

PROPOSTA DE TERMOHIGROMÊTRO DE BAIXO CUSTO PARA COLETA DE DADOS CLIMÁTICOS EM CAMPO

FRANCISCO JABLINSKI CASTELHANO

Doutor em Geografia pela Universidade Federal do Paraná. Pós-doutorando na Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão-SE¹
fjcastelhana@gmail.com

RESUMO: A discussão a respeito das mudanças climáticas mantém como um dos temas de maior debate nos âmbitos científico, político e cotidiano. Pensando neste cenário, faz-se necessário o desenvolvimento de estudos climáticos em múltiplas escalas e com alto nível de qualidade. A qualidade dos trabalhos por sua vez, perpassa na necessidade da utilização de equipamentos de alto nível e que, na maioria das vezes, tem um preço condizente. Pensando na necessidade qualificar as pesquisas no âmbito da climatologia geográfica, o presente artigo visa apresentar o desenvolvimento de um termo-higromêtro de baixo custo para coletas de dados. O equipamento foi desenvolvido com componentes de prototipagem Arduino e levado a campo durante sete dias na cidade de Curitiba, Sul do Brasil. Os dados coletados pelo presente equipamento foram correlacionados com os dados da estação meteorológica oficial e devidamente calibrados. Os resultados validaram o equipamento de baixo custo para coleta de dados em campo.

PALAVRAS-CHAVE: termohigrômetro; coleta de dados; ARDUINO.

LOW COST THERMOHIGROMETER PROPOSAL FOR FIELD CLIMATE DATA COLLECTION

ABSTRACT: The discussion about climate change remains as one of the most debated topics in the scientific, political and even everyday spheres. Never before has climate been at the heart of such intense and necessary discussions. With this scenario, it is necessary to develop climate studies at multiple scales and with a high level of quality. The quality of the work, however, goes together with the need to use high level equipment and that, most of the time, has a high price. Thinking about the need to qualify research in the field of geographical climatology, this article aims to present the development of a low cost thermo-hygrometer to be used in data collection campaigns. The equipment in question was developed with Arduino prototyping components. The equipment was taken to the field and tested for seven days in the city of Curitiba, Southern Brazil. The data collected by this equipment were correlated with the data collected by the official city weather station. The data collected by this equipment were correlated with the data collected by the official city weather station. Results validated low cost field temperature and humidity data.

KEYWORDS: Thermo-hygrometer; Data collecting; ARDUINO.

PROPUESTA DE TERMOHIGRÓMETRO DE BAJO COSTO PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS CLIMÁTICOS DE CAMPO

RESUMEN: La discusión sobre el cambio climático sigue siendo uno de los temas más debatidos en la vida científica, política e incluso cotidiana. Nunca antes el clima ha estado en el centro de discusiones tan intensas y necesarias. Con este escenario en mente, es necesario desarrollar estudios climáticos a múltiples escalas y con un alto nivel de calidad. La calidad del trabajo, a su vez, va de la mano con la necesidad de utilizar equipos de alto nivel y eso, la mayoría de las veces, tiene un alto precio. Pensando en la necesidad de calificar la investigación en el campo de la climatología geográfica, este artículo tiene como objetivo presentar el desarrollo de un termo-higrómetro de bajo costo para ser utilizado en campañas de recolección de datos. El equipo en cuestión fue desarrollado con componentes de prototipos Arduino. El termómetro en cuestión fue llevado al campo y probado durante siete días en la ciudad de Curitiba, Sur de Brasil. Los datos recopilados por este equipo se correlacionaron con los datos recopilados por la estación meteorológica oficial de la ciudad. Resultados validados datos de temperatura y humedad de campo de bajo costo.

PALABRAS-CLAVE: Termo-higrometros; recolección de datos; ARDUINO.

¹ Universidade Federal de Sergipe, Avenida Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Elze, CEP: 49100-000, São Cristóvão-SE.

1. INTRODUÇÃO

As questões climáticas convergem como uma problemática das mais transversais na atualidade, sendo amplamente discutidas em diversas áreas do saber. Mendonça (2012) aponta as mudanças climáticas como o grande paradigma atual na ciência climática, ocupando um espaço que nos anos 1980 se destinava ao fenômeno do El Niño. Para o autor, a obscuridade por trás do El Niño a época, fomentou ideias fantasiosas acerca de suas consequências no imaginário popular, fato este que torna a se repetir, desta vez, sob a égide do fenômeno das mudanças climáticas globais.

A partir desta afirmação, o autor salienta a necessidade de uma expansão qualitativa e geográfica a respeito dos estudos científicos sobre o clima. A busca por uma melhor compreensão da atual dinâmica climática perpassaria então, por avanços na coleta de dados, armazenamento, modelagem, análises e discussões.

Neste ponto é importante trazer a esta discussão os apontamentos de Pierre Pedelaborde, segundo o qual, a Climatologia Geográfica situa-se como um ramo específico da Geografia Física que estuda a distribuição espacial dos elementos meteorológicos e que, portanto, se relaciona com as demais faces da ciência geográfica como uma vez que, tal distribuição encontra-se intimamente relacionada com as demais componentes da superfície terrestre, sejam elas naturais ou antrópicas (PEDELABORDE, citado por BARROS e ZAVATTINI, 2009).

Na concepção apontada por Pedelaborde e por Mendonça, a coleta de dados em campo situa-se como parte chave na compreensão da dinâmica climática das localidades analisadas. Neste sentido, a realização de um trabalho de campo, visando à coleta de dados primários, envolve muito mais do que somente observação e análise, mas, sobretudo a utilização de aparelhagem específica para registros de variáveis climáticas.

Azevedo (2001) cita que no caso do clima urbano a fase de coleta de dados pode ser ainda mais problemática, uma vez que, neste ambiente, em função das rugosidades geradas pela cobertura e uso do solo, que se somam a dinâmica social e aumentam a diversidade e complexidade climática destes sítios.

Ademais de um complexo sítio para coleta, há de se levar em conta que os equipamentos meteorológicos de coleta de dados normalmente apresentam um valor elevado, e que, portanto, necessitam de uma preocupação por parte do pesquisador no que tange sua segurança.

O valor dos equipamentos em questão é apontado inclusive como um fator limitante ao crescimento no número de trabalhos em climatologia envolvendo coleta de dados primários (Rodrigues et al, 2012).

Pensando neste cenário, o presente trabalho apresenta um termohigrômetro de baixo custo desenvolvido com base nos sistemas de prototipagem ARDUINO.

O ARDUINO é um projeto desenvolvido na Itália em 2005, com o objetivo de popularizar e fomentar o uso de microprocessadores de baixo custo. O software utiliza-se de uma linguagem de programação C/C++. O hardware e sua programação encontram-se como livres e colaborativos o que significa que, qualquer indivíduo é bem-vindo a personalizar o seu dispositivo e sua programação da maneira que lhe for conveniente (Sanches et al, 2017).

Assim sendo, a proposta do presente trabalho foi a de desenvolver e analisar o desempenho de um termohigrômetro de baixo custo com programação de software e hardware pautado pelo sistema ARDUINO, com a possibilidade de gravar em memória os dados coletados.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

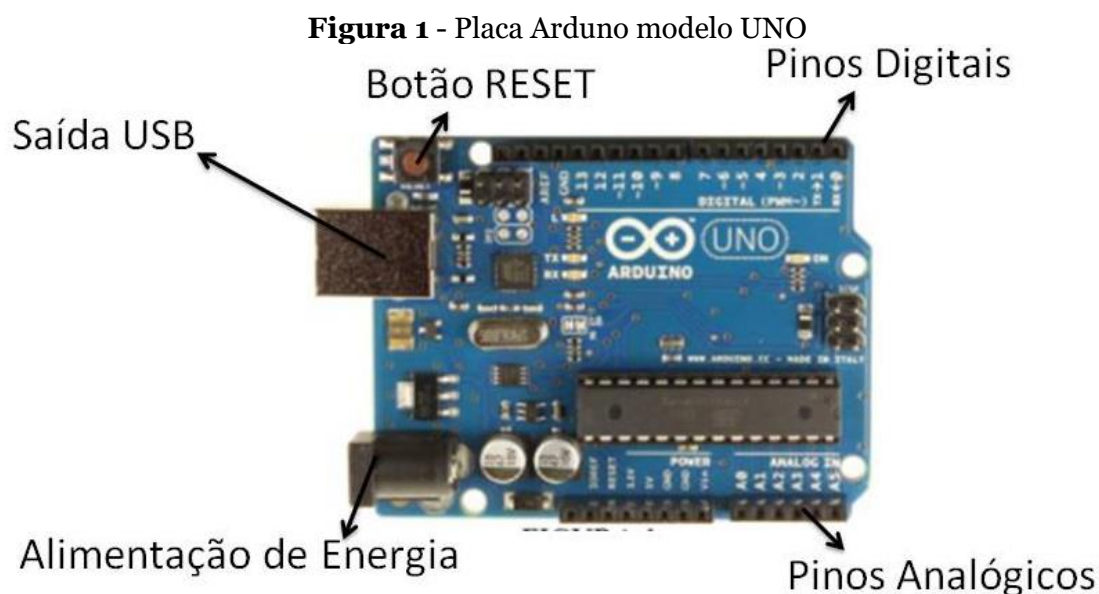
2.1 A MONTAGEM DO PROTÓTIPO

O protótipo aqui apresentado foi desenvolvido com base no sistema ARDUINO. O sistema ARDUINO foi projetado para ser trabalhado em sistema modular. Assim, a partir de uma placa base, onde se encontra o microprocessador, podem-se acoplar diferentes sensores e módulos com distintos usos.

Os módulos, também chamados de *Shields*, são criados por diversas empresas e por se tratarem de pequenas peças, sem nenhum tipo de programação incluída, apresentam custo relativamente baixo, sendo, portanto itens de alta acessibilidade no mercado nacional.

Os “*Shields*” contemplam múltiplas funções, e podem ser combinados de distintas formas a partir da programação realizada pelo usuário. A programação em questão é desenvolvida no ambiente “Arduino IDE”, software livre que possibilita o ajuste e funcionamento do processador e seus módulos através da programação C/C++ e também *Python* e *Java* através de distintas bibliotecas (ELIAS et al, 2014).

O processador utilizado para o presente protótipo foi o Arduino Modelo UNO (Figura 1). A placa em questão, apresenta um microcontrolador Atmel AVR de 8 bits, um botão de reset, uma luz led que indica que a placa a passagem de energia, pinos digitais e analógicos de entrada e saída para a conexão de outros dispositivos, saída USB para conexão com o computador e uma saída para ligação da fonte de alimentação.

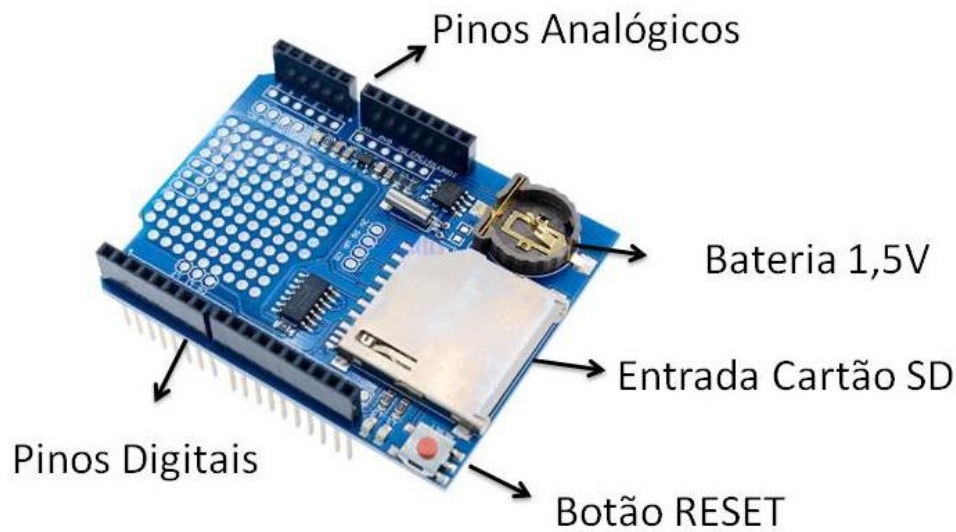


Fonte: Autor.

A placa ARDUINO em questão foi acoplada a outros módulos visando o objetivo de desenvolver o protótipo de termohigromêtro com registro de dados em sua memória.

O primeiro módulo acoplado foi o *SD Logging Shield 1.0*. Este módulo é acoplado acima da placa UNO, mantendo as entradas digitais e analógicas da Placa original e possibilitando a inserção de um cartão SD como dispositivo para gravação de dados na mídia digital. Além disso, o módulo em questão apresenta módulo próprio para a inserção de bateria de 1,5V. A bateria em questão possibilita a manutenção do relógio do processador mesmo se o processador não estiver sendo alimentando, mantendo o relógio do datalogger atualizado.

Figura 2 - Modulo SD Logging Shield 1.0

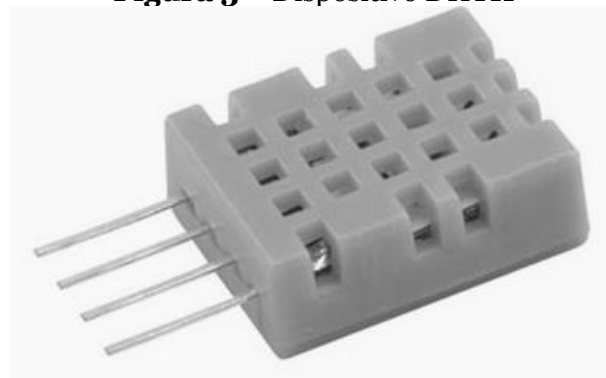


Fonte: Autor.

Junto ao módulo *SD logging shield 1.0*, foi acoplado o sensor de temperatura e umidade relativa do ar modelo DHT11 desenvolvido pela empresa chinesa *AoSong*. O módulo em questão funciona com voltagem entre 3.3V e 5.5V, sendo 5V a voltagem recomendada pela empresa e a utilizada neste experimento. Segundo os parâmetros da empresa, o sensor tem alcance de 0 a 99,9% em termos de coleta de umidade relativa do ar e -40°C até 80°C em termos de temperatura, com tempo de resposta inferior a 5 segundos entre a coleta e o registro (AOSONG, 2019).

O desenvolvimento do protótipo seguiu o modelo proposto por Sriastava et al (2018) em termos de programação. Os autores atestam que a utilização deste sensor pode tornar-se um método conveniente e de baixo custo para monitoramento em tempo real de umidade e temperatura, incentivando novos testes em outros ambientes.

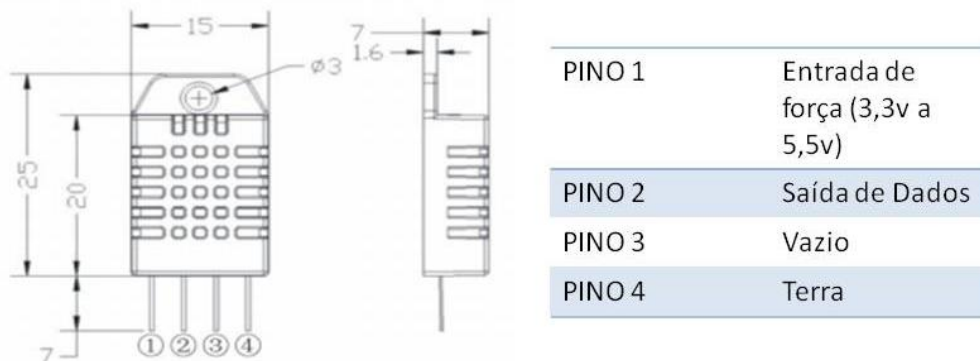
Figura 3 – Dispositivo DHT11



Fonte: Autor.

O dispositivo em questão apresenta dimensões reduzida, apresentando 25 mm por 15mm. O mesmo possui quatro saídas que devem ser ligadas ao processador através de soldas ou cabeamentos apropriados. A presente pesquisa utilizou-se de cabeamentos para fazer a conexão entre o módulo e o processador.

Figura 4 – Dimensões e Características do dispositivo DHT11



Fonte: Autor.

Por fim, foi inserido junto ao processador uma saída de energia que possibilitou a ligação do equipamento a uma bateria de 9v, possibilitando o abastecimento do equipamento com energia sem a necessidade de ligação direta a rede de energia elétrica e facilitando no processo de transporte e alocação do equipamento. O equipamento montado pode ser visualizado na figura 5, com os dispositivos devidamente encaixados.

Figura 5 – Processador e Módulos acoplados



Fonte: Autor.

Com o intuito de proteger os circuitos, cabos, ligações e módulos, projetou-se um envoltório para o dispositivo utilizando-se de placas de Poliestireno PS Branco com 0.1mm de espessura.

O material em questão foi escolhido por sua alta resistência, grande nível de isolamento, tanto térmico quanto elétrico, não absorção de umidade, baixo peso, e a coloração branca, ideal para a composição de termômetros em decorrência a sua reflexão de

radiação. (Castelhano; Roseghini, 2011). O modelo final do equipamento testado é apresentado na figura 6.

Figura 6 – Modelo Final do Protótipo Testado



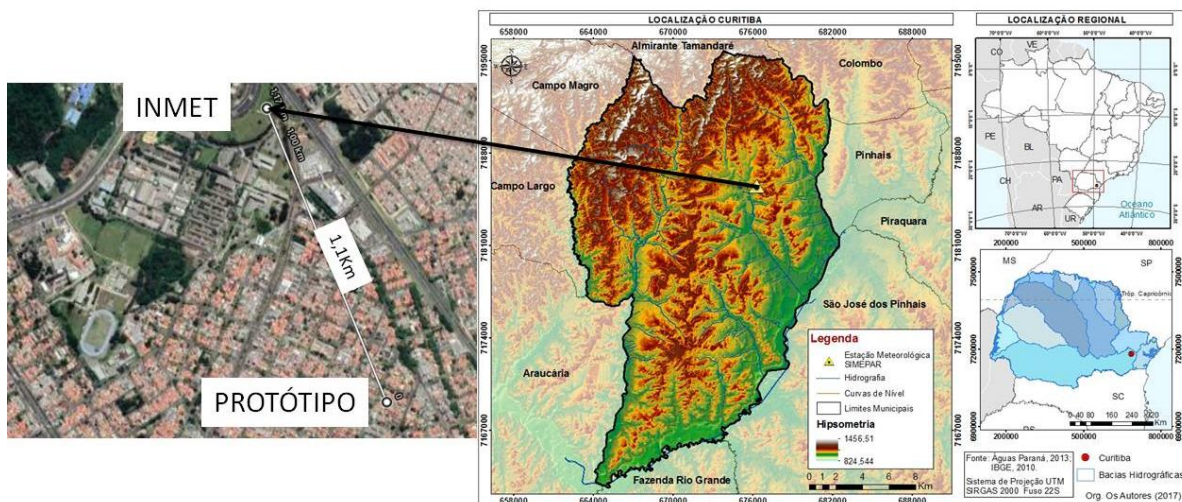
Fonte: Autor.

2.2 COLETA DE DADOS

Após a montagem e programação do protótipo passou-se a fase de coleta e validação dos dados meteorológicos. Para validar o protótipo buscou-se comparar os dados coletados pelo presente equipamento com dados coletados em uma estação meteorológica oficial e calibrada.

Devido ao estado de pandemia decorrente do vírus Sars-Cov-2, a estação meteorológica de Curitiba encontrava-se fechada para visitas e indisponível para a realização de testes no local. De tal forma, optou-se por realizar a coleta de dados com o protótipo em área gramada residencial no mesmo bairro onde se encontra dita estação. O local de testes se localiza a 1,1 km da estação meteorológica oficial (figura 7).

Figura 7 – Curitiba/PR: Estação Meteorológica Oficial e Ponto de Coleta



Fonte: Autor.

O aparelho em questão foi instalado junto a um mini-abrigo meteorológico de PVC, a 1,5m do solo, seguindo especificações de Castelhano e Roseghini (2011) conforme figura 8.

Figura 8 – Mini-abrigo meteorológico utilizado na coleta de dados.



Fonte: Autor.

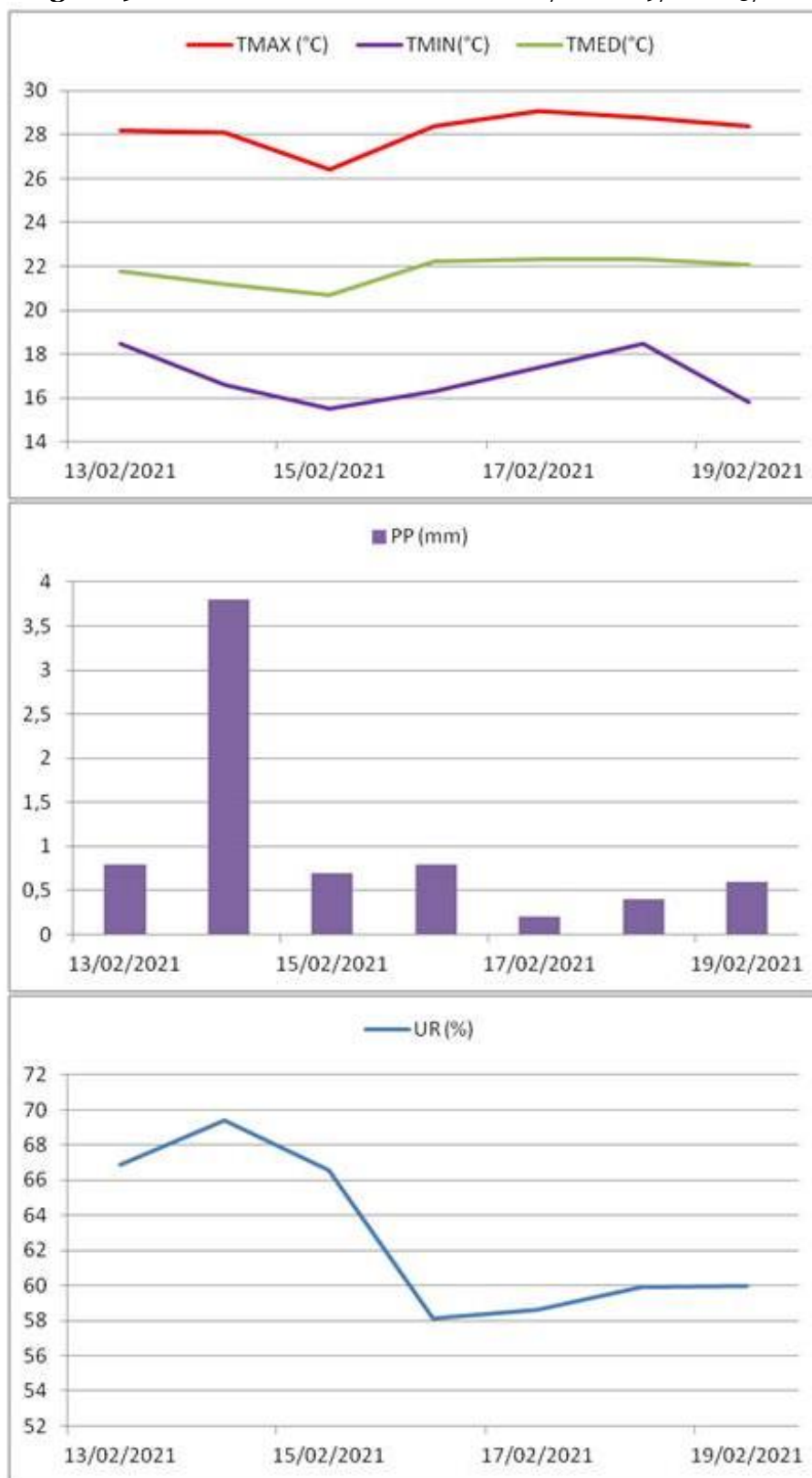
O protótipo foi programado para coletar e gravar os dados de temperatura do ar e umidade relativa em intervalos de dez segundos, possibilitando o registro de uma série de dados longa.

O período de comparação de dados se deu entre os dias 13/02/2021 e 19/02/2021, totalizando sete dias consecutivos de coleta.

Durante o período de coletas, segundo os dados do INMET, a cidade de Curitiba enfrentou altas temperaturas e chuva constantes aos finais da tarde, consequência da atuação de massas convectivas.

A temperatura máxima registrada pelo INMET durante este período foi de 29,1 °C no dia 17/02. As menores temperaturas foram registradas no dia 15/02 que registrou uma temperatura mínima média diária de 15,5 °C. As chuvas registradas nos somaram 7,3mm ao longo da semana, com maior valor acumulado no dia 14/02 com 3,8mm. Os gráficos com a oscilação das variáveis meteorológicas coletadas pela estação oficial podem ser visualizados na figura 9.

Figura 9 – Variáveis climáticas em Curitiba/PR – 09/10 a 15/10



Fonte: Autor e INMET.

2.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Após a coleta e análise dos dados pelo protótipo e da estação oficial, passou-se a etapa de análise estatística. Assim, foram gerados gráficos de dispersão das variáveis comparadas, (Umidade Relativa do Ar e Temperatura Atmosférica Média).

Em conjunto a projeção dos gráficos, foram realizados cálculos estatísticos de correlação de Pearson e erro médio, possibilitando assim evidenciar a confiabilidade dos dados extraídos pelo protótipo e compara-los com os dados oficiais do Instituto Nacional de Meteorologia.

A correlação de Pearson indica o grau de relação mútua entre duas variáveis. Seu resultado é um valor que pode variar entre -1 a +1, de modo que, quanto mais próximo desses valores, mais forte é a associação entre as variáveis analisadas, em que zero significa a ausência de correlação e um significa uma correlação perfeita.

O sinal apresentado no resultado também deve ser levado em conta na interpretação do valor, o qual, positivo significa relação direta e negativa aponta uma relação inversa, ou seja, enquanto uma variável diminui, a outra variável aumenta.

Passada a primeira análise foi realizada uma calibração dos dados de temperatura coletados a partir de uma regressão linear simples.

O processo de calibração é recomendado por Koestoer et al (2019) como forma de adequar os valores do sensor a realidade local e incrementar a correlação entre os dados obtidos e os oficiais. A proposta do autor é a realização de uma regressão linear simples, no caso da correlação entre os valores for superior a 0.95.

A calibragem também é sugerida, mas não implementada por Lima et al (2016), que mencionam a necessidade de atenuar as diferenças entre os dados coletados pelo sensor e os dados oficiais.

A equação para calibração e a correlação entre as séries, foram gerados junto ao *software* Excel. para a calibração esta apresentada na equação 1.

$$y = 5,58 + 0,66X \quad (1)$$

Em que Y é o resultado coletado calibrado e X os valores coletados pelo sensor DHT22.

3. RESULTADOS

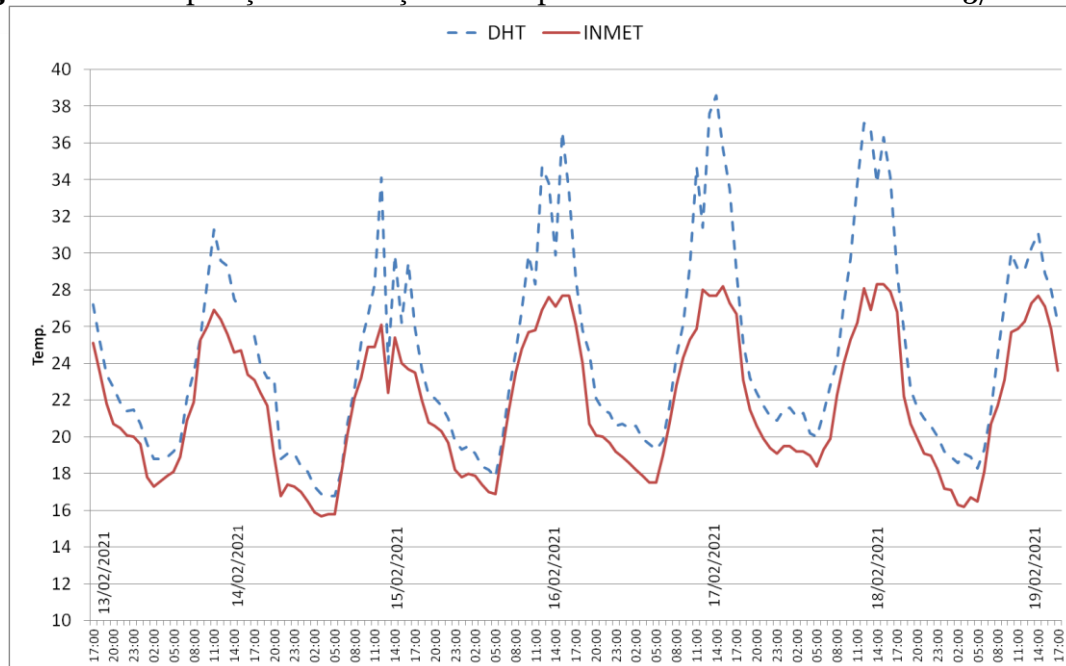
3.1 DADOS BRUTOS

Os dados de temperatura coletados pelo protótipo e comparados com os dados oficiais podem ser visualizados pela figura 10 a seguir. Visualmente percebe-se uma forte correlação entre as duas séries de dados.

A comparação revela uma distância maior dos dados quando dos picos máximos diários, que ocorrem todos os dias entre 11h e 15h. As diferenças entre as máximas chegaram a quase nove graus no dia 17/02, o dia com menor chuva acumulada registrada.

Os dias 13, 14 e 19, foram aqueles em que as temperaturas apresentaram maior equidade. Nestes dois dias foram registrados volumes de precipitação. A chuva, de maneira geral atua como equalizador de temperaturas, mantendo-as mais homogêneas e baixas em relação aos outros dias do estudo.

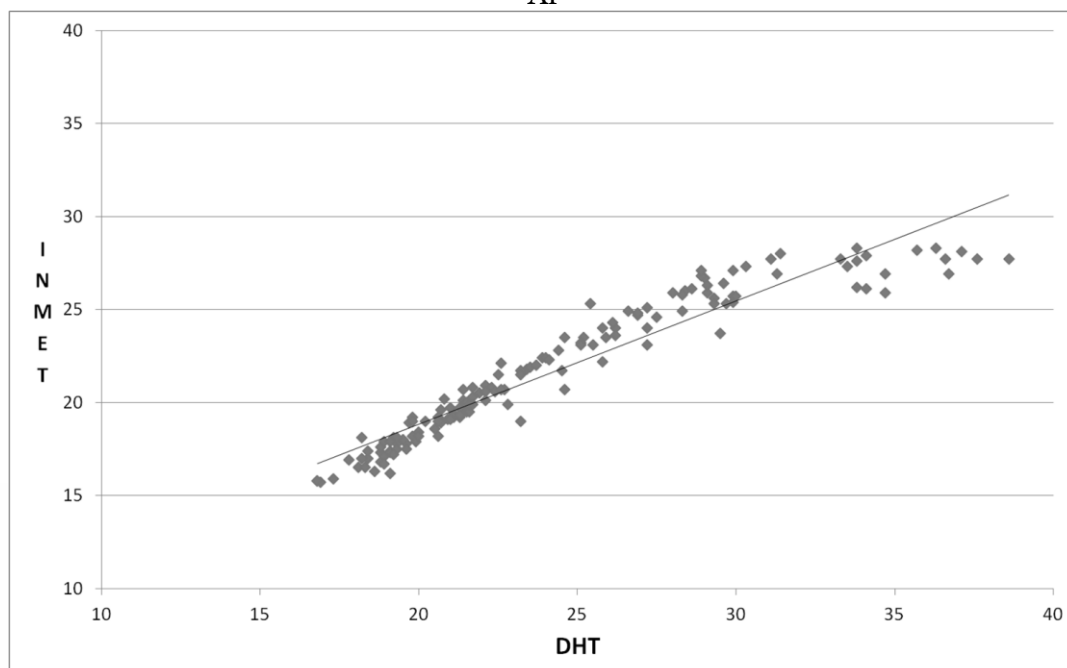
Figura 10 – Comparação da Variação de Temperatura coletada com o oficial – 13/02 a 19/02



Fonte: Autor e INMET.

A figura 11 reafirma a relação forte entre os dados coletados. O gráfico de dispersão indica a proximidade dos dados com a linha de tendência, apontando forte correlação, sobretudo quando dos valores abaixo de 25°C. A análise de correlação de Pearson realizada entre os dados de temperatura revela valores de forte correlação entre os dados de temperatura. O calculo resultou eu uma correlação de 0,953, o que indica uma correlação positiva e extremamente forte entre as duas.

Figura 11 – Gráfico de Dispersão entre dados coletados e dados oficiais de Temperatura do Ar

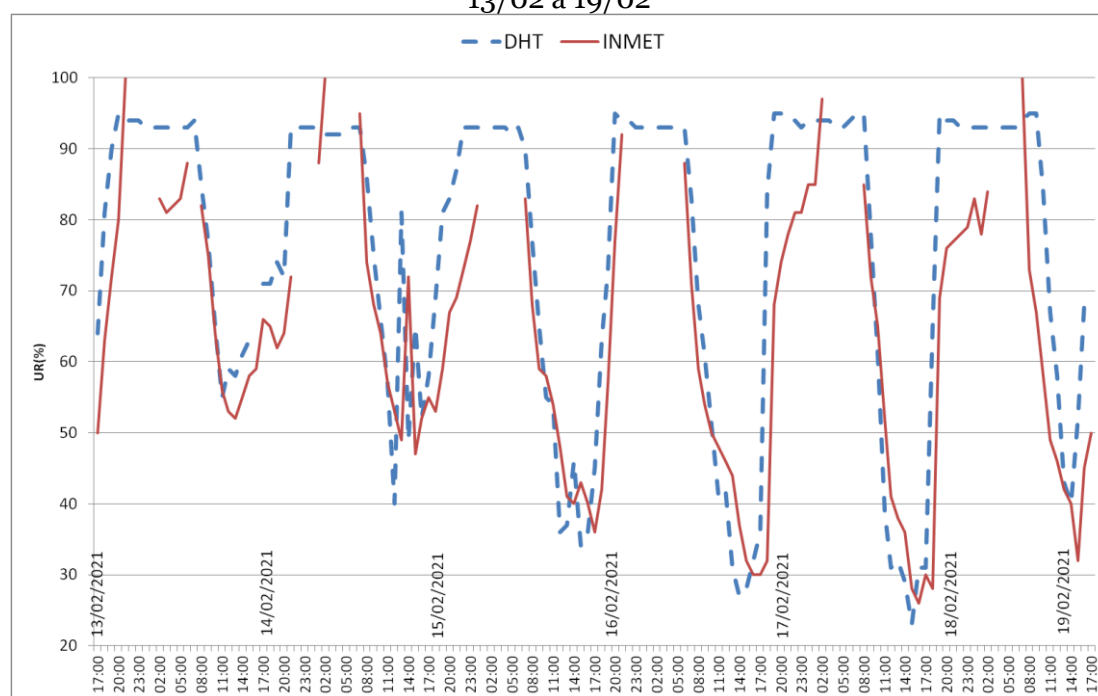


Fonte: Autor.

A umidade relativa do ar por outro lado apresentou níveis diferentes de correlação. A figura 12 traz um gráfico contendo os dados coletados pelo sensor DHT-11 em comparação aos dados oficiais do INMET.

Os dados comparados revelam uma discrepância maior dos dados coletados de umidade em relação aos de temperatura.

Figura 12 – Comparação da Variação de Umidade Relativa do Ar coletada com o oficial – 13/02 a 19/02



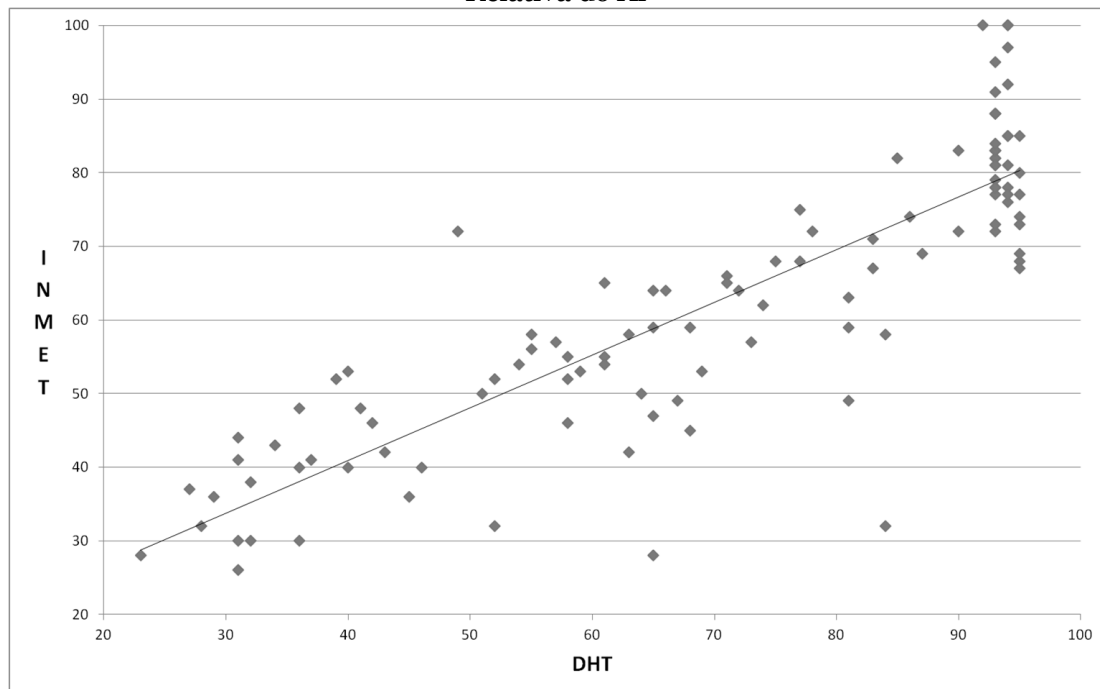
Fonte: Autor e Inmet.

Novamente, observou-se que as maiores diferenças situam-se em registros de valores considerados altos, embora as oscilações tenham seguido uma lógica muito semelhante entre os valores coletados.

Os dados do INMET apresentaram falhas ao longo da semana, o que pode ter prejudicado a correlação entre as séries. Apesar disso, dado a similaridade na oscilação entre os dados coletados por ambas as fontes, a correlação linear de Pearson novamente mostrou-se positiva e forte. O cálculo apontou uma correlação de 0,86 entre as duas séries de dados analisadas, reforçando a existência de uma relação estatística positiva entre ambas.

A figura 13 apresenta o gráfico de dispersão entre os dados coletados por ambos os sensores, reforçando a relação mais fraca entre os dados em relação ao visto com temperatura. Percebe-se que, por vezes os valores mais altos fugiram da relação linear pretendida, enquanto que, com valores mais baixos, a correlação mostrou-se mais forte.

Figura 13 – Gráfico de Dispersão entre dados coletados e dados oficiais de Umidade Relativa do Ar



Fonte: Autor e Inmet.

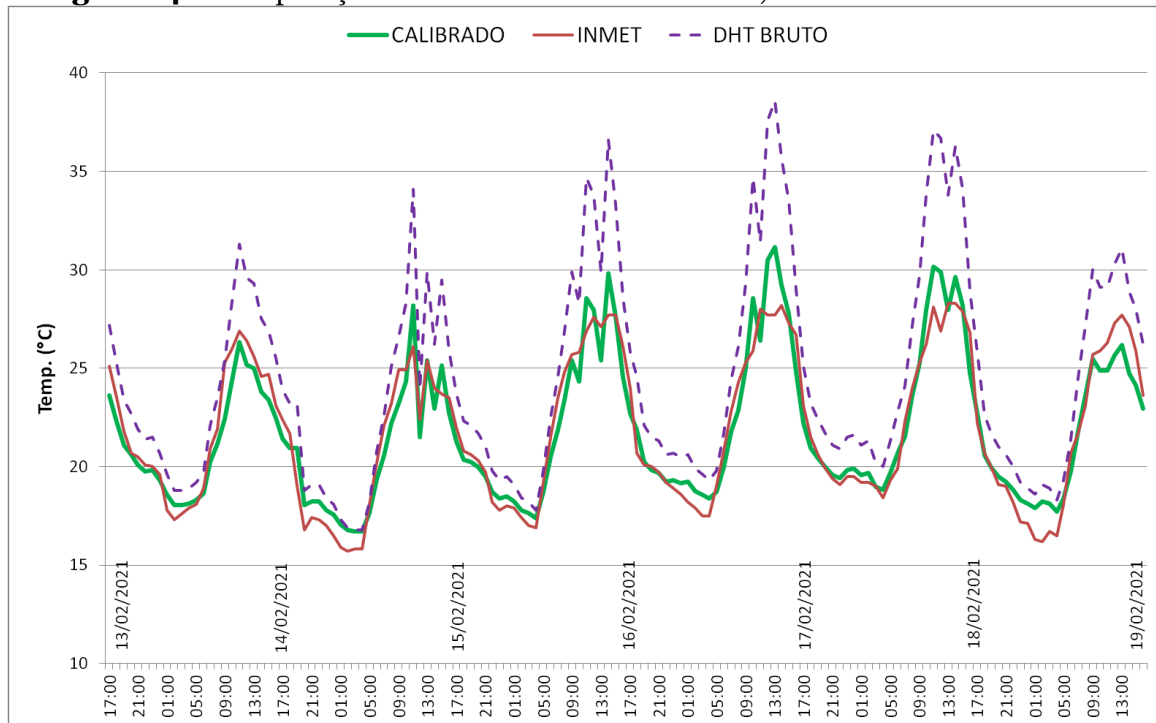
3.2 CALIBRAÇÃO DOS DADOS

A distância entre os dados coletados de umidade relativa do ar e os dados oficiais torna a calibragem estatística não adequada neste sentido. Todavia para os dados de temperatura a calibragem mostrou-se adequada para aumentar a correlação dos dados e diminuir o erro médio.

A aplicação do polinômio de segundo grau mostrou-se como uma forma eficaz de aumentar a correlação entre os dados coletados.

A figura 14 revela a comparação entre os dados coletados brutos, dados oficiais e dados calibrados.

Figura 14 – Comparação entre dados coletados Brutos, Calibrados e dados oficiais.



Fonte: Autor e Inmet.

A calibração dos dados aumentou a correlação anterior de 0,95 para 0,97 e diminuiu significativamente a diferença entre os picos de temperatura tornando a série coletada mais próxima dos valores oficiais.

4. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES

A utilização de dados meteorológicos coletados pelo sensor DHT-11 em um protótipo de poliestireno mostrou-se como satisfatório sob o ponto de vista estatístico e de custo-benefício. Ambos os dados apresentaram correlações positivas e fortes indicando uma nítida relação entre as variáveis coletadas.

Em relação aos dados de temperatura, o erro médio calculado entre as séries situou-se como $\pm 2,7$. Percebeu-se que sua oscilação seguiu a mesma tendência dos dados oficiais, e que, as maiores disparidades encontraram-se em momentos de altas temperaturas. Recomenda-se, portanto que, ao utilizar-se deste sensor, o usuário faça as devidas calibrações e correções, mas de forma geral, seu desempenho mostrou-se satisfatório. A calibragem realizada para este trabalho diminuiu o erro médio para $\pm 0,76$. O intervalo entre 13h e 17h mostrou-se como aquele onde os valores dos sensores mais destoam. A melhora dos dados pela calibragem mostrou-se ainda mais satisfatório que os resultados obtidos por Koestoer et al (2019).

A umidade relativa do ar, por outro lado, apresentou maiores diferenças. Sua correlação linear também se mostrou forte, mas o sensor mostrou-se como mais problemático na coleta desta variável. Novamente, os valores mais elevados apresentaram um ruído maior em relação aos dados oficiais. O erro médio entre os sensores calculado foi de $\pm 11,1$, isto é os dados do sensor DHT-11 mostraram-se na média, mais de 11 pontos percentuais distantes dos coletados pela estação oficial, valor este considerado excessivo.

Há de se levar em conta algumas falhas sequencias no próprio sensor do INMET que pode ter comprometido a série e afetado ditos valores de correlação e erro médio. Neste ponto, recomendam-se novos e mais longos períodos de coleta de dados para determinar a validade do sensor para a umidade relativa do ar.

O valor médio para a construção do sensor, todavia mostrou-se como seu grande diferencial. O sensor em questão chega a ter um valor correspondente a 10% do valor de um termohigromêtro *datalogger* adquirido em território nacional, o que atesta a necessidade de maiores estudos a seu respeito.

Espera-se por fim, que o presente trabalho possa instigar maiores e mais detalhadas pesquisas a respeito da utilização de prototipagem ARDUINO na coleta de dados climáticos, popularizando as práticas científicas de coleta de dados e fomentando novas pesquisas antes limitadas pelos altos preços dos equipamentos.

5. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

AZEVEDO, Tarik Rezende. de. Derivação antrópica do clima na Região Metropolitana de São Paulo abordada como função do ritmo semanal das atividades humanas. Tese de Doutorado em Geografia, USP, São Paulo, 2001.

BARROS, J.R., ZAVATINNI, J.A., Bases Conceituais em Climatologia Geográfica, Revista Mercator, ano, 8, v. 16, p. 255-262, 2009

CASTELHANO, F.J., ROSEGHINI, W.F.F., A Utilização De Policloreto De Vinila (Pvc) Na Construção De Mini- Abrigos Meteorologicos Para Aplicação Em Campo, Revista Brasileira de Climatologia, n.9,p.48-55, 2011

ELIAS, A.A.A. et al. Ardweather: Uma estação meteorológica baseada no arduino e em web services restful. In: Proceedings of safety, health and environment world congress, v. 14, p. 44 a 48. 2014.

KOESTOER, R.A., PANCASAPUTRA, N., ROIHAN, I. HARINALDI, A Simple Calibration Methods of Relative Humidity Sensor DHT22 for tropical Climates based on Arduino Data Acquisition System, AIP Conference Proceedings 2062, 2019.

LIMA, I.A., TAVARES, J.L.C, SENA, A.J.C., Estação Meteorológica Microcontrolada de Baixo Custo, Revista INOVATEC, n.1, 2016

MENDONÇA, Francisco de Assis, Mudanças Climáticas e Aquecimento Global, In: MENDONÇA, Francisco de Assis., Os Climas do Sul: Em tempos de Mudanças Climáticas Globais, Jundiaí, 220 Paco Editorial, 2012

PÉDELABORDE, Pierre, Introduction à l'étude scientifique du climat. Paris: SEDES, 1970.

RODRIGUES, N.L, PINHEIRO, G. M. e MENDONÇA, F. A., Clima Urbano No Brasil: Análise E Contribuição Da Metodologia De Carlos Augusto De Figueiredo Monteiro, Revista GeoNorte, Edição Especial 2, V.2, N.5, p.626 – 638, 2012.

SANCHES, R.G., SILVA, M. S. D., SANTOS, B. C., PEREIRA, D. N. B., Proposta De Pluviômetro De Baixo Custo Utilizando A Plataforma De Prototipagem Arduino, In: XVII simpósio brasileiro de geografia física aplicada, Campinas, 2017, Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física, Campinas, 2017, 2024-2035

SRIVASTAVA, D., KESARWANI, A., DUBEY, S., Measurement of Temperature and Humidity by using Arduino Tool and DHT11, International Research Journal of Engineering and Technology, v.5, n.12, p. 876-878, 2018.

Recebido em: 05/04/2021. Aprovado para publicação em: 29/06/2021.