

PROPOSTA DE EXPERIMENTO DIDÁTICO UTILIZANDO UM SENSOR DE GÁS APLICADO À INTERNET DAS COISAS (IOT)

Resumo: Com o crescente número de aplicações relacionadas a internet das coisas (IoT) e a demanda por propostas educacionais que substituam a abordagem tradicional, esse trabalho tem como objetivo apresentar um experimento didático com enfoque na aprendizagem do aluno. A montagem inclui um sensor de gás conectado a um microcontrolador cuja função é enviar os dados obtidos a um servidor na nuvem, que os exibe e os armazena de forma personalizada pelo usuário. A programação é feita na plataforma de desenvolvimento Arduino e são sugeridas algumas aplicações em práticas de laboratório e experimentos. Como exemplificação da abordagem, foram realizados testes com o sensor de gás em um espaço de aula prática em laboratório de soldagem, medindo a variação da concentração dos fumos e gases que eram liberados no ambiente no processo de soldagem com eletrodos revestidos.

Palavras-chave: Internet das coisas. Programação de microcontroladores. Prática em laboratório. Servidor na nuvem. Sensor de gás.

1 INTRODUÇÃO

Até o século XX, o conhecimento na área de engenharia e o método tradicional de ensino utilizado funcionavam harmoniosamente como um sistema. Entretanto, com o advento da globalização, a quantidade de conhecimento disponível tem aumentado acentuadamente e as propostas educacionais não têm acompanhado esse ritmo de desenvolvimento. A abordagem tradicional, na qual o aluno apenas escuta e memoriza o conteúdo proposto pelo professor, não supre as habilidades e competências exigidas pelo mercado. Portanto, sugere-se a implantação de novas técnicas de ensino, com enfoque centrado na aprendizagem, visando reduzir a quantidade de aulas expositivas, substituindo-as por atividades mais atraentes, que estimulem o desenvolvimento do aluno (COLENCI, 2000).

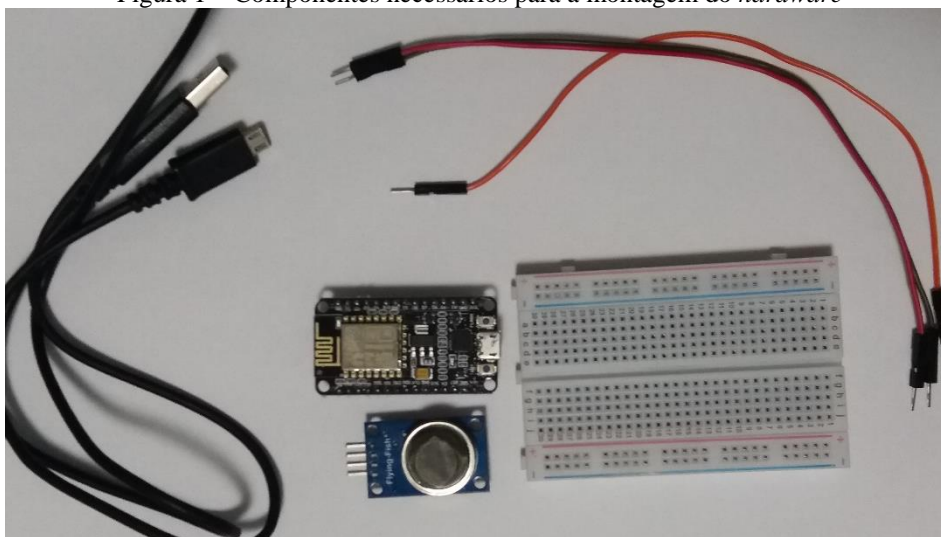
A internet das coisas, conhecida em inglês como *internet of things* (IoT), pode ser resumida como a conectividade entre diversos objetos por meio de uma rede que permite a troca de informação entre eles. Com o crescimento rápido das tecnologias de internet, conexões sem fio e smartphones, a IoT se torna cada vez mais acessível à população, ao mercado, ao ensino e à pesquisa. Espera-se que em alguns anos ela se torne algo cotidiano em países desenvolvidos, fomentada por diversos serviços relacionados à engenharia. Nesses serviços estão envolvidos sensores, atuadores, identificação por rádio frequência, armazenamento na nuvem, robótica, entre outros (MISRA, 2016).

Este trabalho tem como o objetivo reencontrar a harmonia entre o conhecimento e o ensino, buscando projetar um método de ensino de internet das coisas com enfoque centrado na aprendizagem. Espera-se que o aluno sinta-se motivado ao realizar, na prática, a montagem e programação de um sistema de detecção de gases indesejáveis no ambiente, aplicado à IoT.

2 MONTAGEM DO HARDWARE

Os componentes básicos para desenvolver a aplicação proposta incluem um microcontrolador, um sensor de gás, uma *protoboard*, três *jumpers* macho-macho e um cabo USB. Também é necessário um computador com entrada USB, que será usada para programação e alimentação de energia. Esses componentes, com exceção do computador, podem ser observados na "Figura 1".

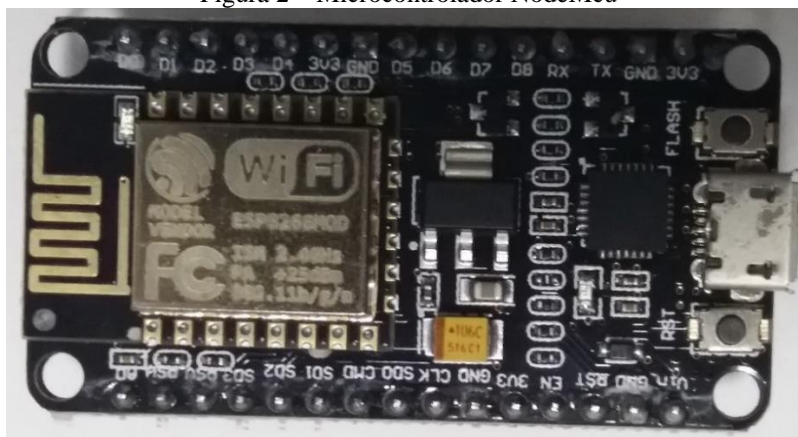
Figura 1 – Componentes necessários para a montagem do *hardware*



Fonte: Fotografia de autoria própria

O microcontrolador escolhido foi o NodeMcu ESP8266. É composto por uma placa com 17 pinos que podem ser configurados como de entrada ou de saída e que podem ter diversas funções e aplicações de acordo com a programação e a montagem realizadas. Nesses pinos podem ser conectados sensores e atuadores, como um LED, um botão, um potenciômetro ou outros dispositivos eletrônicos. Além disso, esse microcontrolador é capaz de se comunicar com outros aparelhos eletrônicos, recebendo e enviando dados via conexões sem fio, sendo ideal para aplicações em IoT (ESPRESSIF, 2017). Na escolha da placa também foram considerados o baixo custo e a versatilidade. Na "Figura 2" pode-se observar a placa NodeMcu.

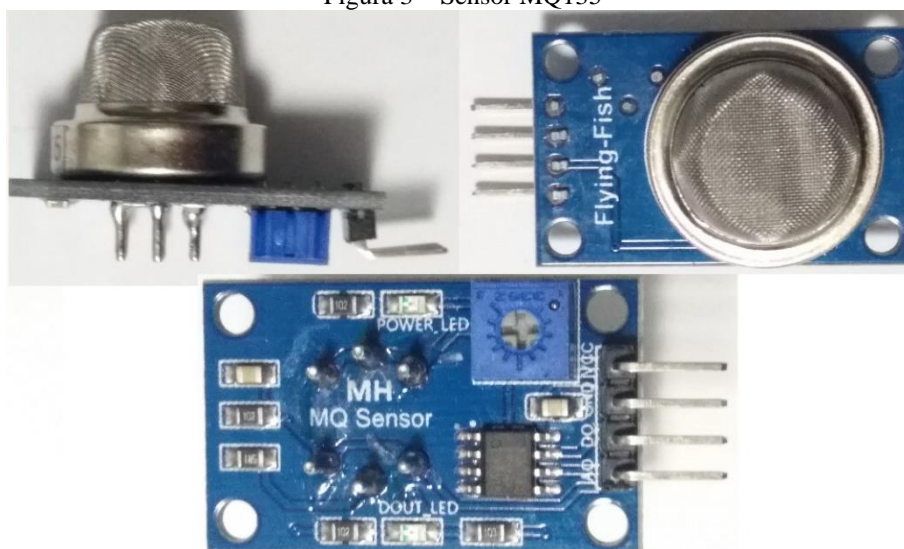
Figura 2 – Microcontrolador NodeMcu



Fonte: Fotografia de autoria própria

Optou-se por utilizar o sensor de gás MQ135, o qual tem capacidade de identificar a presença de diversos gases no ar, dentre eles gás carbônico (CO_2), monóxido de carbono (CO), amônia (NH_3), álcool, benzeno, e fumaça. O sensor tem 4 pinos usados para transmissão de sinais e 2 para fornecer a corrente de aquecimento necessária para funcionamento do sistema (MQ135 SEMICONDUCTOR SENSOR FOR AIR QUALITY CONTROL, 201-?). Esses 6 pinos já estão conectados a uma pequena placa de circuito integrado que fornece 4 novos pinos: A0 para sinal analógico, D0 para sinal digital, VCC para alimentação e GND para aterramento, como pode ser observado na “Figura 3”.

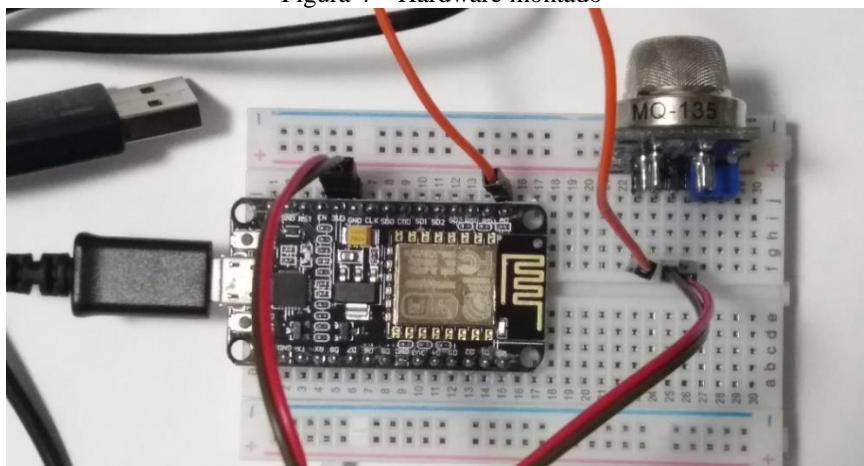
Figura 3 – Sensor MQ135



Fonte: Fotografias de autoria própria

O *protoboard* e os *jumpers* são utilizados apenas para realizar a ligação entre os pinos do circuito. A montagem é simples e envolve conectar os pinos A0, GND e VCC do microcontrolador nos respectivos pinos do sensor de gás. Depois disso, basta conectar o NodeMcu ao computador por meio do cabo USB. A “Figura 4” exemplifica essa montagem (exceto pela ponta USB do cabo que deve ser ligada ao computador).

Figura 4 – Hardware montado



Fonte: Fotografia de autoria própria

3 PROGRAMAÇÃO DO SOFTWARE

Para a programação do *software* foi utilizado o ambiente de desenvolvimento integrado do Arduino, o qual é uma IDE aberta, que utiliza a linguagem de programação C/C++ já estabelecida no mercado. Esse ambiente permite programas simples, executados em apenas um arquivo, bem como programas complexos, envolvendo vários arquivos. Além disso, existe uma grande quantidade de informação sobre a plataforma Arduino disponível na internet, inclusive no próprio site oficial (CANDELAS, 2015). Dessa forma, trabalha-se com o aluno o uso de uma plataforma já popular em diversas áreas de atuação e que fomenta o seu autodidatismo.

As diversas funções utilizadas durante a programação do *software* servem para o aluno compreender não apenas os comandos inerentes a aplicação, como também fornecem uma visão geral de conceitos de programação, a qual pode ser aproveitada em outras aplicações. O código, a ser desenvolvido pelo aluno, utiliza inclusão de bibliotecas, definição de variáveis, definição de estado de pinos, leitura e impressão de dados no monitor serial, conexão com uma rede sem fio, leitura de estado de pinos, envio de dados para o servidor na nuvem, entre outros. Também são aprendidos conceitos básicos de programação, como espaço de armazenamento de variáveis, blocos de repetição, diferença entre dados analógicos e digitais, além dos demais conteúdos que o aluno irá absorver na busca de informação.

A "Figura 5" exibe o bloco inicial do programa, com inclusão das bibliotecas que foram utilizadas e a definição inicial das variáveis. A "Figura 6" mostra o bloco de configuração do programa, com definição de estado dos pinos que foram utilizados, início da comunicação com o monitor serial e conexão com a rede WiFi. Na "Figura 7", por sua vez, está representado o bloco de repetição do programa, incluindo as etapas de leitura de pinos, de envio de dados ao servidor na nuvem e de envio de dados ao monitor serial. Essas etapas são repetidas continuamente até que o microcontrolador seja resetado ou desligado.

Figura 5 – Bloco de programação inicial

```
#include <ESP8266WiFi.h> //biblioteca com funções wifi do 8266
#include "UbidotsMicroESP8266.h" //biblioteca com funções do Ubidots

#define ID_GAS_A " " //ID variavel gas analogica
#define ID_GAS_P " " //ID variavel porcentagem de gas
#define ID_TOKEN " " //ID perfil Ubidots

const char* ssid = " "; //nome da rede wifi
const char* senha= " "; //senha da rede wifi

Ubidots cliente (ID_TOKEN);

int pinoGas=A0; //nomeando pino A0
```

Fonte: Imagem de autoria própria

Figura 6 – Bloco de programação de configuração

```
void setup()
{
  pinMode(pinoGas, INPUT); //definindo pino do sensor de gas como pino de entrada
  Serial.begin (115200); // definindo a velocidade na qual ocorrerá a comunicação serial
  delay (10);
  Serial.print("Conectando-se a rede: "); //Mostrando a mensagem "Conectando a rede" no monitor
  Serial.println (ssid); //Mostrando o nome da rede na qual está se conectando na tela
  WiFi.begin (ssid, senha); //comando para conectar na rede wifi
  //Teste: Enquanto o wifi não for "conectado" ele aguarda 1 segundo e imprime um "." no monitor
  while (WiFi.status () != WL_CONNECTED)
  {
    delay(1000);
    Serial.print (".");
  }
  // Quando o status for conectado ele exibe "Wifi conectado" no monitor
  Serial.println ("Wifi conectado");
  delay(1);
}
```

Fonte: Imagem de autoria própria

Figura 7 – Bloco de programação de repetição

```
void loop() {
  int valor_gas=analogRead(pinoGas); //lendo valor enviado pelo sensor de gas
  float percent_gas=(valor_gas*100.00)/1023;//criando uma 2a variavel com valor em porcentagem
  delay(1);

  cliente.add(ID_GAS_A,valor_gas); //adicionado o valor do gas a variavel no ubidots
  cliente.add(ID_GAS_P,percent_gas); //adicionando o valor em porcentagem a variavel no ubidots
  cliente.sendAll(); //enviando dados ao ubidots
  delay(1);

  //imprimindo no monitor serial os valores medidos
  Serial.print("valor_gas: ");
  Serial.println(valor_gas);
  Serial.print("percent_gas: ");
  Serial.print(percent_gas);
  Serial.println("%");
  delay(100);
}
```

Fonte: Imagem de autoria própria

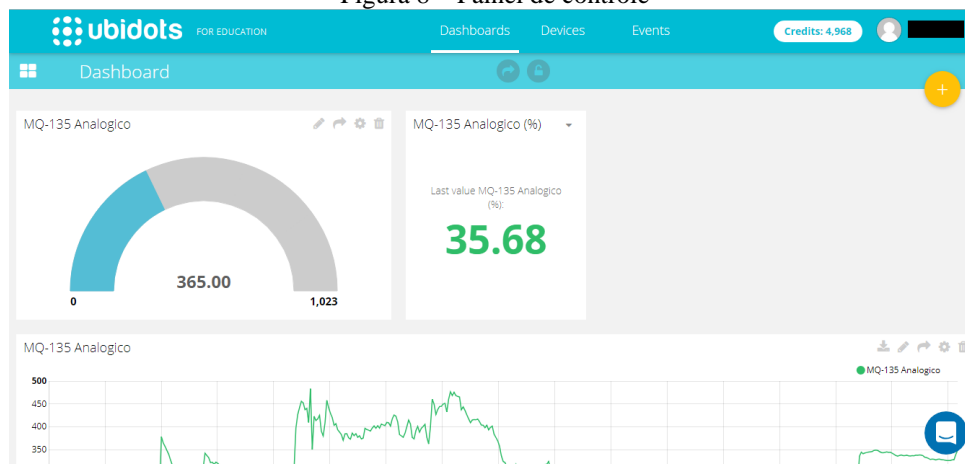
4 SERVIDOR DE DADOS NA NUVEM

Para dar aplicabilidade aos dados lidos e enviados pelo *hardware* via WiFi, é necessário ter um servidor que receba esses dados e armazene-os. Para isso, é utilizada a Ubidots. Além de executar essas funções, essa interface também é capaz de criar um painel de controle com seus equipamentos e um painel de visualização de seus dispositivos. Esses painéis têm diversas formas de configuração para atender à aplicação e às preferências do usuário. A interface como um todo é de fácil utilização, com botões bem posicionados e iconografia intuitiva.

A “Figura 8” exibe o painel de controle personalizado pelo usuário. Nesse exemplo foram criadas duas formas de exibição para a variável “MQ-135 Analógico”. A primeira é representada por um medidor instantâneo, semelhante a um velocímetro. A segunda, por sua vez, é representada por um gráfico que registra os dados enviados pelo sensor ao longo do tempo, cujos eixos e seus limites podem ser definidos pelo usuário. A outra variável, “MQ-135

Analogico (%)”, também utiliza uma exibição instantânea, que mostra o último valor medido, porém em forma de numeral. Vale ressaltar, também, que os tamanhos de cada janela podem ser alterados conforme preferência do usuário.

Figura 8 – Painel de controle



Fonte: Imagem de autoria própria retirada do perfil pessoal no site www.ubidots.com

A Ubidots se torna ainda mais interessante para a proposta educativa por conter uma área de ajuda bem elaborada. Além de instruções passo-a-passo de como utilizar a plataforma, o site contém diversos tutoriais exclusivos para cada dispositivo que pode ser conectado, apresentando exemplos de programas bem estruturados, que fomentam a curiosidade do usuário e facilitam seu entendimento.

Esse servidor de dados também permite que se compartilhem variáveis com usuários de outras contas e está disponível por meio de navegadores de internet em computadores, bem como por aplicativos de *smartphones*. Isso indica o alinhamento da interface com o conceito básico de internet das coisas, que busca a expansão e aproveitamento da comunicação entre dispositivos.

Ainda sobre a Ubidots, é importante ressaltar que a interface conta com dois tipos de serviço. Um serviço pago, para uso industrial, e um serviço gratuito, para uso em educação (Observe no canto superior esquerdo da “Figura 8” o texto “Ubidots For Education”). O serviço gratuito oferece inicialmente 5000 créditos e eles são consumidos conforme se utilizam algumas funções mais avançadas. Entretanto, para propósitos como o deste trabalho, não há um consumo significativo desses créditos.

5 EXPERIMENTOS PRÁTICOS

Para consolidar a aprendizagem, é ideal que os alunos possam ter contato com uma aplicação prática de sua montagem. Para isso, sugere-se inicialmente o uso de aplicações mais simples e, posteriormente, de testes em uma aplicação mais elaborada, de forma a conduzir uma complexidade gradativa nos experimentos.

Em testes simples podem ser utilizadas a respiração humana ou a liberação de gás de um isqueiro, sem acender sua chama. Quanto mais próximo do sensor forem liberados os gases, mais nítida será a variação da leitura. Essas aplicações menos elaboradas podem ser utilizadas pelo aluno, após a finalização da montagem, para confirmar se o sensor está respondendo

corretamente e compreender seu funcionamento em totalidade. A partir daí, podem ser conduzidos outros experimentos mais complexos.

Após a confirmação do funcionamento adequado do sensor, pode-se sugerir ao aluno que ele próprio busque uma aplicação mais complexa para utilização da montagem realizada, aumentando sua participação na aprendizagem. Alguns exemplos de aplicação são: Análise comparativa de determinado ambiente vazio ou com presença de pessoas, como uma sala de aula ou uma academia; Análise comparativa de um carro com ar condicionado ligado sem circulação com o ar externo, ligado com circulação com o ar externo ou desligado; Análise comparativa da concentração de gases em um ambiente com lareira ou churrasqueira acesa com exaustor desligado, acesa com exaustor ligado, e apagada; Entre outros.

Para exemplificação, foi realizado um experimento em uma aula prática de laboratório de soldagem do curso de Tecnologia da Soldagem do Curso Intensivo de Preparação de Mão de Obra Industrial (CIPMOI). O curso é um projeto de extensão da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e, nessa aula prática, cerca de 20 alunos revezaram entre si o uso de 9 cabines de soldagem, utilizando eletrodos revestidos para realizar a solda. O processo utilizado caracteriza-se pela liberação de fumos e de gases advindos da evaporação de fumos metálicos e outros componentes do revestimento (MARQUES, 2014).

A “Figura 9” apresenta os dados coletados, divididos em 6 seções nomeadas de “A” a “F”. A aula se iniciou às 19:00 horas e terminou às 22:15. O sensor foi ligado 15 minutos antes do início da aula (A). Às 19:15, enquanto os alunos estavam vestindo os equipamentos de proteção individual (EPIs) e preparando as cabines, foi realizado um teste com isqueiro para confirmar se o sensor estava realizando a leitura corretamente (B). Após esse teste, o professor iniciou a explicação teórica, que durou até cerca de 19:45 (C), quando os alunos iniciaram a realização das soldas. Durante cerca de uma hora, o sensor permaneceu posicionado acima de uma das cabines, na qual era possível perceber escape de fumaça no lado oposto ao do exaustor (D). Por volta das 20:45, o sensor foi realocado para dentro da cabine, próximo ao exaustor, de forma que o exaustor ficasse entre o sensor e a operação (E). Por volta das 22:45 o sensor foi desligado e removido (F).



Fonte: Imagem de autoria própria gerada pelo site www.ubidots.com

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os itens necessários para a realização desse experimento são de baixo custo e facilmente acessíveis no mercado, além de possuírem um valor total inferior ao que geralmente se gasta com apostilas e livros didáticos físicos em uma disciplina de graduação, considerando que o aluno pode utilizar um computador próprio ou um disponível na sua universidade. Dessa forma, esse conjunto é ideal para a utilização em educação, seja como uma proposta de trabalho em

que cada grupo adquire o seu próprio equipamento ou como uma prática de laboratório em que as peças são emprestadas aos alunos para realização das atividades.

Como pode ser observado na Figura 9, ao que tudo indica, o sensor forneceu valores confiáveis no experimento. No período A, antes de iniciar a aula, foi registrado um menor valor médio de concentração de gases lidos pelo sensor. No período B, uma vez que houve liberação do gás do isqueiro próximo ao sensor, nota-se uma elevação súbita no valor. Esse valor, entretanto, foi se reduzindo gradativamente, conforme o gás se dissipava no ar. No período C, a leitura foi relativamente constante, enquanto foi dada a explicação teórica por parte do professor. No período D, o sensor ficou exposto a níveis intermitentes de fumaça liberada pelo processo de soldagem, representados no gráfico por valores mais elevados e com muitas oscilações. No período E, ele foi posicionado mais próximo a mesa de soldagem, mas com o exaustor entre os dois, que impedia a fumaça de chegar em grande quantidade ao sensor. Dessa maneira, no período E, observa-se uma leitura em média menor e com valores mais constantes, quando comparado ao período D. O vale que se formou próximo às 21 horas ocorreu devido a um desligamento não intencional do sensor, que foi ligado novamente imediatamente. No período F, após o fim da aula, o valor continuou constante, mas nota-se um súbito aumento da média de leitura. Essa variação pode ser atribuída ao desligamento dos exaustores no fim da aula, possibilitando que os gases não exauridos chegassem ao alcance do sensor.

É importante ressaltar que o sensor MQ-135 tem um caráter de medição qualitativa nesse experimento, que pôde ser obtida a partir da análise comparativa do ar em condições normais e em condições anormais, como foi explicada anteriormente. Entretanto, em variações de ambiente, temperatura e umidade, ele não apresenta o mesmo valor de medição para o ar e não foi possível discernir se isso se deve à variação da presença dos gases no ar ou à qualidade do sensor.

Foi observado, também, que o sensor não diferencia os gases na leitura e tem sensibilidade às variações de umidade e temperatura. Portanto, para medir o valor quantitativo de um certo gás no ar, seria necessária a realização de uma calibração do sensor em duas etapas. A primeira consiste em calibrar o sensor para um determinado gás em um ambiente controlado. Para isso, um outro equipamento que fornecesse uma medição confiável da concentração desse gás no ar seria colocado lado a lado ao MQ-135, enquanto a concentração desse gás no ar seria aumentada (ou diminuída) progressivamente e ambos os valores registrados. Esses registros possibilitam traçar uma curva de calibração para o sensor, de forma a exibir os valores de concentração desse gás no ar em partes por milhão (ppm). A segunda etapa, por sua vez, envolve a calibração em relação à umidade e temperatura, realizando o mesmo procedimento para diferentes temperaturas e diferentes umidades.

Com esses procedimentos, o sensor MQ-135, aliado a um sensor de temperatura e umidade ou utilizado em um ambiente sem variações de temperatura e umidade, seria capaz de fazer uma leitura mais confiável do gás para o qual ele foi calibrado. Todavia, como ele reage à presença de outros gases no ar, sua medição ainda não teria confiabilidade alta devido a influência que os outros gases podem gerar na medição. Por essas razões, esse sensor não é indicado para uso em medições quantitativas, medições precisas ou aplicações de responsabilidade elevada.

7 CONCLUSÃO

Espera-se que o presente trabalho sirva como uma referência para professores e alunos na área de engenharia, especialmente nas áreas relacionadas a robótica, mecatrônica, eletrônica, controle e automação. Almeja-se alcançar uma proposta de ensino com enfoque na aprendizagem, na qual o aluno será um agente ativo na busca do conhecimento, realizando um

projeto que envolve montagem do sistema, programação do sistema, uso da interface de comunicação via WiFi e aplicação prática. Ademais, busca-se expandir as propostas de ensino no âmbito da internet das coisas, aproximando o aluno de engenharia ao mercado de trabalho, visto que é uma área de atuação que tem tendência a se expandir conforme o avanço das tecnologias e das diversas aplicações às quais ela se relaciona.

Agradecimentos

Agradecimentos ao Curso Intensivo de Preparação de Mão de Obra Industrial (CIPMOI) e ao Laboratório de Robótica, Soldagem e Simulação (LRSS) por cederem o espaço da aula para a realização de coleta de dados.

REFERÊNCIAS

CANDELAS, F.A. et. al. Experiences on using Arduino for laboratory experiments of Automatic Control and Robotics. **IFAC-PapersOnLine**, [S,l], v. 48, i. 29, p. 105-110, 2015. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896315024799>. Acesso em: 11 mai. 2018.

COLENCI, Ana; BELHOT, Renato. **O ensino de engenharia como uma atividade de serviços**: a exigência de atuação em novos patamares de qualidade acadêmica. 2000. 131 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

ESPRESSIF. **Esp8266 Technical Reference**. Version 1.3. [S.l.: s.n.], 2017. Disponível em <http://espressif.com/en/products/hardware/esp8266ex/resources>. Acesso em: 11 mai. 2018.

MARQUES, Paulo Villani; MODENESI, Paulo José; BRACARENSE, Alexandre Queiroz. **Soldagem Fundamentos e Tecnologia**. Belo Horizonte: editora UFMG, 2014.

MISRA, Gourav et al. Internet of Things (IoT) – A Technological Analysis and Survey on Vision, Concepts, Challenges, Innovation Directions, Technologies, and Applications (An Upcoming or Future Generation Computer Communication System Technology). **American Journal of Electrical and Electronic Engineering**, [S,l], v. 4, n. 1, p. 23-32, 2016. Disponível em <http://pubs.sciepub.com/ajece/4/1/4/>. Acesso em: 11 mai. 2018.

MQ135 SEMICONDUCTOR SENSOR FOR AIR QUALITY CONTROL. [S.l.: s.n.], [201-?]. Disponível em <http://www.dreamgreenhouse.com/datasheets/MQ-135/index.php>. Acesso em: 11 mai. 2018. Technical Datasheet.

DIDACTIC EXPERIMENT PROPOSAL USING A GAS SENSOR APPLIED TO THE INTERNET OF THINGS (IOT)

Abstract: *This paper proposes a didactic experiment related to the internet of things (IoT) focused on student learning. As the number of IoT applications are increasing in the industry and in researches, the goal is to supply this demand using a non-traditional approach. The*

assembly elaborated for this project includes a gas sensor connected to a microcontroller, which sends data to a cloud server that stores and displays it in a dashboard customized by the user. The programming part is done on the Arduino development platform. Some experiments, including laboratory practice, are suggested. As an application example, gas sensor tests were performed in a laboratory environment, measuring the smoke and gases generated by a shielded metal arc welding (SMAW) process.

Key-words: *Internet of things. Microcontrollers programming. Laboratory practice. Cloud server. Gas sensor.*