

Intercomparação Laboratorial de Pluviômetros de Bâscula.

Walter Luiz Moreira Tavares⁽¹⁾; Reginaldo Steinbach⁽²⁾; Yoshiaki Sakagami⁽³⁾.

Resumo Expandido

(1) Estudante; Instituto Federal de Santa Catarina; Florianópolis, Santa Catarina; walterluizgpi@gmail.com; (2) Professor; Instituto Federal de Santa Catarina; Florianópolis, Santa Catarina; reginaldo.steinbach@ifsc.edu.br; (3) Professor; Instituto Federal de Santa Catarina; Florianópolis, Santa Catarina; yoshi@ifsc.edu.br;

RESUMO: O objetivo desse trabalho é comparar os resultados da calibração obtido pelo IFSC em relação ao INPE/CPTEC. O procedimento de calibração baseia-se na comparação indireta aos padrões de trabalho (balança e datalogger) do IFSC pelo método gravimétrico, utilizando-se o pluviômetro de bascula e um sistema de aquisição de dados. O aparelho para teste e verificação baseia-se na geração de um fluxo constante de água a partir de um dispositivo hidráulico adequado. Ao final são apresentados os resultados obtidos na comparação dos dados de calibração.

Palavra Chave: calibração da intensidade de chuva, metrologia ambiental, hidrologia, calibração.

INTRODUÇÃO

Estudos sobre mudanças climáticas associadas a eventos extremos têm aumentado significativamente nos últimos anos motivados pelas fatalidades e os enormes prejuízos financeiros causados por esses desastres naturais. No estado de Santa Catarina, chuvas intensas tem sido a principal causa de alagamentos, transbordamento de rios e deslizamentos e, portanto, um sistema confiável de monitoramento principalmente de chuva é de fundamental importância para a pesquisa e prevenção. Esse monitoramento ambiental no estado é realizado pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural (EPAGRI) que possuem instrumentos de medição de precipitação convencional, conhecido como Ville de Paris, ou eletrônico do tipo bascula que é mais comum. O primeiro sistema faz apenas a coleta da chuva diária e, portanto não mede a intensidade de chuva dentro de um intervalo de poucas horas. O segundo utiliza um sistema de bascula, o qual consegue discretizar a intensidade de chuva acumulada em intervalos de poucos minutos. A Figura 01 descreve o funcionamento de um pluviômetro do tipo bascula.

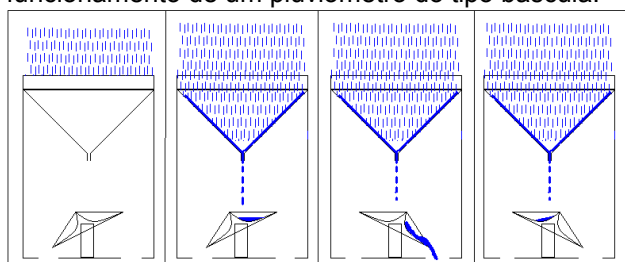


Figura 01: Descrição do funcionamento de um pluviômetro de bascula.

Segundo Humphrey (1996), o pluviômetro de bascula apresenta erros de 5% a 29% quando submetidos a chuvas intensas, ou seja, no momento crítico de um evento de chuva forte, quando a confiabilidade da medida torna-se ainda mais importante, o instrumento apresenta erros mais significativos, ou a resolução temporal da medida não é adequada. A existência de uma densa rede de Pluviômetros justifica a necessidade de métodos e sistemas que permitam a calibração e determinação de incertezas desses transdutores como forma de atender as necessidades desse monitoramento (ALBERTAZZI, 2008). A demanda por medir não apenas o total de chuva diário, mas também a intensidade de chuva em intervalos de tempo na escala de fenômenos de micro e meso escala tem ocorrido na última década. Os primeiros estudos de intercomparação de pluviômetros para intensidade de chuva têm ocorrido em laboratório (LANZA et. al., 2005) e em campo (LANZA, 2009). No Brasil, uma das principais iniciativas para o desenvolvimento de sistemas de calibração ambiental tem sido realizada pelo INPE/CPTEC (SANTANA, 2010). Em Santa Catarina, os primeiros estudos de calibração de pluviômetros estão sendo realizados pelo Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC) através dos Cursos Técnico de Meteorologia e Superior em Tecnologia em Mecatrônica Industrial (SAKAGAMI, 2012). Esse trabalho trata-se da continuidade de um estudo sobre a verificação de erros em pluviômetros de básculas. O projeto anterior resultou no desenvolvimento de um sistema de calibração de pluviômetros e os primeiros resultados foram apresentados no Congresso Brasileiro de Meteorologia de 2012. Um segundo artigo que

compara quatro pluviômetros foi submetido para o Congresso Internacional de Engenharia Mecânica de 2013. Neste trabalho, o objetivo é realizar uma inter comparação laboratorial de pluviômetros do tipo balsa e deste modo comparar os seus erros conforme metodologia recomendada pela Organização Meteorológica Mundial (LANZA et al., 2005). Nesse projeto haverá a colaboração do Centro de Previsão de Tempo e Estudo Climáticos (CPTEC) para essa intercomparação laboratorial e da Epagri/Ciram no empréstimo do pluviômetro de balsa.

METODOLOGIA

A metodologia de desenvolvimento do projeto foi organizada em cinco fases de forma sequencial. Na primeira fase foi realizada uma revisão bibliográfica sobre os sistemas de calibração de pluviômetros desenvolvidos atualmente. Na segunda fase, foram adquiridos os materiais que contribuiriam no melhoramento e automação do sistema de calibração de pluviômetros; e de realização de serviços de calibração da balsa. Na terceira fase do projeto foram realizados os experimentos de calibração, de dois pluviômetros da Epagri, sendo uma calibração realizada no Laboratório de Instrumentação Meteorológica do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do INPE e outra calibração no Núcleo de Engenharia de Redes e Sistemas Distribuídos do IFSC. A calibração seguiu a metodologia recomendada pela WMO, os testes com os novos componentes serviram para definir a melhor configuração de calibração. Na quarta fase, foi realizado o processamento dos resultados da calibração. Por fim, a última etapa consiste em gerar a documentação dos resultados obtidos nesse trabalho.

Aparato

O sistema de calibração foi baseado em outros três padrões aprovados por órgãos reconhecidos internacionalmente (LANZA et al., 2005). O aparato usa uma balsa Bel Engineering, modelo MARK K32.1, um datalogger Campbell Scientific Inc., modelo CR1000, um reservatório d'água, sete válvulas ajustadas para fornecer níveis constantes de fluxo de água, e um motor que realiza o ajuste fino da vazão de água através da variação da altura da coluna d'água. O fluxo é monitorado pela balsa, com resolução de 0,1g, o valor da leitura é enviado constantemente a cada 0,3s via serial (RS232) o pluviômetro é colocado em cima da balsa, toda a água que passa por ele e é armazenada em um segundo reservatório

posicionado também sobre a balsa. Todas as leituras (balsa e pluviômetro) são registrados pelo datalogger e transmitidos em tempo real para um computador. O reservatório foi projetado para gerar um fluxo d'água constante simulando chuva em laboratório, podendo assim, regular sua intensidade. O sistema completo está mostrado na Figura 02.



Figura 02: Aparato de Calibração.

Metodologia

O aparato está configurado para registrar a massa de água que passa nas básculas do pluviômetro e o intervalo de tempo entre suas basculadas. Assim, a referência de intensidade de chuva (R_{Iref}) pode ser calculada por meio da diferença de massa de água, dividido pelo tempo entre as basculadas, como mostrado na Eq. (1). Os resultados também são convertidos de [g/s] (gramas por segundo) em [mm/h] (milímetros por hora), que é a unidade mais utilizado em todo o mundo.

$$R_{Iref} = \frac{\sum_{t=1}^n mass(t) - mass(t-1)}{\sum_{t=1}^n \Delta t(t)} \quad (1)$$

A intensidade da chuva medida (R_{Imes}) é calculada pela resolução das basculadas dividido

pelo intervalo de tempo entre cada basculada, ver Eq. (2).

$$RI_{mes} = \frac{\sum_{t=1}^n t i p(t)}{\sum_{t=1}^n \Delta t(t)} \quad (2)$$

Cada pluviômetro é analisado em sete conjunto de pontos que variam entre 30mm/h e 180mm/h, conforme recomendado por Lanza (2005). Cada ponto definido é calculado a partir de cinco conjuntos de vinte basculadas. A porcentagem de erro do pluviômetro é calculada pela diferença entre o RI_{ref} e RI_{mes} como mostrado na Eq. (3).

$$Erro = \frac{RI_{mes} - RI_{ref}}{RI_{ref}} \quad (3)$$

A avaliação da incerteza RI depende a incerteza das medições do peso (w) e o intervalo de tempo (t). Ele é calculado de acordo com a ISO GUM - Guia para a Expressão da Incerteza de Medição (Lanza, 2005, Santana, 2010 e ISO, 2008).

A incerteza expandida (U) é baseada na combinação da incerteza padrão e do fator de abrangência (k) para um nível confidencial de 95,45% (ISO, 2008). Os experimentos foram realizados ao longo de março e abril de 2014 e cada pluviômetro foi calibrado de acordo com a metodologia descrita acima. Os dados resultantes da calibração de cada pluviômetro foram recolhidos e os dados ruins que resultaram em fluxo instável foram filtrados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dois pluviômetros foram submetidos a ensaios de calibração no tanto no INPE/CPTEC, quanto no IFSC.

Quando foram iniciados os processos de calibração, cada pluviômetro levava em média 7 dias para ser calibrado.

A cada ensaio foram analisados os resultados, e planejados os melhoramentos na automação da bancada a fim de obter melhor desempenho tanto na qualidade quanto no tempo de cada ensaio.

Atualmente um processo de calibração está durando em média 2 dias.

As tabelas 1 e 2 apresentam respectivamente os resultados da obtidos na calibração realizada no INPE/CPTEC, e os o obtidos por meio da bancada de calibração de pluviômetros desenvolvida no IFSC, para um dos pluviômetros.

Tabela 1 – Resultado da Calibração INPE/CPTEC

RESULTADO DA CALIBRAÇÃO (acumulado)						
Ponto	Bascu- das	Quantid- ade Espera- da mm	Quantida- de Medida mm	Correção [%]	Incerteza Expandida Percentual da Calibração [%]	Fator de Abrangên- cia k
[.]						
1	1	0.200	0.220	-9.10	4.40	2.00
2	2	0.400	0.460	-13.00	3.80	2.01
3	5	1.000	1.140	-12.30	2.90	2.01
4	10	2.000	2.300	-13.00	2.60	2.01
5	20	4.000	4.550	-12.10	3.50	2.01
6	50	10.000	11.360	-12.00	2.30	2.01
7	100	20.000	22.850	-12.50	3.00	2.00

Tabela 2 – Resultado da Calibração IFSC

RESULTADO DA CALIBRAÇÃO (acumulado)						
Ponto	Bascu- das	Quantid- ade Espera- da mm	Quantida- de Medida mm	Correção [%]	Incerteza Expandida Percentual da Calibração [%]	Fator de Abrangê- ncia k
[.]						
1	1	0.200	0.217	-8.27	4.10	2.00
2	2	0.400	0.418	-4.48	4.09	2.01
3	5	1.000	1.028	-2.82	2.92	2.01
4	10	2.000	2.043	-2.14	1.38	2.01
5	20	4.000	4.103	-2.58	0.98	2.00
6	50	10.000	10.271	-2.71	0.82	2.00
7	100	20.000	20.469	-2.35	0.88	2.00

Como podemos analisar nas tabelas 1 e 2 foram obtidos resultados significativos na comparação entre os dois processos de calibração.

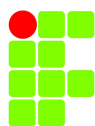
O índice de correção, apesar de apresentar uma diferença considerável apresenta uma boa repetibilidade.

A incerteza expandida também apresentou resultados equivalentes. Como é comum em pluviômetros de balsa obteve-se uma incerteza maior na medição para pequenos volumes de chuva.

CONCLUSÕES

Esse trabalho teve como objetivo o estudo de comparação entre os processos de calibração de pluviômetros através de um sistema de verificação de intensidade de chuvas desenvolvido pelo IFSC e do do INPE/CPTEC.

O sistema desenvolvido pelo ifsc apresentou desempenho muito satisfatório e obteve-se um grande avanço quanto ao tempo para realização de



cada ensaio.

A automação da bancada permitiu realizar u ajuste mais preciso da intensidade de chuva.

Os valores de erro de cada pluviômetros estão de acordo com a literatura pesquisada. Este sistema está em fase de desenvolvimento e os resultados presentes neste trabalho podem contribuir para o desenvolvimento de uma metodologia padrão e estabelecer a rastreabilidade para esta aplicação.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao IFSC e CNPq (Universal Projeto 12/2013/PRPPGI)) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

a. Periódicos:

HUMPHREY, M, D.; ISTO, K J, D,. A New Method for Automated Dynamic Calibration of Tipping-Bucket Rain Gauges. J. Atmos. Oc. Techn, v.14, p. 1513-1519, 1996.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARD (ISO). Evaluation of Measurement data – Guide to the Expression for Uncertainty in Measurement. JCGM, Geneva, 2008.

LANZA, L. G., Leroy, M., Alexandropoulos, C., Stagi, L., and Wauben, W.: WMO Laboratory Intercomparison of Rainfall Intensity Gauges – Final Report, IOM Report No 84, WMO/TD No 1304, 2005.

LANZA, L. G. and Vuerich, E. The WMO Field Intercomparison of Rain Intensity Gauges, Amos. Res., v. 4, p. 534–543, 2009.

SAKAGAMI, Y. ; REGIS, A. ; DIAS, R. ; MACHADO, J. ; SANATA, M. A.A. ; GUIMARAES, P. L.O. ; HAAS, R. . Desenvolvimento de um sistema de verificação de pluviômetros de balança.. In: XVII CBMET, 2012, Gramado. XVII CBMET, 2012.

b. Livro:

ALBERTAZZI, Armando; SOUZA, André Roberto. Fundamentos da Metrologia Científica e Industrial. Barueri, SP: Manoel, 2008.

d. Trabalho em Anais:

SANTANA, A, A, M; Guimarães L, O, P; Silva M, C. Pesquisa aplicada e implementação da calibração de sensores e medidores de chuva. IN: ENQUALAB, 10., 2010, São Paulo. WMO, 2007.

d. Manuais:

Bel Engineering. Manual de uso Balança MARK Serie M, São Paulo, 2008.

Campbell Scientific Inc., Measurement and Control System Operator's Manual CR800, Logan, 2007.