

APLICAÇÃO DE MICROCONTROLADORES A SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO PARA REDUÇÃO DO CONSUMO DA ENERGIA ELÉTRICA EM UNIVERSIDADES PÚBLICAS BRASILEIRAS

Paola Evelen Costa Baia, Paolabaia@hotmail.com¹

João Lucas Lobato Soares, Soaresjoao974@gmail.com¹

George Stephane Queiroz de Oliveira, Georgeoliveira.ufpa@gmail.com¹

Rodrigo Marques dos Santos, rodrigomsantos730@gmail.com¹

¹ Universidade Federal do Pará. Faculdade de Engenharia Mecânica, Belém, PA, Brasil,

Resumo: A redução do consumo da energia elétrica nas Universidades Brasileiras é algo indubitável que não depende somente da consciência de cada usuário da Instituição, mas também de políticas e projetos de redução do consumo, os quais culminarão em uma economia aos cofres públicos. Logo, tendo em vista não somente a redução do consumo da energia elétrica, mas também a preservação dos sistemas mecânicos (ar condicionados) e a consequente otimização do período necessário para realizar as suas manutenções, foi realizada neste trabalho a simulação da inclusão de um microcontrolador (do tipo Arduino UNO) e de sensores de presença aos sistemas de refrigeração convencionais utilizados nas universidades públicas, bem como foram desenvolvidos a programação e os esquema de conexão eletrônica para realizar a avaliação da presença efetiva de usuários do sistema de arrefecimento nas salas de aula.

Palavras-chave: microcontroladores, arduino, sistemas de arrefecimento, ar-condicionado, sensor de presença.

1. INTRODUÇÃO

Um dos principais itens de gastos de Instituições Públicas de Educação Superior é com o alto custo da energia elétrica e que, grande parte poderia ser evitada por meio de ações de eficiência energética, implantação de sistemas de geração própria de energia e projetos de conscientização e incentivo à redução de desperdício de energia (Cenergel, 2017). E, dado que a não higienização do aparelho regularmente implica tanto em problemas técnicos quanto em um risco à saúde de quem o utiliza, pois quando o filtro e demais partes estão sujas, o ar-condicionado não funciona tão bem, consumindo mais energia e rendendo menos, vale ressaltar também que pode causar doenças respiratórias ao usuário; Logo a manutenção preventiva desses sistemas (a qual deve ser feita uma vez por mês em residências ou a cada 7-15 dias em ambientes com muita poeira ou grande fluxo de pessoas, como escritórios, comércio e escolas) se faz imprescindível, pois este não só climatiza o ambiente, como também filtra o ar, retendo impurezas e germes em seu filtro (webcontinental, 2016).

Além disso, com o crescimento da implementação efetiva do conceito ‘Internet das coisas’ - também conhecido como **IoT** (*Internet of Things*, em inglês), o qual consiste em uma revolução tecnológica que tem como objetivo conectar todos os objetos da vida cotidiana à internet, a fim de que esses funcionem de modo inteligente e sensorial – vários trabalhos que visam automatizar sistemas de uso convencionais foram publicados (de Almeida, et al, 2016; Silveira, et al, 2016; da Silva, et al, 2016; Botke, 2014). Seja em ar-condicionados de laboratórios para o controle constante da temperatura e da umidade relativa do ar (da Silva, et al, 2016), seja em residências convencionais para controlar o ligar e desligar desses sistemas (e também outros, como lâmpadas, portões e televisores) por meio de um smartphone (Silveira, et al, 2016).

Tendo em vista que as placas de Arduino vem sendo amplamente utilizadas a fim de automatizar sistemas de uso convencional e torná-los autossuficientes (Botke, 2014), pois esse é um dispositivo acessível, de fácil manuseio e que não necessita do controle permanente e contínuo de um computador. Por conta disso, utilizar-se-á neste trabalho uma placa Arduino Uno junto com um sensor de presença modelo PIR DYP-ME003 para verificar o uso efetivos dos ar-condicionados e, conseqüentemente, controlar o seu sistema de ‘liga-desliga’.

1.1. Sensor de Movimento PIR DYP-ME003

Os sensores de presença mais comuns usam sensores PIR (Passive Infrared Sensor, ou Sensor Infravermelho Passivo) como detector de movimentos. No Arduino, temos o módulo PIR DYP-ME003, que une numa mesma estrutura o sensor PIR e também os circuitos necessários para ajuste e controle do sinal de saída. O módulo contém esse sensor PIR propriamente dito, composto internamente por duas faixas com material sensível ao infravermelho. Na parte externa, uma espécie de capa/tampa que na verdade é uma lente fresnel. Quando há variação na detecção do sinal infravermelho entre essas duas faixas de material sensível, a saída é acionada por um determinado tempo, já a lente fresnel tem a função de ampliar o campo de visão do sensor, condensando a luz em um único ponto (Arduino e cia, 2014). O modelo DYP-ME003 da ElecFreak é simples e pequeno. Muito fácil de usar e bem flexível para projetos de prototipagem e montagens residenciais. O módulo sensor conta com um pequeno potenciômetro amarelo para ajuste do tempo de espera para estabilização e também para ajustar a sua sensibilidade. A estabilização pode variar entre 5 a 200 segundos (Vital, 2017).

Especificações do sensor são:

- Modelo: DYP-ME003
- Sensor Infravermelho com controle na placa
- Sensibilidade e tempo ajustável
- Tensão de Operação: 4,5 - 20V
- Tensão Dados: 3,3V (Alto) - 0V (Baixo)
- Distância detectável: 3-7m (Ajustável)
- Tempo de Delay: 5-200seg (Default: 5 seg)
- Tempo de Bloqueio: 2,5seg (Default)
- Trigger: (L)-Não Repetível (H)-Repetível (Default: H)
- Temperatura de Trabalho: -20 ~ +80°C
- Dimensões: 3,2 x 2,4 x 1,8cm
- Peso: 7g

O Sensor de Movimento PIR DYP-ME003 consegue detectar o movimento de objetos que estejam em uma área de até 7 metros. Caso algo ou alguém se movimentar nesta área o pino de alarme é ativo. É possível ajustar a duração do tempo de espera para estabilização do PIR através do potenciômetro amarelo em baixo do sensor bem como sua sensibilidade, como mostra a fig.1. A estabilização pode variar entre 5-200 seg.

Vale ressaltar que a conexão deve ser feita a uma fonte de 5v ao GND e VCC. O pino DADOS refere-se ao sinal de saída que será 'Alto' indicando movimento ou 'Baixo' indicando nenhuma movimentação. Quando a saída é acionada pelo movimento detectado esta ficará em alto por um curto período de tempo, mesmo se não haja mais movimento. O tempo em alto pode ser setado variando o potenciômetro 'Time', sendo que o outro altera a sensibilidade.

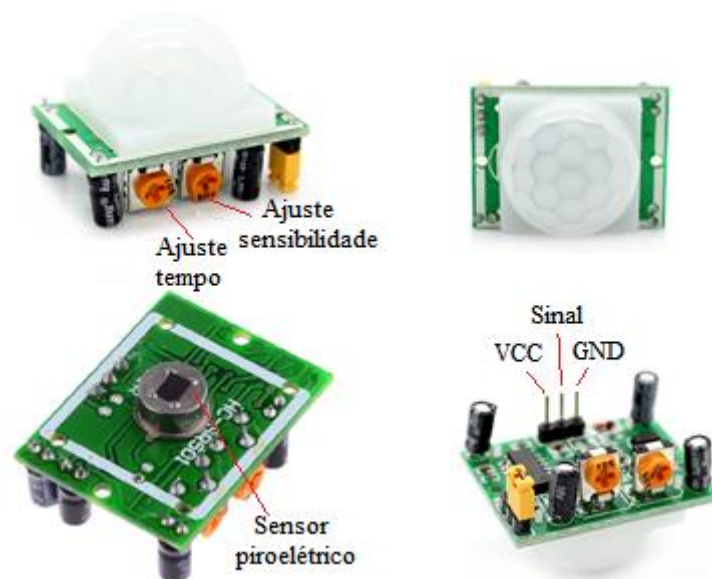


Figura 1. Diferentes vistas do sensor de presença e seus componentes.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

O trabalho foi delineado a partir de um sistema entre um indicador de movimento por meio do módulo Sensor de Movimento PIR DYP-ME003 (Figura 1) e um módulo Relé 5 V com 2 canais (Figura 2), conectados com a placa Arduino UNO. O objetivo é desativar o condicionador de ar após o sensor não detectar presença no ambiente por mais de 30 minutos. O circuito eletrônico foi desenvolvido de modo que o relé *Normalmente Fechado* interrompa a corrente elétrica.

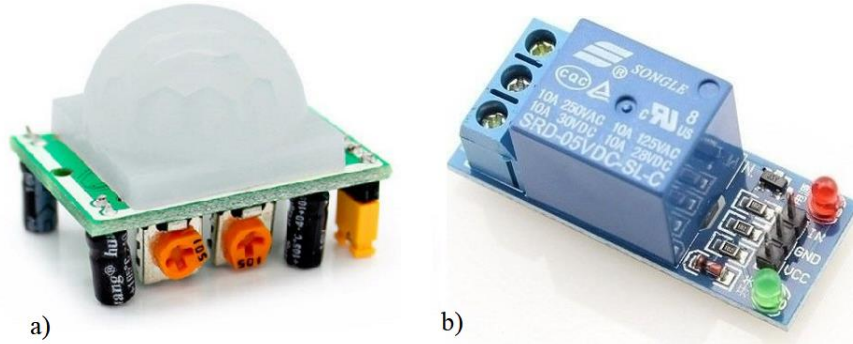


Figura 2. a) Sensor de presença, b) Relé.

Ademais, o comportamento do sistema responderá aos comandos do código de programação do software Arduino® 1.8.4 interligado a placa. A Figura 3 ilustra as configurações iniciais da linguagem C, ao qual, o sensor receberá sinal de movimento a cada 5 segundos.

```
void setup() {
  pinMode(RelePin, OUTPUT); // seta o pino como saída

  Serial.begin(9600);

  pinMode(pinoSensor, INPUT); //E o sensor uma entrada.
  Serial.print("Calibrando o sensor...");
  for(int i = 0; i < calibracao; i++){
    Serial.print(".");
    delay(5000);
  }
  Serial.println("Sensor Ativado");
  delay(5000);
}
```

Figura 3. Emissão do sinal para indicação de presença

A Figura 4 descreve as iterações do programa, ao qual, a cada negativa de sinal, é reduzido o valor limite para manter o circuito fechado. Todavia, recebido um indicativo positivo, o processo iterativo é reiniciado.

```
void loop() {
  //A cada ciclo, ele faz uma nova leitura do estado do sensor de presença
  iniciaSensor = digitalRead(pinoSensor);

  Serial.print("Valor do Sensor PIR: ");
  Serial.println(iniciaSensor);

  ///Verificando se ocorreu detecção de movimentos
  if (iniciaSensor == 1) {
    alarme_on();
  } else {
    alarme_off();
  }
}

void alarme_on() { //Função que ativa o alarme - Detectou presença, o relé permanece fechado
```

```
digitalWrite(RelePin, LOW); //desativa o pino
tempo=1800000;
}

void alarme_off() { //Função que desativa o alarme - N foi detectado presença, o relé abre após determinado
tempo
digitalWrite(RelePin, LOW); //desativa o pino
tempo=tempo-5000;
if (tempo<=0); {
digitalWrite(RelePin, HIGH); //ativa o pino
}
}
}
```

Figura 4. Iteração entre o sensor e o software

Posterior à compilação, é exigida uma alimentação do microcontrolador para a manutenção do esquemático independente ao computador. Destarte, conecta-se uma bateria de 5 V para a rede permanecer em operação. Além disso, é notório enfatizar a importância do relé, cuja função é controlar a entrada de ar condicionado e evitar a danificação do aparelho.

3. RESULTADO E DISCUSSÃO

O código computacional demonstrou coerência em relação à compilação do programa, resultando na operação da placa com ausência de erros e interrupções, corroboradas pela Figura 5. A disposição dos componentes eletrônicos para uma circulação alternada da corrente, de modo a não comprometer a placa e o relé, também foi examinada.

```
sensor_de_presen_a | Arduino 1.8.4
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

sensor_de_presen_a

int pinoSensor = 4;
const int RelePin = 9; // pino ao qual o Módulo Relé está conectado
int incomingByte; // Variável para ler dados recebidos pela serial
int tempo=300000;

//Inicia o sensor em estado 0, ou seja desligado.
int iniciaSensor = 0;
//Variável para calibração do sensor
int calibracao = 60;

void setup() {
  pinMode(RelePin, OUTPUT); // seta o pino como saída

  Serial.begin(9600);

  pinMode(pinoSensor, INPUT); //E o sensor uma entrada.
  Serial.print("Calibrando o sensor...");
  for(int i = 0; i < calibracao; i++){
    Serial.print(".");
    delay(1000);
  }
  Serial.println("Sensor Ativado");
  delay(1000);
}

void loop() {
  //A cada ciclo, ele faz uma nova leitura do estado do sensor de presença
  iniciaSensor = digitalRead(pinoSensor);

  Compilação terminada

O sketch usa 2556 bytes (7%) de espaço de armazenamento para programas. O máximo são 32256 bytes.
Variáveis globais usam 252 bytes (12%) de memória dinâmica, deixando 1796 bytes para variáveis locais. O máximo são 2048 bytes.

22
```

Figura 5: Código Computacional compilado

O diagrama desenvolvido foi e ilustrado na Figura 6, sob a consideração de uma rede com instalação de corrente alternada com frequência de 60 Hz e sistema trifásico de 220 V, especificamente, com acoplamentos nas tensões positiva e negativa, e ausência de conexão no neutro, ao qual, é o circuito mais comum durante a instalação de condicionadores de ar e equipamentos de grande porte. Além disso, despreza-se a presença de sistema de aterramento local, haja vista a realidade em muitas plantas residenciais. A Figura 7 demonstra o teste físico do esquemático realizado no Laboratório de Engenharia Mecânica (LABEM) da Universidade Federal do Pará, com o objetivo de calibrar o ‘disparo’ do módulo Relé com a presença mediante o sensor infravermelho.

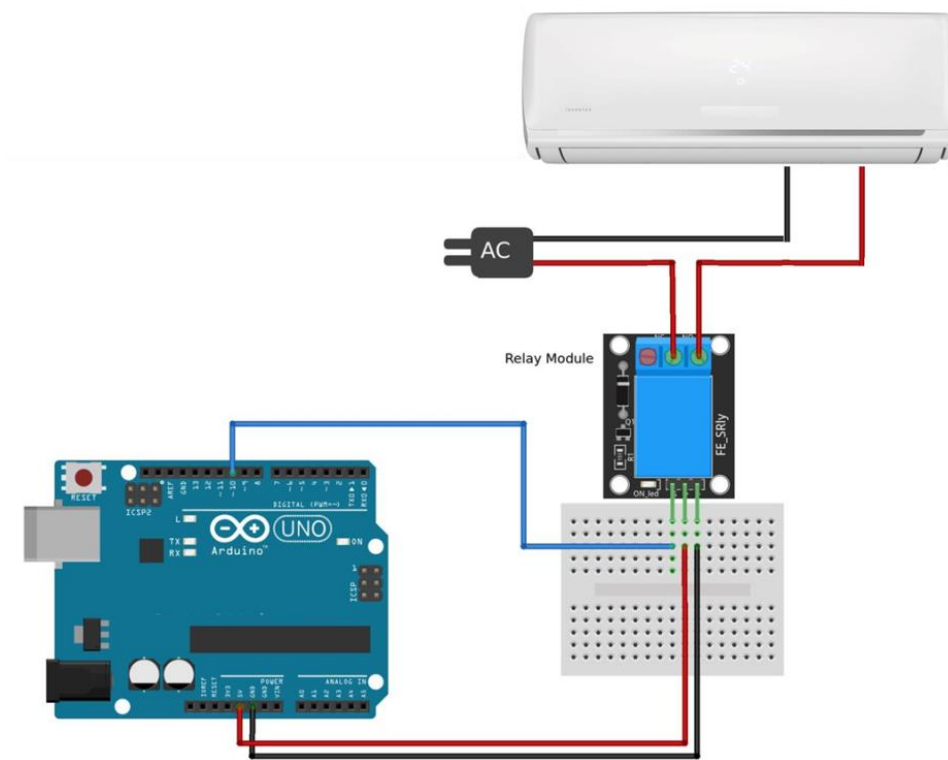


Figura 6: Circuito Elétrico do Sistema do microcontrolador.

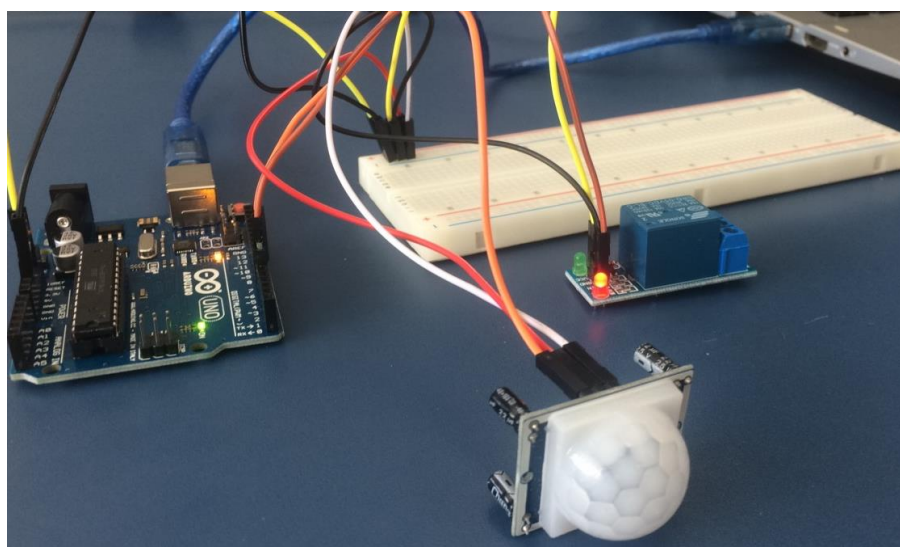


Figura 7. Imagem do sistema de calibração do equipamento.

4. REFERÊNCIAS

- Arduino e cia, 2014, “Sensor de Presença com Módulo PIR DYP-ME003”. Disponível em: <https://www.arduinoecia.com.br/2014/06/sensor-presenca-modulo-pir-dyp-me003.html>. Acessado em: 03 de março de 2018.
- Botke, D. P., 2014, “Automação de residências através de aplicação integrada com Arduino”. Trabalho de conclusão de curso, FURB, Blumenau, Brazil
- Cenergel, 2017 Universidades brasileiras se destacam em ranking internacional d. Cenergel sistemas energéticos. Disponível em: <http://cenergel.com.br/post.aspx?id=106&nome=universidades-brasileiras-se-destacam-em-ranking-internacional-d>. Acessado em: 13 set. 2017.
- da Silva, A.R., Júnior, J. C. X. e Silva, I.M.D., 2016, "Rede de sensores para controle inteligente de ambientes." 8º SBCUP-Simpósio Brasileiro de Computação Ubíqua e Pervasiva-XXXVI CSBC-Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, Natal, Brazil

- de Almeida, J., Costa, R., Carvalho, C., de Andrade Jr, N., Andrade, L., e Prazeres, C., 2015, "Dashboard smartroom: web das coisas para gerenciamento de salas em um campus universitário". Revista Eletrônica da Faculdade JK, Salvador, Brazil.
- Felipeflop. Acendendo uma lâmpada com sensor de presença. Disponível em: <https://www.felipeflop.com/blog/acendendo-uma-lampada-com-sensor-de-presenca/>. Acesso em: 01 dez. 2017.
- Felipeflop. Controlando lâmpadas com módulo relé arduino. Disponível em: <https://www.felipeflop.com/blog/controle-modulo-rele-arduino/>. Acesso em: 01 dez. 2017.
- Silveira, S.M., Gonçalves, T.S.S., 2016, "Automação Residencial utilizando Arduino e SO Android". Trabalho de conclusão de curso, UERJ, Rio de Janeiro, Brazil
- Vital, V., 2017, "Automação residencial: sensor de presença Arduino". Disponível em: <http://blog.eletrogate.com/automacao-residencial-sensor-de-presenca-com-arduino/>, acessado em: 07 de março de 2018.
- Webcontinental, 2016, "Manual do Usuário para Manutenções - Manutenção de Ar-Condicionado Split: Quando Fazer?", disponível em: <http://blog.webcontinental.com.br/manutencao-de-ar-condicionado-split-quando-fazer/>. Acessado em: 09 de março de 2018.

5. RESPONSABILIDADE AUTORAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

MICROCONTROLLERS APPLICATION TO REFRIGERATION SYSTEMS FOR ELETRIC ENERGY REDUCING CONSUMPTION IN BRAZILIAN PUBLIC UNIVERSITIES

Paola Evelen Costa Baia, Paolabaia@hotmail.com ¹

João Lucas Lobato Soares, Soaresjoao974@gmail.com ¹

George Stephane Queiroz de Oliveira, Georgeoliveira.ufpa@gmail.com ¹

Rodrigo Marques dos Santos, rodrigomsantos730@gmail.com ¹

¹ Universidade Federal do Pará. Faculdade de Engenharia Mecânica, Belém, PA, Brasil,

Abstract. Electric energy reduction of the consumption in the Brazilian Universities is something undoubted, which depends on the conscience of each user of the Institution, and would generate an economy to the public coffers. Therefore, considering not only the reduction of the consumption of electric energy, but also the preservation of the mechanical systems (air conditioning) and the consequent optimization of the period necessary to carry out its maintenance. The simulation of the inclusion of a microcontroller (of the Arduino UNO type) and of presence sensors to the conventional refrigeration systems used in the public universities was carried out, as well as the programming and the electronic connection scheme to carry out the presence evaluation effective use of cooling system users in classrooms.

Keywords: *microcontrollers, arduino, refrigeration systems, air conditioning, presence sensor.*