

Aquisição de dados meteorológicos através da plataforma Arduino: construção de baixo custo e análise de dados

J. D. Torres¹; I. O. Monteiro¹; J. R. Santos¹; M. S. Ortiz¹

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Câmpus Rio Grande, CEP, Rio Grande-RS, Brasil

jdelfinot@gmail.com; igor.monteiro@riogrande.ifrs.edu.br; jefferson.santos@riogrande.ifrs.edu.br; mauricio.ortiz@riogrande.ifrs.edu.br

(Recebido em 06 de dezembro de 2013; aceito em 29 de janeiro de 2015)

A medição de variáveis meteorológicas é de suma importância, visto que diversas atividades humanas são direta e indiretamente afetadas por essas. Para suprir esta necessidade, criaram-se as estações meteorológicas. Estas foram aperfeiçoadas ao longo dos anos, culminando nas estações meteorológicas automáticas de alta precisão e amostragem, utilizadas atualmente. O problema inerente às estações meteorológicas automáticas convencionais é o seu alto custo, que desencoraja o uso destas em diversas aplicações. Com esta problemática em vista, este trabalho propõe criar um modelo de estação meteorológica automática simplificada de custos acessíveis. Para atingir este objetivo, trabalha-se com a plataforma Arduino. O Arduino é um microcontrolador criado para comunidade acadêmica, o que justifica sua filosofia *open-source*. Para utilizar o Arduino nesta aplicação, é necessário implementar a ele sensores que meçam variáveis meteorológicas. No momento a estação desenvolvida possui sensores de temperatura, umidade relativa do ar e luminosidade. Além dos sensores, a estação possui módulos de armazenamento de dados e de relógio em tempo real. Nesta etapa, o modelo de estação desenvolvido apresenta resultados favoráveis em termos de custo, pois foi desenvolvida com um custo de cerca de 4% do preço de mercado. Um experimento realizado em laboratório mostrou que os dados produzidos pela estação meteorológica usando Arduino são consistentes com os valores medidos com uma estação automática convencional.

Palavras-chave: estação meteorológica, arduino, sistemas embarcados.

Weather data acquisition with the Arduino platform: low cost building and data analysis

The measurement of meteorological variables is a very important study since many human activities require the knowledge, and sometimes, forecast of these data. To address this concern, weather stations were created. By being refined over time, these weather stations are currently automatic, having high precision and high sampling rates. The problem that these improvements bring is a high cost to the equipment, preventing its use in many fields. The present work aimed creating an affordable automatic weather station model to address this problem. To achieve this goal, the Arduino platform was chosen. The Arduino has been developed to be used by the academic community, justifying the open-source philosophy behind it. To work with the Arduino in this application, the use of weather measuring sensors is needed. Currently, the project has already integrated temperature, humidity and luminosity sensors. In addition to those, the developed station has a module for data storage (by SD cards) and an RTC (Real Time Clock). In spite of being in test, the station already has an optimistic future, since it has a notable cost difference that represents 4% of the market price. An laboratory experiment showed that results produced with the weather station with Arduino are consistent with the measured values in a conventional automatic weather station.

Keywords: weather station, arduino, embedded systems.

1. INTRODUÇÃO

A coleta e análise de dados meteorológicos é de interesse da humanidade desde tempos antigos, com os primeiros instrumentos de medição datados da idade média. Além de ser um tipo de informação indispensável em diversas atividades humanas, os dados climáticos são de suma importância para o atual conceito de desenvolvimento humano, pois este leva em conta a sustentabilidade ambiental. Para uma sociedade desenvolver-se de forma sustentável, ela deve possuir políticas de controle dos recursos naturais de forma a possibilitar uma boa qualidade de

vida às gerações futuras, uma vez que os recursos naturais são finitos [1]. Esse modelo de desenvolvimento gera uma grande procura aos dados climáticos.

Por muitos anos, a avaliação desses dados era feita através de estações meteorológicas convencionais administradas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). O INMET instalava as estações meteorológicas e os técnicos responsáveis coletavam os dados gerados por essas apenas três vezes ao dia. Esse número de coletas é demasiadamente pequeno, além de haver o fator humano nas medições — gerando erros de natureza sistemática ou aleatória — o que pode causar grandes disparidades em relação ao valor real.

Com o desenvolvimento tecnológico, tornou-se possível a criação de estações meteorológicas automáticas (*Automatic Weather Station – AWS*) que dispensam a interferência humana nas medições excedendo em termos de precisão e taxa de amostragem as antigas estações administradas pelo INMET. As estações automáticas caracterizam a melhor opção para medições meteorológicas, com bom desempenho, praticidade e confiabilidade; mas possuem um custo muito elevado.

Este alto preço desencoraja o uso dessas estações meteorológicas para diversos fins. Percebe-se também a dificuldade do uso desses equipamentos encontrada por profissionais como agricultores, pescadores ou maricultores, por exemplo, que não receberiam o custo-benefício desses equipamentos, embora os dados meteorológicos lhes sejam essenciais. [2]

Além disso, sabe-se que na meteorologia existe um fenômeno conhecido como o caos em sistemas dinâmicos, o que acarreta em uma baixa previsibilidade por modelos de previsão de tempo. A única forma de melhorar a previsibilidade na aquisição de dados meteorológicos é um aumento da malha amostral, o que seria beneficiado pelo aumento da rede de aquisição de dados.

Dessas contexto, justifica-se uma demanda para estações meteorológicas de baixos custo e consumo energético que sejam compactas e permitam fácil instalação. Para atingir esse objetivo busca-se utilizar o microcontrolador Arduino acompanhado por sensores capazes de medir as variáveis de interesse, além de dispositivos para armazenamento dos dados e situar esses em função do tempo.

A grande vantagem nesse modelo de estação sob desenvolvimento é o custo. Enquanto uma estação meteorológica automática padrão custa hoje em dia cerca de cinco mil reais, o protótipo de estação desenvolvida custaria apenas cerca de cento e noventa reais. O protótipo referido, diz respeito apenas aos sensores de temperatura, umidade relativa do ar e luminosidade, mas apresenta uma diferença expressiva de custos em relação ao modelo de estação meteorológica automática convencional.

A literatura sobre a possibilidade do uso do Arduino para a medição de variáveis meteorológicas é muito recente e relativamente escassa. Porém, existem projetos que trabalham com o Arduino e seguem princípios similares ao deste. Nesta linha podem ser citados as aplicações de [3] no desenvolvimento de uma rede de sensores meteorológicos para previsão e alarme de catástrofes, de [4] o monitoramento de diversas variáveis físicas para uso acadêmico, de [5] abordando o monitoramento remoto de corais, o trabalho de [2] para o monitoramento da agricultura, [6] para o monitoramento da temperatura em centros de computação de alto desempenho e para o monitoramento da qualidade de ar no ambiente urbano [7]. Como exemplos no Brasil, existem os projetos do Centro de Tecnologia Acadêmica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS¹ e Projeto Monitora Cerrado².

O foco do estudo aqui apresentado é avaliar a possibilidade do desenvolvimento de uma estação meteorológica automática de baixo custo a partir do Arduino, assim como apresentar a comparação qualitativa dos dados gerados pela mesma em contrapartida aos levantados por uma AWS convencional.

1 <http://cta.if.ufrgs.br/>

2 http://openhardwarebrasil.org/blog/?page_id=42

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento da estação meteorológica foi necessário a utilização de um equipamento microcontrolador. Esse tipo de equipamento permite receber informações geradas pela leitura de sensores e, a partir dessas, gerar comandos para atuadores ou transmitir dados via módulos de comunicação. O microcontrolador escolhido na realização deste trabalho foi o Arduino, popularizado por sua ampla gama de aplicações, simplicidade de programação e uso aberto.

O Arduino foi desenvolvido na Itália em 2005 por um amplo grupo de pesquisadores com o intuito de ser utilizado na comunidade acadêmica, principalmente em aulas do Instituto de Design Interativo de Ivrea (IDII), na Itália. Desde o princípio, o projeto Arduino foi regido pela filosofia *open-source*, ou seja, de abertura para acesso de informações acerca de seu *hardware* (disponível no site do produto: <http://arduino.cc/> [8]) e projetos.

Para o desenvolvimento da estação são necessários, além do microcontrolador, sensores que meçam variáveis meteorológicas. O presente trabalho utilizou três: o sensor de temperatura DS18B20, o sensor de temperatura e umidade relativa do ar DHT11 e o sensor de luminosidade LDR.

O sensor DS18B20 é um termômetro digital que trabalha na faixa entre -55°C e 125°C , garantindo precisão de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ de -10°C até 85°C , tendo uma resolução ajustável de 9 à 12 bits. Este sensor funciona através do protocolo *1-Wire*, ou seja, ele requer um único fio para a comunicação com o microcontrolador, além dos fios de alimentação. Cada sensor DS18B20 possui um código serial único em 64 bits, permitindo que vários destes sensores de temperatura possam se comunicar com o microcontrolador através de um único fio. Para acessar os valores do sensor é necessário um resistor de $4,7\text{ k}\Omega$, conhecido como resistor de *pullup*.

Por sua vez, o sensor DHT11, possui internamente um microcontrolador de 8 bits que permite uma comunicação simplificada com outro microcontrolador (no caso, com o Arduino). O DHT11 determina duas variáveis através de sensores internos, um sensor resistivo que mede umidade relativa do ar e um sensor de tipo NTC que mede temperatura. Optou-se no estudo em deixar medição de temperatura do DHT11 em segundo plano e adotar o sensor DS18B20, pois o primeiro possui apenas uma faixa que vai de 0°C a 50°C com erro de $\pm 2^{\circ}\text{C}$, o que faz com que o DS18B20 seja preferível para a aplicação. Entretanto, a captação de umidade relativa do ar do DHT11 é satisfatória, com faixa de 20% a 90% e erro de $\pm 5\%$. Assim como o DS18B20, o sensor DHT11 também requer um resistor de *pullup* de $10\text{ k}\Omega$.

O sensor LDR, trata-se de um resistor dependente de luz (*Light Dependent Resistor*). Conforme há o aumento da incidência de luz sobre o sensor há uma redução em sua resistência, configurando uma relação inversamente proporcional. Para ler o LDR através do microcontrolador Arduino, monta-se um circuito divisor de tensão ao colocar um resistor em série com o sensor.

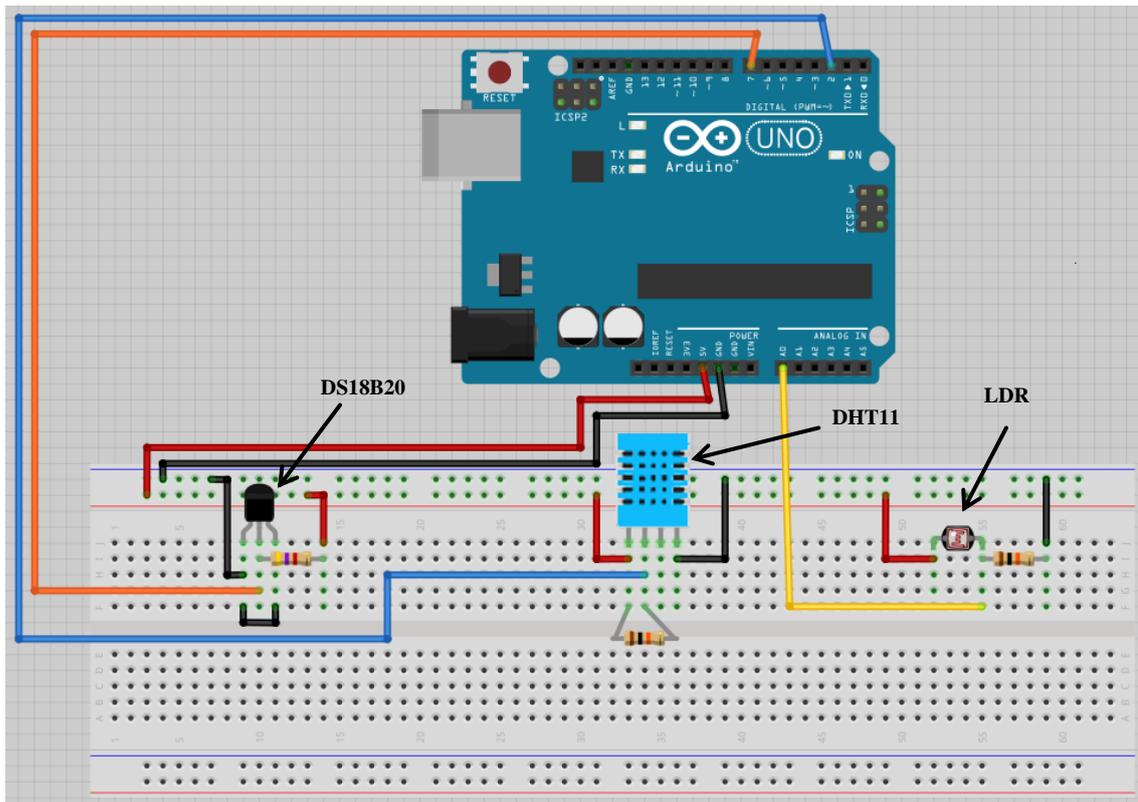


Figura 1: Esquemático para ligação dos sensores (DS18B20, DHT11 e LDR).

Fonte: Elaborado pelos autores.

Cada um dos três sensores possui uma forma característica de ligação ao Arduino. Esquemáticamente, foi desenvolvido um modelo (Figura 1) para exemplificar a ligação dos sensores através do software livre *fritzing* [9], software destinado a simplificar o uso do Arduino para a criação de projetos e PCB's (*Printed Circuit Board*) também conhecidos como placa de circuitos impressos. Usou-se como padrão de cores para esta imagem preto para o GND, vermelho para a alimentação de 5 V e laranja, azul e amarelo para os fios de comunicação dos dados de cada sensor, respectivamente DS18B20, DHT11 e LDR.

Além dos sensores, a estação requer o uso de alguns módulos essenciais para configurar a montagem dessa como uma estação meteorológica automática, os quais são: módulo de armazenamento através de cartão SD e o chamado RTC (*Real Time Clock*), ou relógio em tempo real. O módulo RTC permite o mapeamento do tempo, de forma análoga a um relógio. O modelo utilizado no projeto é o DS1302. O módulo de armazenamento SD possibilita o registro das informações dos sensores, lidas pelo Arduino, além das informações de data e hora geradas pelo módulo RTC.

Após a montagem do *hardware* é necessário realizar a programação da plataforma Arduino. Isto é feito dentro do ambiente de programação próprio do Arduino, baseado no ambiente *open-source processing*, e através de uma linguagem referente a este microcontrolador, simplificação de C, baseada em *wiring*.

Graças à característica *open-source* do Arduino, existem diversas bibliotecas feitas por usuários para usuários que facilitam a programação dos diversos elementos utilizados neste projeto. Para a construção desta estação, foram necessárias as bibliotecas próprias para o sensor DS18B20, DHT11, armazenamento SD e RTC DS1302, as quais são respectivamente: *OneWire* e *Dallas Temperature*, *DHT11*, *SPI* e *SD*, *DS1302*. Todas as bibliotecas utilizadas podem ser encontradas na comunidade Arduino através do site [10] onde usuários podem dividir informações e conhecimentos.

Durante seu desenvolvimento, a estação meteorológica criada passou por diversas rotinas de teste. Uma dessas rotinas foi um experimento em laboratório com período de cerca de treze dias. Neste experimento registrou-se os dados de temperatura, umidade e luminosidade no interior do

laboratório em um ponto próximo a janela, sem a presença de um abrigo meteorológico. Experimentos como esse são comuns para avaliar o funcionamento do protótipo como em Kanda et al. (2011) e Rodriguez et al. (2011).

A partir dos dados coletados neste experimento fez-se a comparação desses com dados gerados pela estação automática convencional disponível mais próxima. Na comparação dos dados deve ser levado em conta que a distância entre o laboratório onde esteve instalada a estação protótipo e a estação do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) é de cerca de 10 km.

Para adquirir os dados do INMET acessou-se o site [11]. Nesse site coletaram-se os dados para a estação do município de Rio Grande que fica localizada no ponto de latitude -32.0789° e de longitude -52.1678° . Os dados de ambas estações, apresentados em forma de gráfico, são apresentados na seção de resultados e discussão.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O primeiro resultado a ser discutido diz respeito à ao preço de montagem do modelo proposto, o qual possui uma diferença significativa em relação a uma estação meteorológica automática convencional no mercado. Esta diferença representa em torno de 4% do valor convencional, que é estimado em cinco mil reais. Essa diferença de preços é expressiva, e pode ser avaliada a partir das tabelas 1 e 2 que demonstram os custos de cada componente da estação, e os resultados de uma pesquisa de mercado, para os preços das estações convencionais.

Tabela 1: Custos da estação meteorológica desenvolvida.

Componente da Estação Desenvolvida	Custo
Arduino Uno	R\$ 50,00
Sensor de temperatura DS18B20	R\$ 10,00
Sensor de umidade relativa do ar DHT11	R\$ 20,00
Sensor de luminosidade LDR	R\$ 20,00
Real Time Clock (RTC)	R\$ 18,00
Módulo SD Card	R\$ 20,00
Bateria de Alimentação	R\$ 15,00
Abrigo meteorológico desenvolvido	R\$ 40,00
TOTAL	R\$ 193,00

Fonte: Organizado pelos autores.

Tabela 2: Custo de diferentes estações meteorológicas.

Estação	Custo (R\$)	Sensores Disponíveis					
		Temp.	Umi.	Lum.	Anemômetro	Pluviômetro	Barômetro
Davis Vantage Vue	3.300	sim	não	não	sim	sim	não
Davis Vantage Pro2 - 6152	5.910	sim	sim	não	sim	sim	sim
Davis Pro2 - 6153	7.990	sim	sim	não	sim	sim	sim
Davis Vantage Pro2 - 6162	10.800	sim	sim	sim	sim	sim	sim
Davis Pro2 - 6163	12.750	sim	sim	sim	sim	sim	sim
Oregon Scientific WMR200	2.680	sim	sim	não	sim	sim	sim
Oregon Scientific WMR88	1.430	sim	sim	sim	sim	sim	sim
La Crosse Ws-2815	1.449	sim	sim	não	sim	sim	sim
Desenvolvida	193	sim	sim	sim	não	não	não

Fonte: Mundo Clima [12]. Organizados pelos autores.

Visando a simplicidade para utilizar o equipamento em campo, desenvolveu-se um *shield* para o Arduino. *Shield* é o termo que se usa para placas desenvolvidas para o uso com o Arduino que simplificam a ligação de determinados equipamentos ao microcontrolador, através de um acoplamento. O *shield* desenvolvido constitui a ligação para todos os sensores (DHT11, DS18B20 e LDR) e de ambos módulos (SD e RTC), além de *bornes* para o encaixe dos sensores de forma a permitir a ligação destes por cabos que os levem até o abrigo meteorológico, e que também simplificam o trabalho de campo necessário.

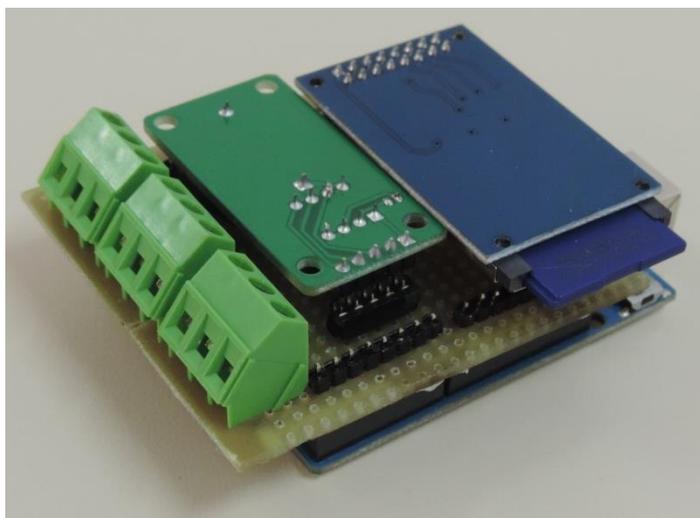


Figura 2: Arduino Uno com *shield* desenvolvido e módulos (RTC e SD) acoplados.
Fonte: Elaborado pelos autores.

A Figura 2 apresenta o *shield* desenvolvido e sua ligação ao Arduino. Através da figura observa-se a constituição do *shield*: os três *bornes* para os sensores presentes na estação, assim como os módulos RTC e SD já acoplados a ele.

Uma das rotinas de teste desenvolvida após a conclusão da estação meteorológica, foi um experimento conduzido em laboratório pelo prazo de treze dias. Esse experimento gerou diversos dados de interesse que são apresentados nas Figuras 3, 5 e 7. Os dados coletados pela estação desenvolvida são, para fins de análise, comparados qualitativamente aos dados coletados no mesmo período por uma estação meteorológica automática convencional mais próxima. Esses dados de comparação são apresentados nas Figuras 4, 6, 8 e 9.

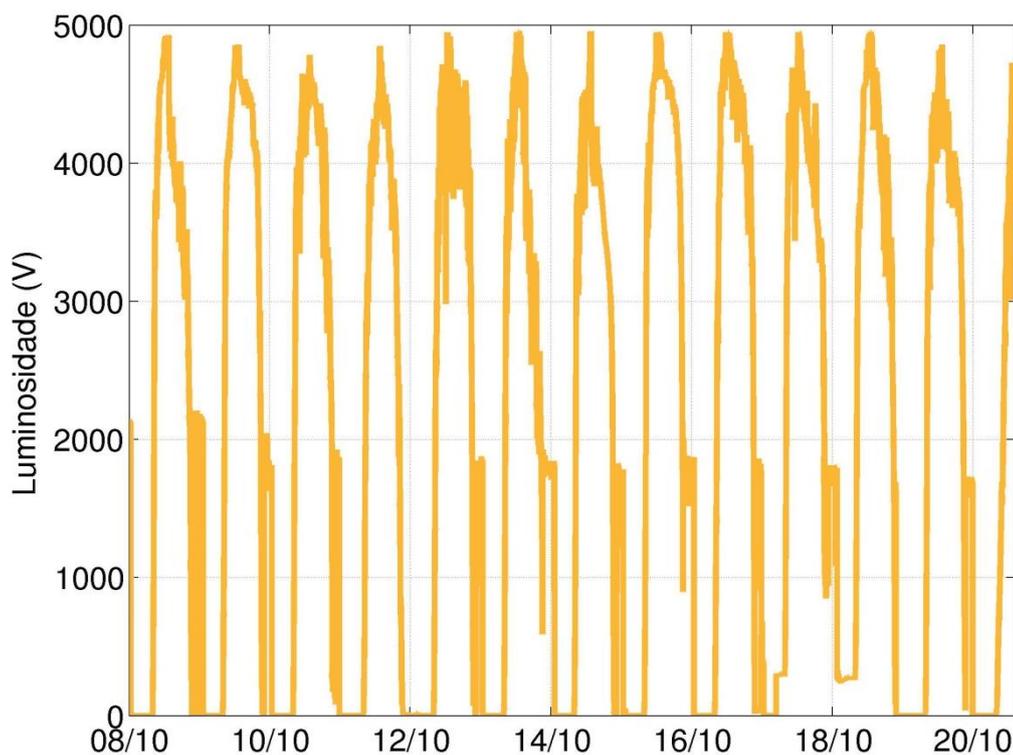


Figura 3: Gráfico de luminosidade, dados coletados pela estação desenvolvida.

Fonte: Elaborado pelos autores.

O gráfico de luminosidade gerado (Figura 3) demonstra uma variação periódica na luz solar entre o nascer do sol, sol a pino e crepúsculo. Vê-se esta variação no crescimento acelerado de luminosidade sobre o sensor, a partir do amanhecer, um pico próximo ao meio-dia e um decréscimo de luminosidade a partir deste ponto, até a escuridão total da noite. Notam-se, também, interferências sob o sensor após o crepúsculo; estas interferências são esperadas uma vez que se referem à luz incandescente do laboratório que precisou estar ligada em alguns momentos. Também é possível perceber algumas variações de alta frequência devido a presença de nuvens. Destacamos que o gráfico gerado pela estação usando Arduino mostra uma leitura aparente de luminosidade, dado por uma relação em milivolts gerada pelo divisor de tensão entre o resistor e o LDR. Sendo assim, o gráfico da estação não está calibrado para gerar dados em kJ/m^2 como os dados coletados em uma estação convencional.

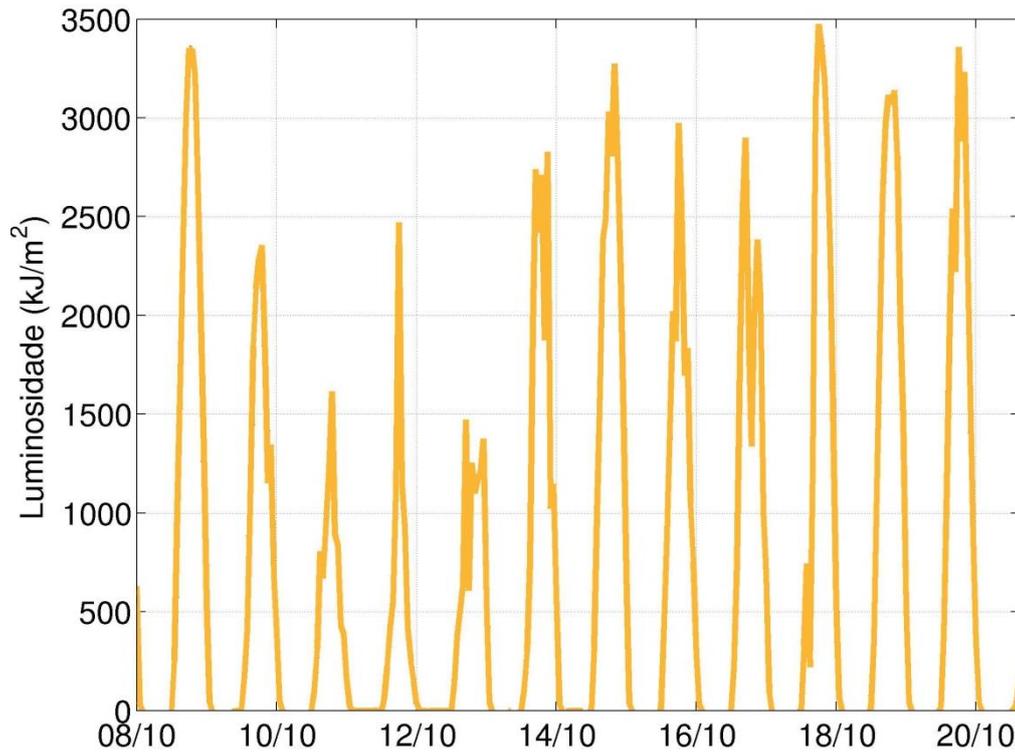


Figura 4: Gráfico de luminosidade, dados coletados pela estação do INMET.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os dados de luminosidade coletados pela estação do INMET para o mesmo período são apresentados na Figura 4. Pode-se observar que os dois conjuntos de dados são consistentes, pois apresentam o mesmo padrão de ciclo diário. No entanto ainda existem grandes discrepâncias causadas provavelmente pela realização do experimento em um ambiente fechado e pela distância de 10 km entre os dois locais de coleta de dados.

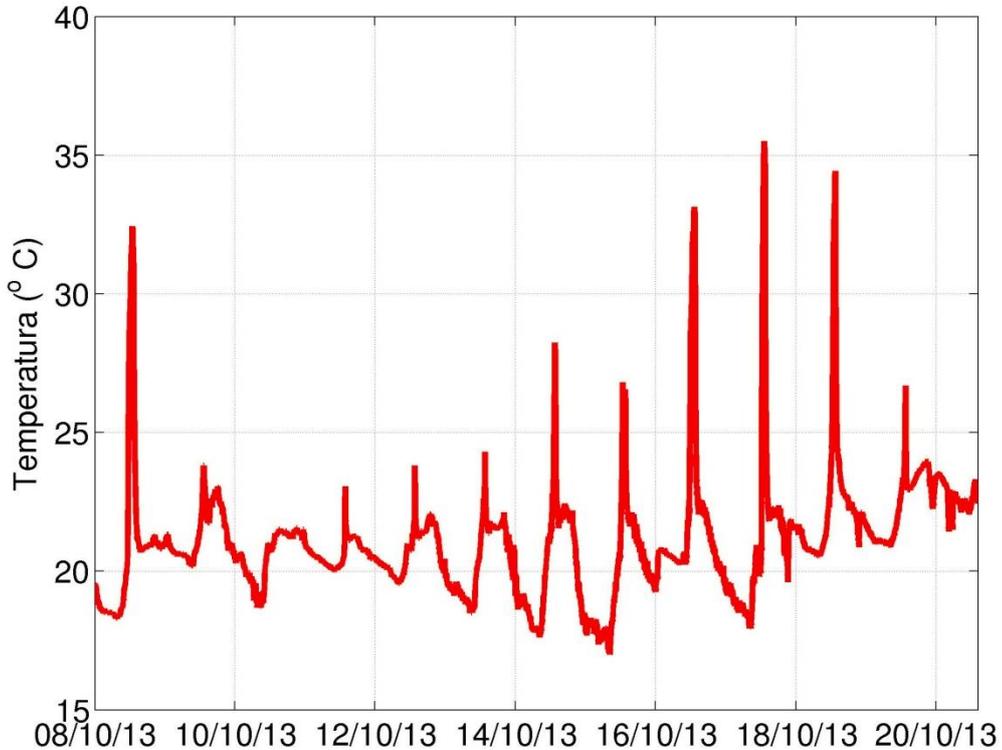


Figura 5: Gráfico de temperatura, dados coletados pela estação desenvolvida.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Para temperatura (Figura 5), também se nota a presença de um ciclo diário, obtendo valores de temperatura mais altos durante o dia e menores durante a noite. Dentro desses ciclos, percebe-se picos de temperatura que podem ser mais bem compreendidos se relacionados ao gráfico de luminosidade. Ao compará-los percebe-se que estes picos ocorrem nos momentos de maior luminosidade onde, devido à ausência do abrigo meteorológico, a luz incidiu diretamente sobre o sensor, fazendo com que a medida fosse superestimada.

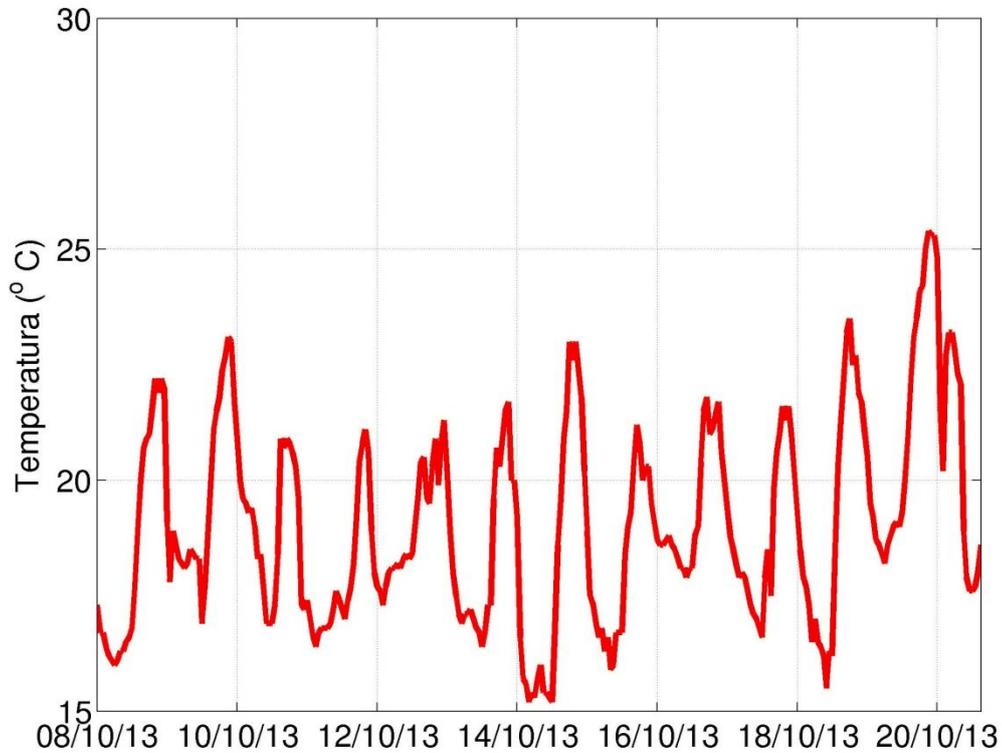


Figura 6: Gráfico de temperatura, dados coletados pela estação do INMET.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Nos dados de temperatura, observa-se uma compatibilidade aproximada entre os dados gerados pelo modelo de estação meteorológica automática a partir do Arduino (Figura 5) e pelo INMET (Figura 6). A maior disparidade entre os dois gráficos é referente aos períodos de pico de temperatura, citados anteriormente. Este é um dado importante, que destaca a necessidade do uso do abrigo meteorológico nos experimentos.

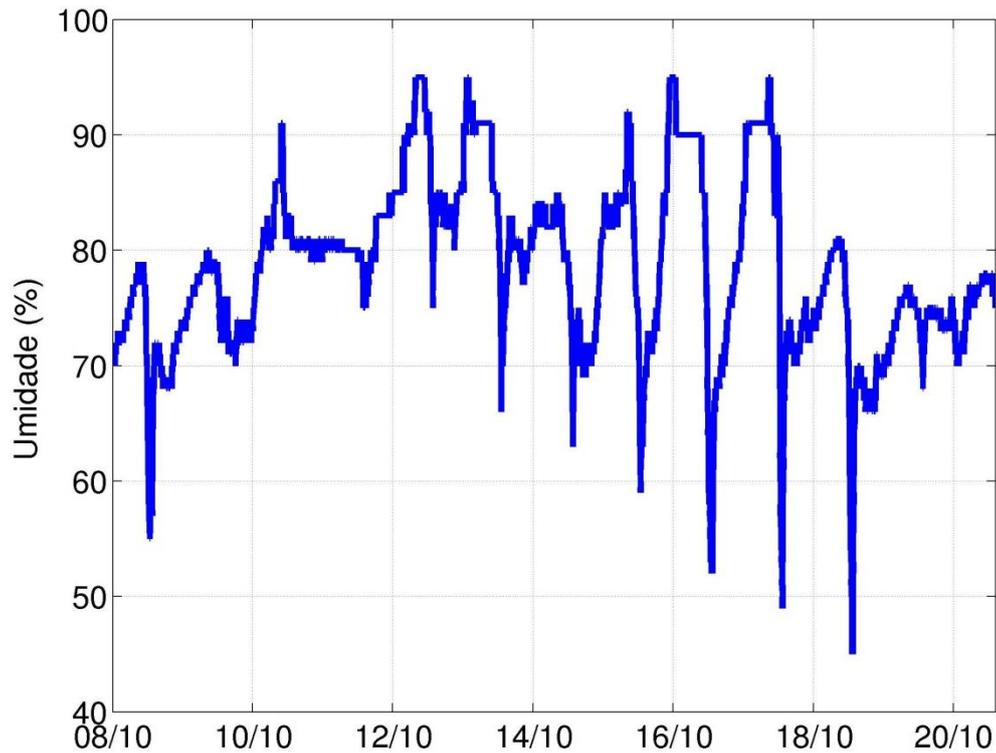


Figura 7: Gráfico de umidade relativa do ar, dados coletados pela estação desenvolvida.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Analisando o gráfico de umidade relativa do ar (Figura 7) percebe-se que os dados preliminares gerados têm boa acurácia, pois também apresentam certo ciclo diário com leituras de umidade maiores à noite e menores durante o dia. Ao relacionar o gráfico de umidade relativa do ar com o de luminosidade (Figura 3), percebe-se que para os momentos de incidência direta do sol sob o sensor DHT11, o primeiro apresenta vales nas medições de umidade relativa do ar. Outro dado que pode ser observado ao comparar estes dois gráficos é a presença de céu nublado, no dia treze, onde ocorre alta umidade relativa do ar e o gráfico de luminosidade apresenta muitas variações, provavelmente associadas com a presença de nuvens.

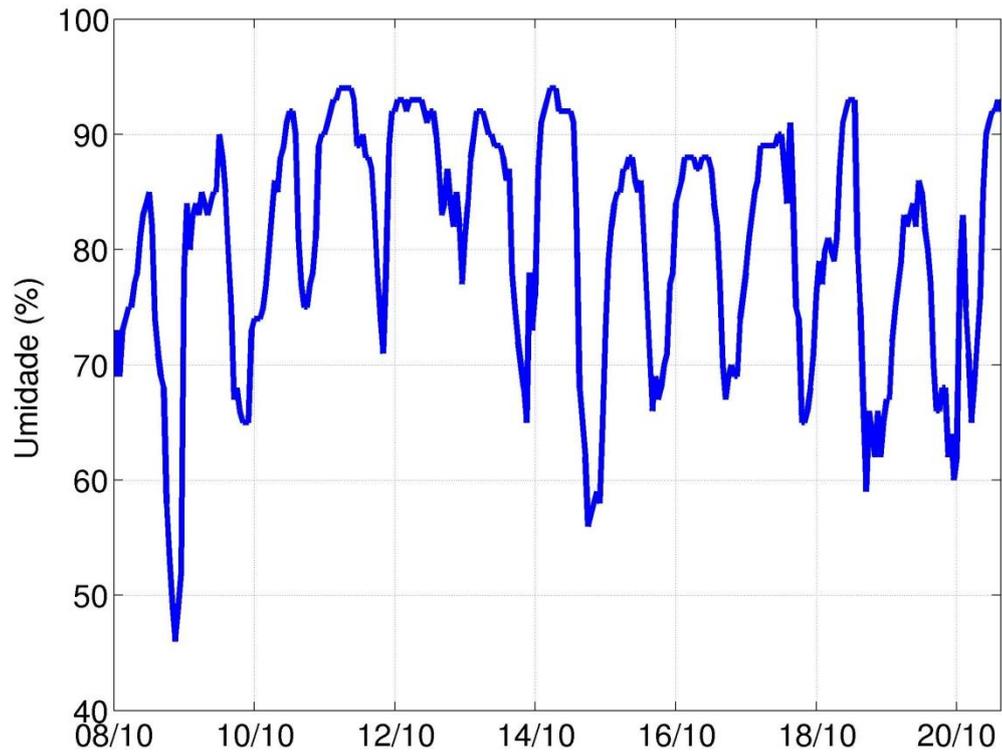


Figura 8: Gráfico de umidade relativa do ar, dados coletados pela estação do INMET.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Ao se comparar os dados de umidade relativa do ar obtidos, com os dados do INMET (Figura 8) também se vê certa verossimilhança, embora pouca, pois as medidas de umidade relativa do ar ficam mais comprometidas em lugares fechados, como no laboratório onde foi realizado o experimento. Observa-se que em geral, os dados registrados no laboratório com a estação usando Arduino são subestimados em relação aos dados da estação do INMET, como era esperado.

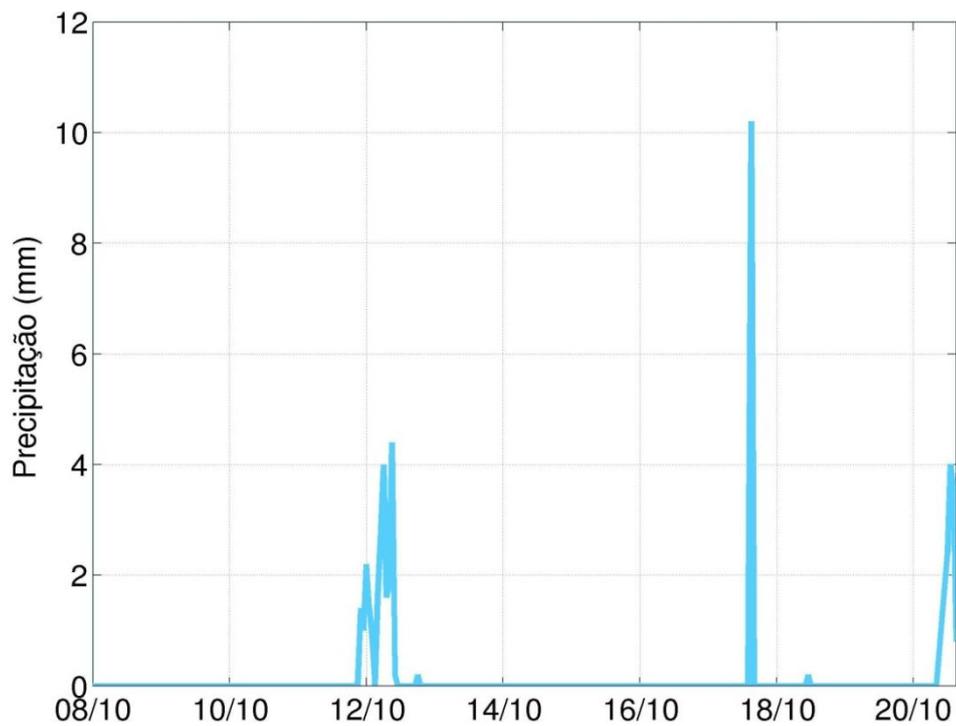


Figura 9: Gráfico de precipitação, dados coletados pela estação do INMET.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Outro dado que pode ser levantado a partir do gráfico de umidade relativa do ar gerado pelos dados da estação desenvolvida é a presença da precipitação de chuva. Isto pode ser evidenciado ao comparar os dados de umidade da estação com Arduino (Figura 7) com o gráfico de precipitação levantado pelos dados do INMET (Figura 9), em mm de chuva, uma vez que nos dias que houve a precipitação (12, 13 e 18), o sensor registrou picos nos valores de umidade relativa do ar.

Após a comparação destes dados, ressalta-se a necessidade da construção de um abrigo meteorológico para a estação, de forma que os dados gerados sejam confiáveis quanto ao valor real das condições meteorológicas. O dispositivo, além de proteger os sensores contra intempéries, serve para minimizar as interferências sobre a leitura dos sensores. Um abrigo meteorológico semelhante aos utilizados em estações automáticas convencionais está atualmente em desenvolvimento (Figura 10), juntamente com a parte mecânica dos sensores pluviômetro e anemômetro, os próximos módulos a serem acoplados ao conjunto.



Figura 10: Abrigo meteorológico desenvolvido com materiais alternativos.
Fonte: Elaborado pelos autores.

O mesmo pode ser construído de forma simples, com o acoplamento de pratos de material plástico (necessariamente brancos, minimizando a absorção de luz solar), e a abertura de um espaço no interior do conjunto, de forma que o sensor possa ser abrigado no interior destes.

4. CONCLUSÃO

No presente trabalho construiu-se um protótipo estação meteorológica simplificada para o registro de dados atmosféricos de temperatura, umidade e luminosidade. Este protótipo, embora somente seja capaz de registrar um número reduzido de variáveis em relação a uma estação meteorológica automática convencional, apresenta um custo bastante reduzido.

Ao avaliar a diferença de preços entre a estação desenvolvida e os demais modelos de estações meteorológicas automáticas percebe-se que o modelo de estação a partir da plataforma Arduino possui um preço competitivo, apesar de não possuir todos os sensores que caracterizam uma estação meteorológica convencional.

A partir da grande diferença de custo evidenciada, se poderia com o mesmo preço da estação de menor custo apresentada, adquirir cerca de sete estações dentro do modelo desenvolvido. Dessa forma, seria possível montar uma rede de coleta de dados que atuaria sobre uma área maior e permitiria um potencial de previsão mais elevado, pois esse aumento na malha amostral reduziria o fenômeno do caos em sistemas dinâmicos [13].

Além disso, os dados registrados em um experimento de laboratório com duração de 10 dias tiveram uma boa correlação com os dados registrados em uma estação meteorológica automática convencional localizada nas proximidades do experimento. No entanto, observou-se que a ausência de um abrigo meteorológico para estação e a realização do experimento em um local fechado causaram as principais discrepâncias entre os dados produzidos pelo protótipo de estação usando Arduino e a estação convencional.

Comprovadas as qualidades do sistema, em um futuro estudo pretende-se realizar um experimento em ambiente externo e usando um abrigo meteorológico de baixo custo, que já foi desenvolvido. Desta forma, será possível aprofundar a análise da qualidade dos resultados produzidos em uma estação meteorológica deste tipo. Neste experimento também pretende-se incluir outros sensores para o registro de dados como direção e velocidade do vento, pressão e pluviosidade. Com a confirmação da qualidade dos dados neste futuro experimento, a estação meteorológica com Arduino já poderá ser utilizada em aplicações mais simples.

-
1. Oliveira L. A geopolítica do desenvolvimento sustentável: reflexões sobre o encontro entre economia e ecologia. Carta Internacional. 2012; 7 (1):118-39.
 2. Kanda K, Kameoka T, Saitoh K, Sugano R. Field monitoring system using agri-Server. SICE Annual Conference. Tokio, Japan; 2011.
 3. Yawut C, Kilaso S. A Wireless Sensor Network for Weather and Disaster Alarm Systems. 8th International Conference on Virtual Learning. Cape Town, South Africa; 2011.
 4. Oprea M, Miron, C. Applied Physics Project Using the Arduino Platform. International conference on Information and Electronics Engineering. Singapura; 2013.
 5. Hendee J, Gramer LJ, Heron SF, Jankulak M, Amornthammarong N, Shoemaker, M. et al. Wireless architectures for coral reef environmental monitoring. 12th International Coral Reef Symposium. Cairns, Australia; 2012.
 6. Rodriguez M, Ortiz L, Jia Y, Yoshii, K, Ross R, Beckman, P. Wireless sensor network for data-center environmental monitoring. Fifth International Conference on Sensing Technology.
 7. Dibari C *et al.* A low cost Mobile Network System for monitoring climate and air quality of urban areas at high resolution: a preliminary application in Florence (IT) metropolitan area. Geophysical Research Abstracts 15, EGU2013-8184, 2013 EGU General Assembly 2013.
 8. Arduino [online]. Rio Grande do Sul, Brasil; 2013. [capturado 29 de nov. 2013] Disponível em: <http://www.arduino.cc/>
 9. Arduino Playground [online] Rio Grande do Sul, Brasil; 2013. [capturado 29 de nov. 2013] Disponível em: <http://playground.arduino.cc/>
 10. Fritzing [online] Rio Grande do Sul, Brasil; 2013. [capturado 1 de dez. 2013] Disponível em: <http://fritzing.org/>
 11. INMET [online] Rio Grande do Sul, Brasil; 2013. [capturado 3 de dez. 2013] Disponível em: www.inmet.org.br.
 12. Mundo Clima [online] Rio Grande do Sul. Brasil; 2014. [capturado 27 de ago. 2014] Disponível em <http://www.mundoclima.com.br/estacoes-meteorologicas/fixas/>
 13. Fey F, Rosa J. Teoria do caos: a ordem na não-linearidade. Universo Acadêmico. 2012; 5 (1): 217-32