

Desenvolvimento de um equipamento para medida de temperatura e umidade do solo

Development of equipment for measuring soil temperature and humidity

RESUMO

Leandro Martin Veiga

ronaldomon02@gmail.com

Instituto Federal do Paraná – IFPR,
Londrina - Paraná - Brasil

Marcelo Hidemassa Anami

mhanami@utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal
do Paraná – UTFPR, Londrina -
Paraná - Brasil

Augusto Luengo Pereira Nunes

augusto.nunes@ifpr.edu.br

Instituto Federal do Paraná – IFPR,
Londrina - Paraná - Brasil

Jefferson Sussumu de Aguiar
Hachiya

jefferson.hachiya@ifpr.edu.br

Instituto Federal do Paraná – IFPR,
Londrina - Paraná - Brasil

Leonardo Carmezini Marques

leonardo.carmezini@ifpr.edu.br

Instituto Federal do Paraná – IFPR,
Londrina - Paraná - Brasil

Daniele Albuquerque

daniele.albuquerque@ifpr.edu.br

Instituto Federal do Paraná – IFPR,
Londrina - Paraná - Brasil

Recebido: 19 ago. 2020.

Aprovado: 01 out. 2020

Direito autorial: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

Garantir a sustentabilidade da produção agrícola parte do princípio que a água e a temperatura, que são essenciais para o desenvolvimento das plantas, devem ser monitoradas. Assim este trabalho teve por objetivo desenvolver um equipamento para medida de temperatura e umidade do solo baseados em sistema *open source* de baixo custo. A metodologia de trabalho seguiu etapas como: definição da placa de prototipação; escolha de sensores e outros componentes. Após, a programação foi realizada no sistema *Arduíno IDE*. O solo utilizado nos testes finais foram coletados em barranco de horizontes abaixo 2,0 metros de profundidade para não ter interferência da matéria orgânica da superfície. Os resultados em relação aos custos ficaram ao redor de US\$28,70 (dólares americanos), quanto a sensibilidade do sistema, estes se apresentaram satisfatórios com ótimo ajuste de regressão linear apresentando coeficiente de determinação acima de 0,9. Portanto conclui-se que os custos ficaram baixos e a sensibilidade do sistema é satisfatória.

PALAVRAS-CHAVE: Arduíno. ESP-32. Agricultura de precisão.

ABSTRACT

Ensuring sustainability in agriculture assumes that water and temperature, which are essential for the development of plants, must be monitored. This work aimed to develop equipment for measuring soil temperature and humidity based on a low cost open source system. The work methodology followed steps such as: definition of the prototyping plate; choice of sensors and other components. Afterwards, the programming was carried out in the *Arduino IDE* system. The soil used in the final tests, were collected in a ravine of horizons below 2.0 meters in depth so as not to interfere with the organic matter on the surface. The results in relation to costs were around US\$ 28.70 (US dollars), as for the sensitivity of the system, these were satisfactory with excellent adjustment of linear regression with a determination coefficient above 0.9. Therefore, it is concluded that the costs were low and the sensitivity of the system is satisfactory.

KEYWORDS: Arduino. ESP-32. Precision agriculture.



INTRODUÇÃO

O meio ambiente é uma área de grande diversidade, sendo que o solo é uma parte importante da sua estrutura. O solo é um ambiente multicomponente que tem na sua composição quatro elementos principais: material mineral, matéria orgânica, ar e água (BRADY E WEIL, 2013). A proporção de ar e água no solo são inversamente proporcional e podem variar de totalmente seco a totalmente úmido. Assim determinar a quantidade de água disponível no solo é muito importante, visto que o crescimento das plantas é altamente dependente deste fator.

Além da umidade do solo, a temperatura também é outro fator que influencia na velocidade com que as reações químicas ocorrem no solo sendo esta uma informação importante para a agricultura (VIANELLO, 2011, p.10).

A determinação da umidade do solo pode ser realizada por equipamentos que tem custos elevados e as medidas de temperatura padrão são realizadas por termômetros de mercúrio, pois, o mercúrio é muito sensível a pequenas variações de temperatura aumentando ou reduzindo o seu volume (VIANELLO, 2011). Porém estes termômetros de mercúrio em vidro, são precisos mas frágeis, podendo se quebrar e ocasionar contaminação por mercúrio no local.

Inicialmente vislumbrou-se a possibilidade de uso do *hardware Arduino*[®], que é uma plataforma eletrônica de código aberto, sendo que sua placa é capaz de utilizar em suas várias entradas, digitais e analógicas, sensores que podem realizar várias tarefas.

A criação de protótipos utilizando o *hardware Arduino*[®] apresenta uma viabilidade maior que o uso de microcontroladores. Santos et al. (2013), realizando uma comparação entre o *hardware Arduino*[®] e o microcontrolador PIC (*Peripheral Interface Controller*), verificou que a praticidade do *hardware Arduino*[®] ocorre principalmente pelo fato de seus circuitos já estarem montados sendo que na plataforma PIC, é necessária a configuração de cada periférico, o que envolve o conhecimento sobre o modo de operação e comunicação com o microcontrolador, além de conhecimentos prévios em eletrônica o que não acontece quando se utiliza o *hardware Arduino*[®].

A escolha do *hardware ESP-32* (KOLBAN, 2016), se deve ao fato de que este equipamento, tem um chip de litografia 40nm, dual core e diversas funções como *WIFI*, *LORA*, *Bluetooth*, além de 32 saídas *I/O* programáveis, além de ser um chip feito com base em *software open source* de baixo custo e abranger um grande número de aplicações e ter um tamanho reduzido.

Este trabalho se reveste de importância no cumprimento em parte aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) por possibilitar estudos para uma agricultura mais sustentável (Meta 2), a oferta de bolsa para aluno de ensino médio garantindo a educação de qualidade (Meta 4) e também a parceria entre instituições de ensino públicas, a UTFPR e o IFPR (Meta 17) (ONU, 2020),

Assim este trabalho teve por objetivo desenvolver um equipamento para medida de temperatura e umidade do solo baseados em sistema *open source* de baixo custo.

MATERIAL E MÉTODOS

O ESP 32 tem um chip de litografia 40nm, dual core, sendo que alguns dos diferenciais do sistema que podemos citar é a resolução analógica maior nas portas desse chip, que gera uma precisão superior nos sinais, já que números que seriam “arredondados” de 0 a 1024 têm mais liberdade para serem representados de 0 a 4086, no entanto essa resolução também deve existir no sensor ou o resultado será uma aproximação também, por fim é importante ressaltar que a placa que vem junto com o chip é diferente de fabricante para fabricante e cada uma tem suas especificidades, a placa utilizada neste projeto foi a ESP 32 DEVKIT V1.

Para medir a temperatura usamos o módulo *thermocouple* max6675, esse módulo pode medir temperaturas de 0 °C a 1024 °C com 0.25° C de resolução, ou seja, registra mudanças de até 0.25° C. Acoplado ao modulo por dois *jumper*s há um cabo revestido para suportar altas temperaturas e no fim desse cabo existe uma ponta de metal.

Atualmente, temos uma grande variedade de sensores de umidade com diferentes princípios de funcionamento, materiais de composição e qualidade de sinais produzidos. Há duas classes principais de tais sensores definidas pelo grupo que mede umidade absoluta e o grupo que mede umidade relativa. A umidade absoluta é uma unidade de gramas por centímetro cúbico, baseada no volume de água presente num meio definido, em geral, o ar. Por outro lado, a umidade relativa é um percentual da umidade máxima que o ar é capaz de manter nas mesmas condições de temperatura e pressão. Embora tais dependências tornem a umidade relativa naturalmente menos estável, a maior parte dos sensores elétricos de baixo custo, pertencem a esta classe (FARAHANI, WAGIRAN, HAMIDON, 2014).

Dentre as implementações de sensores de umidade disponíveis no mercado de componentes elétricos de baixo custo, os do tipo resistivo são especialmente baratos e produzem sinais numa faixa bem definida de valores. O sensor para Arduino FC-28, quando conectado junto a haste YL-69, por exemplo, é capaz de expressar a umidade relativa do meio em que está exposto (na sua saída analógica) numa faixa de valores entre 0 e 5 volts, medindo a resistência encontrada entre os dois eletrodos que formam a haste YL-69 pela diferença de tensão emitida e recebida.

O sensor HD-38 funciona de forma semelhante ao FC-28, no entanto ele apresenta algumas vantagens, dessas podemos citar o cabo significativamente maior e as pontas encapadas, que previnem a corrosão do níquel.

Há também o sensor capacitivo que promete uma maior durabilidade e ser contra corrosão, no entanto a construção do sensor é frágil e o módulo é integrado e fica no topo do sensor, que não é a prova d'água, a diferença entre os sensores capacitivos e resistivos é que os sensores capacitivos medem a capacitância ao invés da resistência do solo.

Este projeto é um protótipo por isso é essencial que o sistema ainda em mudança possa ter versatilidade e baixo custo. Para este fim usamos uma placa de prototipação chamada ESP32, essa placa permite que recebamos um sinal do ambiente e com isso possamos analisar o sinal e realizar uma ação, seja texto

numa tela ou ativar um motor, essa placa se baseia no sistema *open source Arduino*® e por esse motivo ela é programada no *Arduino IDE*, o *IDE* é uma ferramenta que auxilia na programação oferecendo uma "interface" visual e ferramentas para facilitar o desenvolvimento, é essencial o uso da *Arduino IDE* já que ela faz a ponte entre os sinais do chip com o computador. No entanto, é necessário configurar o *IDE* para que ele consiga mandar e receber sinais do ESP32 (ARDUINO, 2020).

As amostras de solo foram coletadas em uma área urbana próxima da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, com as coordenadas 23°18'32.8"S 51°07'22.0"W, em um barranco à profundidade aproximada de 2,0 metros em relação à superfície do solo, que é classificado como LATOSSOLO VERMELHO distroférico típico (BOGNOLA, et al. 2011).

O solo foi secado em estufa a 40°C, peneirado com peneira de malha 2,0 mm de diâmetro e assim caracterizado como Terra Fina Seca ao Ar (TFSA), conforme descrito em Fontana et. al. (2017).

Para realizar os testes e validar o sistema foram feitos ensaios utilizando micro lisímetros (cilindros de aço inoxidável) com volume aproximado de 100 cm³ e acondicionado uma massa de TFSA que variou de 90 a 100 gramas de solo com uma densidade de 0,9 a 1,0 g.cm⁻³. Estes cilindros foram saturados para realização dos testes com os sensores de umidade e temperatura conforme descrito por Trintinalha (2000) com adaptações.

Após a saturação os cilindros foram retirados do recipiente com água e deixados para secar, tendo as medidas de umidade relacionadas com a perda de massa dos cilindros com o solo.

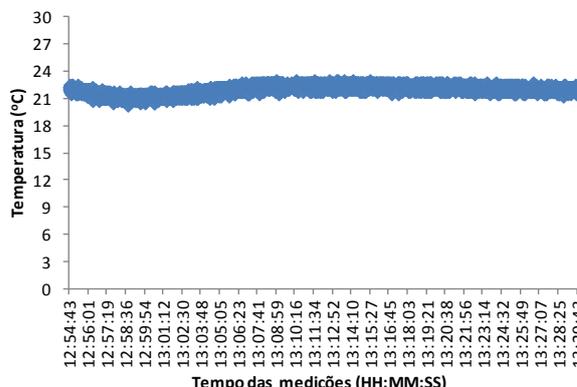
RESULTADOS E DISCUSSÃO

O custo total de um equipamento contendo a placa de desenvolvimento ESP-32, um sensor de temperatura, um sensor de umidade do solo mais uma *protoboard* ficou em R\$ 160,95 valores de agosto de 2020.

As medidas de temperaturas foram realizadas com o sensor max6675, com os resultados apresentados na Figura 1, tendo o auxílio da biblioteca e código que transforma automaticamente o sinal analógico para a temperatura em Celsius ou Fahrenheit.

As temperaturas medidas em estufa regulada à 22°C mostraram pequena variação, garantindo com isso a qualidade do sistema.

Figura 1 – Resultados em graus celcius do sensor max6675



Fonte: Autoria própria (2020)

Os testes realizados ao ar e em água pura deionizada mostraram que a média obtida, coincidia com os valores esperados de umidade relativa e a porcentagem de umidade esperada e o sinal do sensor se mostrou proporcional. Assim constatamos que o “range” é de 1400 unidades e então podermos definir os valores intermediários de umidade relativa através de interpolação.

A qualidade das medições pelo algoritmo é garantida, pois o sistema que recebe esses sinais durante o primeiro minuto e este realiza uma média, essa média vai servir de base para o próximo código que têm a função de retirar os sinais que podem ter tido alguma interferência. Para cortar interferências foi estipulado um percentual máximo de distância de um número ao outro chamado limite, o limite neste código é de 25%, ou seja, se houver algum sinal recebido que seja 25% maior que a média bruta esse número é excluído e a média recalculada, o cálculo de correção da média é chamado de desvio absoluto normalizado.

Todos os três sensores de umidade testados, apresentaram resultado satisfatório, porém o sensor selecionado para a utilização no equipamento foi o sensor FC-28, pelo custo pouco mais baixo e pela qualidade no sinal medido pelo sistema.

Os últimos testes foram realizados em amostras de solo, através do peso dos micro lisímetros (cilindros) para avaliar se as medições feitas pelo sensor estavam corretas. Os dados utilizados para calcular a umidade dos micro lisímetros estão apresentados na Tabela 1..

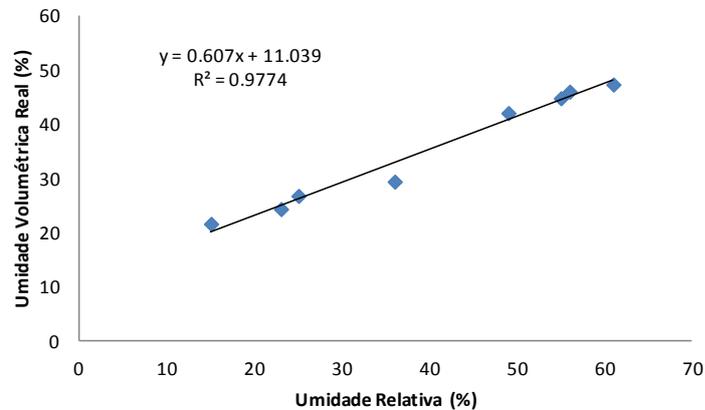
Tabela 1 – Dados dos micro lisímetros utilizados nos testes dos sensores

Cilindro	Volume (cm ³)	Solo seco (g)	Densidade do solo (g.cm ⁻³)	Densidade de partícula (g.cm ⁻³)	Porosidade total (%)
39	98.57	94.6	0.9597	2.73	64.85
75	98.93	100.91	1.0200	2.73	62.64

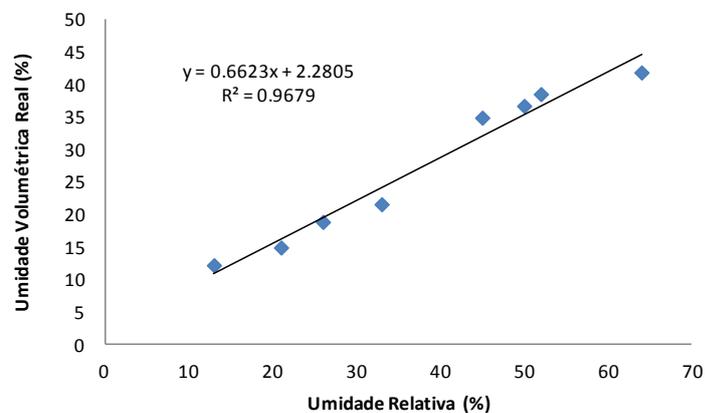
Fonte: Autoria própria (2020)

Nas figuras 2 (a) e (b), para os cilindros 39 e 75 respectivamente, mostram relação entre a umidade relativa calculada pelo algoritmo em relação à umidade volumétrica real.

Figura 2 – Resultados das medições com o sensor de umidade no cilindro 39 (a); cilindro 75 (b).



(a)



(b)

Fonte: Autoria própria (2020).

Observa-se uma diferença de resultados em relação aos cilindros quando se relaciona a umidade relativa feita pelo algoritmo do ESP-32 comparado com a umidade volumétrica real, por isso a necessidade de calibração do sistema em condições de solos específicas, e o coeficiente de determinação acima de 0,95 mostra um bom ajuste do modelo de regressão linear.

CONCLUSÃO

O sistema montado atendeu aos requisitos, e mostrou que a partir de R\$161,00 ou US\$ 28,70 (cotação em 26/08/2020 US\$1,00 = R\$5,61) é possível montar um sistema capaz de verificar a umidade relativa do solo via WI-FI e a temperatura para realizar agricultura de precisão.

Os resultados de sensibilidade do sistema foram altamente satisfatórios apesar do baixo número de repetições. Em decorrência da quarentena que foi imposta às instituições de ensino envolvidas devido a pandemia do COVID-19, não foi possível realizar um maior número de testagem em massa de solos com o objetivo de checar a diferença no sinal em diferentes classes de solos.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional Científico e Tecnológico (CNPq) e Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) pela concessão da bolsa de Iniciação Científica para Ensino Médio (PIBIC-EM) e ao Instituto Federal do Paraná – IFPR, pelo apoio ao projeto em suas instalações.

REFERÊNCIAS

ARDUINO . **What is Arduino?** Disponível em: <https://bit.ly/2EGvn0M> . Acesso em: 10 ago. 2020.

BOGNOLA, I. A.; CURCIO, G. R.; GOMES, J. B. V.; CAVIGLIONE, J. H.; UHLMANN, A.; CARDOSO, A.; CARVALHO, A. P. de. **Levantamento semidetalhado de solos do Município de Londrina**. Londrina: IAPAR, 2011. 100 p.

BRADY, N.C.; WEIL, R.R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 704p.

FARAHANI , WAGIRAN , HAMIDON, 2014. **Humidity Sensors Principle, Mechanism, and Fabrication Technologies: A Comprehensive Review**. Disponível em: <https://bit.ly/34Flew3>. Acesso em 08 ago.2020.

FONTANA, A.; VIANA, J. H. M.; DONAGEMMA, G. K.; ALMEIDA, B. G.; CORREA, J. C. O.; OLIVEIRA, E. M. Preparo de amostras e separação de terra fina, cascalho e calhaus. In: TEIXEIRA, P. C. DONAGEMMA, G. K. FONTANA, A. TEIXEIRA, W. G.. **Manual de métodos de análise de solo**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 573 p.

KOLBAN, Neil. **Kolban's book on ESP32& ESP8266**. Leanpub, 2016. Disponível em: <https://bit.ly/3aY76iC>. Acesso em 05 ago. 2020.

ONU. **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em: <https://bit.ly/3IAMwtu>. Acesso em 28 ago. 2020.

SANTOS, E. S. et al. Utilização de arduino na aprendizagem de sistemas embarcados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 41., 2013, Gramado. **Anais**: Gramado: ABENGE, 2013.

TRINTINALHA, M. A. **Avaliação da técnica de reflectometria no domínio do tempo (tdr) na determinação de umidade em NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico**. Maringá, 2000. (Dissertação de mestrado). Universidade Estadual de Maringá. 67p.

VIANELLO, R. L. **A Estação Meteorológica e seu Observador**: Uma parceria secular de bons serviços prestados à humanidade. Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. Maio 2011. Disponível em: <https://bit.ly/3jhr0rJ>. Acesso em: 22 jul. 2020.