

COMPARATIVO DOS REGISTROS DE TEMPERATURA DE UMA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA AUTOMÁTICA BASEADA EM ARDUINO COM REGISTROS DE REFERÊNCIA INMET E CLIMATE-DATA

Kleber Rodrigo Penteadó¹
Gislene Figueiredo Ortiz Porangaba²
André Luiz Pinto³

- (X) Resumo expandido
- () Projeto de pesquisa
- () Relato de experiência

EIXO TEMÁTICO

- (X) Dinâmica Ambiental e Planejamento
- () Dinâmicas Territoriais na Cidade e no Campo
- () Ensino de Geografia, Educação Ambiental e Práticas Pedagógicas

1) INTRODUÇÃO (JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS)

O desenvolvimento de estudos e pesquisas em climatologia demanda séries temporais de dados consistentes e confiáveis, entretanto, nem sempre esse tipo de informação está disponível (FANTE; SANT'ANNA NETO, 2016). Monteiro (1990) chama atenção para os esforços de pesquisa e investigação que podem produzir resultados capazes de colaborar com o início de novas discussões sobretudo de territórios que dispõe de limitadas fontes de informação.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), é resultado da demanda de dados de precipitação, temperatura do ar e umidade relativa do ar do município de Três Lagoas – MS para o trabalho de pesquisa sobre perda de solos em estradas desenvolvido durante o curso de Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGGEO) da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) campus de Três Lagoas (CPTL) e tem por objetivo comparar os dados de temperatura do ar mensurados por uma Estação Meteorológica Automática (EMA) baseada em Arduino com os dados de uma estação do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET – A704) e com a média histórica apresentada pelo site Climate-Data.org para avaliar a correlação entre os valores, a confiabilidade do equipamento desenvolvido e a viabilidade técnica de seu uso para o tipo de monitoramento proposto.

2) METODOLOGIA

¹ Doutorando em Geografia pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, UFMS, Três Lagoas.

² Professora Doutora em Geografia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, UFMS, Três Lagoas.

³ Professor Doutor Sênior em Geografia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, UFMS, Três Lagoas.



IV ENCONTRO REGIONAL EM COMEMORAÇÃO AO DIA DO GEÓGRAFO – ERCOGEO

“CÊNCIA, CONHECIMENTO E INFORMAÇÃO: A pesquisa científica, um instrumento essencial na formação de Geógrafos”

24 a 27 de maio de 2023 – Três Lagoas/MS

A Estação Meteorológica Automática (EMA), equipamento alvo do comparativo deste trabalho, está localizada no município de Três Lagoas – MS na sede da Fazenda Querência, próximo ao distrito de Arapuá, no alto curso do Córrego Moeda (figura 1) sob as coordenadas 20°52'15"S e 51°59'30"W. A estação meteorológica A704 do INMET está localizada na porção Centro-Sul da área urbana do município sob as coordenadas 20°47'41"S e 51°42'48"W (figura 1).

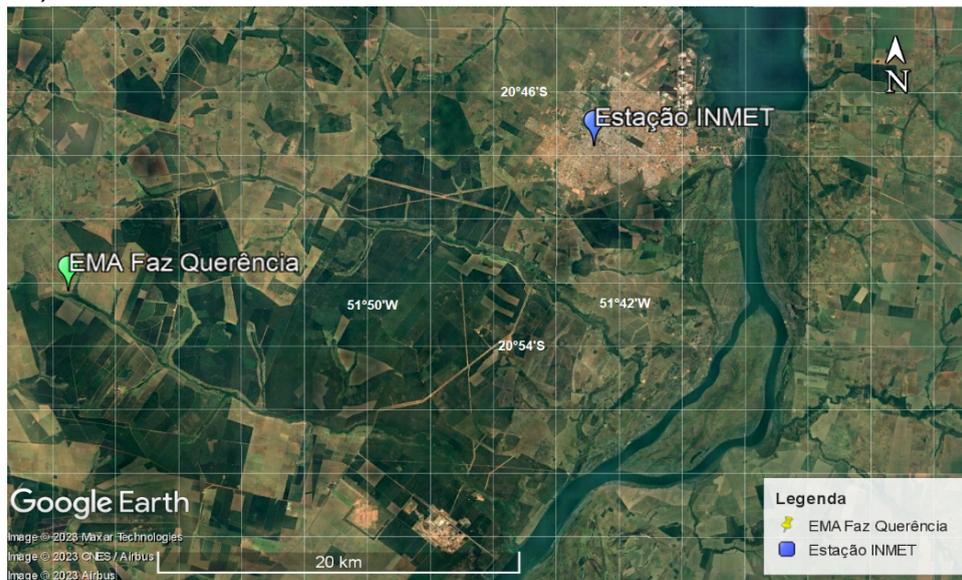


Figura 1: Localização das estações meteorológicas no município de Três Lagoas.

Organização: Penteadó (2023).

A EMA foi construída utilizando como base uma placa de prototipagem Arduino UNO. Junto ao Arduino, compondo a estação, estão: um pluviômetro de balsa em alumínio da marca WRF Comercial com precisão 0,25mm, um sensor de temperatura e umidade relativa do ar da marca AOSONG 2302 (DHT22), um módulo Real Time Clock (RTC) 1307, um módulo para cartão Micro SD que serve como datalogger e um display LCD 16x2 I2C para acompanhamento do funcionamento do equipamento sem necessidade do uso de um computador. A escolha desses sensores e equipamentos teve como base os trabalhos de Alves (2018); Finholdt *et al.* (2011); Freitas (2018); Menezes (2019); Mota *et al.* (2018); Sanches *et al.* (2017); Smith & Smith (2022).

O abrigo utilizado para o sensor de temperatura do ar e umidade relativa do ar foi cedido pelo Laboratório de Biogeografia e Climatologia Geográfica (LABICGEO) da UFMS/CPTL e foi posicionado a 1,5 metro da superfície, de acordo com as recomendações da Organização Meteorológica Mundial – OMM (ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL, 2017).

Os dados da estação meteorológica do INMET foram obtidos a partir do Banco de Dados Meteorológicos disponível no site da instituição (<https://bdmep.inmet.gov.br/>). A variável selecionada para análise foi a



IV ENCONTRO REGIONAL EM COMEMORAÇÃO AO DIA DO GEÓGRAFO – ERCOGEO

“CÊNCIA, CONHECIMENTO E INFORMAÇÃO: A pesquisa científica, um instrumento essencial na formação de Geógrafos”

24 a 27 de maio de 2023 – Três Lagoas/MS

Temperatura do ar devido à disponibilidade de registros sem falhas da EMA para o período.

O recorte temporal selecionado para essa discussão corresponde a dados horários do período de 01 a 31 de dezembro de 2022.

Os dados do portal Climate-Data.org (C-D) são baseados nas informações do Centro Europeu de Previsões Meteorológicas de Médio Prazo (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts – ECMWF) obtidos a partir do sistema Copernicus (via satélite) e correspondem à média histórica para o mês de dezembro de 1999 a 2019.

A análise das informações mensuradas foi realizada a partir da elaboração de tabelas e gráficos no *software Microsoft Excel 2019* para comparar o valor médio dos registros diários da EMA e da estação do INMET com a média histórica para o mês de dezembro disponível no site Climate-Data.org. Além disso, foram calculados o desvio padrão, o erro padrão para as médias mensais e a correlação de Pearson e o r^2 para os dados da EMA e da estação do INMET. Ensaio semelhantes utilizando o mesmo modelo de sensor da EMA (DHT22) podem ser encontrados nos trabalhos de Alves (2018); Freitas (2018); Mota *et al.* (2018); Smith & Smith (2022).

3) RESULTADOS E DISCUSSÕES

A tabela 1 apresenta as médias de temperatura do ar do mês de dezembro mensuradas pela EMA, pela Estação do INMET e a média histórica disponível no portal Climate-Data.org, bem como o desvio padrão e o erro padrão de cada uma das fontes de dados.

Tabela 1 – Médias de temperatura, desvio padrão e erro padrão de cada fonte de dados para o mês de dezembro de 2022.

	T média (°C)	Desvio Padrão	Erro Padrão
EMA	25,53	± 1,76	± 0,32
INMET	26,65	± 1,42	± 0,25
C-D	26,19	± 0,40	± 0,07

Organização: Penteadó (2023)

É importante lembrar o que a Organização Meteorológica Mundial - OMM (2017) orienta com relação aos estudos que envolvem medição de temperatura do ar. O guia da OMM afirma que é preciso considerar o tipo de equipamento que está realizando os registros e o entorno em que estão inseridos esses equipamentos.

A EMA está localizada na área rural do município de Três Lagoas, próximo à nascente do Córrego Moeda. A estação do INMET em uma área urbana, com asfalto no entorno, próxima ao centro da cidade. Os registros históricos do Climate-Data foram obtidos a partir de informações registradas por satélites do sistema Copérnicus do período de 1999 a 2019.

As diferenças entre a média da EMA e da estação do INMET podem ser justificadas pela localização distinta dos equipamentos. Sales; Lima; Porangaba (2022) evidenciam a existência de uma ilha de calor urbano no



IV ENCONTRO REGIONAL EM COMEMORAÇÃO AO DIA DO GEÓGRAFO – ERCOGEO

“CÊNCIA, CONHECIMENTO E INFORMAÇÃO: A pesquisa científica, um instrumento essencial na formação de Geógrafos”

24 a 27 de maio de 2023 – Três Lagoas/MS

município, portanto, isso colabora com a compreensão da média da estação do INMET se apresentar maior quando comparada com a EMA localizada na área rural.

Os dados registrados pela EMA e pela estação do INMET possuem resolução de 0,1°C, enquanto os registros do Climate-Data apresentaram resolução de 1°C. Devido a isso e à pouca variabilidade de temperatura da média diária apresentada pelos registros de satélite é que foi considerada apenas a média mensal para o mês de dezembro e não os valores diários dessa fonte de informação.

A figura 2 apresenta as médias diárias de temperatura do ar e a média para o mês de dezembro de 2022 de cada estação.

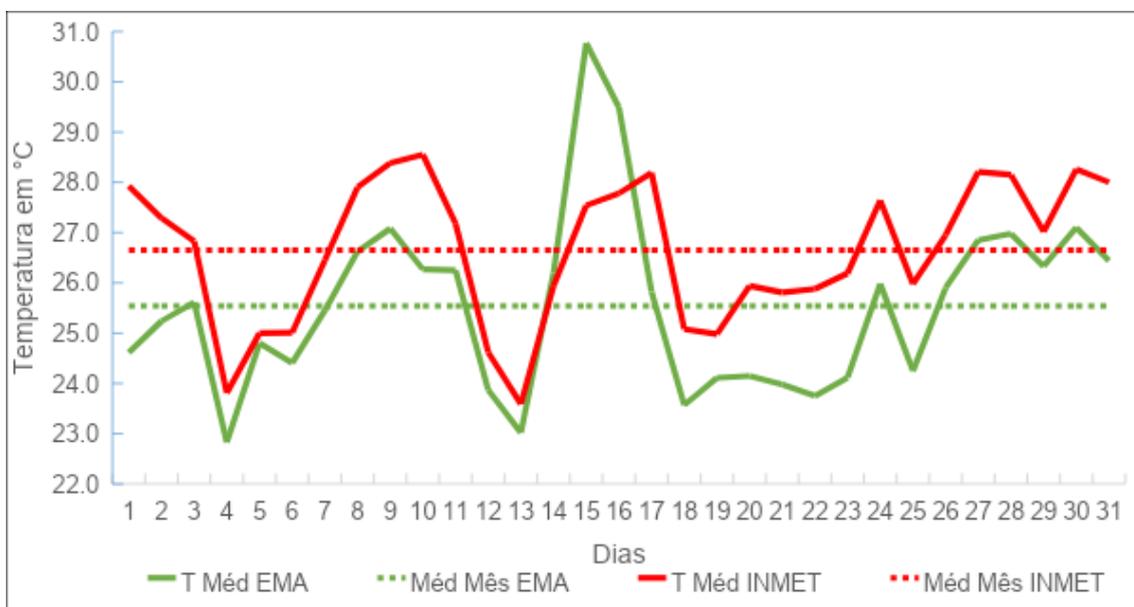


Figura 2: Médias diárias temperatura do ar e média do mês de dezembro de 2022 – EMA x INMET.

Organização: Penteadó (2023)

A análise do gráfico da figura 2 permite perceber que há boa semelhança no formato das curvas entre os valores registrados pela EMA e pela estação do INMET. É interessante considerar também a discussão de Sales; Lima; Porangaba (2022) para justificar a diferença de temperaturas entre EMA e INMET devido a existência de uma ilha de calor urbano atuante na área onde o equipamento do INMET está instalado.

A análise dos dados médios mensurados permite perceber ainda que o sensor da EMA (DHT22) apresenta as maiores variações (divergências) em relação ao equipamento do INMET em situação de temperaturas mais elevadas. Resultado semelhante foi encontrado por Alves (2018); Freitas (2018); Mota *et al.* (2018); Smith; Smith (2022).

A partir de regressões lineares dos conjuntos de dados da EMA com relação às medidas da referência (INMET), é possível observar uma correlação



IV ENCONTRO REGIONAL EM COMEMORAÇÃO AO DIA DO GEÓGRAFO – ERCOGeo

“CÊNCIA, CONHECIMENTO E INFORMAÇÃO: A pesquisa científica, um instrumento essencial na formação de Geógrafos”

24 a 27 de maio de 2023 – Três Lagoas/MS

forte entre os dados, o que pode ser conferido na figura 3, com uma dispersão levemente mais pronunciada para as medidas de temperatura mais altas. O fator de correlação de Pearson obtido é de 0,7329 e o r^2 de 0,5372.

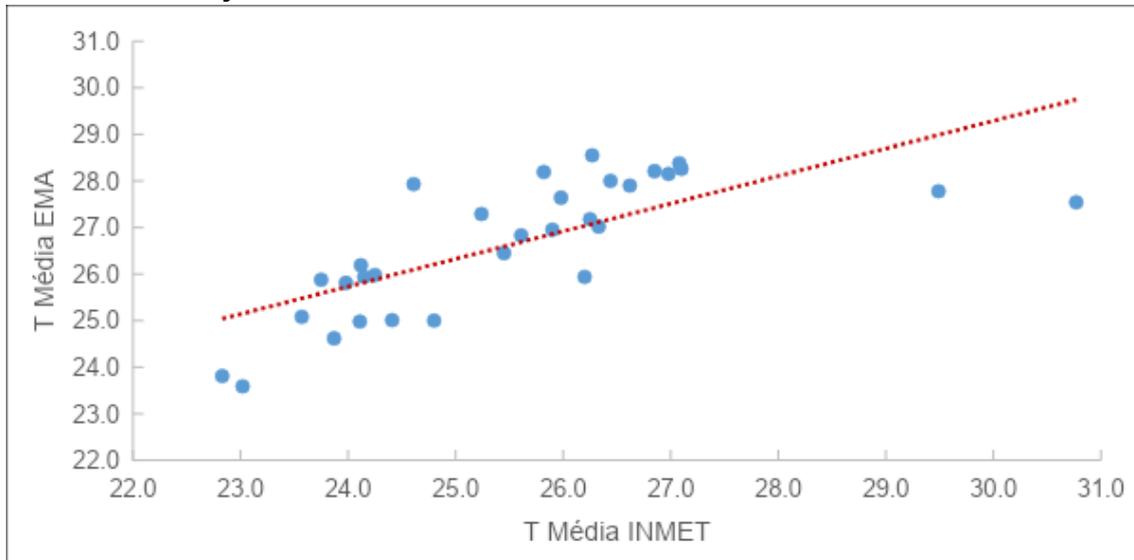


Figura 3: Gráfico de dispersão com regressão linear das medidas de (T) temperatura da EMA com relação à estação A704 do INMET em dezembro de 2022.

Organização: Penteadó (2023).

4) CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando os valores de erro-padrão calculados para as diferentes fontes de dados é possível afirmar que média geral de temperatura do ar para o mês de dezembro de 2022 registrada pela EMA se encontra dentro da faixa de acurácia do sensor (DHT22) do equipamento $\pm 0,5^\circ\text{C}$.

Comparando os dados mensurados pela EMA com os dados da estação do INMET obteve-se uma forte correlação entre os dados ($r=0,7329$) e a linha de tendência demonstra que aproximadamente 54% dos dados da estação do INMET variam de forma semelhante aos dados da EMA, mesmo se tratando de um ponto de monitoramento na área rural e outro ponto na área urbana.

A correlação entre os dados da EMA e da estação do INMET chama atenção para mais investigações e discussões acerca da existência de ilhas de calor no município.

Complementarmente aos resultados apresentados é recomendável a realização de mais ensaios com estações e equipamentos de referência em comparação com a EMA desenvolvida, especialmente com ambientes mais semelhantes e próximos fisicamente para facilitar a comparação dos parâmetros de coleta a fim de que se tenha melhor caracterização do comportamento do equipamento em relação à temperatura do ar e das demais variáveis que podem ser registradas.

Por fim, é possível afirmar que o comportamento da EMA em relação à estação de referência apresenta bons resultados de correlação indicando ser um equipamento eficaz para o tipo de monitoramento proposto.



IV ENCONTRO REGIONAL EM COMEMORAÇÃO AO DIA DO GEÓGRAFO – ERCOGEO

“CÊNCIA, CONHECIMENTO E INFORMAÇÃO: A pesquisa científica, um instrumento essencial na formação de Geógrafos”

24 a 27 de maio de 2023 – Três Lagoas/MS

5) REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, L. S. **Ciência Cidadã Por Meio De Estações Modulares: Construindo As Condições Para Um Monitoramento Meteorológico Colaborativo**. Dissertação de mestrado—Porto Alegre: UFRGS, 27 fev. 2018.

FANTE, K. P.; SANT’ANNA NETO, J. L. TÉCNICAS ESTATÍSTICAS PARA A HOMOGENEIZAÇÃO DE DADOS DE TEMPERATURA EM SÉRIES TEMPORAIS CLIMATOLÓGICAS. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 18, p. 143–156, 2016.

FINHOLDT, G. *et al.* Desenvolvimento de uma estação meteorológica automática para manejo de irrigação. **Revista Engenharia na Agricultura - REVENG**, v. 19, n. 4, p. 313–328, 1 set. 2011.

FREITAS, M. DE. **Caracterização de sensores e abrigos meteorológicos de baixo custo**. Trabalho de Conclusão de Curso—Porto Alegre: UFRGS, 2018.

MENEZES, A. C. DOS S. **Desenvolvimento e calibração de pluviômetros automáticos de baixo custo**. Dissertação de Mestrado—Juazeiro - BA - Brasil: UNIVASF, 18 out. 2019.

MONTEIRO, C. A. DE F. Por um suporte teórico e prático para estimular estudos geográficos de clima urbano no Brasil. **GEOSUL**, v. 5, n. 9, p. 7–19, 1990.

MOTA, W. N. *et al.* SMUT - SISTEMA DE BAIXO CUSTO PARA AQUISIÇÃO DE TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR PARA MANEJO DE IRRIGAÇÃO. **Revista Engenharia na Agricultura - REVENG**, v. 26, n. 1, p. 89–99, 23 fev. 2018.

ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL. **Guía de Instrumentos y Métodos de Observación Meteorológicos**. 2014. ed. Genève - Suiza: OMM, 2017. v. 8

SALES, A. B. R.; LIMA, G. R.; PORANGABA, G. F. O. **O Perfil Térmico De Três Lagoas/MS a Partir De Transectos Móveis**. Encontro Nacional de Geógrafos. **Anais...On line**: jul. 2022. Disponível em: <<https://www.eng2022.agb.org.br/site/anais?AREA=15>>. Acesso em: 1 maio. 2023

SANCHES, R. G. *et al.* Proposta de pluviômetro de baixo custo utilizando a plataforma de prototipagem Arduino. Em: **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**. [s.l.] INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - UNICAMP, 2017. p. 2024–2035.



IV ENCONTRO REGIONAL EM COMEMORAÇÃO AO DIA DO GEÓGRAFO – ERCOGEO

*“CÊNCIA, CONHECIMENTO E INFORMAÇÃO: A pesquisa
científica, um instrumento essencial na formação de
Geógrafos”*

24 a 27 de maio de 2023 – Três Lagoas/MS

SMITH, K.; SMITH, R. **Test and Calibrate DHT22 Hygrometers**. Disponível em: <https://www.kandrsmith.org/RJS/Misc/Hygrometers/calib_dht22.html>. Acesso em: 27 mar. 2023.