

VIABILIDADE DO USO DE SENSOR HIGRÔMETRO DE ARDUINO PARA CORREÇÃO DA DOSAGEM DE CONCRETO

MIGUEL FELIPE RODRIGUES CORREIA¹, PATRICK LIMA ABRANTE², FRANCISCO SERAFIM DA SILVA CORADO³, GABRIEL PHILIPPE PEREIRA DOS SANTOS⁴ e LUIZ SOARES CORREIA⁵

¹Graduando no curso de Engenharia Civil, UNIP, Brasília-DF, miguell.felipe@gmail.com;

²Graduando no curso de Engenharia Civil, UNIP, Brasília-DF, p.lima.abrante@gmail.com;

³Graduando no curso de Engenharia Civil, UNIP, Brasília-DF, franciscocorado84@gmail.com;

⁴Engenheiro Civil, Brasília-DF, gabrielphilipe2014@gmail.com;

⁵Me. Prof. Visitante, UNIP, Brasília-DF, luiz.correia@docente.unip.br;

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
15 a 17 de setembro de 2021

RESUMO: Este artigo objetivou verificar a viabilidade da utilização do sensor higrômetro de Arduino para a aferição da umidade presente em agregados miúdos. Todos os cálculos foram realizados de forma automatizada. Para isso, fazia-se necessário a fixação da haste do sensor no agregado miúdo a ser utilizado. O método consistiu na utilização de um controlador Arduino Uno e um sensor de umidade de solo. O algoritmo foi escrito na linguagem C++ e foram utilizadas bibliotecas de auxílio. Durante a realização dos ensaios, foi observado que alguns fatores como adensamento e posição do sensor na amostra influenciaram diretamente a leitura, gerando erros, imprecisões e grandes variações de resultados durante a coleta dos dados. Dito isso, o seu uso para correções de dosagens *in loco* mostra-se inviável.

PALAVRAS-CHAVE: Umidade, moldado *in loco*, relação água cimento.

VIABILITY OF THE USE OF HYGROMETER ARDUINO SENSOR TO CORRECT THE CONCRETE DOSAGE

ABSTRACT: This paper aimed to verify the feasibility of using an Arduino hygrometer sensor to measure the humidity present in the fine aggregate. All calculations were performed in an automated way. To perform this, it was necessary to fix the sensor rod in the fine aggregate to be used. The method consisted of using an Arduino Uno controller and a hygrometer sensor. The algorithm was written in C++ language and some support libraries has been used. During the tests, it was observed that some factors such as density and the position of the sensor rod in the sample directly influenced the reading results, generating errors, inaccuracies and large variations in the results during the data collection. That said, its use for cast in place dosage corrections proves to be unfeasible.

KEYWORDS: Humidity, water-cement ratio, *in loco*.

INTRODUÇÃO

O concreto é o segundo material mais consumido no mundo, ficando atrás apenas da água e estima-se que anualmente são consumidas 11 bilhões de toneladas de concreto, algo em torno de 1,9 tonelada de concreto por cada habitante do planeta. De maneira simplória pode-se definir o concreto como uma rocha moldável, pois apresenta resistências similares a uma rocha natural, porém pode assumir qualquer forma necessária, limitando-se apenas à imaginação do homem (Pedroso, 2009).

Os agregados podem ser divididos em miúdos, onde se encontram as areias, e graúdos, onde se encontram os cascalhos e as britas, isso levando em conta apenas as dimensões das partículas (Bauer, 2000). Os agregados representam cerca de 80% do peso e 20% do custo de um concreto estrutural sem aditivos, com fck na ordem dos 15Mpa, ele também defende que os agregados devem ser estudados

antes e durante a execução da obra, pois devem ser inertes e estáveis quando em contato com o cimento, para não haver reações, tanto com o cimento em si, quanto com outros agregados ou substâncias presentes (Bauer, 2000).

Entende por dosagem do concreto o processo através do qual são escolhidos os materiais, dentre os disponíveis a preços adequados e determinando a melhor proporção entre cimento, agregados, aditivos e adições (Recena, 2015). Apesar dos métodos de dosagem divergirem entre si, eles ainda compartilham muitas características em comum, como por exemplo, o cálculo da resistência média de dosagem, a correlação da resistência à compressão com a relação água/cimento para determinado tipo e classe de cimento entre outros parâmetros.

Desta maneira o aparato tecnológico faz-se necessário para otimizar determinados processos. Pensando nisso, a plataforma de computação física denominada Arduino, uma placa simples de entrada/saída, pode receber e enviar informações para a maioria dos aparelhos até mesmo pela internet para comandar qualquer aparelho eletrônico que possa se comunicar por esses meios (Banzi & Shiloh, 2011). Pelo design da placa ser *open source* qualquer pessoa pode fazer *shields* compatíveis com o Arduino. As placas básicas são complementadas por placas de blindagem acessórias que podem ser conectadas na parte superior da placa Arduino (Monk, 2016). O sensor higrômetro, uma destas placas acessórias, faz uso da condutividade da água para mensurar a umidade de solos. Portanto quanto maior a presença de água, menor será sua resistividade à corrente elétrica induzida pelas hastes do sensor (Badhani, 2019).

MATERIAL E MÉTODOS

O agregado miúdo utilizado para coleta de dados foi uma areia fina saibrosa, o sensor utilizado foi um sensor higrômetro do qual os dados foram enviados e interpretados pela entrada analógica da placa Arduino Uno. Para aferição dos dados foi utilizada uma balança com capacidade de 10kg e precisão de 1g, diversos recipientes para armazenamento e secagem, além de uma peneira para remoção de pedriscos presentes na areia como pode-se observar na Figura 1. A Figura 2 demonstra o processo de aferição dos dados.

Figura 1. Remoção de pedregulhos da amostra.



Figura 2. Aferição de umidade.

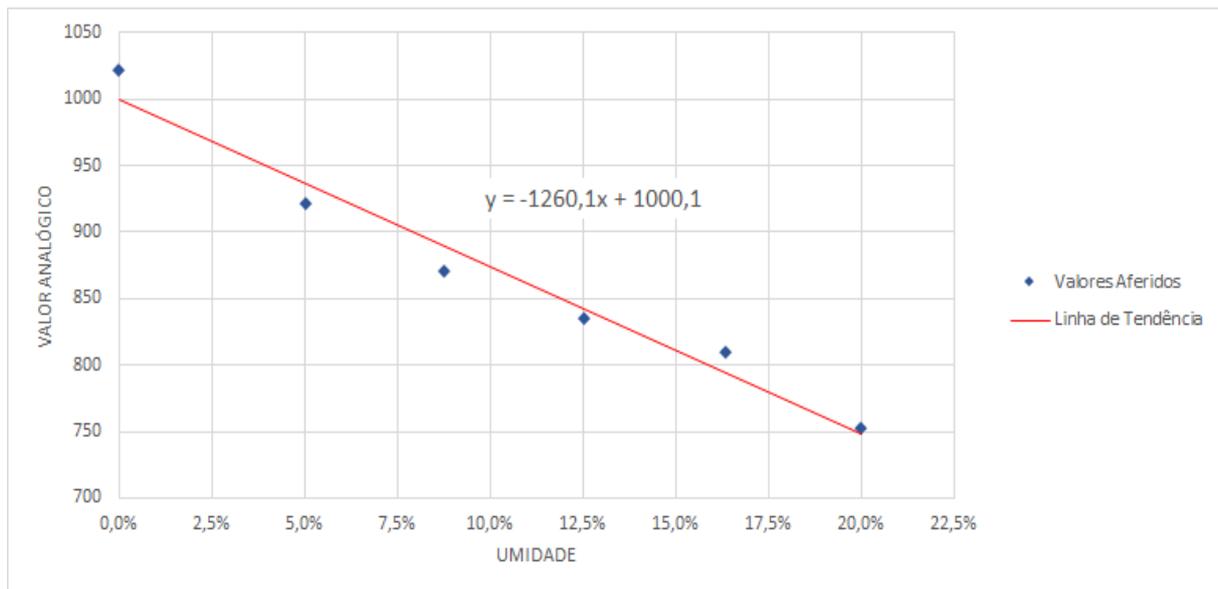


O estudo iniciou voltado para o desenvolvimento da programação do algoritmo, através disto se tornou possível integrar o sensor com o Arduino. Durante esta etapa se fez necessário a determinação de uma função que associasse o valor analógico obtido pelo sensor com a umidade do agregado.

Para o desenvolvimento desta função, foram realizados ensaios, no qual ocorreu várias adições subsequentes de água. De forma simultânea foram coletados os dados referentes ao agregado, a água e aos valores do sensor. Durante os estudos foi mantida a padronização da profundidade da haste garantindo 5cm de penetração na amostra. Visto isto se tornou possível conhecer a umidade das amostras durante todas as aferições.

Após obtidos, os dados foram organizados em tabelas no software Microsoft Excel onde pôde se depreender uma função de primeiro grau que melhor descrevesse o comportamento das medições. A função está ilustrada pela linha de tendência apresentada na Figura 3.

Figura 3. Pontos de dispersão e linha de tendência



Para esta etapa do estudo, foi padronizada uma amostra de areia saibrosa fina. A remoção da umidade inicial presente no agregado foi realizada pelo aquecimento controlado do mesmo, utilizando de um recipiente metálico. Após a completa remoção da umidade natural, o agregado foi armazenado em recipientes de vidro e tampados para garantir que não adquirissem umidade presente no ar.

Iniciando-se a preparação das amostras foi reservado um recipiente com agregado seco contendo 400g de massa. Posteriormente foram adicionadas respectivamente 20, 15, 15, e 40 gramas de água, resultando em um total de 105g adicionadas. Decorridos estes, foi realizada a coleta do valor analógico em uma amostra também de 400g de areia seca, juntamente com a inserção de 80g de água.

A umidade foi obtida por meio da Eq. 1, na qual mh e ms simbolizam a massa úmida e a massa seca respectivamente. O resultado se dá em porcentagem.

$$h = ((mh - ms) / ms) \cdot 100 \quad Eq. 1$$

Para utilização da Equação 1 foram aferidas as massas do agregado miúdo antes e após a adição de água, e assim determinadas suas respectivas umidades. Associando as umidades aos valores analógicos oriundos do sensor, obteve-se como resultado a Equação 2 (Figura 3), que por sua vez pode ser rearranjada na Equação 3, para se obter a umidade em porcentagem, deve-se multiplicar o seu produto por 100.

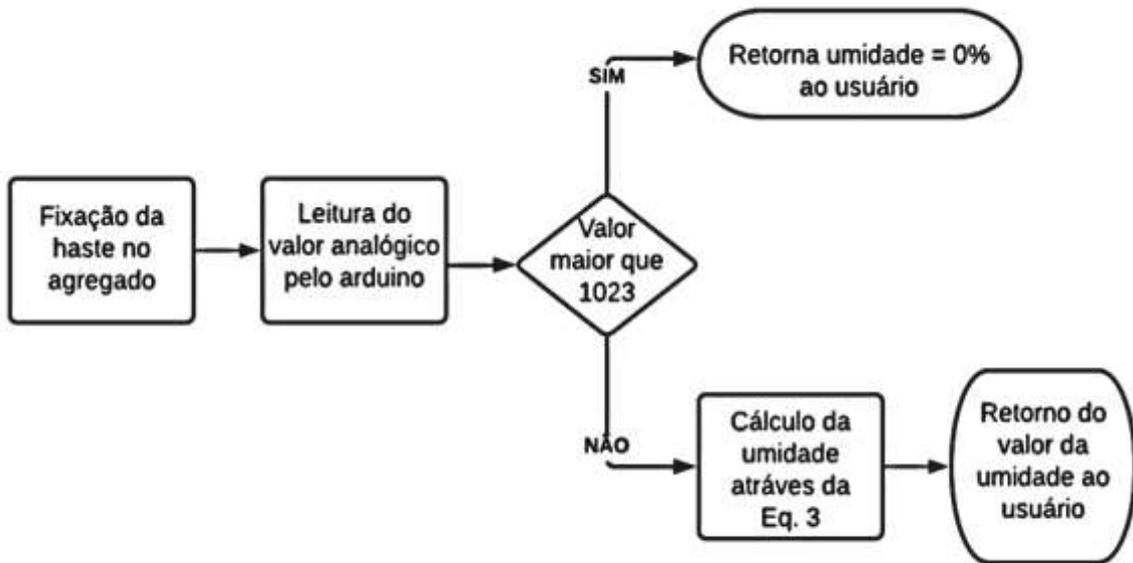
$$y = -1260,1x + 1000,1 \quad Eq. 2$$

$$x = (-y + 1000,1) / 1260,1 \quad Eq. 3$$

Onde x representa a umidade e y representa o valor analógico.

Após a obtenção da função se tornou possível prosseguir com a programação, o algoritmo final se comportava conforme demonstra o fluxograma presente na Figura 4.

Figura 4. Fluxograma demonstrativo de funcionamento do programa.



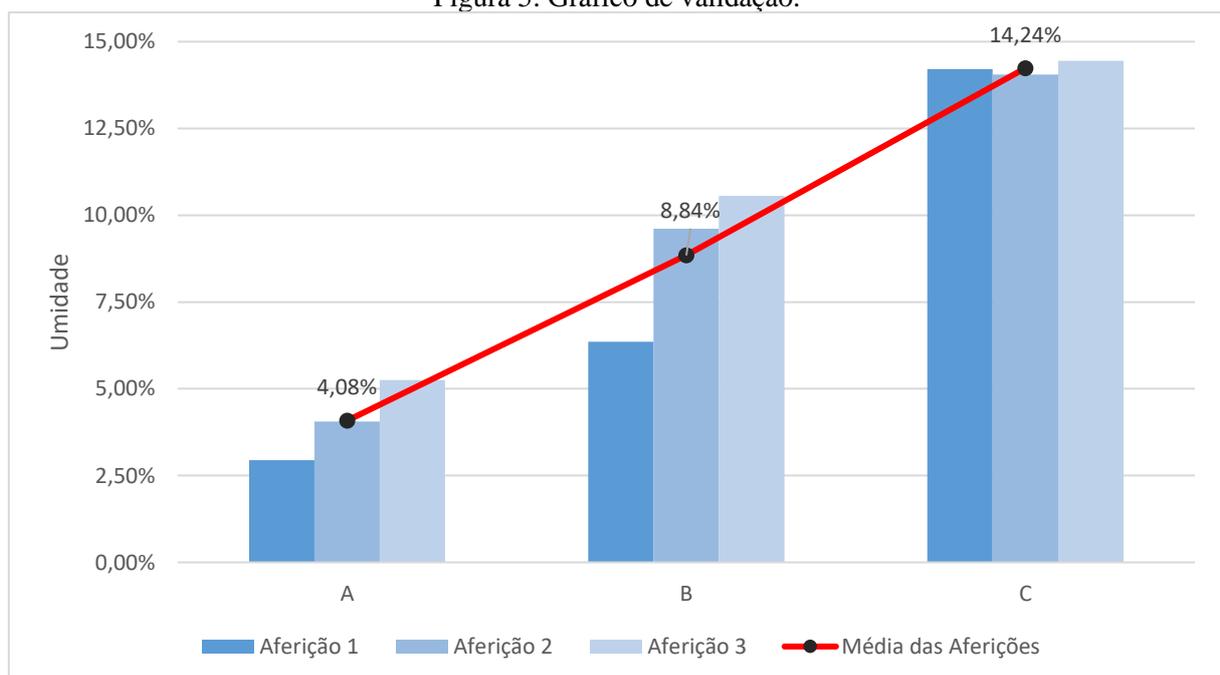
O algoritmo retorna umidade igual a 0% quando o valor analógico é maior que 1023, pois apesar dos valores poderem variar de 0 a 1024, as medições nunca retornavam valores iguais a 1024, nem mesmo enquanto a haste estava exposta ao ar livre ou inserida em uma amostra totalmente seca.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para validação da função encontrada, foram realizadas 3 aferições em 3 diferentes amostras de controle, sendo nomeadas como A, B e C. As amostras continham respectivamente 5%, 10% e 15% de umidade cada, é possível observar os resultados ilustrados em forma de gráfico na Figura 5.

Foi observada uma diferença considerável em medições da mesma amostra, resultando em variações médias de até 18% amostra A e 12% na amostra B se comparada com as umidades de controle. A amostra C foi a que demonstrou a maior precisão, apresentando apenas 8% de variação média em relação aos teores reais de umidade, dado qual demonstra que o sensor possui maior consistência das medições em amostras com teores de umidade semelhantes ao da amostra C.

Figura 5. Gráfico de validação.



Foi observado que ao realizar uma compressão manual do agregado antes da inserção da haste, obteve-se valores de umidades maiores que os reais, por conta deste fator em todas as amostras analisadas a aferição dos dados foi realizada com material não adensado após a mistura manual com a água.

Em amostras com teores abaixo de 15% pôde ser observado que fatores como adensamento e posição de inserção da haste, influenciam diretamente no resultado, gerando assim uma grande oscilação nos valores de forma qual pode-se invalidar o processo. Esta falta de acurácia pode estar ligada de algum modo ao fenômeno de variação do volume aparente, o qual é provocado pela adsorção de água livre pelos grãos do agregado miúdo, chamado de inchamento.

É importante ressaltar que durante a coleta de dados para gerar a Eq. 3, foi observada uma inconsistência em aferições realizadas pelo sensor nas amostras com mais de 20% de umidade, tornando inviável ter precisão de umidades em tal intervalo. A partir de determinada umidade (em testes 26,4%) a medição do higrômetro retornava a um valor constante conjuntamente com a perda de trabalhabilidade da amostra, a qual se tornou uma mistura polifásica na qual o agregado se depositava no fundo.

Em amostras com teores de umidade entre 15-20% notou-se uma maior acuidade na mensuração das umidades, acredita-se que este fato possui relação com número de vazios presentes na amostra, tornando a mesma mais uniforme e homogênea.

CONCLUSÃO

Ao realizar todos os testes notou-se que o sensor não foi capaz de fornecer valores com precisão satisfatória para determinar a umidade correspondente em cada uma das amostras elaboradas, devido a isto, os valores do equipamento apresentaram uma grande distorção do valor real, tornando inviável a utilização do sensor higrômetro de Arduino no canteiro de obras, o qual era o objetivo deste artigo avaliar.

Para futuras pesquisas este trabalho deixa como recomendação, a padronização do volume e do adensamento das amostras, uma análise que relacione a quantidade de vazios com as medições realizadas pelo sensor e a utilização de outros tipos de haste.

REFERÊNCIAS

- Banzi, M.; Shiloh, M. Primeiros passos com o Arduino. 2.ed São Paulo: Novatec Editora, 2015. 240p.
- Bauer, L. Materiais de Construção. 5.ed. São Paulo: Editora LTC, v. 1, 2000. 490p.
- Bhadani, P.; Vashisht, V. Soil moisture, temperature and humidity measurement using arduino. 9th International Conference on Cloud Computing, Data Science & Engineering (Confluence). IEEE, p. 567-571, 2019.
- Monk, S. Programming Arduino: getting started with sketches. 1.ed. McGraw-Hill Education, 2016. 192p.
- Pedroso, F. L. Concreto: as origens e a evolução do material construtivo mais usado pelo homem. In: Concreto e Construções: IBRACON, São Paulo, nº 53, p. 14-19, 2009.
- Recena, F. A. P. Dosagem e controle da qualidade de concretos convencionais de cimento Portland. 3.ed. Porto Alegre: ediPUCS, 2015. 119p.