

# Sistema de Automação para o controle do consumo de energia dos ar condicionados da UESPI, utilizando placa de prototipação NodeMCU

José Maria Alves de Araújo Junior<sup>1</sup>, Átila Ribeiro Lopes<sup>2</sup>,

<sup>1</sup>Ciência da Computação – Universidade Estadual do Piauí (UESPI)  
Caixa Postal 64.215-130 – Parnaíba – PI – Brasil

<sup>2</sup>Ciência da Computação – Universidade Estadual do Piauí (UESPI)  
juniorcobraphb2017@outlook.com, atilarlopes@gmail.com

**Resumo.** Constatou-se um problema de desperdício de energia nos AC (ar condicionado) das salas de aula da UESPI, no Campus de Parnaíba. Este problema, afeta diretamente no aumento da conta energética e diminui a vida útil dos aparelhos. O trabalho tem como objetivo, propor um sistema automático para o controle do consumo de energia elétrica destes aparelhos, utilizando placa NodeMCU, e alguns componentes. Coletou-se as horas de funcionamento de um AC com e sem o protótipo, ambos de mesma configuração, instalados na mesma sala de aula, por 30 dias. Foi calculado o consumo individual dos AC pelas horas em que permaneceram ligados. Os resultados apresentaram uma economia significativa de 41,33 reais no consumo de energia do aparelho testado.

**Abstract.** It was found a problem of energy waste in the AC (air conditioning) of UESPI classrooms, in the Parnaíba Campus. This problem directly affects the increase in the energy bill and shortens the life of the devices. The objective of this work is to propose an automatic system to control the electric power consumption of these devices, using NodeMCU board, and some components. The hours of operation of a CA with and without the prototype, both of the same configuration, installed in the same classroom for 30 days were collected. Individual AC consumption was calculated for the hours they remained on. The results showed a significant savings of 41.33 reais in the energy consumption of the device tested.

## 1. Introdução

Atualmente, a Universidade Estadual do Piauí, Campus Alexandre Alves de Oliveira (UESPI/Parnaíba), possui 83 AC, distribuídos em 46 salas de aula, e juntos, são grandes consumidores da energia elétrica do campus.

Os aparelhos de cada sala de aula são ligados e desligados manualmente pelos funcionários responsáveis, todos os dias do período letivo. Além de ser uma tarefa cansativa, percorrer todas as salas, ainda tem o impedimento relacionado à quantidade de controles remotos que devem levar consigo.

O maior problema em relação ao consumo de energia elétrica do campus, é o desperdício energético ocasionado pelo uso desnecessário dos AC das salas de aula, que

ficam ligados o dia todo, das 08h às 22h, mesmo que as salas estejam vazias. Este problema tem impacto direto no aumento da conta de energia da universidade e acelera ainda mais os desgastes dos AC, podendo gerar despesas extras de manutenção.

Esses problemas podem ser minimizados através da implantação de um sistema de automação e controle de AC nas salas de aula. Conforme Pinheiro (2004), sistemas de automação são aqueles com capacidade de obter dados para executar comandos, regular parâmetros e controlar tarefas, automaticamente, utilizando os recursos de forma eficiente e otimizada.

Há os sistemas em malha aberta ou fechada, em Carlos (2011), ambos tratam de executar alguma tarefa, porém somente os circuitos de malha fechada, apresentam um *feedback* (retroalimentação, ou, retorno do processo), e isso representa uma constante avaliação do ambiente por meio de sensores, tornando o controle mais preciso. De acordo com Alessandra (2007), é indicado utilizar sistemas de malha fechada em casos de automação onde seja necessário um controle constante sob alguma atividade específica, por serem mais robustos e dinâmicos do que sistemas em malha aberta, que não possuem verificação do ambiente para executar suas funções. O principal problema dessa solução, são os custos elevados para implantar sistemas de automação [Mozer, 2005].

Por outro lado, um sistema de automação desenvolvido com dispositivos de hardware controlador, a exemplo da placa de prototipagem NodeMCU, pode ser tão eficiente e, significativamente, mais barato, comparado aos sistemas similares no mercado.

A NodeMCU é um microcontrolador bastante utilizado em projetos de automação. Conforme Oliveira (2017), a empresa *Espressif Systems* foi a criadora do ESP8266 (NodeMCU). Neste, está embutido um sistema de comunicação *WiFi* próprio, que é o que lhe diferencia dos demais.

Diante desta situação, o objetivo deste trabalho é propor um sistema automático para o controle do desperdício de energia nas salas de aula da UESPI (Parnaíba), ocasionado pelo funcionamento desnecessário dos aparelhos de AC em alguns horários.

A proposta do sistema é ligar e desligar, automaticamente, os aparelhos quando as salas estiverem ocupadas ou desocupadas, respectivamente. Para realizar essas funções, foi utilizado Sensor PIR (Piroelétrico), para monitorar a presença de pessoas dentro da sala e enviado o comando para a placa controladora, responsável por executar a tarefa. A placa NodeMCU, registrou o tempo total de funcionamento dos aparelhos, no cartão de memória. Essas informações foram coletadas durante os testes finais e usadas para comprovar a validade do sistema proposto.

O artigo está estruturado da seguinte forma. Nesta Seção 1 foi feita a contextualização e apresentação da proposta deste trabalho. A Seção 2 trata da fundamentação teórica, onde foram abordados os seguintes temas: Ar condicionado; Sistemas de automação e controle; Automação residencial e industrial; NodeMCU. Em seguida, a Seção 3 descreve sobre o processo de desenvolvimento do sistema, abordando as etapas e materiais utilizados neste processo. A Seção 4 apresenta o teste de validação. Na Seção 5 se discute os resultados obtidos. Por fim, na Seção 6 são dadas as considerações finais e propostas para os trabalhos futuros.

## **2. Fundamentação teórica**

### **2.1 Ar condicionado**

Ar condicionado é um tipo de aparelho que serve para resfriar ambientes fechados, à fim de proporcionar maior comodidade para os usuários nos dias de temperaturas elevadas. Seu uso está cada vez mais presente no dia-a-dia, devido à necessidade, como, também, por ter se tornado um aparelho mais acessível para a sociedade.

Os autores em (Marangoni et al, 2015), descrevem o funcionamento do ar condicionado, comparado ao de uma geladeira. Quando a geladeira aciona o motor, é possível ouvir o som emitido pela mesma, é um momento em que o refrigerador está com o motor funcionando para o resfriamento dos alimentos. Acontece o mesmo com ar condicionado, uma vez ligado, a compressora deste é ativada somente depois que o próprio aparelho detecta que a temperatura está inferior a programada, e logo após obter este equilíbrio térmico, a compressora é desativada novamente.

Durante o verão por exemplo, o compressor da geladeira e dos aparelhos de ar condicionado, possuem um funcionamento mais frequente nestes períodos, devido as altas temperaturas. O compressor é responsável pelo sistema de redução da temperatura, e sua ação, está diretamente ligada com as interferências das temperaturas externas.

O grande problema desses aparelhos, é o consumo elevado de energia necessário para seu funcionamento. A utilização da compressora demanda muita energia para que possa ser acionada e proporcionar o resfriamento desejado. Sempre que acionada, ocorre picos elevados de energia para sua alimentação.

### **2.2 Sistemas de Automação e Controle**

A automação é muito importante para gerar praticidade, conforto e economia em atividades onde sua aplicação seja necessária. Seu objetivo é otimizar processos para executar tarefas sem a interferência humana.

Conforme Pinheiro (2004), se diz que o conceito de sistemas de automação é a capacidade de executar comandos, a obtenção de dados, a regulagem de parâmetros, e controle de tarefas automaticamente. Existe, também, a integração, de maneira que todos os dispositivos integrados ao sistema otimizado atuem de forma inteligente, seja tanto, individualmente, quanto em conjunto com os demais associados, com maior eficiência e aproveitamento dos recursos.

De acordo com Cabral e Campos (2008), a automação está sendo vista por todos como um marco de status e modernidade, além da mesma proporcionar uma boa acessibilidade, segurança, conforto e eficiência. Devido a esses fatores, Muratori e Bo (2011), relatam que hoje a automação vem sendo cada vez mais integrada aos projetos imobiliários, nos quais vem crescendo na comercialização de uma forma rápida, como também, na área de pesquisa, a fim de melhorar e otimizar produtos futuros utilizando seus conceitos.

Em relação aos custos de automação, Mozer (2005) afirma que: a automação residencial, mesmo proporcionando muitos benefícios para seus usuários, possui seu custo de implantação muito elevado, e um dos motivos desse alto custo é a necessidade de *hardwares* específicos para o controle residencial.

Existem opções de microcontroladores de alto custo, porém é possível a utilização de hardwares controladores de menor custo, com a mesma eficácia para um projeto igualitário ao proposto por exemplo, desde que se possuam recursos e dispositivos adequados para se obter eficiência. Uma das opções de placas de prototipagem com baixo custo é a placa NodeMCU, na qual será utilizada neste trabalho à fim de atender as necessidades circunstanciais da localidade.

### **2.2.1 Automação residencial e industrial**

Está cada vez mais comum se deparar com algum tipo de sistema automático, como de monitoramento por câmera, alarmes acionados por sensores, luzes que ligam através de palmas, entre outros exemplos que estão tomando conta do mercado, com o aumento a busca por esses meios de auxílio computacional.

Conforme Ferreira (2010), a evolução dos processos automatizados na indústria trouxe padrões, uniformidade e flexibilização nos meios de produção. Com o intuito de melhorar a qualidade de vida das pessoas, a automação vem se estendendo do ambiente industrial para o ambiente residencial.

Em meados dos anos 1970, Pinheiro (2004), expôs que a utilização de computadores nas indústrias passou a ser indispensável, substituindo algumas atividades humanas com maior precisão e diminuindo os riscos devido as falhas na mão de obra humana, notada essa otimização de atividades, criou-se a ideia de automação. Automação é entendida como a capacidade de executar comandos, obter medidas, regular parâmetros e controlar funções automaticamente, sem o auxílio humano.

Alves (2003), afirma que com o grande crescimento tecnológico, visando nesta área atender a um público mais sofisticado, os sistemas automatizados foram implantados às residências, criando um novo conceito, chamado de Domótica. A Domótica significa em outras palavras, casa robotizada, que se possui controle automatizado de algo, ou seja, são as chamadas casas inteligentes, onde possuem controle de forma automática das residências em vários aspectos.

Para a construção de sistemas automáticos, é bastante importante citar os microcontroladores, que são peças extremamente importantes para este processo. Segundo Siqueira e Villas Boas (2011), microcontroladores são dispositivos que possuem circuito integrado, onde neles, há uma memória programável. Por meio de programação em uma linguagem compatível, é possível controlar um hardware para desencadear funções específicas de uma forma flexível, simples, e bastante eficiente. Possuem também, a capacidade de interação com outros dispositivos integrados ao sistema, como sensores, relés e outros dispositivos de entrada/saída.

### **2.3 NodeMCU**

Uma das opções utilizadas para projetos de *IoT* (Internet das coisas), é a plataforma de código aberto (*Open Source*) da família ESP8266, chamada NodeMCU. Conforme Oliveira (2016), esta placa foi criada em 2014 e apresenta algumas características relevantes. Possui conversor *USB* serial integrado, o que difere dos outros da mesma família. Compõe um chip controlador (ESP8266 ESP12-E), um micro *USB* que serve tanto para repassar o código da programação quanto para alimentação, e já possui *WiFi* embutido.

Uma característica bastante diferenciada e versátil, é a possibilidade de gravar o código na plataforma por meio de uma rede *WiFi*. O código é enviado para a NodeMCU através da função chamada OTA (*Over The Air*).



**Figura 1 – NodeMCU.**

A NodeMCU (Figura 1) vem sendo cada vez mais utilizada no meio dos projetos que envolvem *IoT*, devido ao seu baixo custo, com tamanho reduzido, funções já embutidas, e um baixo consumo de energia. É uma alternativa para quem busca projetos onde necessitem de uma comunicação via internet, e o gasto será inferior quando comparado a um Arduino.

## **2.4 Sensor PIR**

O sensor PIR (Piroelétrico), é utilizado para detectar movimento em ambientes, e sua capacidade de detecção, de acordo com a fabricante, é de até 7 metros de distância. Podemos observar na Figura 2, uma visão frontal do dispositivo.



**Figura 2 – Sensor PIR.**

O sensor PIR, teve como função, monitorar a presença de pessoas na sala de aula. De acordo com Madeira (2017), o corpo humano emite energia térmica na forma de radiação infravermelha, e o sensor PIR possui a capacidade de detectar a emissão destes raios, através do sensor piroelétrico contido por baixo do domo branco.

### 3. Desenvolvimento da proposta

#### 3.1 Descrição do projeto

Neste trabalho, foi proposto um sistema de controle automático dos AC das salas da UESPI, denominado “LARA” (Laboratório Aplicado a Robótica e Automação). O sistema tem como objetivo controlar o consumo desnecessário de energia relacionado aos aparelhos de ar condicionado da universidade, como, também, a utilização automática de suas funções primordiais, nas quais são: ligar e desligar. Não se consta nenhum tipo de sistema de controle dos AC no campus, para que se possa verificar se há alguma sala de aula vazia onde o aparelho esteja em funcionamento.

O protótipo criado tem como função, ligar o aparelho de ar condicionado ao detectar presença de pessoas no ambiente, e desligá-lo quando não houver pessoas na sala, porém, com algumas especificações implementadas no algoritmo, de acordo com os parâmetros impostos ao programa. A proposta do protótipo, é que após sua aprovação do teste realizado em uma sala de aula e, apresentando resultados consideráveis, sua utilização seja possível em todas as salas da universidade.

#### 3.2 Materiais utilizados

O sistema foi construído com os seguintes equipamentos:

**Tabela 1 – Materiais utilizados para construção do protótipo**

Componente	Especificações	Qtd.	Custo (R\$)
NodeMCU	Amica (V2)	1	45,00
Relé	SLA-05VDC	1	30,00
Sensor PIR	HC-SR501	1	17,00
Módulo SD	Micro SD	1	12,00
Cabo UTP	CAT 5 (Fast Ethernet)	1	3,00
Conector fêmea de fonte P4	Com Borne	1	4,50
Conector fêmea de RJ45	Oletech	1	0,60
Conector macho de RJ45	Oletech	1	0,40
Protoboard	400 furos	1	15,00
Cabos Jumper	M/M e M/F	20	10,00
Fonte 5V	Unitel	1	18,00
Caixa de luz	Fame	1	10,00
<b>Total</b>			<b>165,50</b>

### 3.3 Montagem do protótipo

Os dispositivos de hardware utilizados foram: Placa NodeMCU v2 da AMICA, Relé de 30A com optoacoplador em seu circuito (sistema para evitar queimas, superaquecimento), Sensor de presença PIR, Módulo Micro SD, Cartão de memória SD. Fonte de alimentação de 5V – 1A.

Na montagem do protótipo, foi utilizado cola quente, para fixar os componentes na caixa de luz e os fios, à fim de evitar possíveis folgas, que poderiam gerar problemas de mau contato. Fio UTP (Cabo de internet), utilizado para ser o caminho de comunicação entre Sensor e NodeMCU, sua escolha deu-se por conta de que a perda de sinal desse tipo de cabo, é observada somente depois de 100 metros de extensão. Fios jumpers, que são muito comuns em prototipação, além de serem pequenos e flexíveis. Um conector fêmea e macho RJ45, para ligar e tornar removível a conexão entre Sensor e NodeMCU. Foi utilizado um Conector fêmea de fonte P4, para ligar com praticidade a fonte de alimentação do protótipo, sem precisar remover algum componente da mesma para efetuar essa função. E uma Protoboard de 400 furos, que serviu para trilhar as conexões entre os dispositivos.

De acordo com as informações coletadas, as funções de liga/desliga do AC, são executadas pela NodeMCU, que repassa o comando para o Relé, onde o mesmo tem a autorização para acionar ou não o aparelho de ar condicionado. Alguns parâmetros foram levantados para tratar estas ações (detalhes no tópico 3.4).



**Figura 3 – Protótipo.**

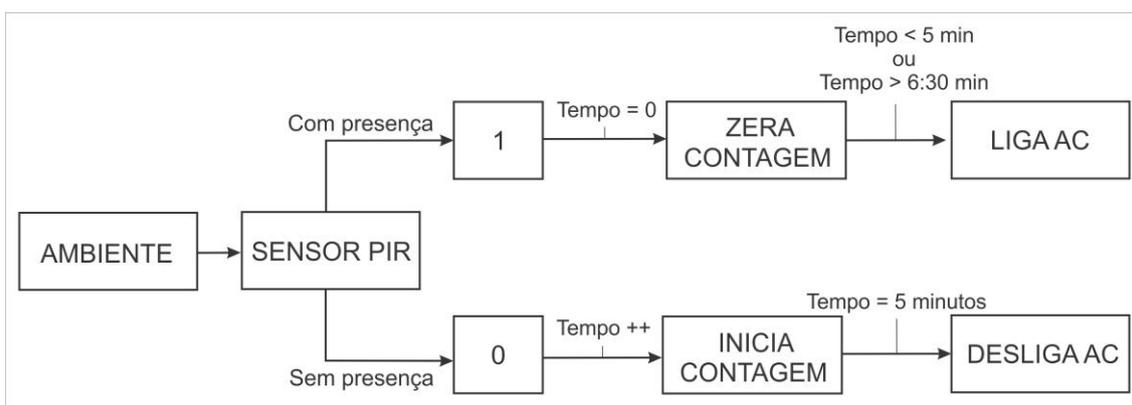
No protótipo criado (Figura 3), há a conexão RJ45 fêmea para encaixe do cabo conectado no sensor PIR (Adaptação); Possui o Relé, onde sua função é abrir ou fechar o circuito de passagem de energia para o AC (Fase geral + Fase do AC); Também, tem-se o módulo micro SD, que tem como função armazenar os dados coletados no Cartão de memória; A NodeMCU que tem como função controlar todo o sistema; O conector de fonte P4, que é o local onde a fonte é conectada para alimentação de todo o protótipo (Fonte 5V / 1A).

### 3.4 Implementação do código

No programa, foi parametrizado um contador de 5 minutos para o desligamento do AC. A escolha deste tempo se deu por conta de que após alguns testes funcionais na própria UESPI, averiguou-se que um tempo menor era inviável, pois havia conflito do sistema com os usuários da sala, o desligamento do ar condicionado foi frequente mesmo com pessoas dentro da mesma.

Após o sensor captar presença na sala de aula, o comando para ligar o ar condicionado é efetivado. Em seguida, se não obtiver presença, é iniciado um contador de 5 minutos para o desligamento do AC. Este parâmetro foi imposto pelos seguintes aspectos: (i) Se não houver captação de presença do início ao fim da contagem, o protótipo desligará o AC; (ii) Se antes de encerrar a contagem, obtiver registro de presença, o AC permanecerá ligado e o contador é zerado; (iii) O retorno da contagem, iniciará somente se não existir presença novamente.

Também, há o contador de 1 minuto e 30 segundos para descanso do AC, para evitar que ocorra o ligamento imediato ao detectar-se presença novamente pelo sensor PIR. Isto foi parametrizado pelo seguinte motivo: Se o AC desligar e ligar sem um espaço de tempo para descanso, há uma possibilidade de gerar um curto em suas peças, danificando todo o sistema de refrigeração, comprometendo seu uso.



**Figura 4 – Condições do Código.**

Podemos observar (Figura 4), que o programa não permite que o sensor infrinja no sistema, por 1 minuto e 30 segundos após o desligamento do AC (Período de descanso do aparelho), ou seja, depois que a contagem de 5 minutos foi finalizada por completo, desligando, assim, o aparelho, mesmo que o sensor capte presença neste intervalo, a NodeMCU não mandará nenhum comando ao Relé, somente informará na página web que o sensor está detectando presença. Após a contagem do intervalo de descanso for finalizada, o sensor voltará a ter o direito de infringir no sistema caso capte presença na sala de aula.



**Figura 5 – Página WEB**

Na página web criada (Figura 5), temos como acompanhar se há ou não presença na sala de aula, como também a possibilidade de executar os comandos de liga/desliga. A página foi criada em *HTML* (Linguagem de Marcação de Hipertexto), utilizando protocolo *HTTP* (Protocolo de Transferência de Hipertexto), a comunicação foi feita por rede local.

#### **4. Testes funcionais e avaliação do sistema**

Para validar a proposta, foram realizados testes funcionais, a fim de verificar se todas as funcionalidades do protótipo estavam executando conforme o esperado. Os testes funcionais foram feitos durante um período de 4 semanas, e os problemas identificados foram analisados, corrigidos e testados novamente, até o protótipo não apresentar mais problemas funcionais.

Em seguida, foi realizada a avaliação prática do sistema para verificar seu comportamento no cenário real de aplicação, sala de aula da UESPI, funcionando nos 3 turnos (manhã, tarde e noite), durante 1 mês do período letivo 2019.1.

O controlador foi instalado na sala C-104, de 7M<sup>2</sup>. A mesma possui um ar condicionado *Springer Midea* de 18.000 BTUs.

O sensor teve um funcionamento adequado, sem perda de sinal, mal contato ou algo que pudesse infringir nas suas funções. A captação de presença se mostrou efetiva em todo o raio de captação do dispositivo.

O relé não obteve problemas em relação a sua função, nenhum registro de mal funcionamento foi detectado. A abertura e fechamento do circuito foi feita sem quaisquer transtornos.

O Módulo Micro SD realizou a coleta dos dados, mantendo todos os registros de tempo salvos, sem perda de informação e, não foi constatado falha na leitura do cartão SD.

A NodeMCU obteve êxito em seu processamento, sem apresentar travas no sistema, ou funcionamento inadequado. Conseguiu apresentar uma interação harmônica com os dispositivos empregados a si.

O fluxo de alunos e professores neste ambiente, foi constante durante todo o período de teste, nos turnos manhã, tarde e noite, durante 30 dias. O protótipo se comportou eficientemente de acordo com os objetivos do trabalho.

Durante o período do teste prático, o protótipo registrou todos os intervalos do tempo de funcionamento do AC onde o protótipo foi instalado. Esses dados foram usados para verificar a validade da proposta, que será discutida com maiores detalhes na próxima seção.

Para validar o sistema proposto, os dados coletados na avaliação prática, foram analisados da seguinte forma: utilizamos como padrão, o ligamento do AC (Sem o protótipo) às 08h e desligamento às 22h, nos dias da semana. Aos Sábados de 08h às 12h, como é de costume na Universidade. O AC em que o protótipo foi implantado, teve cada segundo onde permaneceu ligado, armazenado em um cartão de memória (SD). Para comparar o consumo dentre um AC com o protótipo e um AC sem o mesmo, pegamos o consumo médio por hora (kW/h) baseado na mesma marca e potência, e multiplicamos pela quantidade de horas que cada um deles permaneceu ligado, e com isso, conseguimos averiguar o consumo de ambos neste mês de teste.

## 5. Resultados e discussões

Baseado na avaliação do Inmetro, o aparelho da marca "*Springer Midea*" de 18.000 BTUs, utilizado 1 hora por dia, durante 1 mês (30 dias), obtém-se o consumo de 34,1 kWh/mês. Dividindo este valor de consumo total pelos 30 dias, obtemos 1,13 kWh de consumo por dia. Os testes iniciaram dia 15 de maio à 15 de junho, e como não há funcionamento aos Domingos na Universidade, é necessário retirar 4 Domingos deste mês de coleta, conseqüentemente, desconsiderar 4 dias inclusos nesta média mensal citada anteriormente.

Então, foi considerado o consumo de 26 dias dos AC, com e sem o protótipo. Destes, 22 dias funcionando 14 horas por dia (considerando os 3 turnos de segunda a sexta-feira) e 4 dias funcionando 4 horas por dia, correspondente ao turno da manhã (sábado), totalizando o consumo de 16 horas.

Na Tabela 2, será apresentado o cálculo efetuado do consumo médio para um dia da semana sem o uso do protótipo:

**Tabela 2 – Cálculo para um dia utilizando os três turnos**

<b>Horas por dia</b>	<b>Consumo/Hora</b>	<b>Consumo/Diário</b>
14	1,13 KW/h	15,82 KW

Pegamos as horas utilizadas por dia como padrão em toda a universidade e multiplicamos pelo valor do kW/h que o AC consome em 1 hora. Assim temos o valor total consumido para um dia em kW.

Na Tabela 3, é realizado o cálculo do consumo médio para os 22 dias semanais do mês de teste:

**Tabela 3 – Cálculo para 22 dias utilizando os três turnos**

Dias da semana	Consumo Diário	Consumo Total
22	15,82 KW	348,04 KW

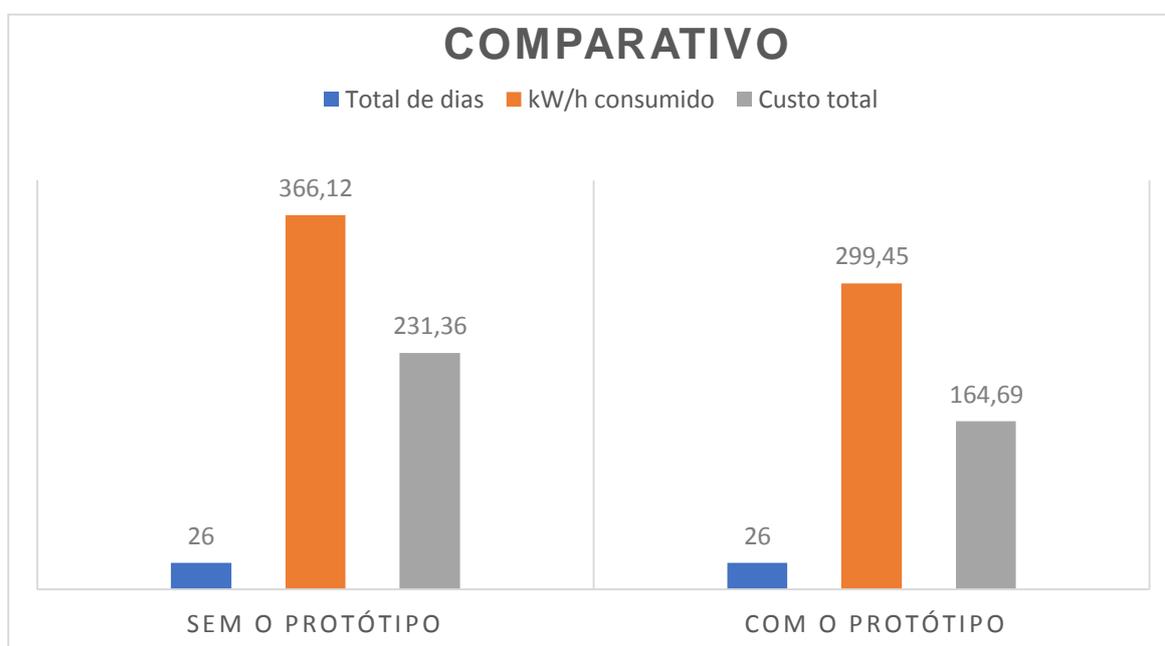
Pegou-se os 22 dias e multiplicamos pelo consumo total de kW/h para um dia, resultando assim o consumo geral para todos os dias da semana.

A Tabela 4, mostra o consumo total em relação aos sábados, considerando a quantidade de horas do turno da manhã (4 horas diárias), durante o período do experimento (4 sábados).

**Tabela 4 – Cálculo para 4 dias (Sábados) utilizando o turno da manhã**

Total de dias	Horas/Dia	Consumo/Hora	Consumo Total
4	4	1,13 KW/h	18,08 KW

Com base nos valores obtidos, foi calculado o consumo total de energia do ar condicionado que funciona sem o protótipo instalado, a partir da somatória dos valores consumidos nos 26 dias do experimento (22 dias semanais + 4 sábados), totalizando 366,12 KW/h. Observe o Gráfico na Figura 6:



**Figura 6 - Gráfico Comparativo**

Neste mesmo período o protótipo instalado no ar condicionado da sala registrou o tempo total de funcionamento igual a 955335 segundos, que equivale a 265 horas que o AC ficou ligado nos dias do experimento. Multiplicado pelo valor do consumo/hora

(1,13 KW/h), obteve-se o resultado igual a 299,45 KW consumidos pelo AC controlado pelo sistema proposto. Equação:

$$(955335 / 3600) = 265$$

$$265 * 1,13 = 299,45$$

. Diante destes resultados, houve uma redução de 66,67 KW/h no consumo de do AC controlado pelo sistema, em relação ao consumo do outro AC (do referido modelo) sem o protótipo instalado.

Conforme Cícero (2018), considerando que valor do kW/h cobrado no estado do Piauí é R\$ 0,62 centavos, e a redução do consumo foi 66,67 KW/h, constatamos que o sistema proposto (LARA) gerou uma economia de R\$ 41,33 em 1 ar condicionado. Levando em conta que a UESPI/Parnaíba possui 83 AC distribuídos nas salas de aula, isso representaria uma economia de R\$ 3.430,39 aproximadamente, se ambas apresentassem um comportamento similar.

Lembrando que, foi averiguado que não se obteve registro de horários vagos sem nenhum dos turnos, caso contrário, a economia apresentaria números ainda maiores.

## 6. Considerações finais

Este trabalho contribuiu para que pudesse haver uma economia energética e um controle sob o aparelho de ar condicionado, disponibilizando uma função automática de acordo com os parâmetros levantados. Disponibilizou a extensão da vida útil da máquina, devido ao seu uso ser aplicado somente em horas necessárias, sem desperdícios, evitando assim a troca do aparelho em um período mais reduzido por questões de desgastes.

Houve dificuldade em realizar a função de *Real Time* (Tempo real), que é a transição dos dados no mesmo instante que são alterados na página WEB. Devido ao protocolo HTTP necessitar de um envio de requisição para poder responder, ao enviar um comando manualmente pela página, os dados foram atualizados imediatamente, porém, sem uma requisição, não foi possível realizar a atualização dos dados na página, foi preciso implantar ao código um *Refresh* automático (atualização da página) a cada 2 segundos, para que os dados como o de presença e estado do aparelho, fossem mostrados em que status se encontravam no instante da atualização da página, simulando um *Real Time*.

Uma proposta de trabalho futuro, é desenvolver um protótipo que seja possível monitorar um setor inteiro, ao invés de um protótipo para cada AC, pois demandaria uma quantidade menor de controladores para resolver o problema. Infelizmente a NodeMCU não possui portas digitais suficientes para controlar vários aparelhos de AC simultaneamente. Além de que seria interessante, aplicar um controle de temperatura do AC de acordo com a quantidade de pessoas dentro da sala de aula, isso tornaria o sistema mais econômico e robusto.

É sugerido, a implantação de um protocolo mais voltado para *IoT*, devido o *HTTP* ser um protocolo pesado para dispositivos embarcados, com muitos cabeçalhos e regras. No *HTTP*, o servidor enviará alguma informação para o usuário, se for solicitada uma requisição. Com um protocolo voltado para *IoT*, o servidor pode enviar e receber

informações, assim como o cliente também pode fazer o mesmo, sem necessitar de uma requisição para que tais dados sejam atualizados, é um canal aberto de comunicação constante, onde os dados são atualizados em tempo real.

## Referências

- ALVES, J. A.; MOTA, J. *Casas Inteligentes*. Lisboa: Centro Atlântico, 2003.
- ALESSANDRA, R. C. R. C. *Projeto e Análise de Controladores a partir da Identificação em Malha Fechada: Estudo de Casos*. UFMG. Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Engenharia Elétrica. BH: 2007.
- CABRAL, M. M. A.; CAMPOS, A. L. P. S. *Sistemas de Automação Residencial de Baixo Custo: Uma Realidade Possível*. Holos, Ano 24, Vol. 3 RN:2008.
- CARLOS, A. *Sistema de controle em malha fechada*. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba: 2011.
- CÍCERO P. *Energia no Piauí é mais cara que a média nacional e que a média do Nordeste*. 03 de agosto de 2018. Disponível em: <<https://www.portalodia.com/noticias/economia/energia-no-piaui-e-mais-cara-que-a-media-nacional-e-que-a-media-do-nordeste-345975.html>> Acesso em: 18 jun. 2019.
- CUNHA, F. T. *Controle centralizado de equipamentos de ar condicionado via rede sem fio Zig Bee*. Monografia apresentada em São José - SC: 2013.
- FERREIRA, V. Z. G. *A Domótica Como Instrumento para a Melhoria da Qualidade de Vida dos portadores de Deficiência*. Dissertação (Monografia), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, João Pessoa, 2010.
- JACOB, F. *Handbook of modern sensors: physics, designs, and applications*, Springer-Verlag New York, inc., 2004.
- LIMA, I. *Módulo Relé*. 9 de agosto de 2015. Disponível em: <<http://autocorerobotica.blog.br/modulo-rele/>>. Acesso em: 22 mar. 2018.
- MADEIRA, D. *Sensor de presença PIR | HC-SR501*. 21 de setembro de 2017. Disponível em: <<https://portal.vidadesilicio.com.br/sensor-de-presenca-hc-sr501/>>. Acesso em: 20 nov. 2018.
- MARANGONI, F., ET AL. *Comparativo econômico entre condicionadores de ar com tecnologias convencional e inverter*. XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Fortaleza, CE: 2015.
- MARCELO, W. *Sensores*. São Paulo: Campus de Guaratinguetá, 2010.
- MAZZAROPI, M. *Sensores de Movimento e Presença*. UFRJ. Rio: Escola Politécnica, 2007.
- MECA WEB. *Seu portal de aprendizagem de mecatrônica na internet*. 2016. Disponível em: <[http://www.mecaweb.com.br/eletronica/content/e\\_pwm](http://www.mecaweb.com.br/eletronica/content/e_pwm)> Acesso em: 14 Dez. 2018.
- MOZER, M. *The adaptive house*. In: *Intelligent Building Environments*, 2005. The IEE Seminar on (Ref. No. 2005/11059). [S.l.: s.n.], 2005. p. 39-79. ISSN 05379989.

- MURATORI, J. R.; BO, P. H. D. *Automação residencial: Histórico, definições e conceitos*. In: *O Setor Elétrico*. São Paulo: [s.n.], 2011. p. 70 - 76. Mensal.
- OLIVEIRA, R.R. *Uso do microcontrolador ESP8266 para automação residencial*. Monografia apresentada na Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio: 2017.
- OLIVEIRA, G. *NodeMCU – Uma plataforma com características singulares para seu projeto IoT*. Agosto de 2016. Disponível em: <<http://blogmasterwalkershop.com.br/embarcados/nodemcu/nodemcu-uma-plataforma-om-caracteristicas-singulares-para-o-seu-projeto-iot/>>. Acesso em: 20 Jan. 2019.
- PEDROLO, C. *Clorofluorcarbonetos (CFC)*. Centro Universitário Franciscano, UNIFRA, 2014. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/quimica/clorofluorcarboneto-cfc/>>. Acesso em: 13 Dez. 2018.
- PINHEIRO, J. M. S. *Sistemas de Automação*. [s.n.], 2004. Disponível em:<[http://www.projotoderedes.com.br/artigos/artigo\\_sistemas\\_automacao.php](http://www.projotoderedes.com.br/artigos/artigo_sistemas_automacao.php)>. Acesso em: 14 mar. 2017.
- RICARDO R. O. *Uso do microcontrolador ESP8266 para automação residencial*. UFRJ. Rio: Escola Politécnica, 2017.
- RODRIGO, L. *Métodos HTTP*. 31 de maio de 2011. Disponível em: <<https://www.vivaolinux.com.br/artigo/Um-pouco-do-protocolo-HTTP?pagina=4>>Acesso em: 12 Dez. 2018.
- STALLINGS, W. *Redes e sistemas de comunicação de dados: teorias e aplicações corporativas*. 5 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.
- SIQUEIRA, C.S. e VILLAS BOAS, P.P.B. *Projeto de automação residencial utilizando um microcontrolador da família 8051 e supervisionado por uma plataforma desenvolvida no Eclipse E3*. Monografia apresentada na Universidade Federal de Goiás. Goiânia: 2011.
- VELOSO, A.F.S., ET AL. *Prototipação com NodeMCU para Internet das Coisas em Smart Cities: Uma pesquisa*. III Escola Regional de Informática do Piauí. Livro Anais - Artigos e Minicursos, v. 1, n. 1, p. 105-110, jun, 2017.