



ADAPTAÇÃO DE UM CLIMATIZADOR DE AR PARA UM DISPOSITIVO
INTELIGENTE

FELIPE AUGUSTO PEREIRA DOS SANTOS

Bauru
2020

FELIPE AUGUSTO PEREIRA DOS SANTOS

ADAPTAÇÃO DE UM CLIMATIZADOR DE AR PARA UM DISPOSITIVO
INTELIGENTE

Relatório Final de Iniciação
Científica apresentada a Pró-Reitoria de
Pesquisa e Pós- Graduação do Centro
Universitário Sagrado Coração, sob
orientação do Prof. Dr. Danilo Sinkiti
Gastaldello

Bauru
2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

S237a	Santos, Felipe Augusto Pereira Dos Adaptação de um climatizador de ar para um dispositivo inteligente / Felipe Augusto Pereira Dos Santos. -- 2021. 31f. : il. Orientador: Prof. Dr. Danilo Sinkiti Gastaldello Monografia (Iniciação Científica em Engenharia Elétrica) - Centro Universitário Sagrado Coração - UNISAGRADO - Bauru - SP 1. Casa inteligente. 2. Dispositivo conectado. 3. Reaproveitamento de eletrodomesticos. 4. Climatizador de ar. I. Gastaldello, Danilo Sinkiti. II. Título.
-------	---

Elaborado por Lidyane Silva Lima - CRB-8/9602

RESUMO

Este artigo tem o objetivo de demonstrar a adaptação de um climatizador para um dispositivo conectado à rede, demonstrando a possibilidade de reaproveitamento de eletrodomésticos, o integrando à rede IoT (Internet das Coisas), e com isso melhorar seu consumo elétrico. Tendo em vista que existem diversos modelos de gerenciadores de casas inteligentes, foi tomado um protocolo de comunicação capaz de ser utilizado na maioria desses sistemas, que é o MQTT, que também tem como característica permitir a centralização do servidor, facilitando a configuração dos dispositivos pelos usuários. Buscou-se manter os controles físicos e aparência do climatizador o mais próximo possível do original, evitando deixá-lo com uma aparência que desencoraje o seu uso por um usuário comum. Os resultados apresentam que um maior controle dos dispositivos possibilita um efetivo ganho em eficiência energética que vem de encontro com a temática de sustentabilidade, assim traz benefícios para os usuários e também ao meio ambiente.

Palavras-chave: Casas Inteligentes. Dispositivo Conectado. Reaproveitamento de Eletrodomésticos. Climatizador. Internet das Coisas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Demonstração de comunicação MQTT	16
Figura 2 - Demonstração do NodeMCU.....	18
Figura 3 - Arduino Pro Micro	19
Figura 4 - Demonstração do ESP 01	19
Figura 5 - Placa A do climatizador.....	20
Figura 6 - Placa B do climatizador.....	20
Figura 7 - Placa de prototipagem do climatizador.....	22
Figura 8 - Diagrama do protótipo de controle do climatizador	23
Figura 9 - Captura de tela do aplicativo MQTT Dash, com as configurações do climatizador.....	27
Figura 10 - Captura de tela do gráfico de temperatura gerado pelo thingspeak..	27
Figura 11 - Captura de tela do gráfico de umidade gerado pelo ThingSpeak	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tabela de comparação de consumo do climatizador	25
Tabela 2 – Cenário para análise financeira de consumo	26

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	REVISÃO LITERÁRIA.....	12
2.1	O que é Internet das Coisas.....	13
2.2	O que é um Climatizador de Ar e como ele Funciona.....	14
2.3	Arduino e Esp	14
2.4	Pid.....	15
2.5	Mqtt.....	15
2.6	Mínimo Produto Viável (MVP)	16
3	METODOLOGIA	18
3.1	Buscando o melhor Microcontrolador	18
3.2	Designação de Tarefas e Reaproveitamento das Placas	20
3.3	Criação de um Protótipo.....	21
3.4	Programação do Climatizador	24
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	25
5	CONCLUSÃO	29
6	CRONOGRAMA.....	30
7	ORÇAMENTO.....	32
7.1	Materiais de Consumo	32
7.2	Materiais Permanentes	32
7.3	Orçamento do Projeto	33

1 INTRODUÇÃO

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (2019), o consumo de energia elétrica total no Brasil em 2018 é de 407.242 GWh e apenas a parte residencial é responsável por 29% desses gastos (136.022 GWh), ficando em segundo lugar, em primeiro tem-se o consumo industrial (36% ou 169.549 GWh), em terceiro o consumo comercial (19% ou 88.292 GWh) e em quarto a categoria de outros (16% ou 77.856 GWh).

Evidenciando a importância da busca por formas de reduzir o consumo nessa área, pois segundo Evans (2011), ela representa a próxima evolução da internet, dando um grande salto em sua habilidade de reunir, analisar e distribuir dados de forma a obtermos informações, conhecimento e sabedoria, o que demonstra a possibilidade de aprender mais sobre eficiência e economia energética.

Ainda no tópico de dispositivos conectados, ainda segundo Evans (2011), em 2020 é previsto que tenhamos 25 bilhões de dispositivos conectados à internet. Em 2010 o número de dispositivos conectados por pessoa no mundo ultrapassou a marca de 1 (1,84 para ser mais exato). E se fizermos o cálculo em 2010 de quantas pessoas que usam internet (2 bilhões) por dispositivos conectados a ela no mundo temos o valor de 6,25 dispositivos por pessoa que usa a internet.

Atualmente entre esses dispositivos conectados à *internet* existem inúmeros prontos para serem utilizados em uma casa inteligente (ou *Smart Home*), como por exemplo, os *Chromecasts*, lâmpadas inteligentes, ar-condicionado, máquinas de lavar e secar roupas, geladeiras, fogões, forno.

E é possível usar de placas e dispositivos complementares para transformar os dispositivos já presentes em uma casa em algo com conexão à rede e com certa inteligência.

Mas o que é mais interessante, é que por serem capazes de serem automatizados é possível reduzir o consumo energético como já dito anteriormente, pois quando um equipamento cumpre seu objetivo ele pode optar por se desligar e quando sua operação é necessária ele volta a funcionar, evitando permanecer ligado de forma desnecessária. O que condiz com a descrição de Freitas (2014) “O uso eficiente de energia, que pode ser entendido como a utilização da menor quantidade possível de energia para realizar um trabalho sem que se perca qualidade e segurança na realização”.

É perceptível a necessidade de utilizar mais dispositivos inteligentes e automações, tanto para reduzir o gasto dos eletrodomésticos quanto pela sua conveniência, já que ele nos permite configurar, agendar rotinas e controlar todos por um único aplicativo e/ou comando de voz.

Para esse projeto, o interessante é justamente pegar um objeto comum em qualquer casa e adicionar valor e características que darão um alto valor a ele.

Tornando possível o dispositivo se autorregular (intensidade e se está ligado ou desligado), como por exemplo, o dono poderá desligá-lo e ligá-lo remotamente, ou com a ajuda de outro software como o Home Assistant agendar seu acionamento de acordo com os parâmetros necessários.

Possibilitando tanto ao público adepto ao *DIY* (*Do It Yourself* ou faça você mesmo) a possibilidade de utilizar esse artigo como um meio para estudar e aprender mais sobre os tipos de motores utilizados, os dispositivos para seu controle e como fazê-los funcionar em uma rede de computadores (rede local e/ou internet) para controlá-lo de uma forma mais inteligente.

Quanto para o público em geral conseguir utilizar desse projeto para melhorar a eficiência de seus aparelhos, que poderão se autocontrolar de acordo com as necessidades do ambiente, evitando o uso desnecessário e como resultado, o desperdício de energia elétrica.

Focando no gerenciamento ativo da casa de forma a possibilitar a redução do consumo de energia e mesmo assim manter a temperatura e umidade da casa agradável.

Para prosseguir e adentrar na metodologia, é necessário primeiro revisar alguns termos e conceitos que serão utilizados, que estão descritos na revisão literária.

2 REVISÃO LITERÁRIA

Durante a fase de levantamento de dados, os principais mecanismos de busca foram o portal CAPES, Google Scholar e SCIELO, os termos de pesquisa mais utilizados foram “dispositivos inteligentes”, “*Intelligent Devices*”, “Internet das Coisas”, “*Internet of Things*” em combinação com “Eficiência energética”, “*Electrical Efficiency*”, “Automação” e “*Automation*”.

Fora o texto a se buscar, no scholar Google foi necessário utilizar o filtro para retirar os resultados em espanhol. Juntando todos os resultados de pesquisa, foram encontrados mais de 17'000 artigos nessa primeira fase de pesquisa, dentre esses artigos, filtrando pela consistência de seus títulos os artigos foram reduzidos para 26 artigos.

Após uma leitura rápida esses números foram reduzidos para 12, que prosseguiram para a última fase que representa a leitura na íntegra para somente então serem utilizados neste artigo. Faremos a seguir um panorama geral dos trabalhos destacados no quadro acima.

No artigo de Santos et al. (2017) é feita uma pesquisa para se descobrir o estado da arte sobre a Internet das Coisas e da Indústria 4.0. O artigo é de leitura necessária para a pesquisa, pois ter um conhecimento superficial sobre esses temas irá influenciar na pesquisa de mais documentos e a entender os próximos artigos.

No artigo de Steane e Radcliffe (2019) é feita uma crítica ao método de controle das casas inteligentes, onde existe um ou mais dispositivos centrais que servem como ponto central, onde todos os dispositivos se conectam a ele, para receber, quanto para enviar informações. E para gerir e controlar os dispositivos.

No artigo escrito por Peces e Ibadah (2020) foi citado o uso de edifícios inteligentes, podendo aplicar os princípios para as casas inteligentes, onde com a ajuda de dados internos e externos, pode-se utilizar uma inteligência artificial em forma de redes neurais para reduzir o consumo de energia controlando os aparelhos que estão conectados a ele.

Já no artigo de LOPES, GABARRA e LIMA (2006), temos uma explicação sobre o funcionamento do sistema de climatização de ambientes por evaporação, nele temos uma introdução e explicação dos conceitos utilizados por esses sistemas para o controle da temperatura ambiente, bem como o funcionamento dele e do ar-condicionado.

No livro de Warren, Adams e Molle (2011) sobre Arduino, temos uma melhor explicação sobre seu uso, público-alvo e processos de aplicação. Demonstrando também algumas características que complementam e confirmam os conhecimentos agregados ao longo dos testes e projetos feitos com ele.

No artigo de Doctors of Intelligence & Technology Co (2017), temos uma explicação detalhada sobre o uso do ESP-01, bem como suas características e funções, sendo muito útil para o desenvolvimento do projeto.

No artigo de Ang, Chong e Li (2015) temos uma explicação do uso, teoria e práticas na aplicação do PID em sistemas de controle, que será muito útil para o uso em nossa aplicação do Climatizador inteligente.

E no livro escrito por Morgado e Santos (2018) temos também uma boa explicação e demonstração do protocolo MQTT que será utilizado para a comunicação entre o climatizador e o sistema de controle da casa inteligente ou o sistema escolhido pelo usuário.

2.1 O que é Internet das Coisas

A Internet das Coisas (IoT, que em inglês significa *Internet of Things*) é um conjunto de ideias e pensamentos que ainda não possuem uma definição padrão, porém uma definição que aborda bem o tema que estamos tratando é a de Santos (2019)

A Internet das Coisas – sigla em inglês “Internet of Things” (IoT) – corresponde a objetos físicos, com inúmeros sensores embutidos que captam informações nos ambientes que se encontram, sentindo o “mundo” ao seu redor e interagindo com ele de forma inteligente, e inclusive transmitido os dados, dos seus usuários, incluindo os pessoais, para Rede Mundial de Computadores. O que são Dispositivos Inteligentes

Conforme a citação acima, a ideia central é captar dados do ambiente e atuar no mesmo, em sincronia ou não com outros componentes, mas desde que o dispositivo consiga tomar algumas decisões sozinho para melhorar sua performance dentre outras coisas, e tendo a possibilidade de se conectar a alguma rede para com o objetivo de ser gerenciado por outros dispositivos ou sistemas.

Como essa área (IoT) impacta em inúmeras áreas, inclusive nas do ramo social, devemos refletir também sobre o que é feito com todos os dados e informações que trafegam entre esses dispositivos e o mundo exterior, pois isso afeta entre outras questões nossa privacidade, que ainda segundo Santos (2019), tem como principais motivos os usuários não possuírem consciência dos dados coletados, bem como o tratamento desses dados.

Tendo em vista ambas as perspectivas, que seriam a de uma rede de dispositivos de uma casa ou prédio que se comunicarem, trocando dados e informações para que eles funcionem em conjunto, buscando ampliar a qualidade das escolhas feitas por eles.

Tendo como segunda vista, também sendo um dos objetivos desse artigo, a busca por uma melhor eficiência energética, que é quando pelos dados e informações internas da rede e externas (como de uma fonte de dados meteorológicos) melhorar o controle, desligando ou reduzindo a potência deles quando não é necessário.

2.2 O que é um Climatizador de Ar e como ele Funciona

O climatizador de ar mencionado nesse artigo, se refere ao climatizador de ambientes por meio evaporativo, que é utilizado como uma solução viável para os equipamentos de ar-condicionado. Como vantagens segundo LOPES, GABARRA e LIMA (2006), ele utiliza menos energia elétrica, renova o ar, o deixa mais úmido e utiliza nenhum tipo de gás comprimido para isso (que no caso do ar-condicionado é tóxico e ataca a camada de ozônio).

Seu funcionamento ainda segundo LOPES, GABARRA e LIMA (2006), se resume a um ventilador que força o ar externo através de um painel evaporativo para o ambiente interno, nesse painel evaporativo, como o nome já diz, há a circulação de água de forma contínua que troca calor com o ar externo, resfriando e umedecendo o ar.

Esse processo pode garantir a redução de até 12°C, desde que as condições favoreçam essa troca de calor, como o ar entrando no painel evaporativo estar seco, o que acaba demonstrando que o melhor para esse sistema é puxar o ar externo ao ambiente e não interno, uma vez que o ar já utilizado nesse processo já está umedecido, reduzindo a eficiência dele.

Portanto, para o uso das casas brasileiras, onde normalmente não há a possibilidade de utilizar o ar-condicionado, o climatizador de ambientes tem o necessário para melhorar a temperatura ambiente, bem como melhorar a umidade, que no clima brasileiro já é baixa.

2.3 Arduino e Esp

O Arduino segundo Warren, Adams e Molle (2011), é uma placa onde sua ideia principal é gerar um ambiente que todos interessados no assunto consigam participar e contribuir com códigos e ideias.

A programação dele é uma variação de C++, que utiliza comandos até os comandos mais complexos da linguagem, porém os incorpora de forma mais simples, para que os iniciantes também consigam aprender a utilizá-los.

Já segundo Blum (2019), o Arduino é um microcontrolador, que quer dizer que ele é um circuito integrado (CI) capaz de ser programado, além disso ele é uma plataforma

open source, o que nos diz que todo o código gerado para o utilizar, como o bootloader, está disponível para uso e modificações.

Bem como ser um open hardware, que nos diz que todos os diagramas, esquemáticos e designs estão disponíveis para o público, do mesmo jeito que o código, para recriar, modificar e compartilhar.

Já o ESP-01, segundo Doctors of Intelligence & Technology Co (2017), é um microcontrolador com a capacidade de utilizar os recursos Wi-Fi, tais como se conectar a uma rede ou gerar uma rede. Sobre essa conexão, ele segue o padrão IEEE802.11 e o protocolo TCP/IP.

Ainda é possível programá-lo pela IDE do Arduino, bem como utilizar o mesmo código para outros microcontroladores da série ESP

2.4 Pid

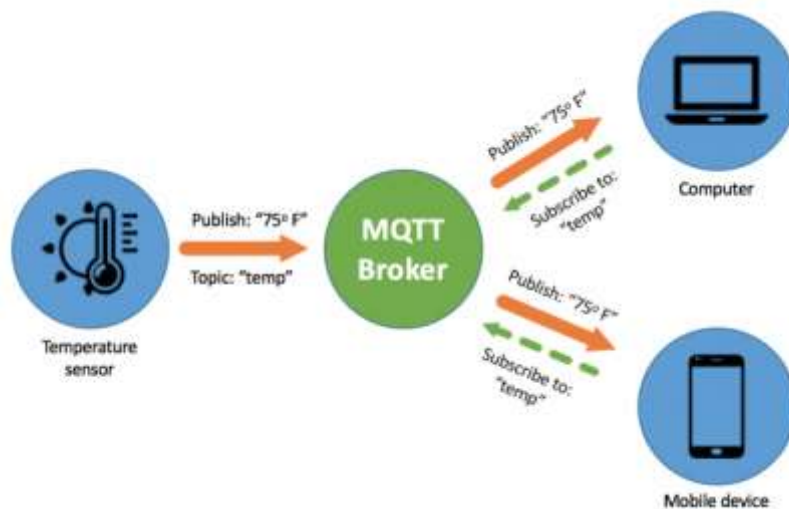
Segundo pid é a sigla para proportional integral derivative, que segundo ang, chong e li (2015) é a forma mais simples e eficiente de solucionar vários dos problemas de controle do mundo real. Mais de 90% dos controladores industriais ainda utilizam o pid para essa função, bem como inúmeras pesquisas buscam melhores formas de auto-tuning do pid.

O pid pode ser chamado de controlador dos três termos ou compensador de avanços e atrasos, já que sua função é controlar o erro proporcional comando enviado, reduzir os erros de compensação em curta e longa frequência.

2.5 Mqtt

MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*) segundo Morgado e Santos (2018) é um protocolo de mensagem muito leve e simples, que utiliza o modo *publish/subscribe* e foi desenvolvido para uso em dispositivos com processamento e memória reduzidos, ele utiliza uma largura de banda baixa (baixa velocidade de internet), podendo ela ter ou não latência alta e estar conectado a redes não confiáveis. Podemos ver seu método de comunicação na figura a seguir.

Figura 1 - Demonstração de comunicação MQTT



Fonte: <https://pplware.sapo.pt/tutoriais/networking/mqtt-protocolo-de-comunicacao/>. Acesso em: 27 de julho de 2021.

Ainda possui um certo grau de confirmação de entrega (QoS, *Quality of Service*) e garantia de confiabilidade. Sendo ideal para comunicações M2M (*Machine to Machine* ou máquina com máquina) e em ambientes de IoT.

Seu funcionamento depende de um broker (servidor e ponto central das comunicações) e nodes, sendo eles Publisher (dispositivo que envia mensagens), *subscribers* (dispositivos que recebem mensagens) ou ambos.

Basicamente o broker faz o controle do tráfego dessas mensagens e os nodes em vez de comunicarem entre si, comunicam-se apenas com o broker facilitando a comunicação.

Como exemplo, quando um Publisher manda uma mensagem, ela tem que ser designada para um tópico, e então o broker recebendo essa mensagem, a envia para os *subscribers* que tenham se cadastrado no mesmo tópico. Com isso, todo o tráfego, endereços, autenticações e controle de confirmação de entrega, se centraliza no broker, poupando memória e processamento dos nodes.

2.6 Mínimo Produto Viável (MVP)

O MVP (*Minimum Viable Product*), que em português é chamado de Mínimo produto viável, segundo Aquino (2014) esse conceito tem como objetivo demonstrar o produto ao cliente de forma a ser feito com o mínimo esforço possível, já que ainda não sabemos como será a reação do usuário, se ela vai ser boa ou não.

Com isso em mente, o MVP não precisa ser um finalizado por completo e com todas as características previstas, seu modelo ideal, utiliza apenas as principais

características, de forma que aos olhos do usuário, o produto já contenha o valor agregado, mas buscando reduzir o desperdício de recursos e riscos caso o cliente não goste, além de facilitar a adaptação do produto aos gostos e usos dele.

Ainda segundo Aquino (2014) o objetivo de um produto seguindo o conceito de MVP “é responder as perguntas técnicas ou de design assim como testar as hipóteses fundamentais do negócio.”

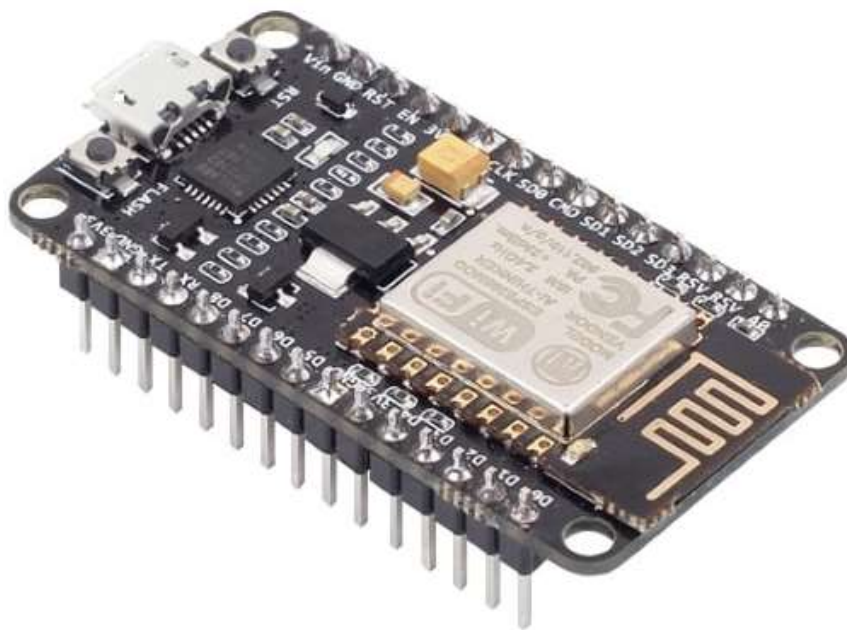
Portanto, o MVP pode ser aplicado a nossa pesquisa, para durante a primeira fase de projetos, conseguirmos gerar um produto que consiga ser testado minimamente e depois aprimorado para o projeto completo.

3 METODOLOGIA

3.1 Buscando o melhor Microcontrolador

Nesta primeira fase, testamos o NodeMCU (que é uma placa que utiliza o microcontrolador ESP-8266) para realizar todas as funções necessárias, controle das entradas e saídas do climatizador, bem como se comunicar com a rede, já que ele tem uma boa quantidade de portas de entradas e saídas, bem como conexão Wi-Fi nativa, podendo ser vista na figura abaixo.

Figura 2 - Demonstração do NodeMCU

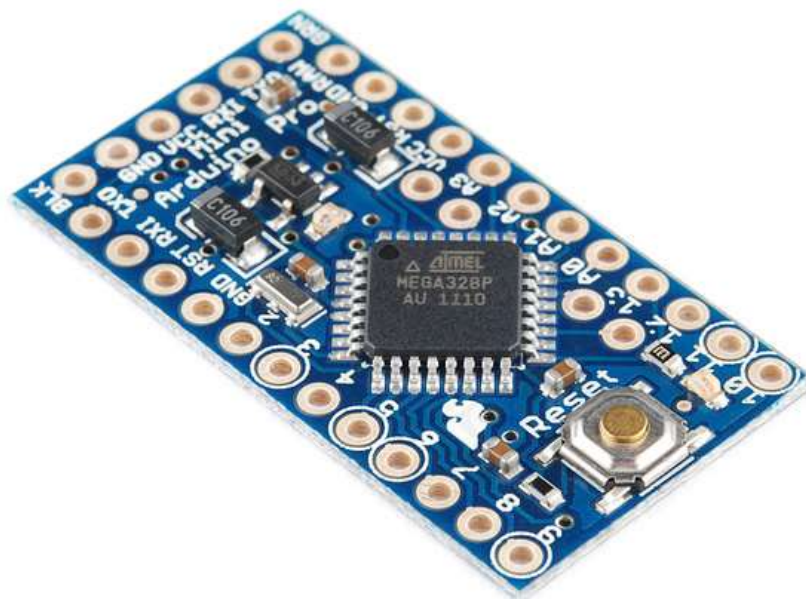


Fonte: <https://www.filipeflop.com/produto/modulo-wifi-esp8266-nodemcu-esp-12/>. Acesso em: 27 de Julho de 2021.

Porém ele apresentou problemas ao ter que lidar com a troca de informações com a rede e com o controle do climatizador, levando a *delays* nos comandos, o que traria insatisfação ao usuário.

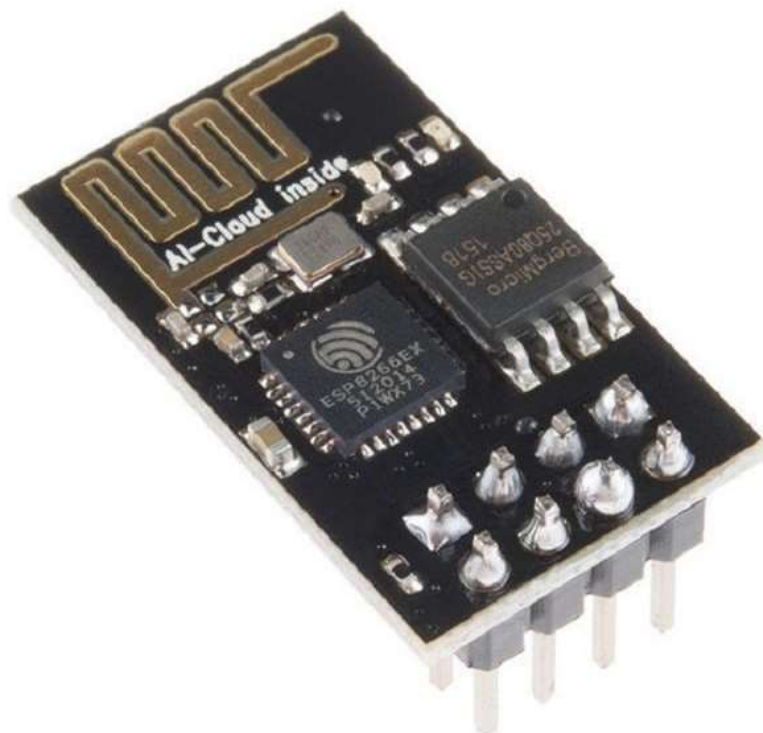
Por isso, optamos pelo ESP-01 com um Arduino *Duemilanove* para respectivamente gerir a troca de dados com a rede e o controle do climatizador, e quando o projeto for finalizado, para reduzir o tamanho o Arduino *Duemilanove* será substituído pelo Arduino Pro Micro, que é mais barato e menor que primeiro, porém ainda possui as mesmas características e pode rodar o mesmo código, sendo o Arduino Pro Micro e o ESP-01 as figuras a seguir.

Figura 3 - Arduino Pro Micro



Fonte: <https://br-arduino.org/2015/02/arduino-pro-mini-conhecendo-o-modelo-economico.html>. Acesso em: 27 de Julho de 2021.

Figura 4 - Demonstração do ESP 01



Fonte: <https://www.filipeflop.com/produto/modulo-wifi-esp8266-esp-01/>. Acesso em: 27 de Julho de 2021.

3.2 Designação de Tarefas e Reaproveitamento das Placas

Buscando reciclar os circuitos já montados no climatizador, designamos tarefas para os microcontroladores e buscamos reutilizar as placas o máximo possível, dentro do climatizador encontramos duas placas principais, uma sendo a placa que recebe os comandos, os processa e repassa o acionamento dos dispositivos, essa chamaremos de placa A.

Figura 5 - Placa A do climatizador



Fonte: Dados do autor

E a segunda placa é a responsável por receber os comandos da primeira e gerir os dispositivos, ela recebe a velocidade que o motor do ventilador deve rodar e quais outros comandos deve acionar (umidificar – a bomba d’água; brisa – um motor para a movimentação das aletas, com o objetivo de oscilar o vento produzido pelo ventilador; purificar – Acionar um ionizador), esta iremos chamar de placa B, abaixo temos uma foto dela.

Figura 6 - Placa B do climatizador



Fonte: Dados do autor

3.3 Criação de um Protótipo

Nesta primeira etapa de desenvolvimento utilizaremos o conceito de MVP, onde é necessário construir um modelo com os requerimentos mínimos para checar a capacidade de funcionamento e se a real aplicação tem chances de ser implementada com sucesso.

Portanto, será necessário a implementação de um sistema de controle, nesse caso foi planejado o uso de um Arduino duemilanove para controlar os comandos recebidos via botões no climatizador, bem como as saídas de dados como os LEDs dele e os controles, como acionar o ventilador e sua velocidade, umidificador, oscilador e ionizador.

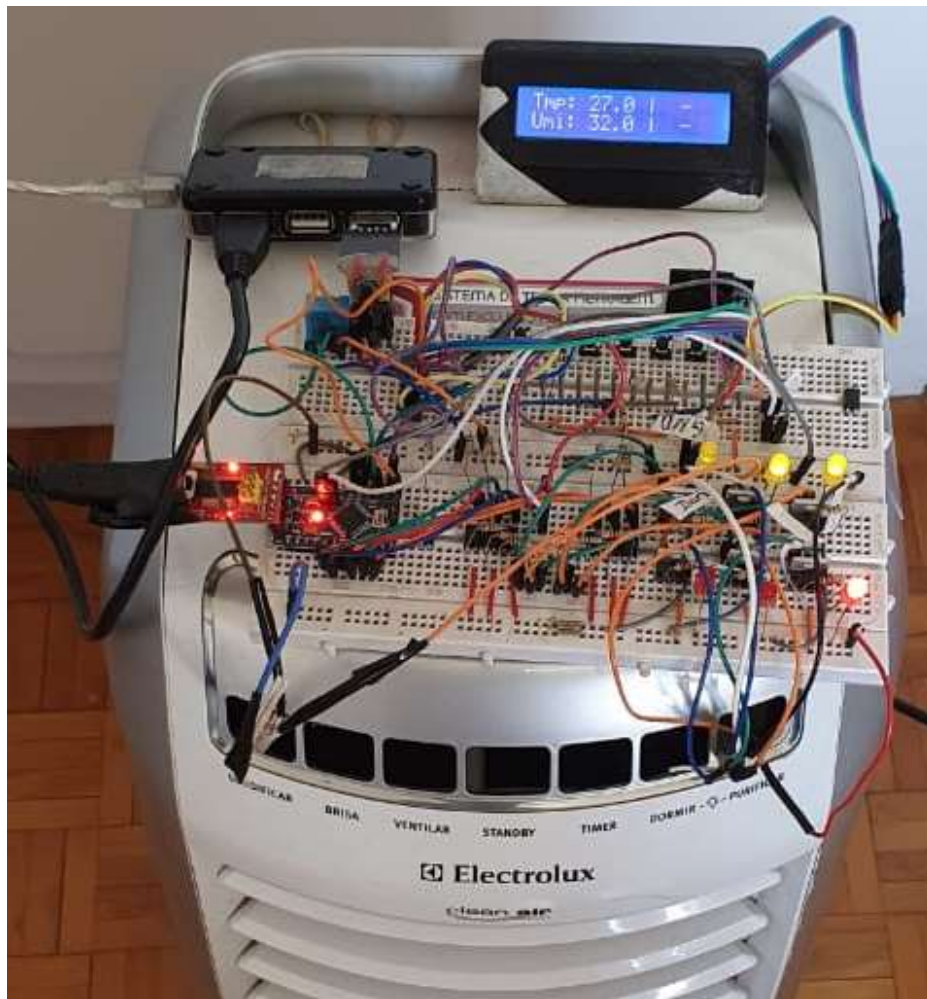
E um ESP-01 para realizar a comunicação com a rede, enviando e recebendo comandos, evitando sobrecarregar um microcontrolador com muitos comandos e possibilitando deixar o Arduino em modo de economia, sendo acordado pelos botões do climatizador ou comando do ESP-01.

Nesta fase temos como lista de prioridades as seguintes tarefas:

- Controlar o climatizador por meio do Arduino e receber os comandos via botões;
- Fazer a leitura e tratamentos dos dados obtidos pelo sensor de umidade, temperatura e pressão;
- Estabelecer uma comunicação com o ESP-01;
- Receber e enviar comandos entre os microcontroladores, com foco em gerar as funções para envio e tratamento dos comandos.
- Fazer a função de comunicação via MQTT no ESP-01;
- Enviar os dados recebidos e os comandos efetuados para a plataforma ThingSpeak (<https://thingspeak.com>), para posterior análise;

A fim de simplificar os testes de uploads de programas, a parte superior do climatizador foi removida, facilitando o acesso aos componentes internos, a placa de controle do climatizador (placa A) foi removida e os cabos foram passados pelos buracos que os botões do climatizador deixaram, e uma protoboard com a placa experimental foi colocada em cima do climatizador já com a parte superior tampada, conforme foto abaixo.

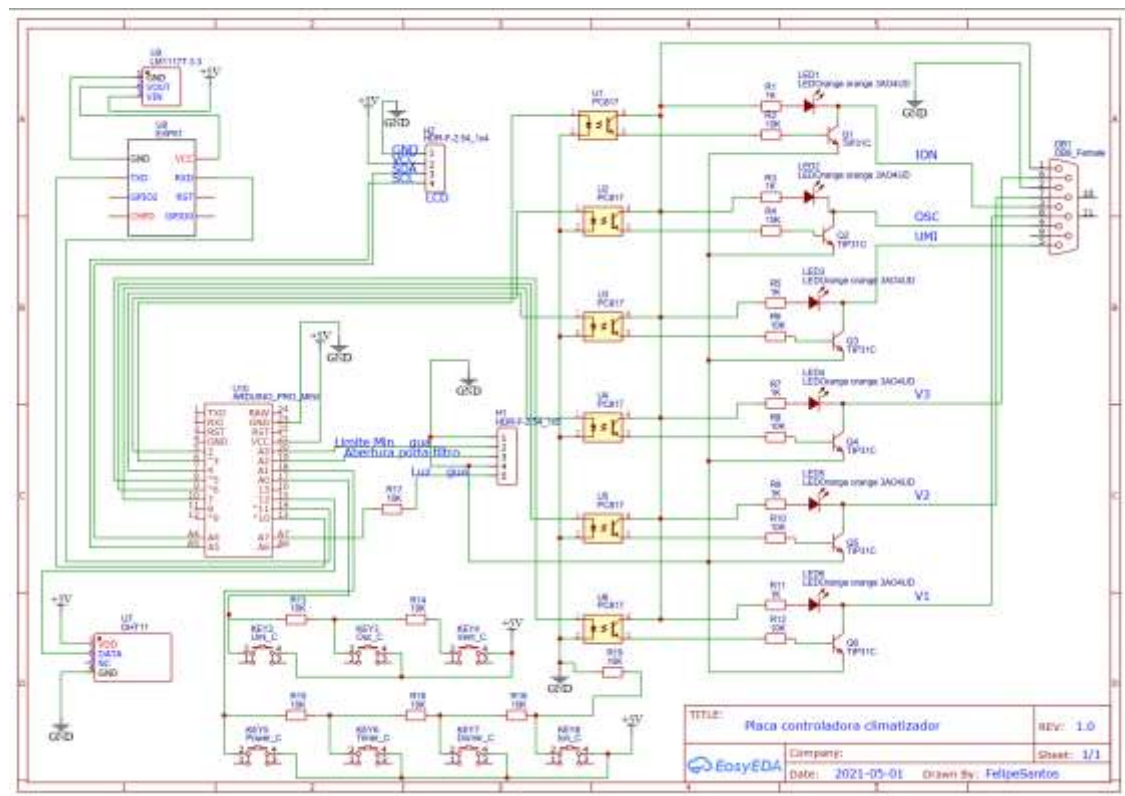
Figura 7 - Placa de prototipagem do climatizador



Fonte: Dados do autor

Após os testes de comandos e sensores, utilizamos a ferramenta *EasyEDA Designer*(<https://easyeda.com/editor>) para documentar o esquema elétrico do circuito presente na protoboard (placa de prototipagem onde os componentes são encaixados para a realização de testes e criação de projetos) presente na imagem acima, também facilitando a geração de um protótipo de uma placa de circuito impresso (PCI), conforme a imagem abaixo.

Figura 8 - Diagrama do protótipo de controle do climatizador



Fonte: Dados do autor

Observa-se no diagrama que foi utilizado um conector DB9 fêmea para a conexão com os comandos para a placa B, bem como conectores HDR para a conexão com o restante dos comandos do climatizador (sensor de nível mínimo de água, sensor de filtro aberto e luz para a visualização de nível da água), bem como o para a conexão com a LCD (tela de cristal líquido) presente no projeto.

Esses conectores serão utilizados para caso for feita uma PCI para facilitar a montagem e manutenção, bem como evitar erros de ligação entre os contatos dos comandos.

Já sobre a alimentação da placa, tem-se duas possibilidades, a primeira usar uma fonte externa e a segunda usar a fonte interna do climatizador, a fim de evitar sobrecarga no circuito do climatizador, optou-se nessa primeira etapa pelo uso de uma fonte de celular como fonte externa, pelo seu tamanho compacto ela pode ser facilmente organizada dentro do climatizador e adaptada para ser alimentada pelo mesmo cabo de alimentação do climatizador.

3.4 Programação do Climatizador

Após a criação do protótipo foi necessário programar e testar para garantir o correto funcionamento, para a programação foi utilizada a plataforma Platformio (um ambiente de desenvolvimento feito para o desenvolver projetos com Arduino e semelhantes), possuindo um melhor controle do projeto que a IDE própria do Arduino.

Neste projeto, para o ESP-01 foi criado um programa capaz de gerenciar a troca de mensagens com o servidor e repassar as informações para o Arduino, bem como enviar mensagens para o ThingSpeak para gerar um banco de dados do sensor de temperatura e umidade.

Já no Arduino, foi feito um programa para gerenciar os comandos e sensores presentes no climatizador, bem como a interface para o usuário presentes fisicamente no climatizador como os botões, LEDs e tela LCD.

Fora a placa de controle (placa A) e a derivação dos cabos de alimentação do climatizador para um carregador de celular, o climatizador não foi alterado, evitando interferir na parte mecânica e de potência dele.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O climatizador está funcionando conforme planejado, consegue ser controlado de forma manual pelos botões presentes em sua interface, bem como consegue transmitir dados importantes ao usuário através de sua tela LCD.

Ele também pode ser controlado pela rede através do protocolo MQTT, o controle se dá pela troca de mensagens entre o climatizador, broker (ou servidor do MQTT) e dispositivo controlador (smartphone, central de controle de casas inteligentes, computador).

Bem como é capaz de se comunicar com o servidor do ThingSpeak, possibilitando realizar o log do uso e da temperatura e umidade presentes no ambiente. Ao utilizar o dispositivo foram encontradas algumas melhorias para o funcionamento do mesmo e para garantir a facilidade de operação pelo usuário, são elas:

- Fazer uso de uma tela LCD para demonstrar a temperatura ambiente e umidade;
- Utilizar a mesma tela para avisar quando a água do reservatório acabar e quando o climatizador não conseguir conectar na rede WiFi pré-configurada;
- Avisar pela rede que a água do reservatório acabou;

Após essas correções e tendo em vista o uso do aparelho, é possível observar que além da facilidade de uso e gerenciamento do dispositivo por ele ser integrado à rede, foi possível gerar uma pequena economia de energia elétrica a curto prazo, conforme dados a seguir.

Tabela 1 - Tabela de comparação de consumo do climatizador

	Tensão	Correntes					
		V1	V2	V3	V2	V3	Média
Umificador Original	127 Vac	0,27	0,29	0,35	0,28	0,32	0,302
Placa de controle customizada	127 Vac	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,014
Umificador Modificado (sem placa)	127 Vac	0,24	0,26	0,36	0,23	0,31	0,280
Umificador Modificado (Com placa)	127 Vac	0,25	0,27	0,37	0,25	0,33	0,294

Fonte: Dados do autor.

Conforme apresentado na tabela, a variação de corrente é em torno de 2,6% em média. Para transformar isto em valores aproximados pode-se criar um cenário em que

se utiliza o climatizador durante duas horas, durante dez dias no mês. A tabela a seguir sintetiza este cenário.

Tabela 2 – Cenário para análise financeira de consumo

	Consumo Mensal	Consumo Anual	Custo Mensal (kwh – R\$0,45)	Custo Anual (kwh – R\$0,45)
Climatizador	0,767 kWh	9,21 kWh	R\$0,345	R\$4,144
Climatizador com Controle	0,747 kWh	8,96 kWh	R\$0,336	R\$4,032

Fonte: Dados do autor.

Como o consumo do climatizador é baixo, os ganhos podem parecer bem baixos, no entanto, se considerarmos que há possibilidade de ganhos em outros dispositivos, e que o gerenciamento pode trazer uma melhor conscientização por parte dos usuários, esse controle se torna ainda mais impactante na eficiência e nos ganhos financeiros.

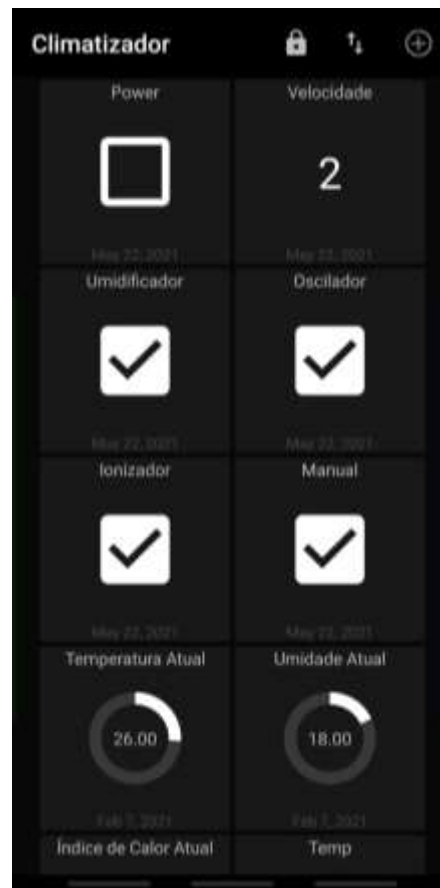
Com o uso do autogerenciamento, acionar o climatizador quando a temperatura estiver acima de um valor e desligar quando abaixar a temperatura além do limite estipulado, gerou resultados de economia de consumo como planejado e estipulado, já que depende da regulação de temperatura pelo usuário.

O novo sistema de controle tornou possível automatizar comandos para ligar e desligar, bem como controlar velocidade e outros ajustes, o que se demonstrou positivo, já que, por exemplo, permitiu o sistema de controle da casa inteligente “programar” o desligamento do mesmo para o meio da noite, ligar e controlar velocidade e oscilação do climatizador a distância, bem como desligar o climatizador a distância, com exemplo, desligar o climatizador ao mudar de cômodo e ao sair de casa.

Apesar de serem atitudes que podem ser feitas localmente, é algo que se torna mais cômodo, e isso aumenta a frequência em que o climatizador é utilizado quando necessário, evitando mantê-lo ligado sem motivo, por exemplo, enviar um comando via celular em vez de voltar ao cômodo anterior.

A figura a seguir demonstra a captura de tela do aplicativo MQTT Dash, utilizado para comandar o climatizador quando não conectado diretamente ao sistema de controle da casa inteligente, após ser configurada para se comunicar com o climatizador.

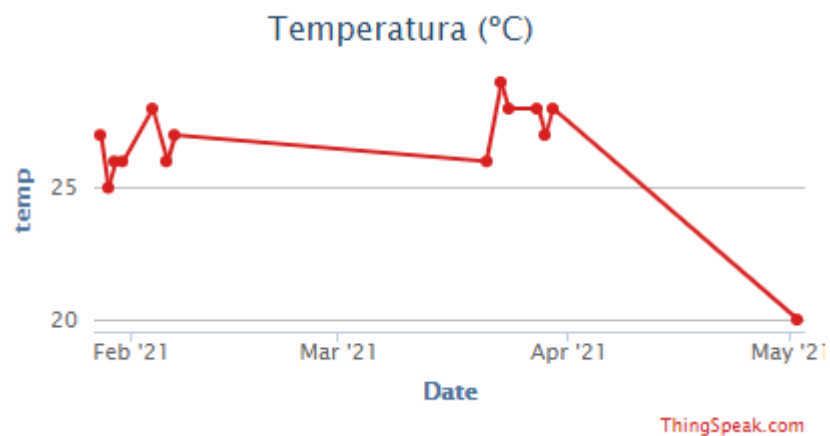
Figura 9 - Captura de tela do aplicativo MQTT Dash, com as configurações do climatizador



Fonte: Dados do Autor.

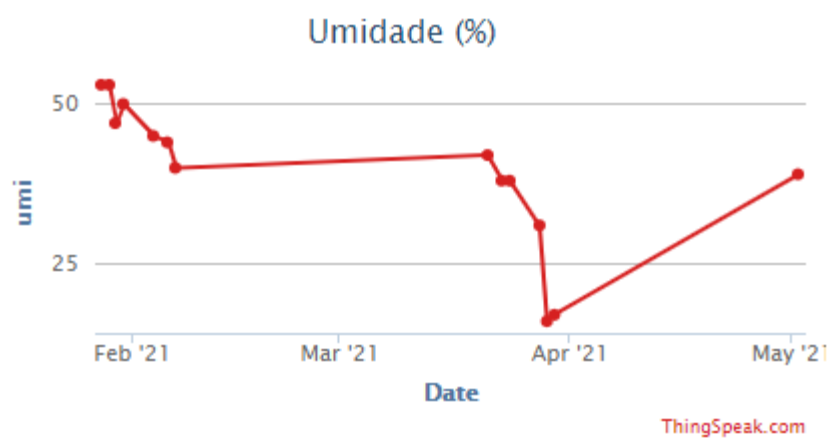
O climatizador também gera um mapa da temperatura e umidade do ambiente, permitindo também analisar posteriormente esses dados pelo site *ThingSpeak*, conforme as capturas de tela abaixo.

Figura 10 - Captura de tela do gráfico de temperatura gerado pelo thingspeak



Fonte: Dados do autor

Figura 11 - Captura de tela do gráfico de umidade gerado pelo ThingSpeak



5 CONCLUSÃO

Neste artigo é possível abstrair que no meio dos eletrodomésticos ainda sim existe a possibilidade de melhorias e customizações, apesar de que se feitas dentro do período de garantia ela provavelmente será violada.

Dentro do ramo de customização, no modelo de climatizador utilizado nesse artigo, foram encontradas duas placas principais, uma a nível de controle, que utiliza 5Vdc como tensão e uma a nível de potência que recebe os comandos da primeira e faz o controle dos motores e atuadores, facilitando a customização, tendo em vista que a maioria dos microcontroladores trabalham em 5Vdc ou 3,3Vdc.

Para a customização da placa de controle, citada como placa A nesse artigo, em sua versão final foram utilizados o Arduino Micro Pro e o ESP-01, pois o primeiro faz o controle dos comandos e gerenciamento do climatizador e o segundo faz o controle e gerenciamento da rede (comunicação com os servidores).

Dentro do que foi encontrado de melhorias dentro do climatizador durante o projeto foi o uso de uma tela LCD para facilitar a interação com o usuário e gerar um aviso via rede para quando a água do reservatório acabar. Bem como, como melhorias para uma próxima versão do climatizador, temos a criação de uma página web para a configuração da rede e alguns detalhes da comunicação com o climatizador, bem como a possibilidade da criação de um *hotspot* para quando o climatizador não conseguir se conectar com a rede WIFI e permitir sua configuração.

Além de ganhos de funcionalidade e automação, a possibilidade de aprendizado de padrões de uso, bem como pré-definição de parâmetros, permite um maior controle de eficiência. Esse controle mostrou em algumas medidas a possibilidade de diminuição de consumo, que pode ser ainda maior quando o sistema for colocado em outros dispositivos e motivando a conscientização por parte do usuário sobre o consumo de cada equipamento em sua residência.

6 CRONOGRAMA

CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO												
ATIVIDADE	MÊS DE EXECUÇÃO											
	AG	SET	OU	NO	DEZ	JAN	FEV	MA	AB	MAI	JUN	JUL
Levantamento de dados												
Revisão da literatura												
Estruturação de Análises e Processos												
Entrega do relatório parcial												
Análise e Discussão												
Adaptação de Supostas Irregularidades												
Elaboração do documento final												

1. Levantamento de dados

Nesta primeira etapa, será feito o levantamento literário para o embasamento teórico do projeto, bem como tomada de decisões quanto a protocolos e dispositivos a serem utilizados.

2. Revisão literária

Nesta etapa será feita a leitura dos itens selecionados anteriormente, na integra ou parcialmente, buscando preencher os requisitos para o embasamento teórico do projeto e artigo.

3. Estruturação de Análises e Processos:

Nesta terceira etapa, será feito o desenvolvimento metodológico do projeto, será feito um protótipo, primeiramente com o MVP (Mínimo Valor do Produto).

Após conseguir testar e identificar os pontos onde será necessário melhorar, será feita uma atualização no projeto, buscando melhorar o código e hardware em busca de um melhor resultado.

4. Entrega do relatório parcial:

Confecção dos resultados parciais da pesquisa através de relatório parcial.

5. Correções dos tópicos propostos

Realizar as correções dos tópicos citados na etapa de metodologia

6. Análise e Discussão:

Será feita uma análise entre um climatizador do mesmo modelo e que não foi modificado e o do projeto, para testar se realmente existe uma economia ou melhora na performance e eficiência.

7. Adaptação de Supostos Irregularidades:

Caso seja notado algum problema na etapa anterior, será a um estudo sobre como corrigir e uma implementação da correção se possível, com o objetivo de ter um projeto funcionando e que cumpra sua finalidade.

8. Elaboração do documento final:

Realizar-se-á um relatório final, com as conclusões e discussões do projeto, seguido pela preparação de um artigo e a participação em eventos.

7 ORÇAMENTO

7.1 Materiais de Consumo

Quantidade	Descrição e qual sua utilização na pesquisa	Não disponível Custo do Item (R\$)
Folhas de Papel A4 - 1 Pacote com 500fls	Impressão de Documentos e Relatórios	21,90
1 Kit de tinta para impressão	Impressão de Documentos e Relatórios	130,00
02 DVD's virgem	Gravação dos resultados	2,00
1 Impressão	Impressão Painel Fórum	75,00
Microcontrolador	Microcontrolador para gerenciar os comandos e comandar o climatizador	38,00
Microcontrolador com WiFi	Microcontrolador para conectar o climatizador a rede WiFi	30,00
Sensor de temperatura e umidade (DHT11)	Monitorar a temperatura e umidade do cômodo em que o climatizador está	15,00
	TOTAL	311,90

7.2 Materiais Permanentes

Quantidade	Descrição e qual sua utilização na pesquisa	Disponível Custo do Item (R\$)
1 Computador	Pesquisa de referencial teórico, análise estatística, produção de gráficos e tabelas, produção do documento final e painel.	2.500,00

7.2.1.1.1.1 1 Impressora	Impressão de relatórios e do trabalho final.	750,00
7.2.1.1.1.2 1 Pen drive	Para armazenamento do documento ao longo do processo.	25,00
	TOTAL	3.275,00

7.3 Orçamento do Projeto

Quantidade	Disponível Custo do Item (R\$)	Não Disponível Custo do Item (R\$)
MATERIAL DE CONSUMO	-	R\$ 311,90
MATERIAIS PERMANENTES	R\$ 3.275,00	-
TOTAL	R\$ 3.275,00	R\$ 311,90

REFERÊNCIAS

STEANE, Tyler Nicholas Edward; RADCLIFFE, PJ. IOT STATUS COMMUNICATION FOR HOME AUTOMATION. **International Journal of Computing**, [s. l.], v. 18, ed. 3, p. 240-248, 30 set. 2019. Disponível em: <http://computingonline.net/computing/article/view/1516>. Acesso em: 9 nov. 2020.

PECES, Cesar Benavente; IBADAH, Nisrine. ICT Technologies, Techniques and Applications to Improve Energy Efficiency in Smart Buildings. **Proceedings of the 9th International Conference on Sensor Networks - Volume 1: SENSORNETS**, Valletta, Malta, v. 1, p. 121-128, 2020. DOI 10.5220/0009000601210128. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/339995720_ICT_Technologies_Techniques_and_Applications_to_Improve_Energy_Efficiency_in_Smart_Buildings. Acesso em: 30 nov. 2020.

SANTOS, B. P.; ALBERTO, A.; LIMA, T.D.F.M.; SANTOS, F.M.B. Charrua. INDÚSTRIA 4.0: DESAFIOS E OPORTUNIDADES. **Revista Produção e Desenvolvimento**, [s. l.], v. 4, ed. 1, p. 111-124, 15 dez. 2017. Disponível em: <https://revistas.cefet-rj.br/index.php/producaoedesarvimento/article/view/e316/193>. Acesso em: 3 set. 2020.

LOPES, ALEXANDRE OCTÁVIO R.; GABARRA, GUILHERME R. DA COSTA; LIMA, BRUNO W. FONTES. AR CONDICIONADO VERSUS CLIMATIZADORES POR EVAPORAÇÃO. **Revista Ciências do Ambiente On-Line**, [s. l.], v. 2, n. 2, 2016. Disponível em: <http://sistemas.ib.unicamp.br/be310/nova/index.php/be310/article/download/50/30&usg=AOvVaw1cGYO2ieto8A3IfyY4yGOr>. Acesso em: 8 nov. 2020.

LOPES, ALEXANDRE OCTÁVIO R.; GABARRA, GUILHERME R. DA COSTA; LIMA, BRUNO W. FONTES. AR CONDICIONADO VERSUS CLIMATIZADORES POR EVAPORAÇÃO. **Revista Ciências do Ambiente On-Line**, [s. l.], v. 2, n. 2, 2006. Disponível em: <https://sistemas.ib.unicamp.br/be310/nova/Findex.php/be310/article/download/50/30&usg=AOvVaw1cGYO2ieto8A3IfyY4yGOr>. Acesso em: 8 nov. 2020.

WARREN, John-David; ADAMS, Josh; MOLLE, Harald. **Arduino for Robotics**. [S. l.]: Apress, 2011. ISBN 978-1-4302-3184-4.]

BLUM, Jeremy. **Exploring Arduino: Tools and Techniques for Engineering Wizardry**. 2. ed. [S. l.]: John Wiley & Sons, 2019. 512 p. ISBN 9781119405375. Disponível em:

https://books.google.com.br/books?id=Hde0DwAAQBAJ&dq=arduino&lr=&hl=pt-BR&source=gbs_navlinks_s. Acesso em: 26 dez. 2020.

ANG, Kiam Heong; CHONG, Gregory C.Y.; LI, Yun. PID control system analysis, design, and technology. **IEEE Transactions on Control Systems Technology**, [s. l.], n. 4, ed. 13, p. 559-576, 2015. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1453566>. Acesso em: 26 dez. 2020.

MORGADO, Eduardo; SANTOS, Felipe A. P. Segurança em Internet das Coisas. In: MORGADO, Eduardo. **Internet das Coisas Completa: Teoria, prática e desafios**. [S. l.]: Cubzac, 2018. cap. 11, p. 83-102. ISBN 9788561293451.

SANTOS, O. G. F. dos; TIOSSO, F.; PETRUCELLI, E. E. DEMONSTRAÇÃO DOS BENEFÍCIOS DO MINIMUM VIABLE PRODUCT NA CRIAÇÃO DE UM NOVO APLICATIVO MÓVEL. **Revista Interface Tecnológica**, [S. l.], v. 16, n. 1, p. 124-135, 2019. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/index.php/interfacetecnologica/article/view/567>. Acesso em: 10 jan. 2021.

AQUINO, R. S. P. **Lean Startup**: a importância dos riscos na elaboração de um MVP (Minimum Viable Product). Lean Institute Brasil, 28 de março de 2014. Disponível em <lean.org.br/comunidade/artigos/pdf/artigo_254.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2021.

DOCTORS OF INTELLIGENCE & TECHNOLOGY CO. **ESP-1 Wi-Fi Module**. 1.0. [S. l.], 2017. Disponível em: [https://github.com/SmartArduino/ESPwifi/blob/master/ESP-1_doit\(V1_0\)_docx.pdf](https://github.com/SmartArduino/ESPwifi/blob/master/ESP-1_doit(V1_0)_docx.pdf). Acesso em: 10 jan. 2021.