

AVALIAÇÃO DA PERFORMANCE DE PLUVIÔMETROS AUTOMÁTICOS NÃO CONVENCIONAIS EM CAMPO

Sérgio Michelotto Braga^{1}; Artur Sass Braga², Cristóvão Vicente Scapulatempo Fernandes³,
Itamar Adilson Moreira⁴, Camila Freitas⁵ e Mônica Irion Almeida⁶*

Resumo – Relatos de erros de sub medição de pluviômetros de balança convencionais durante a ocorrência de eventos de precipitação intensa incentivam a busca por equipamentos com melhor desempenho. O presente trabalho apresenta uma avaliação de performance de dois pluviômetros tecnologicamente mais avançados – o pluviômetro de balança e o pluviômetro de básculas eletronicamente compensado. Testes em laboratório e em campo demonstram que ambos os equipamentos oferecem medidas mais precisas durante eventos de precipitação intensa. Entretanto, novas fontes de erros foram identificadas, estendendo a discussão a respeito dos métodos de medição automática da precipitação atmosférica.

Palavras-Chave – Pluviômetros, Monitoramento Automático, Calibração.

LAB AND FIELD EVALUATION OF THE PERFORMANCE OF NON CONVENTIONAL AUTOMATIC RAIN GAUGES

Abstract – It is currently accepted that tipping buckets rain gauges, which are widely used in hydrological and weather monitoring stations, underestimate heavy rain measurements. New technologies are being introduced to achieve more precise rain data, rising questions about its accuracy. This paper presents results for laboratory and field tests carried on two new rain gauge technologies – the weight rain gauge and the microprocessed tipping bucket rain gauge.

Keywords – Rain Gauge, Weight Rain Gauge, Compensated Tipping Bucket.

INTRODUÇÃO

Medidas automáticas de precipitação atmosférica são realizadas principalmente por pluviômetros de básculas convencionais, aparelhos que registram pulsos produzidos por um mecanismo basculante durante um evento de precipitação que são convertidos em milímetros através de uma relação linear. Entretanto, pesquisas apontam possíveis erros de sub medição dos equipamentos durante a ocorrência de eventos de precipitação intensa [Nystuen (1999); Habib *et all* (2001); Braga *et all* (2007)], erros estes que, por possuírem característica acumulativa, podem distorcer a real magnitude dos eventos de precipitação em análise.

Diante dos problemas de medições nos pluviômetros de balança convencionais, alguns fabricantes desenvolveram equipamentos alternativos buscando obter um melhor desempenho de medição. Estes equipamentos podem ser classificados em duas categorias, a saber: 1) aparelhos que procuram melhorar o desempenho de pluviômetros de balança pela introdução de um dispositivo microprocessado que corrige automaticamente as leituras; 2) aparelhos que utilizam outros processos de medição. Nesta segunda categoria enquadram-se pluviômetros de balança,

¹ Mestre, Professor assistente do Departamento de Hidráulica e Saneamento – UFPR (sergio.dhs@ufpr.br).

² Aluno de Mestrado no Programa de Pós Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental – UFPR; (asb08@fisica.ufpr.br).

³ PhD, Professor associado do Departamento de Hidráulica e Saneamento – UFPR (cris.dhs@ufpr.br).

⁴ Coordenador de Infraestrutura do Instituto Tecnológico SIMEPAR (itamar@simepar.br).

⁵ Engenheira de Recursos Hídricos do COPEL – Companhia Paranaense de Energia (Camila.freitas@copel.com).

⁶ Engenheira de Recursos Hídricos do COPEL – Companhia Paranaense de Energia (Camila.freitas@copel.com).

interferômetros, disdrômetros e entre outras tecnologias com princípios físicos alternativos ao acúmulo de água em básculas.

O presente trabalho apresenta o resultado de análises realizadas com dois modelos de pluviômetros automáticos não convencionais. O primeiro é um pluviômetro automático de balança, aqui denominado pluviômetro A (categoria 2); e o segundo é um pluviômetro automático de básculas com compensação eletrônica, denominado pluviômetro B (categoria 1).

O pluviômetro A, têm seu princípio de operação baseado na pesagem contínua do volume de água que, por meio da precipitação, foi acumulado em seu balde coletor. O equipamento tem um limite de capacidade de acúmulo de precipitação de até 1500 milímetros. Como não existem formas de descarte da água coletada o esvaziamento se dá ou por meio da evaporação ou por descarte manual.

Já o pluviômetro B, opera de modo semelhante aos pluviômetros de balança convencionais, mas possui um módulo eletrônico microprocessado responsável por compensar os erros de submedição. O equipamento em questão já foi testado em laboratório [Braga *et al* (2008)], situação que revelou um desempenho superior do aparelho em relação à pluviômetros convencionais durante eventos de precipitação intensa.

METODOLOGIA

A avaliação dos aparelhos foi realizada em duas etapas. A primeira etapa foi realizada em laboratório, sendo exclusiva do pluviômetro A, uma vez que já existem informações sobre desempenho do pluviômetro B em laboratório. Os testes foram realizados através do uso de uma bancada de bombas peristálticas, capazes de simular, repetida e precisamente, eventos de precipitação com intensidade variando entre 1 e 200 milímetros por hora. Na segunda etapa foram realizados testes em campo, onde os equipamentos foram instalados na área da estação meteorológica do INMET – Curitiba, localizada no Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná.

Testes em Laboratório

Os testes em laboratório foram realizados apenas com o pluviômetro A, uma vez que os mesmos testes laboratoriais haviam sido realizados no pluviômetro B (Braga *et al*, 2008). Para o pluviômetro A foram escolhidas faixas de intensidade de precipitação, a saber: 1, 2, 5, 8, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 120, 140, 150, 160, 180 e 200 milímetros por hora; sendo realizados cinco testes por faixa, totalizando 100 testes.

Os testes foram realizados em uma bancada equipada com cinco bombas peristálticas modelo Nutrimat II. Cada uma destas bombas pode ser regulada para produzir vazões constantes entre zero e um litro por hora, o que, para os pluviômetros testados representa uma faixa de variação de 0,2 e 250 milímetros por hora.

A verificação do volume despejado foi realizada através da pesagem do balde do equipamento, realizada por meio uma balança eletrônica com capacidade para 10 kg e precisão de 1,0 g (marca Bioscale – modelo YP-B100001), nova.

O tempo de duração escolhido para os testes em laboratório foi de 30 minutos para precipitações superiores a 10 milímetros por hora e 60 minutos para precipitações abaixo deste patamar.

Testes em Campo

Os pluviômetros A e B foram instalados no Campus Politécnico da Universidade Federal do Paraná, em área contígua à estação meteorológica do INMET⁷. Junto aos equipamentos foi instalado um pluviômetro manual, do tipo *Ville de Paris*, como referência para a precipitação no local que durante o período de testes era lido três vezes ao dia, nos horários: 09:00, 15:00 e 21:00, ou mais frequentemente nos casos de precipitação mais intensa.

O período de testes em campo se estendeu de mar/12 até jul/12, totalizando 119 dias de monitoramento. Na figura 1, pode ser observado o sítio do estudo.

Os equipamentos automáticos foram ligados a um datalogger que realizou o registro e o armazenamento dos dados corretamente com intervalos de um minuto.



Figura 1 – Equipamentos instalados em campo junto à estação meteorológica de Curitiba do INMET.

RESULTADOS

Testes em Laboratório

Durante os testes em laboratório o pluviômetro A demonstrou bom desempenho. Ao se confrontarem os resultados medidos pelo aparelho com os volumes bombeados aferidos pela balança de precisão, a diferença foi inferior a 2% para a grande maioria das faixas de precipitação, o que pode ser observado na figura 2.

Pode ser observada também uma leve tendência crescente de *sub medição* em função da intensidade de precipitação.

Os resultados foram reunidos em faixas de intensidade de precipitação (figura 3). Pode-se observar que os maiores erros médios encontram-se na faixa de intensidade de precipitação entre 50

⁷ Instituto Nacional de Meteorologia.

até 100 milímetros por hora e a maior dispersão se encontra na faixa mais alta, de 150 a 200 milímetros por hora. Pode-se visualizar também na figura 3 que na faixa de 100 a 150 milímetros por hora o equipamento apresentou os melhores resultados, com erros inferiores a 1% e grande repetibilidade.

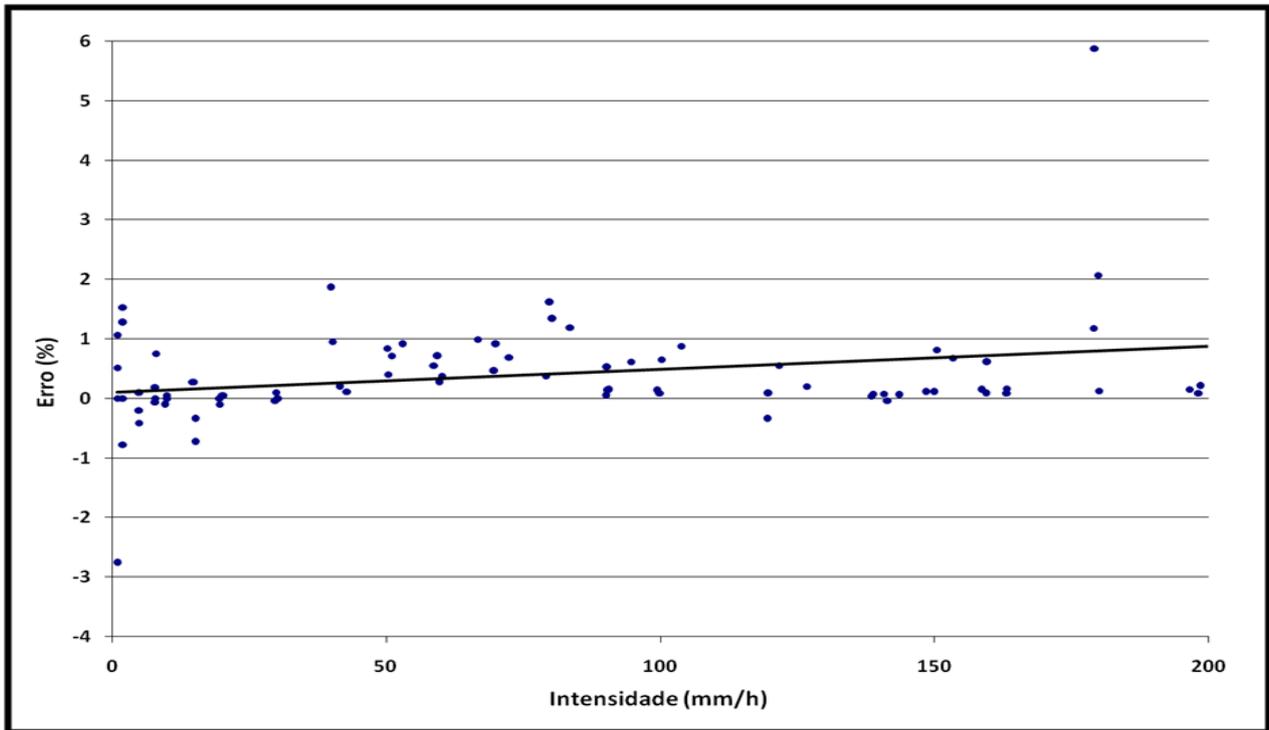


Figura 2 – Erros percentuais do pluviômetro A em relação aos volumes medidos no recipiente.

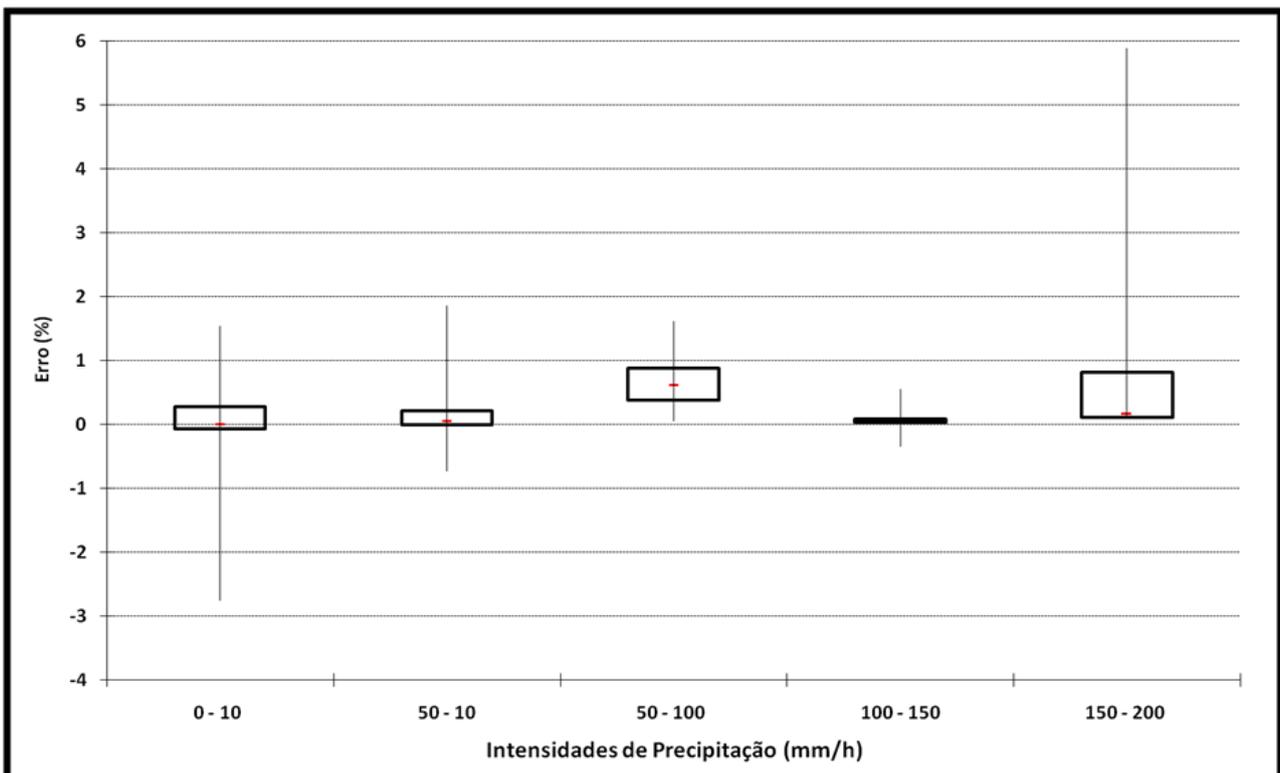


Figura 3 – Distribuição estatística dos erros percentuais em relação aos volumes medidos no recipiente.

Testes em Campo

O período total de testes foi de 119 dias, nos quais foram acumulados 541.4 milímetros de precipitação pelo pluviômetro manual tipo *Ville de Paris*. Os pluviômetros automáticos A e B acumularam respectivamente 510.67 e 542.6 milímetros de precipitação, de modo que seus erros percentuais foram de 5.7% de *sub medição* para o pluviômetro de balança (A) e 0.2% de *sobre medição* para o pluviômetro de báscula microprocessado (B).

Na figura 4 pode se visualizar graficamente a precipitação acumulada dos equipamentos ao longo dos testes em campo no período total de análise.

Para destacar o desempenho dos equipamentos em campo os eventos foram separados em três faixas de intensidade, utilizando-se de 8h sem precipitação como critério para definição do encerramento de um evento. Por meio deste critério a série foi separada em 40 eventos distintos.

A partir da separação dos eventos foram classificados *fracos* os eventos que tiveram acúmulo inferior a 10 milímetros de precipitação, já os eventos *médios* compreenderam a faixa entre 10 milímetros e 50 milímetros e os eventos com acúmulo de precipitação superior a 50 milímetros foram classificados como *fortes*.

Dos 40 eventos foram classificados dois eventos *fortes*, 11 eventos *médios* e 27 eventos *fracos*. Apenas os dois eventos *fortes* somaram 41% de toda precipitação acumulada durante os testes, sendo que em cada evento foram acumulados mais de 100 milímetros. Já os eventos *médios* totalizaram aproximadamente 50% do total acumulado, restando apenas 9% de precipitação acumulada em eventos *fracos*.

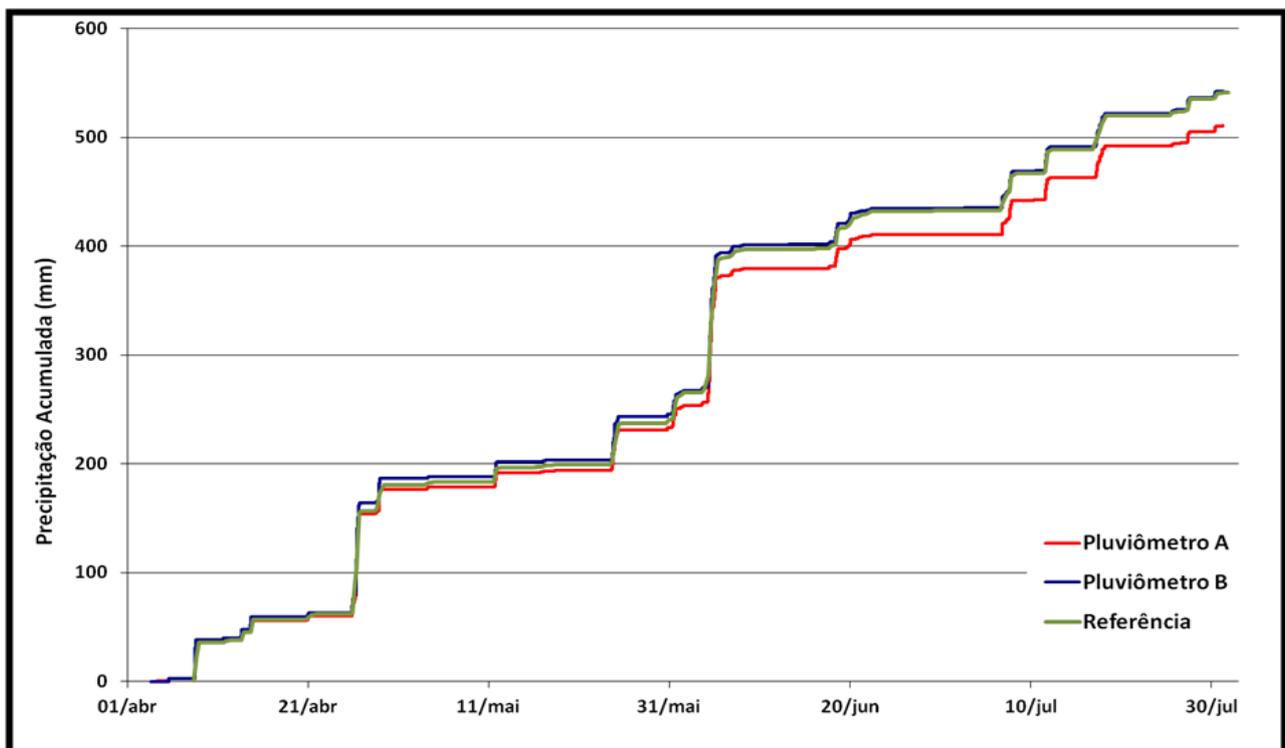


Figura 4 – Distribuição de precipitações acumuladas no período completo.

A figura 5 apresenta um gráfico de dispersão estatística dos erros dos pluviômetros em campo em função da classificação em eventos. No gráfico destaca-se o excessivo erro percentual em relação às precipitações de baixa intensidade, que decorre principalmente da pequena quantidade de água acumulada em cada evento, tornando o erro de poucos milímetros percentualmente alto. Já em

relação aos erros ocorridos em precipitações de alta intensidade nota-se que o pluviômetro B apresenta uma mudança de comportamento e passa a sobre medir a precipitação.

Diante da precipitação acumulada em eventos *fracos* ser menor de 10% do total, os maiores erros percentuais dos equipamentos na prática se tornam poucos milímetros de diferença quando analisados em conjunto dos eventos *médios* e *fortes*, sendo pouco significativos no desempenho total dos aparelhos.

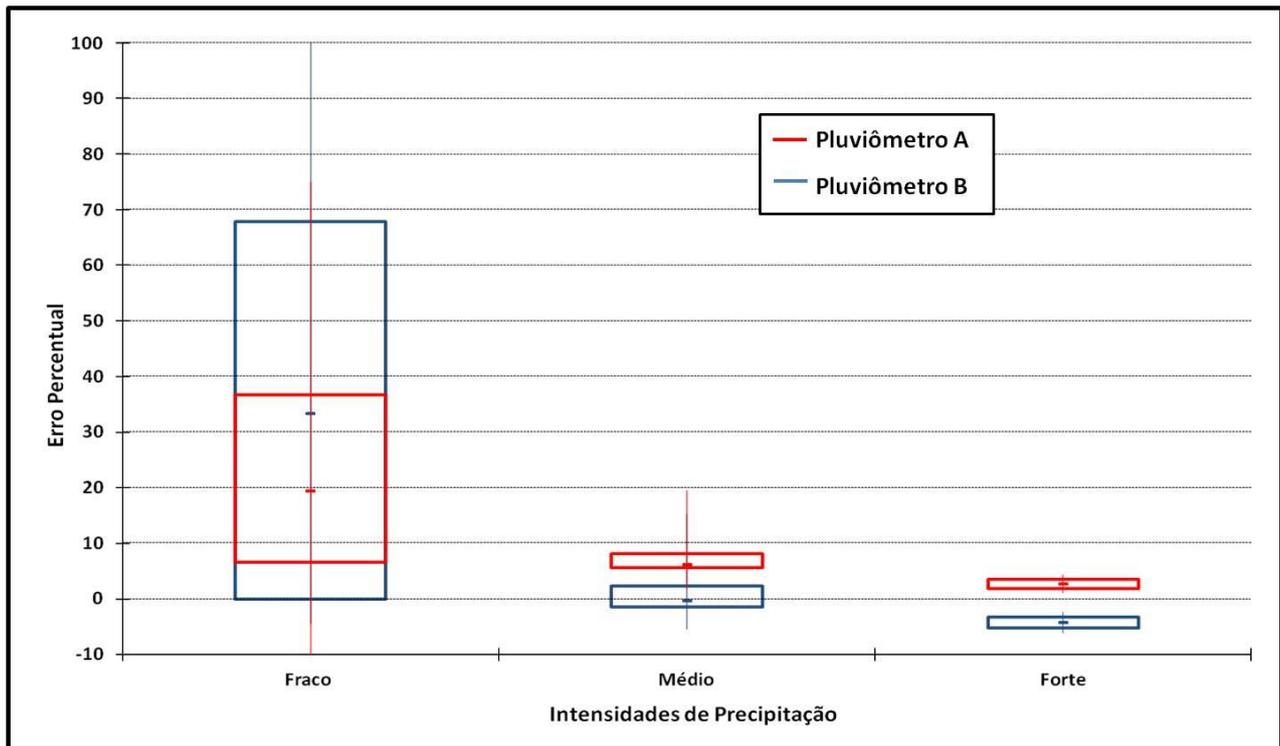


Figura 5 – Distribuição estatística dos erros nos testes em campo separados por eventos.

Em relação ao comportamento de *sobre medição* do pluviômetro B destaca-se que as medidas que superestimam a precipitação compensam os erros de *sub medição* ocorridos em outras faixas de intensidade, situação que não ocorre com o pluviômetro A. Entretanto, a principal diferença de performance dos equipamentos ocorreu durante as precipitações classificadas de média intensidade, onde os erros acumulados foram de 7% para o pluviômetro A contra menos de 1% de erros do pluviômetro B.

Dessa forma, os eventos médios e fortes, que compreenderam mais de 90% de toda precipitação acumulada, distanciaram a qualidade de medida dos equipamentos na análise do período completo acumulado.

CONCLUSÃO

O pluviômetro A (pesagem contínua – tipo 2) demonstrou bom desempenho na medição da precipitação atmosférica simulada em laboratório, com erros médios inferiores a 1%.

Em campo, porém, o equipamento não manteve a mesma precisão. O erro percentual do equipamento na análise do período completo atingiu 5.7% de *sub medição*, valor que supera o limite estabelecido pelo fabricante (5%).

A análise das diferenças por tipo de evento demonstrou que a faixa de erro mais significativo se deu durante eventos classificados como eventos médios, nos quais foram perdidos pelo pluviômetro A aproximadamente 7% do volume total precipitado.

O pluviômetro B (tipo 1) apresentou uma diferença nos valores acumulados de 0,22% de *sobre medição* em relação aos valores acumulados pela referência. Embora o resultado seja muito bom, a análise do desempenho por faixa de precipitação demonstrou que o aparelho deixou de medir 11,2% em eventos fracos, acertou em eventos médios, e mediu excessivamente em eventos mais fortes (3,9% a mais), o que fez compensar as diferenças no período deste estudo.

Os resultados obtidos, embora sejam indicativos da performance dos modelos testados, não devem ser interpretados como prova definitiva de desempenho. Como os testes em campo foram realizados apenas com uma peça de cada modelo, os resultados deste estudo não devem ser estendidos para além do escopo deste estudo.

REFERÊNCIAS

BRAGA, S.M.; FERNANDES, C.V.S. (2007). “Performance de Sensores de Precipitação do Tipo “Tipping Bucket” (Báscula) – Um Alerta para a Ocorrência de Erros”. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 12, n. 1, pp. 197–204.

BRAGA, S.M.; FERNANDES, C.V.S.; SANTOS, I.; DELARIZZA, R.A. (2007). “Avaliação da Performance de Pluviômetros de Báscula: Técnicas para a Realização de Ensaio Pluviométricos em Laboratório” in Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, São Paulo, Nov 2007, 17p. 1cd.

NYSTUEN, J.A. (1999). “Relative Performance of Rain Gauges Under Different Rainfall Conditions” in Journal of Atmospheric and Ocean Technology, v. 16, p. 1025-1043, 1999.

HABIB, E., KRAJEWSKI, W.F., KRUGER, A. (2001). “Sampling Errors of Tipping-Bucket Rain Gauge Measurements”. In Journal of Hydrologic Engineering, v. 6, n. 2, p. 159-166, March/April, 2001.