

UMA SOLUÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA UFMA BASEADA EM INTERNET DAS COISAS E BAIXO CUSTO

Billyfranklim A. Pereira¹, Marcio M. Cerqueira²

¹ Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia (BICT), CCET, UFMA

² Engenharia da Computação (ECP), CCET, UFMA

{billyfranklim, cerqueira.tec}@gmail.com,

Abstract. *The Internet of Things (IoT - Internet of Things) grows more and more in several areas, becoming present in everyone's life and having a great participation in the area of energy efficiency. Currently, most of the rooms at the Federal University of Maranhão (UFMA) are air-conditioned, but often the conditioned conditions are left unattended for a long period of time. With this in mind, the present work presents a proposal for a solution applied in the IoT for a university in question, with an affordable cost and easy to install, in order to reduce the energy consumption of the environment, turning on or off the refrigeration appliances according to the presence of factors in the environment.*

Resumo. *A Internet das Coisas (IoT - Internet of Things) cresce cada vez mais em diversas áreas, tornando-se presente na vida de todos e tendo grande participação na área de eficiência energética. Atualmente a maioria das salas da Universidade Federal do Maranhão (UFMA) são climatizadas, porém muitas vezes os ares-condicionados ficam ligados por um longo período de tempo sem necessidade. Pensando nisso o presente trabalho apresenta uma proposta de solução baseada em IoT para a universidade em questão, custo acessível e de fácil implantação, com o intuito de reduzir o consumo energético do ambiente ligando ou desligando os aparelhos de refrigeração de acordo com a presença de indivíduos no ambiente.*

1. INTRODUÇÃO

A Internet das Coisas (IoT) tornou possível a conexão de diferentes objetos na internet, de forma que estes troquem informações entre si de forma automática para alcançar um objetivo comum [Egidio and Ukei 2015]. Dentre os muitos objetivos que podem ser atingidos pelo IoT pode-se destacar o monitoramento energético e ambiental do local onde o sistema está instalado e a partir deste monitoramento fornecer dados e criar mecanismos para redução no consumo de recursos e energia do ambiente monitorado, obtendo assim um ganho de eficiência energética [Sônego et al. 2017]. Para que a humanidade se desenvolva de forma sustentável, seja no sentido econômico ou tecnológico, é necessário criar procedimentos e adotar práticas que forneçam um abastecimento adequado e confiável de energia [Goldemberg 1998]. Como consequência do estilo de vida do século XXI e o aumento da produção, existe uma necessidade de minimizar o impacto direto e indireto ao meio ambiente, provendo o uso consciente dos recursos naturais, sendo este, um dos desafios atuais da humanidade [Jacobi et al. 2011].

Estima-se que 25% da emissão de gases do efeito estufa vem da produção de eletricidade [Rocha et al. 2019]. O consumo de energia consumida por prédios colabora em 27% de forma direta e 22% forma indireta na emissão desses gases além de consumir 34% e 28% da energia elétrica no mundo, respectivamente [Council 2016]. Já no Brasil as áreas que se destacam em consumo de energia são os setores residencial, industrial e comercial, somando juntos uma participação de 84% no consumo de energia no país só no ano de 2015 [MME 2016].

Os equipamentos mais comuns que colaboram para o desperdício de energia são as lâmpadas e aparelhos climatizadores. Estima-se que os climatizadores são responsáveis por quase metade dos gastos com energia em prédios públicos além da iluminação, que consome cerca de 25% do total [Nunes 2010]. Para reduzir o desperdício de energia elétrica consumida e alcançar uma eficiência energética nessas situações são adotados sistemas que façam o gerenciamento energético dos dispositivos que consomem altos níveis de energia [Del Rio et al. 2018]. Esses sistemas costumam levar em conta temperatura, umidade e presença de pessoas para ligar ou desligar climatizadores e/ou lâmpadas. Com isto, é possível manter o controle energético, favorecendo a eficiência energética. Atualmente, já são encontrados no mercado aparelhos que permitem o controle de condicionadores de ar de forma remota, porém, o presente artigo propõe um sistema realiza a automação total do equipamento de acordo com variáveis do ambiente, sem interferência humana. Por ser uma alternativa de baixo custo, o trabalho torna-se bastante viável, pois além de ser um sistema de fácil implementação, o retorno financeiro que a instituição pode conseguir ao utilizá-lo é bastante superior ao custo de aquisição e implementação do equipamento. Logo, o processo de eficiência energética está condicionado à integração de novas tecnologias, como por exemplo, as Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), sendo o IoT ideal por permitir um monitoramento e controle constante dos equipamentos que utilizam este tipo de tecnologia. Assim, este artigo propõe uma solução de baseada em IoT e baixo custo aplicada à eficiência energética.

O trabalho está dividido nas sessões de Objetivos, materiais e métodos, resultados e discussão e por ultimo conclusão.

2. OBJETIVOS

Atualmente, nos grandes centros urbanos, há uma crescente preocupação em fornecer serviços públicos de qualidade para que as cidades se desenvolvam de forma econômica, social e ambiental de forma sustentável. No programa Cidades Sustentáveis, um dos objetivos inseridos na plataforma é o de evitar desperdícios de energia, melhorar a eficiência energética e incentivar a auto-suficiência [Sustentáveis et al. 2013]. Em consonância com estes conceitos, este trabalho apresenta uma solução de baixo custo baseado em IoT para automatizar o funcionamento de equipamentos de ar-condicionados nas salas de aula da UFMA. Assim, os objetivos deste trabalho são:

1. Construir um dispositivo que ligue e desligue um aparelho de ar-condicionado de acordo com a presença ou não de pessoas no ambiente;
2. Analisar a redução de consumo observada em um período de tempo pré determinado e estimar a redução do custo operacional caso o sistema fosse aplicado no prédio todo;
3. Verificar a viabilidade do trabalho em termos de custo de implantação, em

comparação à redução de custo operacional.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O sistema proposto consiste em duas partes principais. A primeira é a *hardware* que fará o controle do ar-condicionado, clonagem dos seus respectivos controles e captação de movimento. A segunda é o banco de dados que armazenará data, hora e a nova situação quando houver mudança de estado. O desligamento do climatizador só ocorrerá quando o sensor não detectar movimento no ambiente por um determinado período de tempo, a fim de evitar que o sensor capte um curto momento sem movimento, fazendo assim o equipamento ligar e desligar desnecessariamente. Para se alcançar os objetivos já destacados, foi projetado um dispositivo com o uso de uma placa NodeMCU, além de resistores e sensores de movimento PIR, um receptor infravermelho IRM-3638 e um LED IR. O sensor PIR faz verificação de movimento, o receptor IRM-3638 faz a clonagem do controle do ar-condicionado e o LED IR emite o sinal infravermelho que irá ligar e desligar o ar-condicionado quando necessário. Quando ocorre uma mudança de estado no ambiente, é enviado uma atualização com a nova situação para um servidor de banco de dados através da placa NodeMCU.

3.1. Hardware

Foi necessário utilizar hardware para o desenvolvimento do trabalho, pois o firmware desenvolvido para o mesmo seria responsável para comunicação com o aparelho de ar-condicionado. Segue itens utilizados para construção do mesmo.

3.1.1. Placa de prototipagem

A plataforma usada foi a placa de desenvolvimento NodeMCU, a mesma é *Open Source*, originalmente programada em Lua, entretanto, existem bibliotecas para Arduino, na qual pode-se programar nas linguagens C/C++ na (IDE) do Arduino. A placa foi lançada no ano de 2014, logo após o lançamento do módulo ESP8266, que permite a comunicação por Wifi. A placa NodeMCU possui um ESP8266 embutido. Complementarmente, destaca-se seu baixo custo, em média U\$ 2 por unidade. O hardware desenvolvido é composto por 4 partes principais: placa microcontroladora NodeMCU, Sensor de Movimento, Receptor Infravermelho IR, e LED Emissor Infravermelho IR. Um programa na placa microcontroladora é responsável por captar se existe movimento ou não em determinado ambiente e caso esse ambiente passe um certo tempo sem movimento o ar-condicionado é desligado automaticamente. Caso contrário, ele permanecerá ligado e o novo estado é enviado para o banco de dados pelo método POST usando o protocolo HTTP.

3.1.2. Sensor de Movimento

Esse sensor foi usado para detectar o movimento do ambiente e a partir dessas informações poderá desligar ou ligar o ar-condicionado.



Figura 1. Sensor de Movimento PIR DYP-ME003.

3.1.3. Receptor Infravermelho IR

Receptor Infravermelho IR TSOP4838 é utilizado em trabalhos eletrônicos como controle de motores, luminosidade, alarmes e circuitos em geral. É facilmente integrável com circuitos utilizando Arduino, PIC ou Raspberry Pi, sendo amplamente utilizado em trabalhos que possuem relação com luminosidade. Especificações: Receptor IR TSOP4838; Alimentação: 2.7 à 5.5V DC; Frequência de operação: 38KHz; angulo de detecção: 45°; Temperatura de operação: -25 à 85°C; Dimensões: 30 x 5 mm.

O mesmo foi usado para captar a onda infravermelha emitida pelo controle do ar-condicionado referente ao comando de ligar e desligar, o seu uso é feito para a configuração do protótipo antes do seu uso.

3.1.4. LED Emissor Infravermelho IR

LED Emissor Infravermelho IR 5mm pode ser utilizado em circuitos eletrônicos para controle de alarmes, relés, automação residencial e outros trabalhos que necessitem de controle via sinal infravermelho. Pode ser programado para enviar sinais codificados em conjunto com microcontroladores como Arduino, PIC, AVR, ARM e Raspberry Pi, entre outros, formando uma ótima opção para controle remoto de dispositivos. Especificações: Emissor IR 940nm: Tensão de operação: 1.2V à 1.4V; Diâmetro: 5mm; Comprimento de onda: 940nm; Número de terminais: 2.O LED, foi usado para emitir sinal referente ao comando de desligar ou ligar o ar condicionado previamente cadastrado. O LED é responsável pelo acionamento do climatizador.

A tabela 1 apresenta os materiais utilizados, bem como seus respectivos preços na data deste trabalho.

| Descrição | Modelo | Preço (Real) |
|------------------------------|---------------|--------------|
| NodeMCU ESP8266 | V2 | R\$ 34,90 |
| Sensor de Movimento | PIR DYP-ME003 | R\$ 5,50 |
| Receptor Infravermelho IR | IR TSOP4838 | R\$ 3,39. |
| LED Emissor Infravermelho IR | IR 5mm | R\$ 1,40. |
| Total | | R\$ 45,19. |

Tabela 1

3.2. IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA

Para facilitar o desenvolvimento do trabalho, este foi dividido em duas finalidades. Primeiro foi necessário clonar o sinal emitido pelo controle do ar-condicionado referente a ligar/desligar. Para isto, foi montado um circuito usando o sensor Receptor Infravermelho IR e o nodeMCU, como mostra a Figura 2, no qual pode-se coletar o sinal emitido pelo controle. Nessa parte foi usado um exemplo que acompanha a biblioteca para arduino IR-remoteESP8266, em que é possível capturar o sinal emitido pelo controle remoto quando é pressionado um botão. O sinal de ligar e desligar foi capturado.

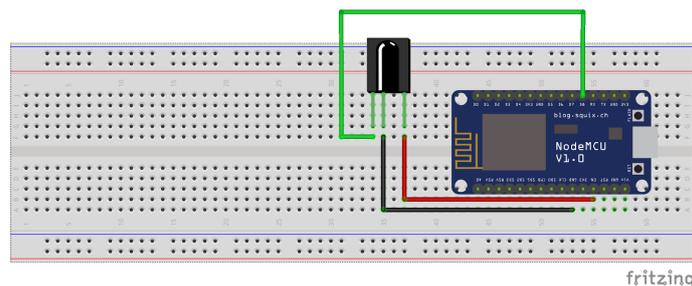


Figura 2. Circuito usando o sensor Receptor Infravermelho IR e o nodeMCU

Após obter tais códigos, os mesmos são salvos no programa que ficará responsável por emitir esse sinal quando necessário. Para isso foi montado um outro circuito usando um LED Emissor Infravermelho IR e o sensor PIR como mostra a Figura 3.

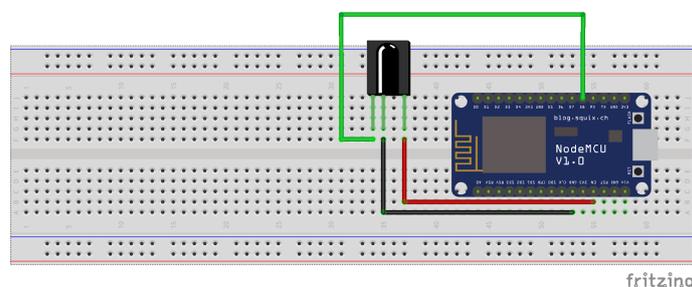


Figura 3. Circuito usando um LED Emissor Infravermelho IR e o sensor PIR

Nessa parte quando o sensor PIR passar um determinado tempo sem movimento o LED emissor IR emitirá sinal referente ao comando para ligar ou desligar, a lógica pode ser visualizada pelo Fluxogramas de Chapin na Figura 4.

Para se ter um maior controle no momento que houver uma mudança de estado para ligado ou desligado e enviado uma atualização com a nova situação para o banco de dados MySQL, no qual posteriormente os dados poderão ser atualizados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da figura 5 é possível ver o circuito montado que ficou responsável pela clonagem no controle dos aparelhos de ar-condicionado, o qual contém um nodeMCU, um sensor Receptor Infravermelho IR e *jumpers*. Os mesmos foram montado em uma *protoboard* para organização.

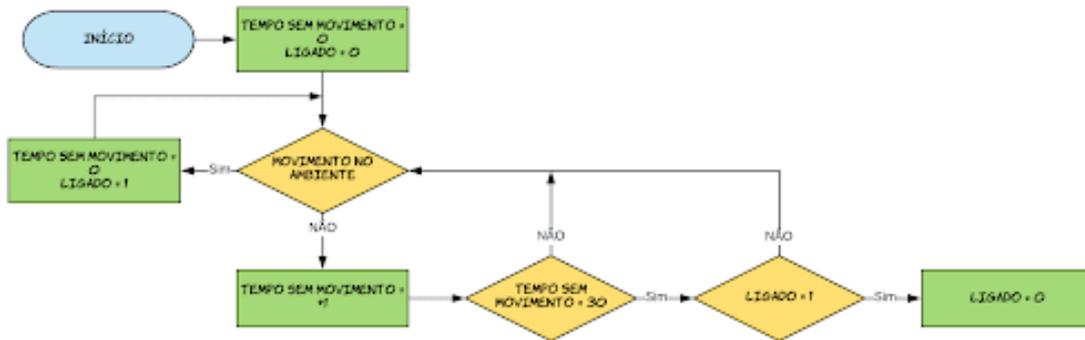


Figura 4. Fluxogramas de Chapin

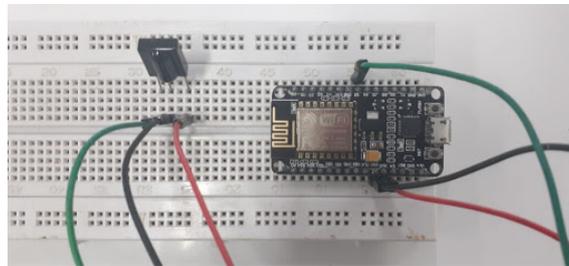


Figura 5. Circuito usando para clonar o controle do ar-condicionado

No processo de clonagem, o controle do ar condicionado era pressionado o botão cujo o comando deseja-se colocar em direção ao sensor Receptor IR. Retornando assim na porta serial os valores correspondente ao comando enviado pelo controle. Esse valores são guardados para se usado no outro circuito.

Na Figura 6 mostra o circuito montado que ficou responsável por enviar os comando para o ar-condicionado e captar a leitura de movimento do ambiente, o qual contém um nodeMCU, um Sensor de Movimento, Emissor Infravermelho IR, *jumpers*. Os mesmos foram montado em uma *protoboard* para organização. Vale ressaltar que foi usado um transistor para aumentar o alcance do sinal emitido pelo LED IR.



Figura 6. Circuito usando captar movimento do ambiente e controlar o ar-condicionado

A escolha do local em que o protótipo iria ficar é essencial para se realizar os teste, pois deve ser um local próximo do ar-condicionado o suficiente e que o infravermelho possa alcançar, no nosso caso por volta de 1,5 metro e posicionado num lugar estratégico para que o sensor de movimento cubra maior parte possível da ambiente em questão, no

nosso caso ficou próximo ao canto da sala . A sala escolhida foi uma semelhante a uma sala de aula da UFMA para ser próxima o máximo possível da situação real.

As leituras realizadas pelo dispositivo e os testes de implementação mostraram a viabilidade do sistema, uma vez que o mesmo funcionou corretamente, ligando e desligando o aparelho de ar-condicionado e realizando as leituras conforme descrito.

Durante 1 semana foram observadas 60 salas de aula na Universidade Federal do Maranhão em horários que não acontecem aulas. Os horários observados foram: 07:30, 13:00 e 22:30. Em média, pelo menos 10 aparelhos encontravam-se em funcionamento nos períodos observados, o que mostra que em média, 10 entre 60 aparelhos de ar-condicionados permanecem ligados 24 horas por dia, de segunda-feira até sexta-feira.

Analisando o tempo que o ar-condicionado permaneceu ligado após a implementação do sistema e comparando com os dados obtidos anteriormente em um aparelho ligado constantemente, pode-se verificar que o dispositivo permitiu uma redução significativa no tempo de uso do aparelho de ar-condicionado próxima de 11 horas e 30 minutos.

Tal comparação indica que além do sistema ser viável, o mesmo também cumpre o objetivo de ser energeticamente eficiente, uma vez que obtivemos uma redução em torno de 12% no tempo médio de uso dos equipamentos. Durante o processo de montagem do equipamento, verificamos que os sensores utilizados no protótipo conseguem captar o sinal no ambiente até um certo limite. Para realizar leituras mais precisas, faz-se necessária a utilização de dispositivos mais sensíveis e de maior alcance, o que permitiria implantar o equipamento em ambientes maiores.

Outro ponto observado é que o processo de clonagem do controle remoto tem que ser feito para cada aparelho individualmente. Pensando em uma implementação em larga escala, o processo de clonagem torna-se exaustivo, uma vez que deve ser realizado para cada equipamento.

A área que o sensor PIR não cobriu a sala toda, pois o sensor opera em um raio de 3 metros e isso não é suficiente para salas maiores de 6 metros de comprimento e 3 metro de largura. Portanto acaba restando alguns ponto cegos.

4.1. CONCLUSÃO

Nos últimos anos, a tecnologia vem avançando cada vez mais para o uso de equipamentos e sistemas inteligentes e a IoT vem ganhando espaço no dia-a-dia das pessoas. Desde o ano 2008, a quantidade de objetos conectados à internet é superior a quantidade de pessoas no planeta. Estima-se que atualmente haja mais de seis objetos por pessoa conectados no mundo [Lemos 2012].

Atualmente, o custo de aquisição e implementação das tecnologias que utilizam IoT ainda é alto se comparado aos equipamentos que ainda não possuem esta inovação.

Com a redução do custo de sensores e novas formas de utilização de IoT, podemos observar que o conceito de prédios inteligentes está alinhado com conceitos de sustentabilidade e eficiência energéticas. Com o aumento da pesquisa e desenvolvimento de novos dispositivos inteligentes, será possível reduzir ainda mais o consumo de recursos, sem que isso represente uma redução da qualidade de vida dos indivíduos.

Neste artigo foi abordado apenas um dos dispositivos que podem ser monitorados e otimizados em prédios utilizando os conceitos de IoT e edifícios inteligentes. Em trabalhos futuros, é possível ampliar a pesquisa englobando também outros dispositivos elétricos como lâmpadas e computadores.

Referências

- Council, W. E. (2016). World energy resources 2016. *World Energy Council, London, UK*.
- Del Rio, L. S., Silva, J. O. B., de Azevedo, M. d. S., Pereira, É. P., Fischer, I. A., and Medina, R. D. (2018). Proposta de ambientes inteligentes iot sob a ótica da eficiência energética. *Anais do Encontro Anual de Tecnologia da Informação*, pages 86–93.
- Egidio, L. and Ukei, T. (2015). Internet das coisas (iot): Uma análise de aplicabilidade.
- Goldemberg, J. (1998). Energia e desenvolvimento. *Estudos Avançados*, 12(33):7–15.
- Jacobi, P. R., Raufflet, E., and Arruda, M. P. d. (2011). Educação para a sustentabilidade nos cursos de administração: reflexão sobre paradigmas e práticas. *RAM. Revista de Administração Mackenzie*, 12(3):21–50.
- Lemos, A. (2012). A comunicação das coisas. internet das coisas e teoria ator-rede. *SIM-SOCIAL: CYBER-ARTE-CULTURA*, 2.
- MME, M. d. M. e. E. (2016).
- Nunes, A. L. R. (2010). Eficiência energética em prédios públicos.
- Rocha, F., Santos, L., Neto, J. G., Fernandes, A., Batista, T., and Cavalcante, E. (2019). Um sistema de gerenciamento e automação de climatização para eficiência energética. In *Anais do XLVI Seminário Integrado de Software e Hardware*, pages 81–92, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Sustentáveis, P. C. et al. (2013). Programa cidades sustentáveis.
- Sônego, A., Marcelino, R., and Gruber, V. (2017). A internet das coisas aplicada ao conceito de eficiência energética: uma análise quantitativo-qualitativa do estado da arte da literatura. *AtoZ: novas práticas em informação e conhecimento*, 5:80.