

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DOS PLUVIÔMETROS AUTOMÁTICOS COM TELEMETRIA, EM COMPARAÇÃO AOS PLUVIÔMETROS CONVENCIONAIS PERTENCENTES À REDE HIDROMETEOROLÓGICA DA CAESB

Vanusa Meireles Gomes Monteiro¹; Eliane Rodrigues de Lima Rocha¹; Lilian Raquel Ribeiro Pacheco²; Suelen Sousa Rodrigues³; Tarcila Neves Generoso¹; Eloneide Meneses de França Arruda¹; Cindy Campos Lewergger⁴ & Pedro Gomes do Nascimento Júnior³

Abstract: El monitoreo de la precipitación constituye la base de muchos estudios ambientales e incluso de cambio climático. Caesb monitorea la precipitación desde la década de 1970 y empezó a utilizar equipos telemétricos en 2018. Por lo tanto, surgió la necesidad de desarrollar este estudio con el objetivo de evaluar el desempeño de los pluviómetros basculantes automáticos. Se analizaron datos de 14 estaciones pluviométricas con equipos convencionales y automáticos, con períodos de datos entre enero de 2019 hasta abril de 2025. Se utilizó el coeficiente de correlación lineal de Pearson (R) para analizar las series históricas comunes a ambos tipos de pluviómetros. Los resultados obtenidos sugieren un desempeño muy bueno de los equipos automáticos en comparación con los equipos convencionales, ya que de las 14 estaciones analizadas, 11 estaciones fueron clasificadas como 'Muy Fuerte' y 3 estaciones como 'Fuerte', en las correlaciones entre datos evaluados. Teniendo en cuenta que los datos brutos sólo han sido objeto de un análisis preliminar, los resultados son bastante satisfactorios. Sin embargo, es importante proseguir estos análisis comparativos para comprobar el grado de fiabilidad de estos equipos automáticos a lo largo de los años.

Resumo: O monitoramento pluviométrico representa a base de muitos estudos ambientais e até de mudanças do clima. A Caesb faz monitoramento de chuva desde a década de 1970 e iniciou a utilização de equipamentos telemétricos em 2018. Assim, surgiu a necessidade de se elaborar o presente estudo com o objetivo de avaliar o desempenho dos pluviômetros automáticos de balança. Foram analisados dados de 14 estações pluviométricas que possuem equipamentos convencionais e automáticos, com período de dados entre janeiro de 2019 até abril de 2025. Foi utilizado o coeficiente de correlação linear de Pearson (R) para análise da série histórica em comum aos dois tipos de pluviômetros. Os resultados alcançados sugerem um desempenho muito bom dos equipamentos automáticos em relação aos convencionais, já que das 14 estações analisadas, 11 estações foram classificadas como 'Muito Forte' e 3 estações como 'Forte', a partir das correlações entre os dados

1) Analista de Sistemas de Saneamento da Companhia de Saneamento Ambiental do DF-Caesb, SAM Área Especial ETA Brasília DF, (61) 3214-7930, vanusagomes@caesb.df.gov.br, (61) 3214-7924, elianelrocha@caesb.df.gov.br, (61) 3214-7928, tarcilageneroso@caesb.df.gov.br, (61) 3214-7925, eloneidefranca@caesb.df.gov.br

2) Estagiária em Engenharia Civil da Companhia de Saneamento Ambiental do DF-Caesb, SAM Área Especial ETA Brasília DF, (61) 3214-7930, lilianpacheco@caesb.df.gov.br

3) Técnica em Sistemas de Saneamento da Companhia de Saneamento Ambiental do DF-Caesb, SAM Área Especial ETA Brasília DF, (61) 3214-7936, suelensousa@caesb.df.gov.br, (61) 3214-7935, pedrojunior@caesb.df.gov.br

4) Estagiária em Engenharia Ambiental da Companhia de Saneamento Ambiental do DF-Caesb, SAM Área Especial ETA Brasília DF, (61) 3214-7930, cindylewergger@caesb.df.gov.br

dos equipamentos analisados. Levando-se em conta que os dados brutos passaram apenas por uma análise preliminar, os resultados são bastante satisfatórios. No entanto, ressalta-se a necessidade da continuidade dessas análises comparativas para se verificar o grau de confiança desses equipamentos automáticos ao longo dos anos.

Palavras-Chave – pluviômetro convencional e automático

1- INTRODUÇÃO

A água é um fator limitante para a sobrevivência e desenvolvimento da vida. Sua manutenção encontra-se intimamente ligada à existência da vida na Terra. Apesar de toda sua notoriedade ao longo da história humana, o estudo da água só começou a tomar forma na Renascença com Da Vinci e outros, Pinto *et al.* (1976).

A coleta de dados hidrológicos é de fundamental importância para a realização de estudos climáticos e ambientais. Informações pluviométricas podem ser utilizadas em diversos tipos de estudos, desde a simples análise do ciclo hidrológico, até grandes simulações sobre mudanças do clima.

Medições de precipitação podem ser obtidas de forma direta, com pluviômetros, ou indireta, quando estimados através de satélites meteorológicos. A forma mais acessível de mensuração da precipitação conta com o auxílio de pluviômetros. Pluviômetros são recipientes que coletam água precipitada e, seguindo algumas dimensões padronizadas, registram as alturas de chuva acumuladas em milímetros. No Brasil, os pluviômetros mais utilizados têm uma estrutura cilíndrica, com área superior de captação da chuva de 400 cm², instalado a uma altura padrão de 1,50 m do solo, distante de casas, árvores e outros obstáculos, Collichonn e Dornelles (2015).

Segundo a classificação do CEMADEN (2023), existem muitos tipos de pluviômetros, sendo eles: os convencionais, os semiautomáticos e os automáticos. Os pluviômetros convencionais armazenam a chuva e sua medição é feita manualmente. Os pluviômetros semiautomáticos medem a chuva, armazenam os dados, e a leitura é feita por meio de um painel digital. Já os pluviômetros automáticos, além de medir a chuva e armazenar os dados, transmitem as informações sobre a quantidade de chuva coletada.

Para fins deste artigo, o pluviômetro semiautomático será chamado apenas de automático, enquanto o automático, segundo classificação do CEMADEN, será chamado de telemétrico ou automático com telemetria. Todos os pluviômetros automáticos e telemétricos utilizados na Caesb-Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal são do tipo báscula.

De acordo com Varejão-Silva (2006), os pluviômetros semiautomáticos de báscula, apesar de registrarem medições de chuva relativamente precisas, podem gerar dados com algumas inconsistências, principalmente em casos de chuvas mais intensas, devido a erros sistemáticos inerentes ao próprio funcionamento mecânico da báscula.

Segundo Sevruck e Klemm (1989), diversos fatores podem influenciar no processo de mensuração das precipitações, principalmente fatores climáticos, do próprio instrumento de medição e processos físicos. Os fatores climáticos podem estar associados a frequência e duração da chuva, a velocidade do vento, o tamanho da gota, a radiação solar, a temperatura do ar e a umidade relativa do ar. Fatores instrumentais ou do equipamento de medição podem ser a forma, a profundidade, a seção transversal, a altura de instalação, o material, a cor, a idade e a insolação a qual o equipamento está submetido. E

por fim, o processo de mensuração da chuva também pode sofrer influência de processos físicos, como a aderência e a deformação do equipamento pelo vento e evaporação.

Um estudo similar foi realizado na Índia por Agnihotri e Panda (2014), e também avalia o desempenho dos pluviômetros convencionais e automáticos. O estudo apresentou tendências pluviométricas semelhantes entre os equipamentos avaliados, além de um desempenho muito bom dos pluviômetros. Além disso, a diferença entre as médias dos dois conjuntos de dados não é estatisticamente significativa, com 95% de confiança.

A correta mensuração de dados climatológicos, entre eles dados de precipitação, é imprescindível tanto para melhorar a gestão de recursos hídricos, quanto para prever eventos climáticos, considerando o tempo de retorno das precipitações. Informações dúbias ou incoerentes podem ser geradoras de graves prejuízos econômicos e sociais.

É essencial, portanto, que os dados incoerentes possam ser corrigidos mediante a calibração de equipamentos, ou, pelo menos, que a incerteza dos resultados obtidos possa ser estimada por meio de medições repetitivas e comparativas com outros dispositivos auxiliares de mesma finalidade, que atuam simultaneamente com o instrumento principal.

Esse artigo tem por objetivo uma avaliação qualitativa dos dados pluviométricos automáticos com telemetria, frente aos dados pluviométricos convencionais pertencentes à rede hidrométrica da Caesb, verificando assim a confiabilidade dos dados obtidos.

2- METODOLOGIA

2.1- Área de estudo

A Rede de Monitoramento Hidrometeorológico da Caesb possui 27 estações pluviométricas ativas, além de estações fluviométricas, climatológicas e sedimentométricas. Com exceção de uma delas, todas as estações pluviométricas possuem no mínimo um equipamento convencional, ou seja, possuem leitura manual diária, às 7 horas da manhã. Boa parte da rede pluviométrica também conta com equipamentos semiautomáticos (sem transmissão de dados) ou automáticos com telemetria, além do convencional. Dentre as estações com equipamentos automáticos (com ou sem transmissão de dados), 17 delas possuem transmissão por telemetria.

A Rede Hidrometeorológica da Caesb está localizada dentro do Distrito Federal-DF quase que em sua totalidade, possuindo apenas algumas estações fora do DF. Com relação a rede

pluviométrica, apenas uma estação está fora do Distrito Federal, conforme pode-se observar na Figura 1.

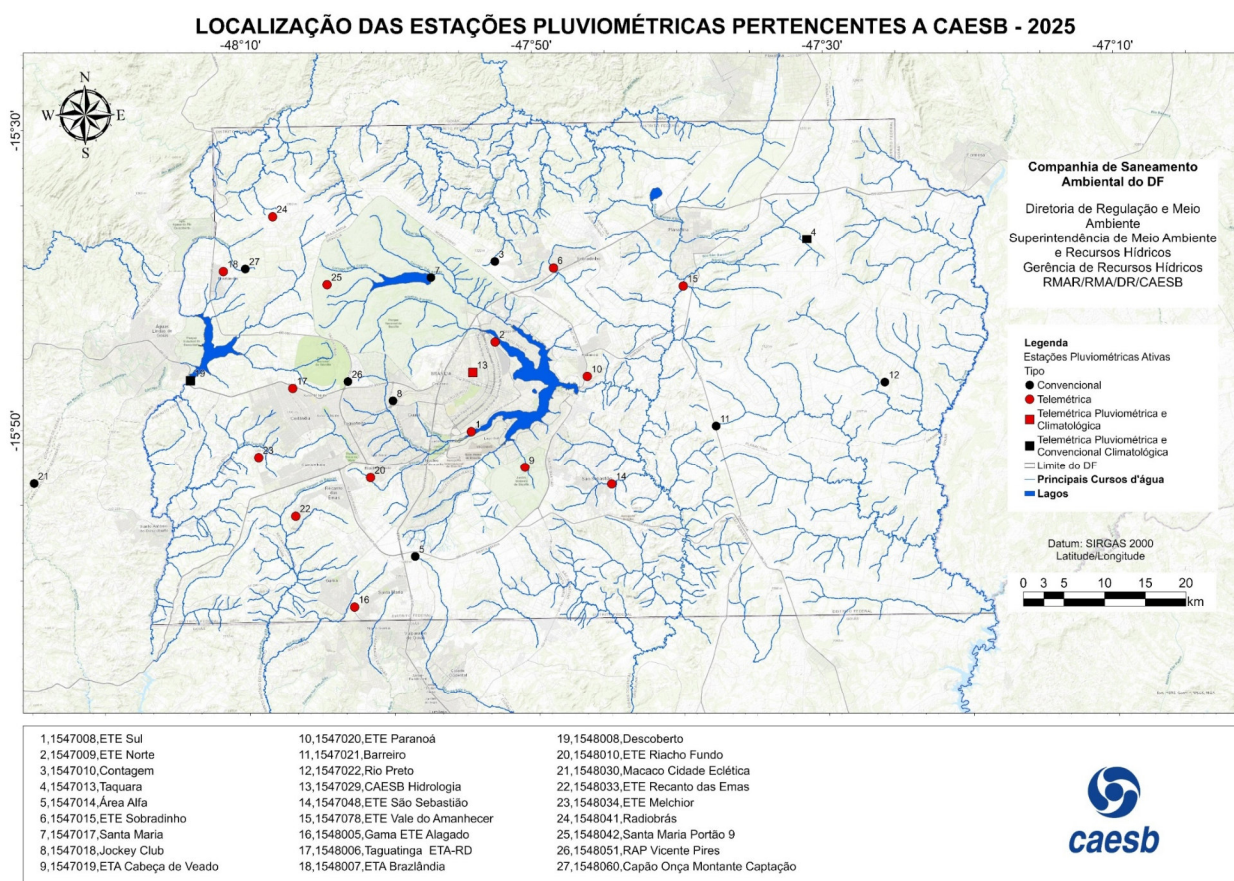


Figura 1: Mapa de localização das estações pluviométricas da Caesb

2.2- Tipos de equipamentos utilizados

O presente estudo utilizou dados somente dos equipamentos convencionais e automáticos com telemetria.

O pluviômetro convencional é do tipo *Ville de Paris*, com características padrões, em aço inoxidável, com 400 cm² de área de captação, com boa capacidade de armazenamento, instalado a uma altura de 1,5 metros da superfície do terreno, conforme Figura 2. A leitura nesse pluviômetro é feita manualmente, uma vez ao dia, às 7 horas da manhã, com a utilização de proveta graduada.

Figura 2: Pluviômetro convencional tipo *Ville de Paris*



Já os equipamentos automáticos com telemetria compõem a Plataforma de Coleta de Dados-PCDs, onde os sensores de chuva são do tipo *Tipping Bucket Parin Gauge* – TBRG, os quais possuem dois pequenos recipientes, tipo caçambas, com sistema de báscula que giram de acordo com a incidência da chuva, e fazem o registro por meio de pulsos elétricos que são registrados em *dataloggers*. Cada oscilação da báscula equivale a 0,20mm de chuva. O registro de chuva nesse pluviômetro é feito de 05 em 05 minutos, sendo que a transmissão do dado ocorre a cada hora, conforme programação.

A Plataforma de Coleta de Dados é composta por *datalogger*, modem, *software*, sistema de comunicação, sistema de alimentação e antena, conforme Figura 3.

Figura 3: Pluviômetro automático com telemetria



2.3- Estações pluviométricas

O presente estudo utilizou os dados de 14 estações da rede pluviométrica da Caesb as quais possuem os dois tipos de equipamentos, o convencional e o telemétrico, e fez a comparação entre o histórico de dados mensais com período em comum, tendo como referência os dados das estações convencionais. As características gerais das estações pluviométricas utilizadas estão descritas na Tabela 1.

Boa parte das estações convencionais possuem histórico longo de dados, com início de monitoramento na década de 1970. Já o monitoramento com equipamentos automáticos com

telemetria foi iniciado em meados de 2018, por esse motivo o estudo utilizou o histórico de dados de janeiro de 2019 a abril de 2025.

Tabela 1: Características das estações pluviométricas

NOME DA ESTAÇÃO	CÓDIGO (ANA)	COORDENADA GEOGRÁFICA	
		Latitude	Longitude
ETE SUL	01547008	15° 50' 29"	47° 54' 31"
ETE NORTE	01547009	15° 44' 36"	47° 52' 38"
ETE SOBRADINHO	01547015	15° 39' 40"	47° 48' 42"
ETA CABEÇA DE VEADO	01547019	15° 53' 27"	47° 50' 44"
ETE PARANOÁ	01547020	15° 47' 48"	47° 47' 01"
CAESB_HIDROLOGIA	01547029	15° 46' 32"	47° 54' 20"
ETE SÃO SEBASTIÃO	01547048	15° 54' 05"	47° 44' 53"
ETE VALE DO AMANHECER	01547078	15° 40' 56"	47° 39' 47"
GAMA ETE ALAGADO	01548005	16° 01' 29"	48° 05' 52"
TAGUATINGA_ETA RD	01548006	15° 47' 23"	48° 06' 46"
ETA BRAZLÂNDIA	01548007	15° 39' 33"	48° 11' 26"
DESCOBERTO	01548008	15° 46' 46"	48° 13' 49"
ETE RIACHO FUNDO_GM 3	01548010	15° 53' 26"	48° 01' 30"
ETE RECANTO DAS EMAS	01548033	15° 55' 55"	48° 06' 42"

2.4- Método de análise da qualidade dos dados

Para a comparação e estudo da qualidade dos dados oriundos das estações automáticas telemétricas, em relação aos dados das estações convencionais, foram feitas algumas análises preliminares nas séries históricas. Foram observados os períodos com falhas e identificados alguns poucos dados duvidosos das estações automáticas. No entanto, não foram realizados preenchimentos de falhas nem a consistência de dados de maneira mais aprofundada, apenas uma análise preliminar para identificação e correção de erros grosseiros.

Quanto a avaliação da correlação entre os dados mensais dos equipamentos convencionais e telemétricos, foi utilizado o coeficiente de correlação de Pearson (R), onde é feita uma associação

linear entre variáveis, com valores que variam de 0 a 1. Segundo Callegari-Jaques (2007), pode ser feita a seguinte categorização dos valores do coeficiente de correlação, conforme Tabela 2.

Tabela 2: Categorização do coeficiente de correlação - Callegari-Jaques (2007)

Coeficiente de Correlação	Classificação
$R = 0$	Nula
$0 < R \leq 0,3 $	Fraca
$ 0,3 < R \leq 0,6 $	Moderada
$ 0,6 < R \leq 0,9 $	Forte
$ 0,9 < R < 1 $	Muito Forte
$R = 1$	Perfeita

3- RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores encontrados para o coeficiente de correlação de cada estação analisada estão descritos na Tabela 3. A maior parte das estações analisadas pode ser classificada com coeficiente de correlação ‘Muito Forte’, segundo a categorização do coeficiente de correlação descrito por Callegari-Jaques (2007).

Tabela 3: Coeficiente de correlação entre estações convencionais e automáticas com telemetria

ESTAÇÕES	COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO	CLASSIFICAÇÃO
ETE SUL	0,95	Muito forte
ETE NORTE	0,98	Muito forte
ETE SOBRADINHO	0,97	Muito forte
ETA CABEÇA DE VEADO	0,97	Muito forte
ETE PARANOÁ	0,94	Muito forte
CAESB_HIDROLOGIA	0,98	Muito forte
ETE SÃO SEBASTIÃO	0,98	Muito forte
ETE VALE DO AMANHECER	0,89	Forte
GAMA ETE ALAGADO	0,97	Muito forte
TAGUATINGA ETA RD	0,97	Muito forte
ETA BRAZLÂNDIA	0,76	Forte
DESCOBERTO	0,98	Muito forte
ETE RIACHO FUNDO GM 3	0,92	Muito forte
ETE RECANTO DAS EMAS	0,89	Forte

Às estações que obtiveram coeficiente de correlação um pouco menor, podem ser atribuídos a presença de dados telemétricos duvidosos em alguns períodos. Esses dados provavelmente foram considerados incoerentes devido a problemas no mecanismo de contagem das basculadas, como obstrução por sujeira ou insetos, que posteriormente, com a manutenção preventiva e/ou corretiva, foram corrigidos.

Outras divergências identificadas estão associadas à totalização da chuva no final do mês, especialmente quando chuvas ocorreram no último dia de cada mês. As leituras no pluviômetro convencional são feitas às 7 horas da manhã, enquanto o registro no pluviômetro telemétrico ocorre a cada 5 minutos. Sendo assim, toda a chuva que cai após às 7h da manhã, do último dia do mês, é computada no pluviômetro automático nesse mesmo dia, enquanto o pluviômetro convencional

registra essa mesma chuva somente no primeiro dia do mês seguinte. Para os casos em que foi identificado esse tipo de situação, foi feita a correção nos dados da chuva oriundos do pluviômetro convencional, para que toda a chuva de cada mês em análise fosse computada dentro do próprio mês de ocorrência do evento.

O resultado encontrado por Nascimento *et al* (2020) também remete a um coeficiente de correlação classificado como ‘Muito Forte’ (0,98). Esse resultado foi obtido em estudo realizado na Amazônia Central, em posto pluviométrico com equipamento convencional e automático.

4- CONCLUSÃO

Levando-se em conta que as séries históricas não passaram por uma criteriosa consistência de dados, os resultados apresentados podem ser considerados bastante satisfatórios. No entanto, recomenda-se uma análise de consistência, tanto para os dados oriundos dos equipamentos automáticos, cujos desempenhos estão sendo analisados, quanto para os dados das estações convencionais, objeto de referência de máxima confiabilidade para essa análise.

Com o passar dos anos, é importante que seja feita a análise entre a correlação obtida com os dados iniciais de funcionamento do equipamento automático e os dados futuros. Mesmo havendo calibração rotineira dos pluviômetros automáticos, esta análise se torna fundamental para que sejam conhecidos os erros que podem surgir com o tempo de uso dos equipamentos automáticos.

Sugere-se ainda o estudo entre chuvas mais intensas e chuvas com durações mais longas e contínuas, já que pode haver diferenças nos registros, conforme as características da chuva.

Assim, para que os próximos dados coletados também tenham confiabilidade, é importante que esse tipo de análise comparativa continue a ser realizada para subsidiar uma melhor confiabilidade nos dados, proporcionando um melhor gerenciamento dos recursos hídricos.

AGRADECIMENTOS

À Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal-Caesb, pelos dados utilizados e pelo suporte para elaboração desse trabalho técnico.

REFERÊNCIAS

- AGNIHOTRI, G.; PANDA, J. (2014). “*Comparison of Rainfall from Ordinary and Automatic Rain Gauges in Karnataka*”. <https://www.researchgate.net/publication/262187629>
- CALLEGARI-JACQUES, S. (2007). “*Bioestatística: Princípios e Aplicações*”. Dados eletrônicos. Artmed. Porto Alegre-RS.
- CEMADEN, (2013). <http://www2.cemaden.gov.br/o-que-sao-pluviometros/>
- COLLISCHONN, W.; DORNELLES, F. (2015). “*Medição de Chuva - Precipitação*”, in *Hidrologia para Engenharia e Ciências Ambientais*. 2ª edição. ABRH, ed. UFRGS, Porto Alegre – RS, pp. 56.
- NASCIMENTO, D. A.; OLIVEIRA, M. F.; SOUZA FILHO, E. A.; SILVA, J. S. (2020). “*Estudo da consistência dos dados de um pluviógrafo de báscula e um pluviômetro convencional na Amazônia Central*”. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 2, p. 6060-6071, feb. 2020, Curitiba-PR.

PINTO, N. L. de S. et al. (1976). *Hidrologia Básica*. São Paulo: Edgard Blücher.

VAREJÃO-SILVA, M. A. (2006). *Meteorologia e Climatologia*. 2ª versão digital. Recife-PE.

SEVRUK, B.; KLEMM, S. (1989). *Catalogue of National Standard Precipitation Gauges*. Instruments and Observing Methods. Report N° 39. World Meteorological Organization-WMO e-Library.