

IMPORTÂNCIA E CONFIABILIDADE DE PLUVIÔMETROS ARTESANAIS NA MEDIÇÃO DA PRECIPITAÇÃO: MÉTODOS E APLICAÇÕES

Lindsay Assunção da Silva¹, Eduardo Gervilla¹ e Rita de Cássia Silva Von Randow²

¹Curso de Tecnologia em Meio Ambiente e Recursos Hídricos, FATEC - Jacareí

²FATEC - Jacareí

Resumo

Considerando a importância da água para a manutenção da vida na Terra assim como para o desenvolvimento humano, e também o aspecto oneroso da obtenção de dados pluviométricos, objetiva-se a montagem de pluviômetros artesanais que obtenham confiabilidade em relação aos instrumentos tradicionais de medição e que sejam de baixo custo, fácil confecção e manuseio. Neste trabalho, foram confeccionados pluviômetros artesanais de garrafa PET posteriormente instalados em caibros de madeira ao lado de um pluviômetro de básculas semiautomático para fins comparativos. A correlação entre os acumulados do pluviômetro artesanal e do pluviômetro de básculas apresentou ótimos valores de R², como esperado. No entanto, revelou uma sobrestimativa do pluviômetro artesanal em relação ao pluviômetro de básculas durante chuvas intensas. Como aplicação da metodologia simples e confiável de medição de precipitação desenvolvida nesse trabalho, pluviômetros artesanais foram instalados em escolas públicas de ensino fundamental no âmbito do projeto Pingo D'água, com o intuito de difundir a ciência, o interesse pelo monitoramento da precipitação e o aumento da rede de monitoramento pluviométrico.

Palavras-chave: pluviômetro artesanal; chuvas intensas; monitoramento.

Abstract

Considering the importance of water for the maintenance of life on Earth as well as for human development, as well as the costly aspect of obtaining rainfall data, the objective of this work is to assemble handmade rain gauges that obtain reliability in relation to traditional measuring instruments and low cost, easy to make and handle. In this work, handmade pet bottle pluviometers were installed on wooden rafters near a semi automatic tipping bucket pluviometer for comparative purposes. The correlation between the accumulations of the handcraft pluviometer and the tipping bucket pluviometer presented excellent values of R², as expected. However, it revealed an overestimation of the handcraft rain gauge relative to the tipping bucket during heavy rains. As an application of the simple and reliable methodology of rainfall measurement developed in this work, handcraft rain gauges were installed in public elementary schools under the Pingo D'agua project, with the aim of disseminating science, interest in precipitation monitoring and increase in the rainfall monitoring network.

Keywords: alternative rain gauge; heavy rainfall; monitoring.

1 Introdução

É sabido que desde os primórdios da história, a água é um fator limitante para a sobrevivência e desenvolvimento da vida humana, dada sua importância em todos os aspectos que a permeiam. Mesmo considerando suas aplicações ao longo da história, como os registros egípcios de enchentes do Nilo há 3000 a.C., o estudo da água só começou a ser difundido a partir da Renascença (PINTO, et. al. 1976).

A Hidrologia é a ciência que trata da água e sua dinâmica na natureza. Sua análise pode ser feita sob três aspectos: água superficial, água subterrânea e água atmosférica. Nesta última, o objeto de estudo é a precipitação e seu comportamento, abrangendo todos os fenômenos atmosféricos ligados à água. (GARCEZ, 1976).

A precipitação atmosférica também pode ser compreendida em três tipos principais: frontal, orográfico e convectivo. A influência das correntes de ar frio provenientes das zonas polares e das correntes de ar quente provenientes do equador geram superfícies frontais de características diferentes cuja convergência resulta na formação de chuvas frontais. As chuvas de origem

orográfica são oriundas do efeito ascendente de correntes de ar quente e úmido que são barradas de forma abrupta por montanhas (GARCEZ; ALVAREZ, 1988). Chuvas convectivas são formadas por massas de ar quente da superfície carregadas de vapor d'água que ao ascenderem, resfriam e provocam a condensação deste vapor d'água e conseqüentemente, a precipitação (VARELA, 2007).

As precipitações podem ocorrer em intensidades diferentes e sobre áreas distintas. Chuvas convectivas possuem curta duração e alta intensidade, ao passo que chuvas frontais e orográficas acontecem em maiores áreas de abrangência e intensidades menores mas podem perdurar por dias. Desta forma, é necessário considerar a variabilidade espacial de precipitações na obtenção de registros pluviométricos, uma vez que duas regiões com distribuição diferente de chuvas podem apresentar uma média de volume precipitado anual aproximada e uma mesma região apresentar médias de chuva diferentes num determinado intervalo de tempo (GARCEZ, 1976).

A precisão do conhecimento da precipitação global é crucial para entender a interação entre o clima, tempo e sistemas ecológicos, bem como melhorar a gestão de recursos hídricos e a previsão de eventos climáticos, que por sua vez podem causar fenômenos como furacões, enchentes, deslizamentos ou períodos de estiagem (HOU et al. 2008), produtos da obtenção de dados de uma correta medição pluviométrica. A caracterização de chuvas intensas é de fundamental importância para o desenvolvimento de projetos de drenagem urbana e agrícola, considerando o tempo de retorno dessas precipitações.

A ação de fluxos atmosféricos em regiões montanhosas propicia uma divergência nos resultados pluviométricos em relação às ocorrências de chuvas em vales (CONTI, 1975), reforçando a importância da distribuição de instrumentos para captação da precipitação também em altitudes diferentes. Assim como a instalação pluviômetros à montante de uma bacia hidrográfica se faz necessário devido à importância dessa área para a produção de cheias à jusante. (SILVA, 2015).

Os dados de precipitação pluviométrica podem ser captados de forma direta, por meio de pluviômetros e pluviógrafos (BRITTO; BARLETTA; MENDONÇA, 2008; OLIVEIRA; ANTONINI; GRIEBELER, 2008 e SOUZA, 2015) ou de forma indireta, estimados por meio de técnicas de sensoriamento remoto, através de satélites meteorológicos (CONTI, 2002; MOL, 2005) ou radares (CALVETTI, 2009). O pluviômetro registra as alturas pluviométricas de lâminas d'água acumuladas em milímetros e o pluviógrafo, além da altura pluviométrica, permite a identificação da intensidade e duração de chuvas (GARCEZ, 1976; BORGES et. al. 2012).

O revés envolvido na medição da precipitação dá-se por meio dos custos envolvidos na criação de redes de monitoramento, uma vez que a aquisição e manutenção de pluviógrafos e pluviômetros é onerosa (BORGES et. al., 2012). Felizmente, as autarquias federal e estadual, a Agência Nacional de Águas (ANA) e Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), bem como o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN) têm disponibilizado gratuitamente séries históricas de dados pluviométricos de diversos municípios do país.

Tendo em vista a importância da precipitação e a problemática de custo nas medições pluviométricas, os objetivos deste trabalho consistem em tornar a obtenção destes dados mais acessível economicamente por meio da confecção de pluviômetros artesanais com garrafas PET (politereftalato de etila), já anteriormente vistos em trabalhos como o de Borges et al., (2012) e de Souza (2013), atestando sua confiabilidade em relação ao pluviômetro de básculas semiautomático, bem como sua aplicabilidade em projetos pedagógicos para o fomento da ciência e difusão do monitoramento da precipitação.

2 Materiais e Métodos

2.1 Sítio

A área do presente estudo compreende o município de Jacareí situado no médio Vale do Paraíba, a cerca de 80 km a leste de São Paulo, entre importantes barreiras fisiográficas naturais como a Serra do Mar, a leste, e a Serra da Mantiqueira, a oeste (BISTRICHI et al., 1996). A altitude média do município é de 580 metros (JACAREÍ, 2019) e a classificação climática, segundo Köppen e Geiger é Cfa, clima subtropical úmido com inverno seco e verão quente. A temperatura média do município é de 21°C (CIIAGRO, 2008).

A pluviosidade média anual do município é de 1232,8 mm (BARRETO, 2013). Essa alta média de precipitação é influenciada pelo fenômeno da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), que ocorre durante o verão na América do Sul sob períodos de estiagem prolongada e enchentes. A ZCAS é caracterizada por uma banda de nebulosidade que pode permanecer de 4 a 20 dias, orientada no sentido NW/SE, estendendo-se desde a Amazônia até o oceano Atlântico Sul, associada a uma zona de convergência de umidade que se prolonga até a média troposfera (SEABRA, 2004).

O município de Jacareí possui grande importância econômica para o país, localizando-se num polo de enorme desenvolvimento industrial, com grande concentração urbana (BISTRICHI et al., 1996). O Vale do Paraíba representa uma das poucas regiões que participou da maioria dos ciclos econômicos do Brasil, compondo uma das regiões mais industrializadas do Estado, especialmente nos setores aeroespacial e automobilístico (TAVARES; FONSECA, 2017).

2.2 Obtenção dos Dados

Para a realização deste trabalho, foram feitas coletas de dados pluviométricos do período de outubro de 2017 a setembro de 2018, através de um pluviômetro alternativo instalado nas dependências da FATEC Professor Francisco de Moura, respeitando as normas da Organização Meteorológica Mundial (WMO) permitindo a livre recepção de qualquer tipo de precipitação, num ângulo de 30° a 45° da área de captação e 1,50 metros do solo (WMO, 2008). No mesmo período, foram coletados os dados armazenados em um pluviômetro de básculas semiautomático com funil interno (modelo desenvolvido para atendimento às especificações do CEMADEN e aprovado por análise técnica do Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR)). Os dados são armazenados em Data Logger modelo HD2013-DB fabricado pela Delta Ohm, localizado a 3 m de distância do pluviômetro alternativo.

A localização dos pluviômetros utilizados pode ser contemplada na figura 1.



Figura 1 – Foto do pluviômetro artesanal no centro e pluviômetro de básculas semiautomático padrão CEMADEN à direita. Do autor (2019).

2.3 Construção do pluviômetro artesanal

Para a construção do pluviômetro artesanal foi usada uma garrafa PET de 2,5L transparente, seccionada na parte curva superior, de forma que a parte recortada se tornou um funil de mesmo diâmetro do corpo da garrafa. A tampa recebeu pequenos furos possibilitando o escoamento total da precipitação. Para evitar deformações, tanto a borda da garrafa como a borda do funil, receberam um anel de alumínio preso à parte plástica com rebite.

A leitura do volume precipitado foi feita de forma indireta por meio de uma proveta graduada de 250 mL com base no valor da área de captação do pluviômetro alternativo (96,77 cm²).

O cálculo que converte o volume em mililitros para milímetros é feito a partir da equação:

$$P = 10 \cdot \frac{V}{A} \quad (1)$$

onde, na equação (1), P é a precipitação em mm; V o volume recolhido em cm³ ou mL e A a área de captação do anel em cm². As precipitações foram medidas diariamente entre 7:00 e 8:00 horas, considerados o acumulado nas últimas 24h atribuídos ao dia anterior.

Após a coleta, os dados foram dispostos em planilhas no software Microsoft Excel, utilizando-se o método da Dupla Massa, desenvolvido pelo U. S. Geological Survey (SEARCY; HARDISON, 1960), traçando um gráfico a partir das leituras acumuladas a fim de avaliar inconsistências nos dados de precipitação.

2.4 Aplicações: projeto Pingo D'água

O projeto Pingo D'água foi desenvolvido inicialmente para alunos do ensino fundamental, com a finalidade de tornar práticos os conhecimentos adquiridos na sala de aula e principalmente, com o propósito de despertar nas crianças o interesse pela medição da precipitação para a compreensão da dinâmica das chuvas ao longo do ano e os impactos positivos e negativos que essa pode causar na sociedade e no meio ambiente.

Para a instalação dos pluviômetros artesanais, foram escolhidas cinco escolas bem distribuídas geograficamente ao longo das regiões do município (Tabela 1 e Figura 2). Os professores das unidades escolares receberam uma capacitação sobre o funcionamento do projeto, confecção dos pluviômetros e o registro das precipitações na plataforma virtual do projeto para alimentar a base de dados do projeto.

Tabela 1 – Relação das escolas participantes do projeto Pingo D'água.

Escola	Bairro	Latitude	Longitude
EMEF Prof ^a Celia Guedes	Jd. Primavera	23°16'53.01"S	45°56'59.45"O
EMEF Prof. José Éboli de Lima	Dist. São Silvestre	23°21'55.27"S	46° 1'29.20"O
EMEF Prof ^a Maria Luiza de Souza Pinto Vasques	Rio Comprido	23°15'43.12"S	45°55'36.47"O
EMEF Prof. Tarcísio Francisco Barbosa	Conjunto 1º de Maio	23°17'18.57"S	46° 2'2.95"O
EMEF Verano Câmara	Jardim Pitoresco	23°18'34.51"S	45°56'28.34"O



Figura 2 – Localização das escolas participantes do município de Jacareí. Google Earth Pro (2016).

Os registros obtidos nas escolas foram usados para realizar a média de precipitação do município.

Para o cálculo da precipitação média de uma região existem diversos métodos, dentre os quais, o mais usado é o método de Thiessen (CAMURÇA, 2011; GOMING, 2007; MARCIANO, 2017), que considera a área de influência de cada pluviômetro, uma vez que a distribuição da

chuva não é uniforme e as condições diversas de relevo podem fazer com que a precipitação varie espacialmente (THIESSSEN, 1911). Para gerar o polígono da área de interesse dos três pluviômetros utilizados, foi utilizado o software Quantum Gis 2.8 Las Palmas, por meio da ferramenta polígono de Voronoi.

O cálculo para a realização da média de precipitação é feito a partir da equação:

$$P_m = \frac{1}{A} \cdot \sum A_i \cdot P_i \quad (2)$$

onde na equação (2), P_m é a precipitação média, A a área total da bacia (ou no caso, município), A_i é a área de influência do posto e P_i é a precipitação registrada no posto.

3 Resultados e Discussões

Os pluviômetros analisados no presente trabalho registraram volumes semelhantes. O pluviômetro artesanal desenvolvido com garrafa PET acumulou um volume anual de 1143,36 milímetros de chuva, enquanto o pluviômetro de básculas semiautomático acumulou 1101,4 milímetros.

Os dados de precipitação mensais obtidos revelaram uma boa correlação dos dados. O coeficiente de determinação R^2 dos acumulados mensais obteve um valor que atendeu as expectativas iniciais em relação à confiabilidade dos dados (Figura 3).

Os valores diários registrados também apresentaram boa correlação entre as medidas dos pluviômetros, (Tabela 2). O pluviômetro artesanal sempre registrou volumes superiores em relação ao pluviômetro de básculas semiautomático quando se encontrou diferenças entre as medições. Nas maiores diferenças encontradas entre os dados diários, o pluviômetro artesanal superestimou de 3% a 10% os valores registrados pelo pluviômetro de básculas semiautomático, o que algumas vezes superou a faixa de erro dos pluviômetros de básculas, que é de $\pm 5\%$ segundo WMO (2012). Notou-se que as maiores diferenças coincidiram com os dias que continham os eventos de chuva com maior intensidade registrados pelo pluviômetro de básculas semiautomático.

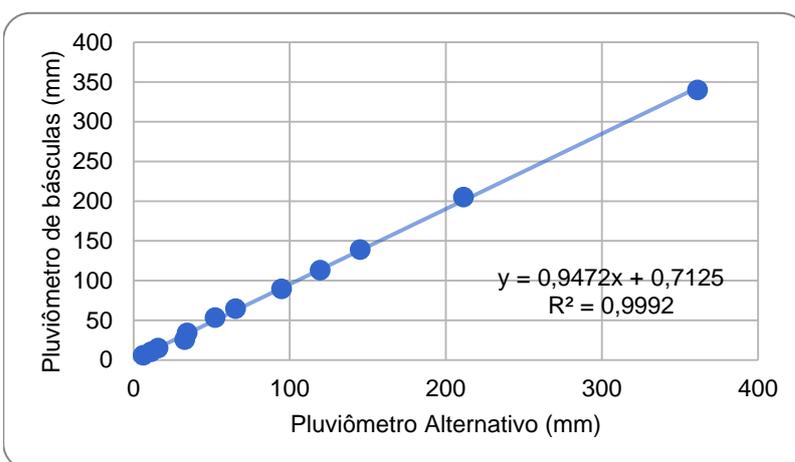


Figura 3 – Dispersão da dupla massa acumulada mensal correspondente ao ano hidrológico outubro 2017 – setembro 2018. Do autor (2019).

Tabela 2 – Variação da correlação mensal.

Mês	Ano	Equação	R^2
Outubro	2017	$y = 0,9297x + 0,0294$	0,9962
Novembro	2017	$y = 0,9526x + 0,064$	0,9987
Dezembro	2017	$y = 0,9052x + 0,3785$	0,9924
Janeiro	2018	$y = 0,9623x + 0,1454$	0,9991
Fevereiro	2018	$y = 1,0279x - 0,0019$	0,9991
Março	2018	$y = 0,9135x + 0,6241$	0,9987
Abril	2018	$y = 0,9836x - 0,0257$	0,9999
Mai	2018	$y = 0,9016x + 0,0433$	0,999
Junho	2018	$y = 0,9887x - 0,1174$	0,9995
Julho	2018	$y = 0,9836x$	1
Agosto	2018	$y = 0,9953x - 0,0306$	0,9996
Setembro	2018	$y = 1x - 0,013$	0,9987

Os meses correspondentes ao período chuvoso do ano hidrológico, entre outubro e março, apresentaram boa correlação entre os dados, no entanto, foram responsáveis pelas maiores diferenças diárias. A maior diferença diária de volume entre o pluviômetro artesanal e o pluviômetro de básculas semiautomático ocorreu no dia do evento de maior volume e maior intensidade, no entanto, não se pode afirmar que o volume dos eventos cresce proporcionalmente à intensidade das chuvas (Tabela 3). A tabela abaixo mostra o acumulado de chuva diário registrados pelo pluviômetro de básculas semiautomático e do pluviômetro artesanal nos dias que apresentaram as maiores diferenças em relação ao dois, assim como o volume dos eventos de chuva contínua, do pluviômetro de básculas semiautomático. A sua duração, intensidade média e a porcentagem que o pluviômetro artesanal supera o pluviômetro de básculas semiautomático nos totais diários expostos.

Tabela 3 – Acumulado diário e intensidade dos eventos de chuva que apresentaram maior diferença entre o pluviômetro artesanal e o pluviômetro de básculas.

Data da leitura	Acumulado do evento (mm)	Acumulado (pluviômetro artesanal) (mm)	Acumulado (pluviômetro de básculas) (mm)	Duração (h)	Intensidade média (mm/h)	Porcentagem da diferença entre os aparelhos (%)
26/out	21,2	31,72	28,8	1,7	12,471	9,2
31/out	30,2	41,12	38,2	1,283	23,532	7,1
05/nov	15,4	17,36	15,6	3,25	4,738	10,14
19/nov	9,6	23,04	22,2	3,73	3,512	3,64
22/nov	18	36,27	34,8	2,417	7,448	4,05
22/dez	14,2	25,11	23,4	0,683	20,78	6,81
09/jan	36,2	54,56	52,4	12,717	2,847	3,96
21/jan	24,4	35,26	33,4	1,15	21,217	5,27
03/mar	26,6	40,09	38,4	3,933	6,661	4,21
04/mar	12,6	14,26	12,8	1,167	10,8	10,23
05/mar	21,4	24,9	22,4	0,933	22,928	10,04
15/mar	14,4	30,59	29,2	0,617	23,351	4,54
21/mar	22,2	31,41	30,4	0,817	27,184	3,21
22/mar	36,4	39,16	37,2	1,017	35,803	5
27/mar	100,6	111,5	101	2,033	49,475	9,42
20/mai	7	9,3	8,4	0,45	15,555	9,68

O evento de chuva com uma diferença superior a 10% entre o pluviômetro alternativo e o pluviômetro de básculas semiautomático foi registrado no dia 27 de março de 2018. Diversos trabalhos mostraram que o pluviômetro de básculas, conhecido pelo nome em inglês tipping bucket (TB), que são amplamente utilizados para o monitoramento meteorológico, revelaram que este aparelho subestima os eventos de precipitação, com erro proporcional à sua intensidade (MANSANO et. al., 2015; NASCIMENTO, 2015; SHEDEKAR, et. al. 2009).

Na ocorrência de chuvas intensas, parte da água precipitada é perdida durante o movimento de inclinação das básculas para se posicionar sob o funil, no intervalo de tempo entre o início do movimento da primeira báscula e o movimento da segunda báscula. A precipitação perdida cai na primeira báscula durante o movimento de inclinação. Assumindo que o tempo de movimento das básculas é constante, em chuvas intensas, maiores quantidades de precipitação são perdidas, aumentando proporcionalmente a inflexão (SHEDEKAR et. al., 2009). Desta forma, acredita-se que o pluviômetro artesanal seja mais acurado para chuvas intensas.

Para se afirmar isso, comparou-se os dados dos dois pluviômetros com um terceiro pluviômetro artesanal, daqui em diante chamado de pluviômetro com interferência, que foi instalado desrespeitando as regras de instalação do pluviômetro, no intuito de avaliar os efeitos de interferências sobre as medições. O pluviômetro foi instalado de modo a ficar circundado pela

edificação da FATEC de mais de 11 metros de altura, muro e árvores. O acumulado diário medido pelo pluviômetro artesanal com interferência foi de 103,3 mm para o dia 27 de março de 2018, o dia com maior diferença entre o pluviômetro artesanal e o pluviômetro de básculas semiautomático. Enquanto o pluviômetro artesanal mediu 111,5 mm e o pluviômetro de básculas semiautomático mediu 101 mm, um volume próximo ao volume registrado pelo pluviômetro artesanal com interferências.

Nos acumulados mensais e anuais, a margem de erro nos volumes registrados pelo pluviômetro de básculas semiautomático manteve-se abaixo dos 10%. Contudo, os valores de R2 ainda foram considerados muito acima da média aceitável, posto que diversos trabalhos já consideram os valores acima de 0,49 como alta correlação (TUCKER, 2001) e ótima correlação em torno de 0,84 (SANTOS, 2015).

3.1 Resultados das escolas

A instalação dos pluviômetros nas escolas, ocorrida no final do mês de março, possibilitou uma maior compreensão da variabilidade espacial das precipitações no município. Por serem as primeiras medições realizadas, as anotações feitas pelos alunos nas escolas apresentaram alguns erros de leitura que, em sua maioria, subestimaram os volumes registrados pelos pluviômetros localizados na FATEC. Em decorrência disto, os dados registrados foram comparados com dados de pluviômetros em localidades relativamente próximas, obtidos através do pluviômetro de básculas semiautomático da FATEC e de pluviômetros automáticos da plataforma online do CEMADEN, localizados a cerca de 2,5 quilômetros das escolas, para que pudessem ser corrigidas as falhas e os dados das escolas serem utilizados no trabalho.

Duas das cinco escolas escolhidas como piloto no Projeto não aderiram à medição das chuvas o que comprometeu o cálculo de uma média mais fidedigna da precipitação do município, já que se tem ciência de que em casos onde faltam muitos dados de precipitação ou os dados disponíveis são distribuídos desigualmente, gera-se discordâncias no cálculo da média de uma região. Quanto maior for o número de estações, mais próxima do real será a média obtida pela equação (THIESSEN, 1911). Por esta razão, o cálculo da precipitação média por meio do método de Thiessen não pôde ser feito com precisão. Esse será feito aqui somente como potencial aplicação para dados futuros que estão sendo medidos com maior rigor.

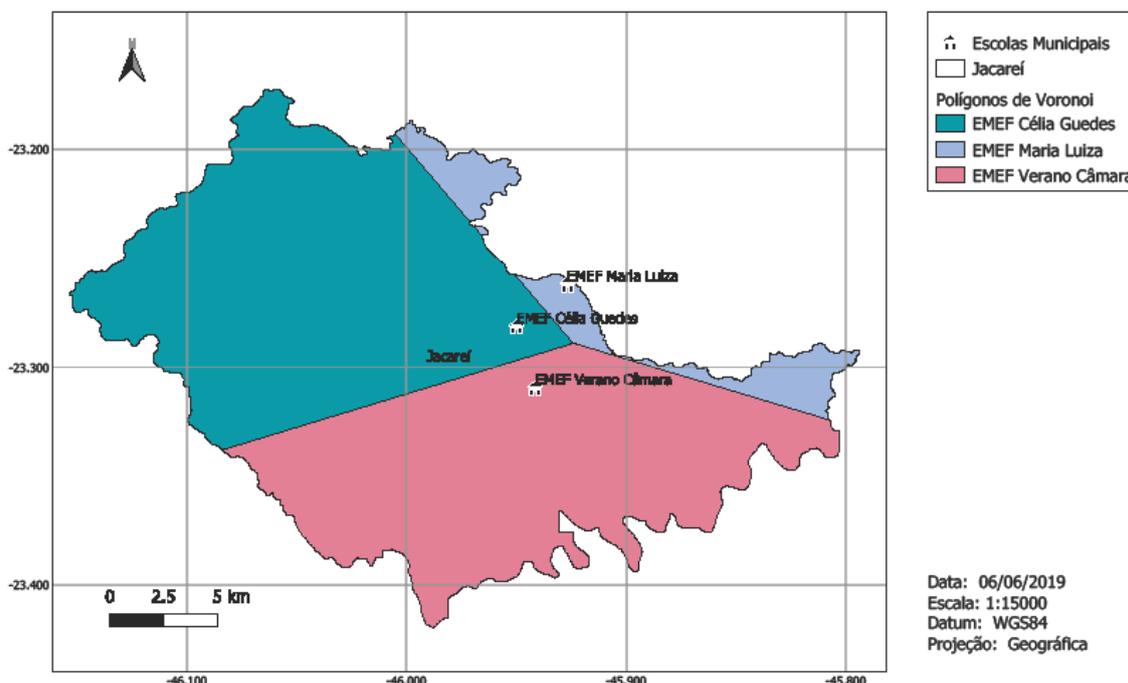


Figura 4 – Polígono de Thiessen correspondente à área de influência dos pluviômetros utilizados. Do autor (2019).

As médias obtidas para os dias selecionados podem ser representadas por meio da tabela quatro.

Tabela 4 – Relação das escolas e registros de dados.

Dia	Volume precipitado (mm)			Média (mm)
	EMEF Célia Guedes	EMEF Maria Luiza	EMEF Verano Câmara	Município
27 de Março	53	8	45	44,5
07 de Junho	3	1.5	2	2,3
17 de Setembro	30	10	13	20,26

4 Conclusões

Pôde-se concluir pelo presente trabalho que os pluviômetros artesanais possuem confiabilidade no registro da precipitação, apresentando boa correlação em relação ao pluviômetro de básculas semiautomático e uma eficiente alternativa na relação custo benefício para o aumento da malha pluviométrica no município. Suas desvantagens são representadas pela necessidade de um técnico para sua instalação e periódica manutenção, uma vez que o material utilizado em sua confecção não possui uma longa vida útil. Além disso, há a necessidade de ter um observador dedicado à leituras diárias.

Os pluviômetros de básculas semiautomáticos padrão CEMADEN da Squiter têm a tendência de subestimar o volume de precipitações intensas. Esses pluviômetros são destinados à educação ambiental em escolas e comunidades. É importante que essa subestimativa de chuvas intensas seja levada em consideração caso seus dados venham a ser utilizados na sala de operação do CEMADEN em tomadas de decisão, já que a finalidade do centro é emissão de alertas de desastres naturais e a chuva intensa, unida a outros fatores, é uma das principais causas de cheias e escorregamento de massas.

O projeto Pingo D'água permitiu que as escolas que aderiram ao projeto proporcionassem aos alunos a oportunidade de fixar o aprendizado adquirido nas disciplinas escolares de forma prática, através de um monitoramento interessado da precipitação. Como contrapartida, colaborou para que os alunos expandissem seu interesse aos problemas ambientais desenvolvendo consciência socioambiental.

Referências Bibliográficas

- BARRETO, J. R. Impactos pluviais em Jacareí. **Revista Tamoios**, v. 09, n. 1, p. 63-75, 2013.
- BISTRICHI, C. A. et al. Perfil geoeconômico mineral do município de Jacareí, SP. **Revista Geociências**, v. 01, n. 3, p. 62-71, 1996.
- BORGES, E. B. M.; PINA, N. V. M.; NASCIMENTO, C. F.; LATUF, M. O. **Confecção e calibração de pluviômetro alternativo como subsídio à medição de precipitação**. 2012. 12 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso)— Curso de Graduação em Geografia, Universidade Federal da Bahia, Barreiras, 2014.
- BRITTO, Fabiane Pereira. BARLETTA, Rodrigo. MENDONÇA, Magaly. Variabilidade espacial e temporal da precipitação pluvial no rio grande do sul: influência do fenômeno el niño oscilação sul. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 3 & 4, n. 4, p. 37-48, 2008.
- CAMURÇA, P. J. **Cálculo da precipitação média de forma automática pelo método de Thiessen e avaliação da precipitação na bacia do Jaguaribe**. 2011. 76 f. Monografia (Trabalho de conclusão de Curso)— Curso de graduação em física, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2011.
- CALVETTI, Leonardo; BENETTI, Cesar.; ANTUNES, Réverton Luis; OLIVEIRA, Alex Coselvan. Estimativas de precipitação por radar e satélite: análise de relações zr e integração com rede de pluviômetros, 2009. **XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Campo Grande-MS, 2009. Disponível em: <<http://www.sbagro.org.br/bibliotecavirtual/arquivos/2330.pdf>> Acesso em: 22 mar. 2019.
- CIIAGRO. Centro Integrado de informações agrometeorológicas. **Clima SP**, 2008. Disponível em: <<http://www.ciiagro.sp.gov.br/climasp/normais/normaismed.htm>> Acesso em: 08 abr. 2019.

- CONTI, G. N. **Estimativa da precipitação através de técnicas de sensoriamento remoto: estudo de caso para o estado do rio grande do sul.** 2002. 205 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.
- CONTI, José Bueno. **Circulação orográfica e efeito orográfico na gênese das chuvas na região lesnordeste paulista.** 1975. 82 f., Tese (Doutorado em Geografia Física) — Universidade de São Paulo, São Paulo, 1975.
- GARCEZ, L. N. **Elementos de engenharia hidráulica e sanitária**, 2ª edição. São Paulo: Blucher, 1976. cap. 1. p. 3
- GARCEZ, L. N.; ALVAREZ, G. . **Hidrologia**, 2ª edição. São Paulo: Blucher, 1988. cap. 1. p. 7
- GALVÃO, M. V. Regiões bioclimáticas do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 29, n. 1, p. 1-116, 1967.
- GOMING, K. LINDNER, E. A. KOBAYAMA, M. Áreas de influência das estações pluviométricas na bacia do rio Peixe/SC pelo método de polígonos de Thiessen utilizando imagem de satélite e SIG, 2007. **Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 3373-3380.** Disponível em: <<http://mar.tecnico.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.14.20.10/doc/3373-3380.pdf>> Acesso em: 24 de maio de 2019.
- HOU A.Y.; JACKSON S. G.; KUMMEROW C.D.; SHEPHERD J. M. **Global precipitation measurement.** In: Michaelides S. (eds) *Precipitation: Advances in Measurement, Estimation and Prediction.* Springer, Berlin, Heidelberg. p. 131-169, 2008.
- JACAREÍ. Prefeitura Municipal de Jacareí. **Infraestrutura**, 2019. Disponível em: <<http://www.jacarei.sp.gov.br/cidade/infraestrutura/>> Acesso em 18 de junho de 2019.
- MARCIANO, A. G.; BARBOSA, A. A.; SILVA, A. P. M. Cálculo de precipitação média utilizando método de Thiessen e as linhas de cumeada. **Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science.** v. 13, n. 1. 9 p. 2017.
- MANSANO, M. V.; CRIVELARI, R. M.; REDA, A. L. L.; DURO, M. A. S. Calibração de pluviômetros de balança: metodologia para análise e correção de dados de campo. **XV Safety, Health and Environment World Congress**, v. 22, p. 142-146, 2015.
- MOL, Juliana Maria Duarte. **Estimativa de precipitação por meio de sensoriamento remoto**, 2005. 103 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) — Universidade de Brasília, Brasília, 2005.
- NASCIMENTO, D. A.; OLIVEIRA, M. F.; DAMASCENO, S. B.; FILHO, E. A. S.; PEREIRA, E. L.; FERREIRA, S. J. F.; SILVA, J. S. Análise comparativa de dados pluviométricos com pluviômetro e pluviógrafo de balança. **XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, v. 22, p. 1-8, 2015.
- OLIVEIRA, Luiz F. C. de. ANTONINI, Jorge C. A. GRIEBELER, Nori P. Estimativas de chuvas intensas para o estado de goiás. **Eng. Agríc., Jaboticabal**, v.28, n.1, p.22-33, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/eagri/v28n1/a03v28n1>> Acesso em: 21 de fevereiro de 2019.
- PINTO, Nelson L. de Souza. et al. *Hidrologia básica.* São Paulo: Blucher, v. 1 1976. p. 3
- SANTOS, F. A. A.; ROLIM, P. A. M.; RIBEIRO, N. C. C.; SANTOS, E. M. Avaliação do uso de dados de precipitação gerados pelo CPC/NCEP na modelagem hidrológica em uma região hidrográfica do rio Araguaia. **Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, João Pessoa-PB, 2015. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p0302.pdf>> Acesso em: 18 de maio de 2019.
- SEABRA, Márcia dos Santos. **Estudo sobre a influência da Zona de Convergência do Atlântico Sul em bacias hidrográficas nas regiões sudeste e centro-oeste do Brasil**, 2004. 125 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil) — Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.
- SEARCY, James K.; HARDISON, Clayton H. Double-Mass curves. *Manual of hydrology: part 1. General surface-water techniques.* **Geological survey water-supply paper**, 1960. p. 34.
- SHEDEKAR, V. S.; KING, K. W.; BROWN, L. C.; FAUSEY, N. R.; HECKEL, M.; HARMEL, R. D. Measurement errors in tipping bucket rain gauges under different rainfall intensities and their implication to hydrologic models. In: **National Agricultural Library.** ASABE Annual International Meeting, 10., 2009. Disponível em: <<https://pubag.nal.usda.gov/pubag/downloadPDF.xhtml?id=40802&content=PDF>> Acesso em 01 de junho de 2019.

- SILVA, Luciene Pimentel da. Hidrologia: engenharia e meio ambiente, 1 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015. p. 43
- SOUZA, J. L. M.; SCHÄFER, R. F.; SCHÄFER, H.; JERSZURKI, D. Precipitação medida com pluviômetros alternativos na região de Curitiba. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias Ambientais**, Curitiba, v. 11, p. 83-93, 2013.
- SOUZA, A. M. L.; ROCHA, E. J. P.; VITORINO, M. I.; SOUZA, P. J. O. P.; BOTELHO, M. N. Variabilidade espaço-temporal da precipitação na amazônia durante eventos enos, **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 08, n. 01, p. 13-24, 2015.
- TAVARES, Sara Rebello. FONSECA, Maria de Lourdes Pereira. A geografia da atividade econômica no Vale do Paraíba - SP. In: **VIII Seminário Internacional sobre Desenvolvimento regional**. Territórios, redes e Desenvolvimento Regional: Perspectivas e Desafios, 2017. Disponível em: <<http://online.unisc.br/acadnet/anais/index.php/sidr/article/viewFile/16183/4168>> Acesso em: 05 de abril de 2019.
- THIESSEN, A. H. Precipitation averages for large areas. **Mon. Wea. Rev.** v. 39, p. 1082–1089. 1911.
- TUCKER, M. R.; CEAR, C. B. A comparison of meteosat rainfall estimation techniques in Kenya, **Meteorol. Appl.** v. 8, p. 107–117 2001.
- VARELA, J. J. S. **Chuvas intensas no arquipélago de cabo Verde**, 2007. 93 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso)—Curso de Graduação em Engenharia Sanitária, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.
- WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. **Guide to Hydrological Practices**, Hydrology – From Measurement to Hydrological Information, WMO n° 168, 2008, v 1. 296 p.
- WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. **Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation** WMO, 2012, n°. 8,716 p.