados de chuva de 870,8mm. Contudo, este total extraordinário de chuva não foi verificado em nenhum outro equipamento, mesmo naqueles localizados muito próximos, o que suscitou dúvidas sobre sua representatividade. Os objetivos deste artigo são apontar possíveis erros nos dados gerados por pluviômetros automáticos, salientar a necessidade de sua consistência, bem como tornar rotineira a limpeza, manutenção e calibração dos pluviômetros automáticos.

ABSTRACT– Evaluating hydrometeorological data and obtaining automatic data sets free of errors and gaps are greater challenges for environmental hydroclimatic studies. From January 3 to 27, 2019, an event of heavy rain caused several disorders in the regions of the middle stretch of the Uruguai River and in the watersheds of the Ibicui and Negro Rivers. The automatic rain gauge at the Uruguaiana’s PCD (ANA / CPRM) registered and transmitted “online” accumulated rainfall of 870.8mm. However, this extraordinary rainfall was not verified in any other equipment, even those located very close of it, which caused doubts about its representativeness. The objectives of this article are to point out possible errors in the data generated by automatic rain gauges, to emphasize the need for their consistency, as well as to make routine the cleaning, the maintenance and the calibration of the automatic rain gauges.

Palavras-Chave – Pluviômetros automáticos, análise de consistência e calibração.

INTRODUÇÃO

No período de 03 a 27 de janeiro de 2019, um evento de chuva intensa provocou diversos transtornos nas regiões do trecho médio do rio Uruguai e nas sub-bacias hidrográficas dos rios Ibicui e Negro. Os pluviômetros automáticos registraram e transmitiram *on line* acumulados de chuva de: 870,8mm na PCD de Uruguaiana (ANA/CPRM); 664,8mm na PCD de Uruguaiana (INMET); 501,2mm na PCD de Alegrete (INMET); 407,6mm na PCD de Rosário do Sul

1) Andrea de Oliveira Germano: Pesquisadora em Geociências do Serviço Geológico do Brasil – CPRM. Rua Banco da Província, 105. Morro Santa Tereza. Porto Alegre, RS. 51 34067383, andrea.germano@cprm.gov.br

2) Karine Pickbrenner: Pesquisadora em Geociências do Serviço Geológico do Brasil – CPRM. Rua Banco da Província, 105. Morro Santa Tereza. Porto Alegre, RS. 51 34067390, karine.pickbrenner@cprm.gov.br

(ANA/CPRM); 569,4mm na PCD de Quaraí (ANA/CPRM); 393,8 mm na PCD de Manoel Viana (ANA/CPRM); 541,6mm na PCD de Passo São Borja (ANA/CPRM) e 436,6mm na PCD de Itaqui (ANA/CPRM). Inundações severas se manifestaram nos municípios de Rosário do Sul, Alegrete, Manuel Viana, Dom Pedrito, Quaraí, São Borja, Itaqui e Uruguaiana; o evento deixou milhares de pessoas desabrigadas.

SISTEMA DE ALERTA HIDROLÓGICO DA BACIA DO RIO URUGUAI

O Sistema de Alerta Hidrológico é uma medida não-estrutural, dentro da Engenharia, que visa à melhor convivência da população aos eventos de inundação. É um sistema de caráter preventivo, ou seja, não adota soluções físicas que implicam execução de obras como diques e barragens, por exemplo, estes pertencentes ao grupo das medidas estruturais. Contudo, foi necessário o investimento em instalação e modernização de Plataformas de Coletas de Dados Automáticos (PCDs), situadas em diversos locais nas margens dos rios da bacia hidrográfica do rio Uruguai. As PCDs enviam em tempo real os dados dos níveis dos rios e os totais de chuva que são disponibilizados por meio da plataforma SACE-CPRM (<http://www.cprm.gov.br/sace/>). O Sistema SACE-CPRM (Sistema de Alerta de Eventos Críticos) disponibiliza os dados monitorados no site da CPRM, em forma tabular e gráfica. No SACE os dados são recebidos, consistidos e processados por meio de modelos hidrológicos que realizam a previsão dos níveis para locais específicos; essas previsões são enviadas por meio de boletins e informes para os representantes de Defesa Civil e demais órgãos com capacidade de atuação para realocação ou remoção das populações que provavelmente serão atingidas pela inundação durante eventos hidrológicos extremos. Dessa forma reduzindo os impactos materiais, sociais e econômicos para as comunidades mais suscetíveis.

Na bacia hidrográfica do rio Uruguai há 400 municípios em dois estados da União, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Porém, no estágio atual do SAH Rio Uruguai, é possível atender, com previsões de níveis, apenas seis municípios, sendo eles: Uruguaiana, Itaqui e São Borja no rio Uruguai, Alegrete no rio Ibirapuitã, Manoel Viana no rio Ibicuí e Rosário do Sul no rio Santa Maria. As previsões estão sendo realizadas com até 17 horas de antecedência para o município de Uruguaiana, 15 horas de antecedência para o município de Itaqui, 10 horas de antecedência para o município de São Borja e 6 horas de antecedência para o município de Manoel Viana. Já para os municípios de Rosário do Sul e Alegrete esta previsão cai para 4 horas de antecedência. À medida que os estudos de modelagem avançarem, mais municípios serão contemplados com previsões de níveis.

Para os municípios de Bocaina do Sul, Otacílio Costa, Rio das Antas, Tangará, Joaçaba, Passos dos Maia, Pinhalzinho, São Carlos, Guaraciaba, Caibi, Irai, Porto Lucena, Garruchos e Quaraí, foram realizados estudos e definições de Níveis de Referência, onde a população destes 14

municípios pode monitorar os níveis dos rios, tendo como referência três patamares, para execução das ações - Atenção, Alerta e Inundação (Figura 1). A cota de atenção, que de forma geral é o primeiro nível para que as equipes dos SAH's redobrem a atenção ao monitoramento e iniciem a preparação para execução dos modelos de previsão, bem como mobilizem equipes de manutenção e medição, é simbolizada pela cor amarela. Quando o rio atinge a cota de alerta, representada pela cor laranja, os modelos de previsão entram em operação contínua, produzindo previsões hidrológicas com diferentes horizontes temporais, seus resultados são traduzidos em forma de boletins e enviados às defesas civis e demais órgãos competentes. Sinal vermelho é sinal de que o rio transbordou e foi alcançada a cota de inundação em algum ponto do município monitorado. A operação do SAH é essencial nesse momento, possibilitando a previsão do nível a ser atingido durante a ocorrência do evento.

Cabe destacar que há estudos, em andamento, para modelagem de transformação de chuva em vazão, cujos testes realizados até o momento estenderão o alcance da antecedência para até 72 horas em Uruguaiana, e 48 e 24 horas para os demais locais, de acordo com o regime hidrológico de cada local.

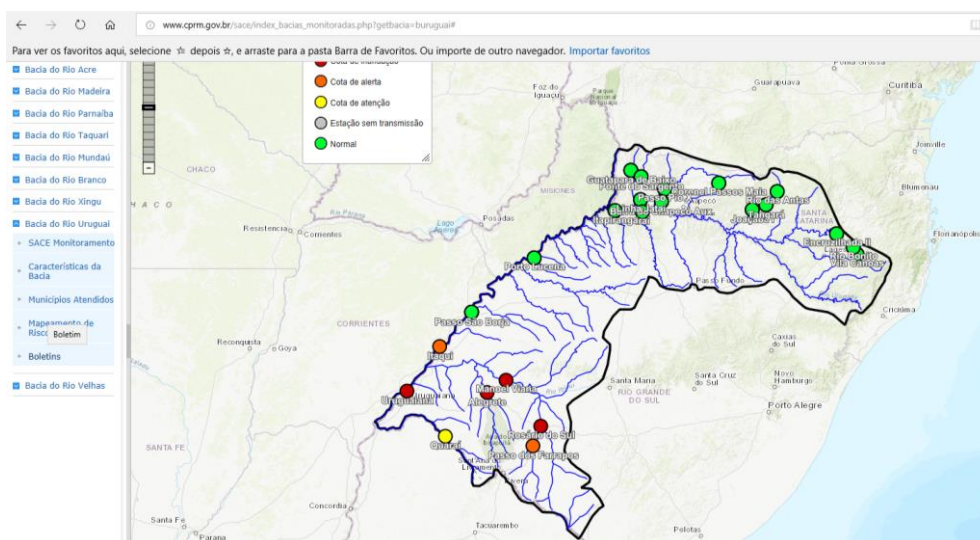


Figura 1 - Níveis de referencia: Sinal Amarelo (Atenção), Sinal Laranja (Alerta) e Sinal Vermelho (Inundação)

ANALISE DOS DADOS PLUVIOMETRICOS AUTOMATICOS

O instrumento mais comum usado para medição da precipitação é o pluviômetro, aparelho dotado de um funil de área conhecida, conectado a um recipiente, se possível isotérmico, onde a água é armazenada. A função do pluviômetro se resume na medida da altura precipitada (P), registro observado em uma frequência padrão por um operador (WMO, 1997).

Atualmente, em estações mais modernas, o pluviômetro é usado principalmente para referenciar dados registrados por radares ou mesmo por pluviômetros. Estes, em suas versões mais

recentes, são aparelhos dotados de mecanismos que são ativados pela concentração da água proveniente da chuva, os movimentos das engrenagens desses sistemas são registrados em dataloggers através de pulsos elétricos. Os dados de pluviômetros automáticos permitem estimar não só a altura total de chuva, mas também outras variáveis importantes para a compreensão do comportamento meteorológico, tais como: intensidade das chuvas; duração e frequência. Essas podem ser observadas posteriormente, não requerendo a atuação de operador diuturnamente.

São muitos os sistemas mecânicos usados em pluviômetros automáticos em várias partes do mundo, porém, poucos são reconhecidos pela World Meteorological Organization – WMO⁵. Um dos mais usados é o de sistema de balança, no inglês tipping bucket - TB (WMO, 1997); seu mecanismo é simples, trata-se de um funil coletor da água pluvial que concentra sua vazão na caçamba de um dispositivo basculante, a balança inclina quando o volume de água na caçamba alcança determinado peso. O momento de cada movimento de inclinação da balança é registrado por um sensor em um datalogger. Cada registro deve ser multiplicado pela resolução do instrumento, trata-se da altura do volume da balança em relação à área de captação do funil em m², valor fornecido pelo fabricante.

METODOLOGIA DE CONSISTÊNCIA DE DADOS PLUVIOMÉTRICOS

Para análise de consistência dos dados pluviométricos utilizamos o método da Dupla-massa criado pela USGS (SEARCY, J. K.; HARDISON, C. H., 1960) e as recomendações da ANA-CPRM apresentadas no Manual de Consistência pluviométrica (ANA, 2012), bem como análises de intensidades para as durações de 15min, 30min, 60min, 1hora, 2 horas, 3 horas, 4 horas, 6 horas, 8 horas, 12 horas, 14 horas e 24horas

Serão relatados os resultados encontrados nas diferentes etapas de consistência e as decisões escolhidas para o encaminhamento dos problemas encontrados.

i) Comparação dos dados de todos os pluviômetros automáticos da região

Durante a operação da Rede Hidrometeorológica a CPRM (que opera 77% de toda RHN) ocorre e realização de tratamento preliminar nos dados convencionais, anotados pelos observadores, que encaminham ao final de todo o mês os dados para a CPRM. Este tratamento mensal é chamado "pré-consistência", no qual são eliminados erros grosseiros. Os dados são armazenados no HIDRO (Banco de dados hidrometeorológicos) e enviados a ANA que disponibiliza na hidroweb como "dado bruto" (Tabela 1 e Figura 2)

Tabela 1 – Comparação dos dados automáticos com 2 estações de apoio convencionais

| Estações | Análise | Identificação no Arquivo |
|--|--|---------------------------|
| Pluviômetro Automático Uruguaiana (PCD) | Total mensal: 891,8 mm Totais diários: 3 dias sequentes > 150mm | identificar como duvidoso |
| (Apoio 1) Pluviômetro Convencional Olho D'água 03053010 | Total mensal: 607,00 mm Totais diários: ok | nenhuma nenhuma |
| (Apoio 2) Pluviômetro Convencional Cabanha Alceu Neves 02957008 | Total mensal: 675,00mm Totais diários: dias 09 e 17 > 120mm | identificar como duvidoso |

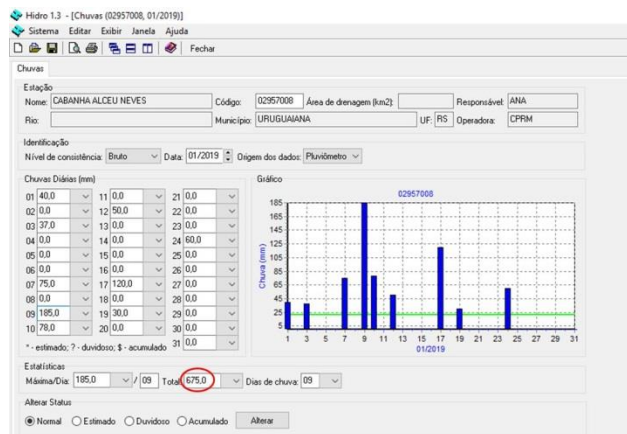
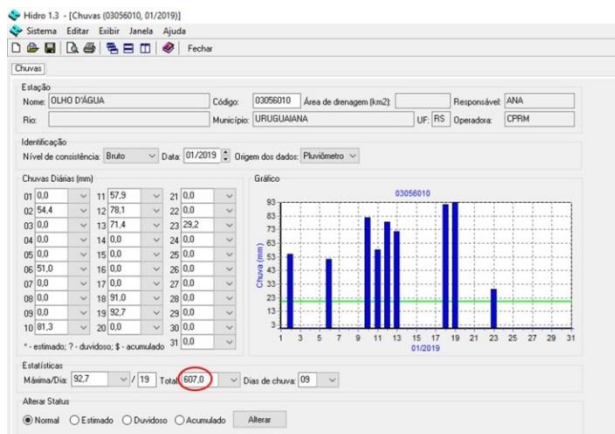
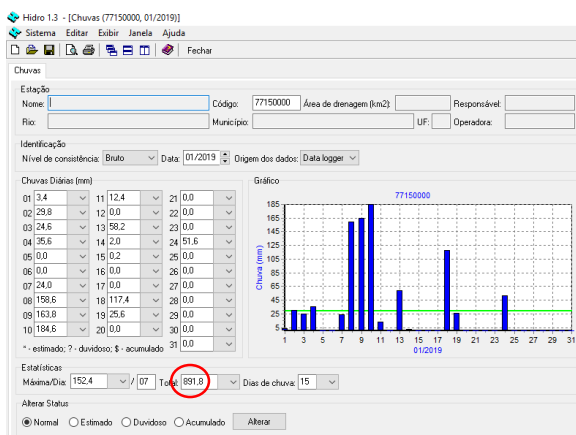


Figura 2 - Comparação dos dados automáticos com 2 estações de apoio convencionais

A instrução da Agencia Nacional de Aguas é totalizar os dados pluviométricos automáticos diariamente das 00h até as 00h o que dificulta muito a comparação dos dados diários com os pluviômetros convencionais que são totalizados das 07h até 07horas do dia seguinte.

- ii) **Comparação dos dados de todos os pluviômetros automáticos da região acumulando das 07 – 07h e acumulando todo o volume do evento**

Na Figura 3 podem ser visualizados graficamente os resultados das magnitudes de precipitação (mm) ao longo do evento ocorrido em janeiro de 2019, em seis estações de monitoramento da RHN (ANA/CPRM) e Projeto Sistema de Alerta do rio Uruguai (CPRM) e em três pluviômetros automáticos do INMET. Os resultados visualizados na Figura 3 mostram que os maiores volumes de chuva se concentraram entre os dias 08 e 10 de janeiro.

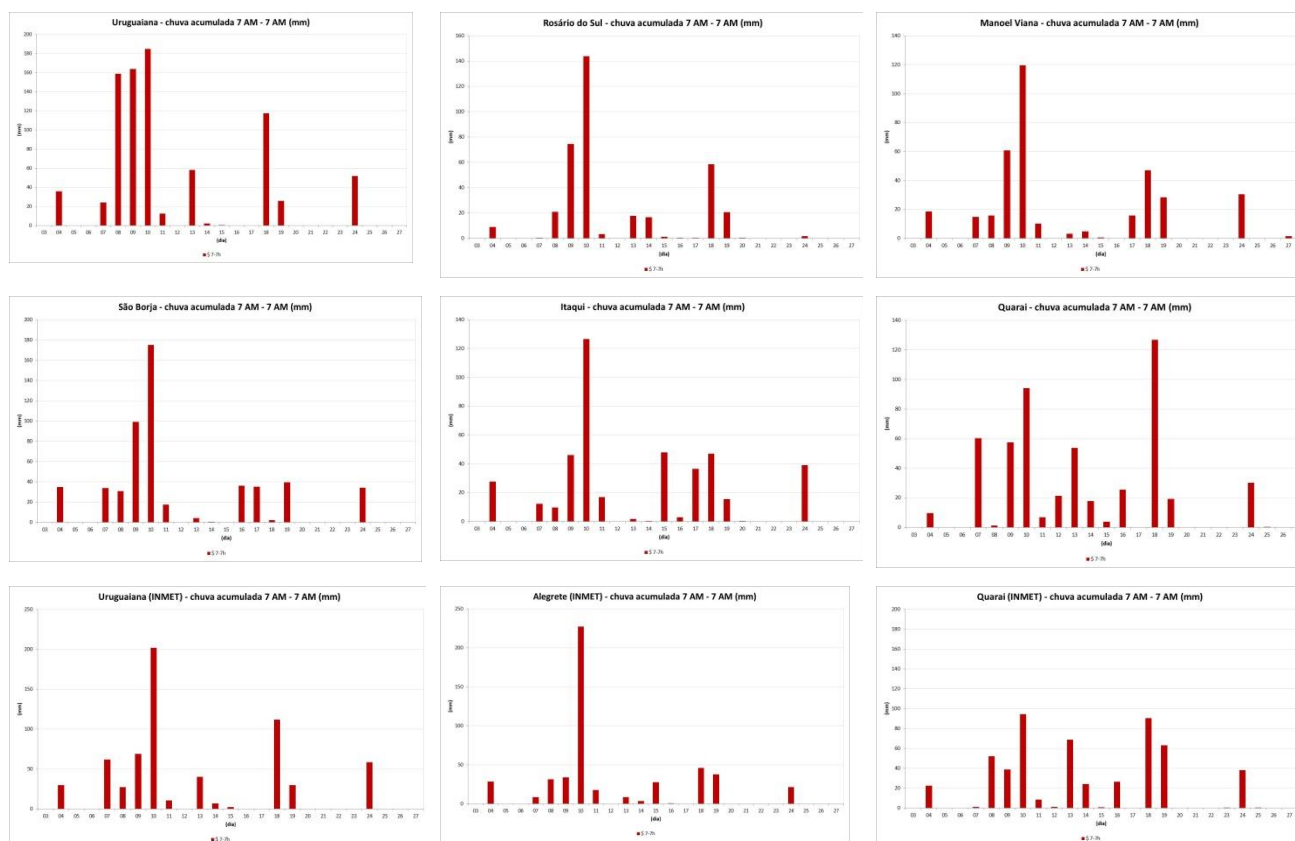


Figura 3 – Precipitação (mm) nas estações automáticas (ANA/CPRM) e INMET em janeiro de 2019

Observando a Figura 3, constata-se que os registros de precipitação dos dias 08, 09 e 10 em Uruguiana (ANA/CPRM), primeiro gráfico, comparativamente às magnitudes de precipitação das demais estações automáticas apresentam-se muito maiores. Ressalta-se que o pluviômetro automático de Uruguiana, operado pela CPRM, encontra-se a uma distância inferior a 10km do pluviômetro automático de Uruguiana, operado pelo INMET.

A Figura 4 ilustra o comportamento das chuvas acumuladas nas estações de monitoramento automático entre os dias 03 e 27 de janeiro de 2019. A maioria das estações registraram acumulados entre 300 e 600mm, que se apresentam consideravelmente superiores comparativamente aos acumulados médios de longo período na região, para o mês de janeiro, de 120 a 150mm (Pinto *et al.*, 2011) certificando a excentricidade do evento. Além disto, observa-se que nos dados de chuva do pluviômetro automático de Uruguiana a tendência temporal de acúmulo descolou-se da

tendência apresentada pelas demais curvas, ou seja, “sugere-se a existência de algum erro operacional”, no dia 07/01/2019.

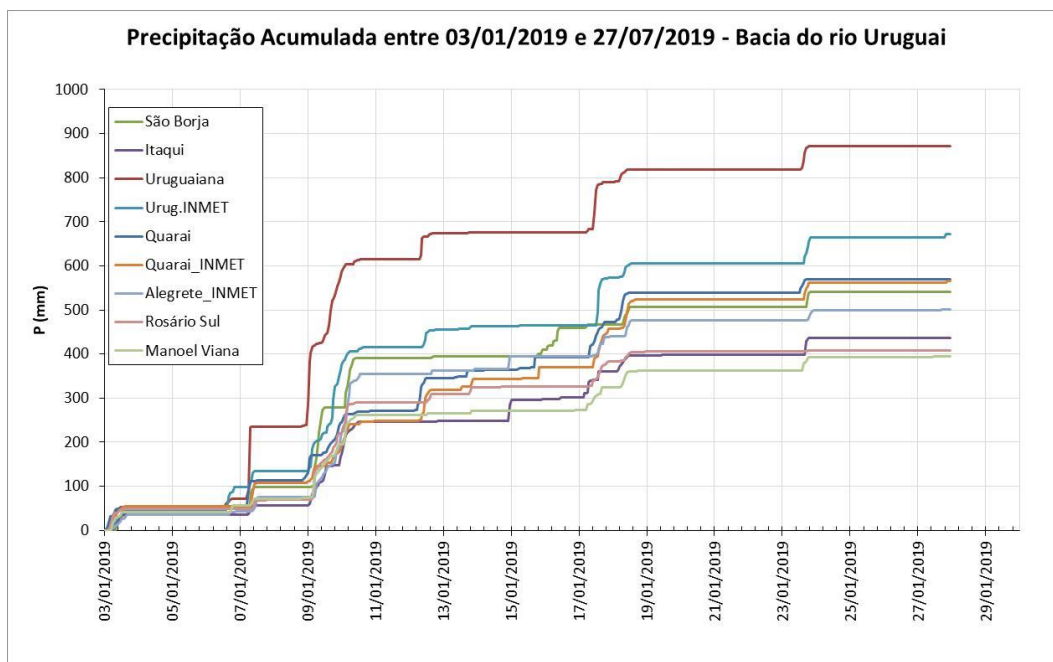


Figura 4 – Comportamento das chuvas acumuladas na Bacia do rio Uruguai durante evento de janeiro de 2019

iii) Análise de intensidades para as durações de 15min, 30min, 60min, 1hora, 2 horas, 3 horas, 4 horas, 6 horas, 8 horas, 12 horas, 14 horas e 24horas.

Após o cálculo das intensidades do evento (Tabela 2) ficou evidente a presença de erros nos dias 07/01 e 09/01/2019, pois todas as intensidades calculadas ficaram fora dos padrões da região e mesmo irreais, considerando, por exemplo, o comportamento de intensidade máximas da variável chuva apresentadas no estudo desenvolvido por Pfafstetter (1957).

Tabela 2 – Cálculo das intensidades no pluviômetro automático de Uruguaiana (CPRM/ANA)

| Duração | P (mm) | i (mm/h) | Data Pesquisa | Data-Hora Início* |
|----------|--------|----------|------------------|-------------------|
| 15 min | 135 | 540,0 | 07/01/2019 08:30 | 07/01/2019 08:15 |
| 30 min | 148,4 | 296,8 | 07/01/2019 08:15 | 07/01/2019 08:00 |
| 1 hora | 152,4 | 152,4 | 07/01/2019 08:15 | 07/01/2019 08:00 |
| 2 horas | 156 | 78,0 | 07/01/2019 07:00 | 07/01/2019 06:45 |
| 3 horas | 160,8 | 53,6 | 07/01/2019 06:30 | 07/01/2019 06:15 |
| 4 horas | 163,6 | 40,9 | 07/01/2019 06:30 | 07/01/2019 06:15 |
| 6 horas | 164,4 | 27,4 | 07/01/2019 06:15 | 07/01/2019 06:00 |
| 8 horas | 166,4 | 20,8 | 09/01/2019 02:30 | 09/01/2019 02:15 |
| 12 horas | 181,4 | 15,1 | 09/01/2019 02:30 | 09/01/2019 02:15 |
| 14 horas | 188,8 | 13,5 | 09/01/2019 01:45 | 09/01/2019 01:30 |
| 24 horas | 326,8 | 13,6 | 09/01/2019 02:30 | 09/01/2019 02:15 |

*Subtrai-se 15 minutos da data pesquisa nos dados

iv) **Análise dos *retrives* dos dados da PCDs (dados de 15 em 15min)**

Para ter acesso aos *retrives* foi necessário proceder a uma campanha de campo para descarregar os dados armazenados na memória da PCD. Durante a campanha de campo os técnicos da CPRM constataram que o pluviômetro automático estava desnivelado. Na análise dos dados foram identificados dois possíveis erros, pois tanto no registro contínuo da variável cota como na precipitação, ocorreram deslocamentos inexplicáveis (saltos) nos registros. O primeiro erro manifestou-se no dia 07/01/2019 às 08:30h, onde o equipamento registrou 135mm em 15 min, representando uma intensidade de 540mm/h e a cota apresentou-se com um salto de 15cm. O segundo erro constatado foi no dia 09/01/2019 às 02:45h, onde o equipamento registrou 49,6mm em 15 min, ou seja, uma intensidade de 198,4mm/h e a cota deu um salto de 09cm; ambos os dados não foram factíveis com a realidade do evento analisado. Os dados foram retirados da série para novos cálculos.

| date-time | status | SPaServer | Wt_1_Value | SPaServer | INT_PT100 | BATERIA | |
|------------------|--------|-----------|------------|-----------|-----------|---------|--------|
| | | sid | status | PP_Acum | T_int | status | |
| | | | Avg | | | meas | |
| 01/07/2019 00:00 | VALID | 77150000 | 453,485 | 246,2 | 0 | 32,674 | 12,906 |
| 01/07/2019 00:15 | VALID | 77150000 | 453,279 | 246,2 | 0 | 32,337 | 12,907 |
| 01/07/2019 00:30 | VALID | 77150000 | 452,952 | 246,2 | 0 | 32,03 | 12,906 |
| 01/07/2019 00:45 | VALID | 77150000 | 452,546 | 246,2 | 0 | 31,737 | 12,908 |
| 01/07/2019 01:00 | VALID | 77150000 | 452,423 | 246,2 | 0 | 31,507 | 12,907 |
| 01/07/2019 01:15 | VALID | 77150000 | 451,59 | 246,2 | 0 | 31,436 | 12,905 |
| 01/07/2019 01:30 | VALID | 77150000 | 451,676 | 246,2 | 0 | 31,443 | 12,904 |
| 01/07/2019 01:45 | VALID | 77150000 | 451,431 | 246,2 | 0 | 31,415 | 12,904 |
| 01/07/2019 02:00 | VALID | 77150000 | 451,054 | 246,2 | 0 | 31,439 | 12,902 |
| 01/07/2019 02:15 | VALID | 77150000 | 450,746 | 246,2 | 0 | 31,486 | 12,899 |
| 01/07/2019 02:30 | VALID | 77150000 | 450,58 | 246,2 | 0 | 31,48 | 12,897 |
| 01/07/2019 02:45 | VALID | 77150000 | 450,178 | 246,2 | 0 | 31,45 | 12,896 |
| 01/07/2019 03:00 | VALID | 77150000 | 449,798 | 246,2 | 0 | 31,425 | 12,894 |
| 01/07/2019 03:15 | VALID | 77150000 | 449,886 | 246,2 | 0 | 31,389 | 12,89 |
| 01/07/2019 03:30 | VALID | 77150000 | 446,784 | 246,2 | 0 | 31,036 | 12,887 |
| 01/07/2019 03:45 | VALID | 77150000 | 446,45 | 246,2 | 0 | 29,728 | 12,883 |
| 01/07/2019 06:30 | VALID | 77150000 | 402,888 | 325 | 1,2 | 26,544 | 12,827 |
| 01/07/2019 06:45 | VALID | 77150000 | 403,131 | 335,8 | 0,8 | 26,138 | 12,818 |
| 01/07/2019 07:00 | VALID | 77150000 | 403,27 | 330,2 | 4,4 | 25,865 | 12,815 |
| 01/07/2019 07:15 | VALID | 77150000 | 403,033 | 330,6 | 0,4 | 25,694 | 12,809 |
| 01/07/2019 07:30 | VALID | 77150000 | 403,615 | 330,6 | 0 | 25,692 | 12,803 |
| 01/07/2019 07:45 | VALID | 77150000 | 404,174 | 330,6 | 0 | 25,809 | 12,794 |
| 01/07/2019 08:00 | VALID | 77150000 | 404,182 | 331,2 | 0,6 | 25,862 | 12,792 |
| 01/07/2019 08:15 | VALID | 77150000 | 405,155 | 344,6 | 13,4 | 25,886 | 12,789 |
| 01/07/2019 08:30 | VALID | 77150000 | 406,251 | 479,6 | 135 | 25,165 | 12,78 |
| 01/07/2019 08:45 | VALID | 77150000 | 410,306 | 481,8 | 2,2 | 24,055 | 12,768 |
| 01/07/2019 09:00 | VALID | 77150000 | 408,95 | 483,6 | 1,8 | 23,426 | 12,767 |
| 01/07/2019 09:15 | VALID | 77150000 | 414,888 | 484,6 | 1 | 23,115 | 12,77 |
| 01/07/2019 09:30 | VALID | 77150000 | 410,335 | 485,8 | 1,2 | 23,022 | 12,766 |
| 01/07/2019 09:45 | VALID | 77150000 | 408,951 | 486,4 | 0,6 | 23,001 | 12,771 |
| 01/07/2019 10:00 | VALID | 77150000 | 408,647 | 487 | 0,6 | 22,898 | 12,762 |
| 01/07/2019 10:15 | VALID | 77150000 | 408,892 | 487,4 | 0,4 | 22,832 | 12,814 |

| date-time | status | SPaServer | Wt_1_Value | SPaServer | INT_PT100 | BATERIA | |
|------------------|--------|-----------|------------|-----------|-----------|---------|--------|
| | | sid | status | PP_Acum | T_int | status | |
| | | | Avg | | | meas | |
| 01/07/2019 00:00 | VALID | 77150000 | 453,485 | 246,2 | 0 | 32,674 | 12,906 |
| 01/07/2019 00:15 | VALID | 77150000 | 453,279 | 246,2 | 0 | 32,337 | 12,907 |
| 01/07/2019 00:30 | VALID | 77150000 | 452,952 | 246,2 | 0 | 32,03 | 12,906 |
| 01/07/2019 00:45 | VALID | 77150000 | 452,546 | 246,2 | 0 | 31,737 | 12,908 |
| 01/07/2019 01:00 | VALID | 77150000 | 452,423 | 246,2 | 0 | 31,507 | 12,907 |
| 01/07/2019 01:15 | VALID | 77150000 | 451,59 | 246,2 | 0 | 31,436 | 12,905 |
| 01/07/2019 01:30 | VALID | 77150000 | 451,676 | 246,2 | 0 | 31,443 | 12,904 |
| 01/07/2019 01:45 | VALID | 77150000 | 451,431 | 246,2 | 0 | 31,415 | 12,904 |
| 01/07/2019 02:00 | VALID | 77150000 | 451,054 | 246,2 | 0 | 31,439 | 12,902 |
| 01/07/2019 02:15 | VALID | 77150000 | 450,746 | 246,2 | 0 | 31,486 | 12,899 |
| 01/07/2019 02:30 | VALID | 77150000 | 450,58 | 246,2 | 0 | 31,48 | 12,897 |
| 01/07/2019 02:45 | VALID | 77150000 | 450,178 | 246,2 | 0 | 31,45 | 12,896 |
| 01/07/2019 03:00 | VALID | 77150000 | 449,798 | 246,2 | 0 | 31,425 | 12,894 |
| 01/07/2019 03:15 | VALID | 77150000 | 449,886 | 246,2 | 0 | 31,389 | 12,89 |
| 01/07/2019 03:30 | VALID | 77150000 | 446,784 | 246,2 | 0 | 31,036 | 12,887 |
| 01/07/2019 03:45 | VALID | 77150000 | 446,45 | 246,2 | 0 | 29,728 | 12,883 |
| 01/07/2019 06:30 | VALID | 77150000 | 432,041 | 491,4 | 8,4 | 24,212 | 12,901 |
| 01/07/2019 06:45 | VALID | 77150000 | 432,159 | 491,6 | 8,2 | 24,119 | 12,906 |
| 01/07/2019 07:00 | VALID | 77150000 | 432,362 | 491,6 | 0 | 24,114 | 12,901 |
| 01/07/2019 07:15 | VALID | 77150000 | 433,506 | 492,6 | 0 | 24,142 | 12,899 |
| 01/07/2019 07:30 | VALID | 77150000 | 433,677 | 491,6 | 0 | 24,212 | 12,897 |
| 01/07/2019 07:45 | VALID | 77150000 | 432,75 | 491,6 | 0 | 24,302 | 12,899 |
| 01/07/2019 08:00 | VALID | 77150000 | 432,798 | 491,6 | 0 | 24,519 | 12,894 |
| 01/07/2019 08:15 | VALID | 77150000 | 433,751 | 491,6 | 0 | 24,679 | 12,891 |
| 01/07/2019 08:30 | VALID | 77150000 | 436,127 | 538,4 | 48,8 | 24,644 | 12,888 |
| 01/07/2019 08:45 | VALID | 77150000 | 436,996 | 508 | 20,8 | 24,021 | 12,884 |
| 01/07/2019 09:00 | VALID | 77150000 | 441,526 | 610,4 | 22,4 | 23,138 | 12,883 |
| 01/07/2019 09:15 | VALID | 77150000 | 446,021 | 624,8 | 24,4 | 22,529 | 12,878 |
| 01/07/2019 09:30 | VALID | 77150000 | 443,857 | 635,8 | 11 | 22,108 | 12,871 |
| 01/07/2019 09:45 | VALID | 77150000 | 444,197 | 640,4 | 4,6 | 21,999 | 12,869 |
| 01/07/2019 04:00 | VALID | 77150000 | 445,361 | 644 | 3,6 | 21,227 | 12,861 |
| 01/07/2019 04:15 | VALID | 77150000 | 446,622 | 644 | 0 | 21,09 | 12,854 |
| 01/07/2019 04:30 | VALID | 77150000 | 447,573 | 644 | 0 | 21,214 | 12,849 |
| 01/07/2019 04:45 | VALID | 77150000 | 446,813 | 644,8 | 5,8 | 21,438 | 12,841 |

Figura 5 – Retrives dos dados da PCD de Uruguaiiana no evento de janeiro de 2019

RESULTADOS

A etapa de consistência das análises de intensidades para as durações de 15min, 30min, 60min, 1hora, 2 horas, 3 horas, 4 horas, 6 horas, 8 horas, 12 horas, 14 horas e 24horas foi a etapa onde pode-se evidenciar a presença de erros, pois as intensidades de 540mm/h e 296,8mm/h ficaram totalmente fora dos padrões. Foram extraídos dois erros da serie automática de dados. A curva de totais acumulados da PCD Uruguaiiana, após a correção, ficou aderentes às demais curvas dos pluviômetros automáticos da região (Figura 6). As intensidades ficaram dentro do esperado para o evento. O objetivo final da análise e correção dos dados automáticos é estimar o tempo de retorno ou a frequência de ocorrência dos eventos de chuva ocorridos no mês de janeiro de 2019, na bacia do rio Uruguai. Na próxima etapa serão elaboradas equações intensidade-duração-frequência (IDF), utilizando metodologia descrita em Pinto (2013).

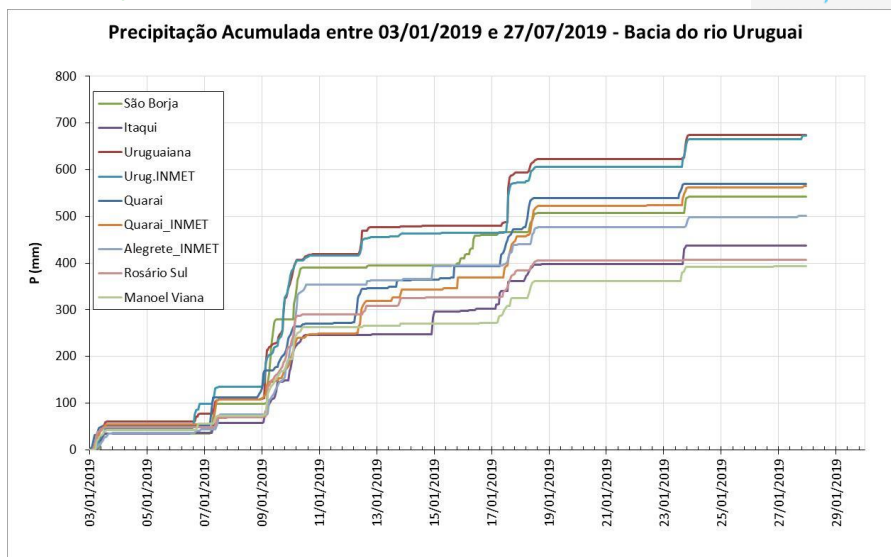


Figura 6 – Comportamento das chuvas acumuladas na Bacia do rio Uruguai após correção nos dados da PCD de Uruguiana, evento de janeiro de 2019

Tabela 2 – Cálculo das intensidades no pluviômetro automático de Uruguiana, após correção nos dados da PCD de Uruguiana

| Duração | P (mm) | i (mm/h) | Data Pesquisa | Data-Hora Início* |
|----------|--------|----------|------------------|-------------------|
| 15 min | 46,8 | 187,2 | 09/01/2019 02:30 | 09/01/2019 02:15 |
| 30 min | 46,8 | 93,6 | 09/01/2019 02:15 | 09/01/2019 02:00 |
| 1 hora | 83,6 | 83,6 | 09/01/2019 02:30 | 09/01/2019 02:15 |
| 2 horas | 102,8 | 51,4 | 09/01/2019 02:15 | 09/01/2019 02:00 |
| 3 horas | 105,6 | 35,2 | 09/01/2019 02:30 | 09/01/2019 02:15 |
| 4 horas | 109,8 | 27,5 | 09/01/2019 02:30 | 09/01/2019 02:15 |
| 6 horas | 113,6 | 18,9 | 09/01/2019 02:30 | 09/01/2019 02:15 |
| 8 horas | 116,8 | 14,6 | 09/01/2019 02:30 | 09/01/2019 02:15 |
| 12 horas | 153,2 | 12,8 | 09/01/2019 16:45 | 09/01/2019 16:30 |
| 14 horas | 163,6 | 11,7 | 09/01/2019 13:30 | 09/01/2019 13:15 |
| 24 horas | 277,2 | 11,6 | 09/01/2019 02:30 | 09/01/2019 02:15 |

*Subtrai-se 15 minutos da data pesquisa nos dados

COMENTÁRIOS FINAIS E RECOMENDAÇÕES

Superestimativas de dados de chuva automáticos não são comuns. Segundo Braga, Fernandes *et al* (2007) os equipamentos automáticos tendem a apresentar alturas de chuva inferiores aos convencionais; os sub-valores são encontrados devido a vários controles e também pela intensidade dos eventos convectivos. No evento analisado, além dos erros no pluviômetro de Uruguiana, foram detectados problemas no pluviômetro automático de Alegrete, com a perda do registro do evento, contudo o SAH-Uruguai emitiu 55 boletins com previsões de nível para os municípios Uruguiana, Itaqui, São Borja, Alegrete, Manoel Viana e Rosário do Sul. 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 até 17 horas de antecedência.

Recomenda-se rever as instalações a fim de respeitar minimamente as recomendações da WMO que são: na instalação escolher preferencialmente uma área aberta, longe de obstáculos (edificações, árvores), montar em um mastro, com o topo do pluviômetro acima do poste e com 1,5m de altura, fixar o mastro dentro do cercado meteorológico, nivelar o topo do pluviômetro, na manutenção/calibração do pluviômetro automático antes e depois da limpeza, limpeza, renivelamento, ancoragem e limpeza da área. Salienta-se ainda a necessidade de padronização no cálculo dos acumulados de 24h de chuvas, pois para estações convencionais utilizamos 07-07h e para as automáticas existe a recomendação da Agência em utilizar, na RHN e RHNR, 24-24h; bem como a realização de análise de consistência preliminar antes da publicação e disponibilização dos dados, no HIDRO.

Recomenda-se também a instalação de algum sistema de medição de chuva próximo às estações automáticas que não tenham pluviômetros convencionais associados, não necessariamente sistemas de acúmulo diário e sob dependência de um observador, mas que tenham o objetivo de balizar os registros acumulados nos registradores automáticos e direcionar a consistência e correções de eventuais falhas operacionais.

REFERÊNCIAS

- ANA. Agência Nacional de Águas. Orientações para consistência de dados pluviométricos. 19p. Brasília, 2012
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Dados meteorológicos. Estações automáticas. <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>> Acesso em março de 2019.
- PFAFSTETTER, O. *Chuvas intensas no Brasil. Relação entre Precipitação, Duração e Frequência de chuvas em 98 postos com pluviógrafos*. Rio de Janeiro. Departamento Nacional de Obras de Saneamento, 2ª ed., 1982. 1ª ed. 1957.
- PINTO, E. J. A. *Metodologia para definição das equações Intensidade-Duração-Frequência do Projeto Atlas Pluviométrico*. CPRM. Belo Horizonte. Mar, 2013.
- Braga S.M., Delarizza R.A., Santos I., Fernandes V.S. XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, ABRH 2007. *Avaliação da performance de pluviômetros de Bâscula: técnicas para a realização de ensaios pluviométricos em laboratório*.
- SEARCY, J. K.; HARDISON, C. H. Double-mass curve, Manual de Hydrology: Part 1, General Surface – Water techniques, USGS, USA, 1960
- WMO - World Meteorological Organization. *Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation*. 6d. WMO N.8. Geneva, 1997.