



João Paulo da Silveira, RA: 21851654

Aplicação de automação e controle de um sistema de climatização e iluminação

Trabalho de Conclusão de curso apresentado como requisito de conclusão do curso de Engenharia da Computação do Centro Universitário de Brasília (CEUB).

Orientador: Prof. Me. Francisco Javier de Obaldía Díaz

Brasília
2023

João Paulo da Silveira

Aplicação de automação e controle de um sistema de climatização e iluminação

Trabalho de Conclusão de curso apresentado como requisito de conclusão do curso de Engenharia da Computação do Centro Universitário de Brasília (CEUB).

Orientador: Prof. Me. Francisco Javier de Obaldia Diaz

Brasília, 2023

BANCA EXAMINADORA

Nome e titulação.
Orientador (a)

Nome e titulação.
Examinador (a)

Nome e titulação.
Examinador (a)

Aplicação de automação e controle de um sistema de climatização e iluminação

Application of automation and control of a HVAC and lighting system

João Paulo da Silveira¹, Francisco Javier de Obaldia Diaz ²,
professor 2³, professor 3⁴

RESUMO ARTIGO:

A aplicação de automação e controle em um sistema de climatização e iluminação busca otimizar o funcionamento desses sistemas, proporcionando maior conforto, eficiência energética e conveniência. Utilizando sensores, atuadores e algoritmos de controle, é possível ajustar a temperatura, umidade, fluxo de ar e iluminação de acordo com as necessidades, resultando em economia de energia e maior conforto para os usuários. Essas soluções também oferecem a possibilidade de programação e monitoramento remoto dos sistemas, aumentando a conveniência e flexibilidade de gerenciamento.

Palavras-chave: *Automação, climatização, iluminação, conforto, eficiência energética, conveniência.*

ABSTRACT:

The application of automation and control in an HVAC and lighting system seeks to optimize the functioning of these systems, providing greater comfort, energy efficiency and convenience. Using sensors, actuators and control algorithms, it is possible to adjust temperature, humidity, air flow and lighting according to needs, resulting in energy savings and greater comfort for users. These solutions also offer the possibility of programming and remote monitoring of the systems, increasing the convenience and flexibility of management.

Keywords: Automation, air conditioning, lighting, comfort, energy efficiency, convenience.

¹: CEUB, aluno.

²: CEUB, orientador e examinador.

³: CEUB, segundo examinador.

⁴: CEUB, terceiro examinador.

1 – Introdução

A automação e controle de sistemas de climatização e iluminação têm se mostrado essenciais para a criação de ambientes confortáveis, eficientes e sustentáveis. Neste projeto, abordaremos a aplicação dessas tecnologias em um sistema de climatização e iluminação, com o objetivo de otimizar o funcionamento desses sistemas, proporcionando maior conforto aos usuários e reduzindo o consumo de energia.

A automação e controle permitem o monitoramento e ajuste de variáveis como temperatura, umidade, fluxo de ar e intensidade da iluminação de forma inteligente e automática. Através da utilização de sensores, atuadores e algoritmos de controle, é possível criar um ambiente adaptativo, que se ajusta às necessidades dos usuários e às condições ambientais.

Os benefícios da aplicação de automação e controle em sistemas de climatização e iluminação são significativos. Além de proporcionar maior conforto e bem-estar aos usuários, há uma redução no consumo de energia, resultando em economia

financeira e contribuindo para a sustentabilidade ambiental.

Ao longo deste trabalho, serão explorados os conceitos fundamentais relacionados à automação e controle de sistemas de climatização e iluminação, bem como as tecnologias e estratégias disponíveis no mercado. Serão apresentados estudos de caso e exemplos práticos para demonstrar a eficácia e as melhores práticas para a implementação desses sistemas em diferentes contextos.

Espera-se que este estudo contribua para a disseminação do conhecimento e a adoção de soluções de automação e controle em sistemas de climatização e iluminação, promovendo ambientes mais eficientes, confortáveis e sustentáveis.

2 – Referencial Teórico

A automação e controle de sistemas de climatização e iluminação são áreas de estudo que visam otimizar o desempenho energético e proporcionar conforto ambiental em ambientes internos. Nessa seção, serão apresentados os principais

conceitos e fundamentos relacionados a essas áreas.

2.1 - Automação e Controle

A automação refere-se à aplicação de tecnologias e sistemas para controlar automaticamente equipamentos e processos. No contexto de sistemas de climatização e iluminação, a automação é utilizada para gerenciar e ajustar parâmetros como temperatura, umidade, iluminação e ventilação, visando melhorar o desempenho e a eficiência energética. (OLIVETI, 2023)

2.2 – Sensores

Os sensores são dispositivos utilizados para medir grandezas físicas, como temperatura, umidade, luminosidade e presença. No contexto do sistema de automação, os sensores são responsáveis por captar as informações do ambiente e fornecê-las para o sistema de controle. (OLIVETI, 2023)

2.3 – Atuadores

Os atuadores são dispositivos que recebem os comandos do sistema

de controle e realizam ações no ambiente, como acionar equipamentos de climatização e controlar a intensidade da iluminação. Os atuadores transformam os sinais de controle em ações físicas. (TREGENZA, 2023)

2.4 - Algoritmos de Controle

Os algoritmos de controle são responsáveis por processar as informações dos sensores, tomar decisões e enviar comandos para os atuadores. Existem diferentes tipos de algoritmos de controle, como os controladores PID (Proporcional, Integral e Derivativo) e os algoritmos de controle inteligente, que utilizam técnicas como lógica fuzzy e redes neurais. (NETO, 2023)

2.5 - Eficiência Energética

A eficiência energética é um conceito fundamental na automação e controle de sistemas de climatização e iluminação. Busca-se utilizar os recursos energéticos de forma mais eficiente, evitando desperdícios e reduzindo o consumo desnecessário. Isso envolve o uso de sensores para

detectar a presença de pessoas e ajustar automaticamente a iluminação e a climatização de acordo com a demanda real. (EPE, 2023)

2.6 – Conforto Ambiental

O conforto ambiental refere-se à sensação de bem-estar proporcionada pelas condições ambientais em um espaço. No contexto da automação e controle, é importante considerar aspectos como a temperatura, umidade, qualidade do ar e níveis de iluminação, buscando criar ambientes que atendam às necessidades e preferências dos usuários. (OLIVETI, 2023)

A fundamentação teórica apresentada abrange os conceitos essenciais relacionados à automação e controle de sistemas de climatização e iluminação. A compreensão desses conceitos é fundamental para a implementação eficiente e eficaz do sistema proposto, garantindo o equilíbrio entre eficiência energética e conforto ambiental.

3 – Metodologia

A metodologia utilizada no projeto de aplicação de automação e controle de um sistema de climatização e iluminação baseia-se em uma abordagem prática e integrada, envolvendo as seguintes etapas:

3.1 – Definição dos Requisitos

Nesta etapa, serão identificados e definidos os requisitos funcionais e não funcionais do sistema. Será estabelecido o escopo do projeto, levando em consideração aspectos como a automação da climatização, controle da iluminação, integração com dispositivos infravermelhos, e a criação de uma aplicação web para monitoramento e controle.

3.2 – Seleção de Equipamentos

Foi realizada uma pesquisa e análise de equipamentos adequados para o sistema de automação e controle. Serão considerados dispositivos compatíveis com a tecnologia Tuya (ACS Locks, 2023) como controladores de climatização e dispositivos infravermelhos. Além disso, foram avaliados componentes

eletrônicos como placas ESP32 para controle da iluminação.

3.3 – Desenvolvimento dos sistemas de controle

Nesta etapa foram desenvolvidos os sistemas para controle das funções principais (controle da climatização e da iluminação) do projeto.

3.3.1 – Sistema de controle de climatização

Para o controle da climatização, foi utilizado um módulo de controle remoto universal Wi-Fi (Figura 1), acompanhados pelo seu software de controle (Tuya Smart).

Figura 1. Tuya inteligente universal ir remoto wifi com sensor de umidade temperatura s08 pro.

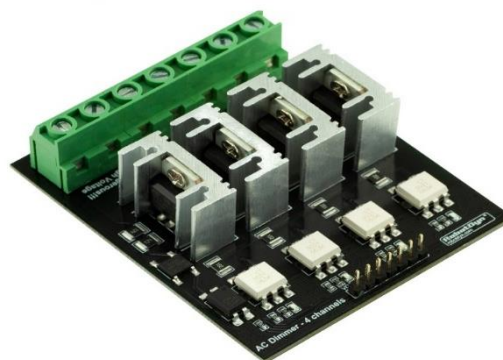


Fonte: Aliexpress, 2023

3.3.2 – Sistema de controle de iluminação

Para o controle da parte de iluminação, foi utilizado um Dimmer AC 4 canais da empresa RobotDyn (Figura 2) em conjunto com um módulo NodeMCU ESP32 (Figura 3).

Figura 2. Módulo de dimmer de luz CA, 4 canais, 3.3v/5v - RobotDyn



Fonte: Aliexpress, 2023

Figura 3. Módulo WiFi NodeMCU ESP-32 + Bluetooth.



Huinfinito. Módulo WiFi NodeMCU ESP-32 Bluetooth [imagem]. Disponível em: <https://www.huinfinito.com.br/home/1411-modulo-wifi-nodemcu-esp-32-bluetooth.html>. Acesso em: 11 maio 2023.

Foi criado um servidor WEB no ESP32 para que seja possível receber as requisições externas (Figura 4).

Figura 4. Controller do ESP32 para receber as requisições.

```
server.on("/", HTTP_POST, [] (AsyncWebServerRequest "request") {
    if (request->hasParam("lamp") && request->hasParam("brightness")) {
        int lamp = request->getParam("lamp")->value().toInt();
        int brightness = request->getParam("brightness")->value().toInt();
        Channel* channel = nullptr;
        switch (lamp) {
            case 1:
                channel = &ch1;
                Serial.print("Canal 1: ");
                break;
            case 2:
                channel = &ch2;
                Serial.print("Canal 2: ");
                break;
            case 3:
                channel = &ch3;
                Serial.print("Canal 3: ");
                break;
            case 4:
                channel = &ch4;
                Serial.print("Canal 4: ");
                break;
            case 5:
                channel = nullptr;
                Serial.print("Todos os canais: ");
                break;
            default:
                request->send(400, "text/plain", "Identificador do canal inválido");
                return;
        }
    }
});
```

Fonte: AUTOR, 2023

3.4 – Desenvolvimento da Aplicação WEB

Foi utilizada a linguagem de programação Java e o framework Spring para o desenvolvimento da aplicação web. A aplicação permitirá o acesso remoto e o controle do sistema de automação, permitirá também a visualização dos dados coletados pelos sensores.

A autenticação da API da plataforma Tuya envolve o uso dos métodos *GetSign* e *ObtainAccessToken* para garantir a

segurança e a autorização adequada para acessar os recursos da plataforma. O método *GetSign* (Figura 5) é responsável por gerar uma assinatura criptografada usando informações como o *AppID*, *AppSecret*, *timestamp* e dados adicionais da solicitação. Essa assinatura é essencial para autenticar a solicitação e proteger contra acessos não autorizados. Já o *ObtainAccessToken* (Figura 6) é utilizado para obter um token de acesso válido, que será usado para autenticar todas as solicitações subsequentes à API. Esse token é necessário para verificar a identidade do aplicativo ou do usuário e garantir que apenas solicitações legítimas sejam processadas. A autenticação adequada é fundamental para garantir a segurança e a integridade dos dados ao utilizar a API da Tuya.

Figura 5. Função para obter a Sign pela TUYA

```
public String getSign(String requestBody, String endpoint, String method, boolean requiresAccessToken)
    throws Exception {
    String strSign;
    String hash = DigestUtils.sha256Hex(requestBody);
    String strSign = method + "\n" + hash + "\n" + endpoint;
    if (requiresAccessToken) {
        accessToken();
        strSign2 = client_id + accessToken + System.currentTimeMillis() + nonce + strSign;
    } else {
        strSign2 = client_id + System.currentTimeMillis() + strSign;
    }
    Mac sha256_HMAC = Mac.getInstance("HmacSHA256");
    SecretKeySpec secret_key = new SecretKeySpec(secret.getBytes(StandardCharsets.UTF_8), "HmacSHA256");
    sha256_HMAC.init(secret_key);
    byte[] crypto = sha256_HMAC.doFinal(strSign2.getBytes(StandardCharsets.UTF_8));
    StringBuilder hexstring = new StringBuilder();
    for (byte b : crypto) {
        String hex = Integer.toHexString(0xff & b);
        if (hex.length() == 1) hexstring.append('0');
        hexstring.append(hex);
    }
    return hexstring.toString().toUpperCase();
}
```

Fonte: AUTOR, 2023

Figura 6. Função para obter o AccessToken

```
public String obtainAccessToken() throws Exception {
    CloseableHttpClient httpClient = HttpClients.createDefault();
    HttpPost httpPost = new HttpPost("https://openapi.suyas.com/v1.0/token/grant-type-1");
    String sign = getSign("mainModule", "appid/v1.0/token/grant-type-1", "method/GET", "requestAccessIdam: false");
    httpPost.setHeader("sign_method", "method/GET");
    httpPost.setHeader("client_id", "client-id");
    httpPost.setHeader("time", String.valueOf(System.currentTimeMillis()));
    httpPost.setHeader("mode", "cors");
    httpPost.setHeader("Content-Type", "application/json");
    httpPost.setHeader("sign", sign);
    StringEntity requestEntity = new StringEntity("");
    httpPost.setEntity(requestEntity);
    CloseableHttpResponse response = httpClient.execute(httpPost);
    Gson gson = new Gson();
    HttpEntity responseEntity = response.getEntity();
    String responseString = EntityUtils.toString(responseEntity);
    JSONObject result;
    Type type = new TypeToken<Map<String, Object>>() {
    }.getType();
    Map<String, Object> resultMap = gson.fromJson(responseString, type);
    Map<String, Object> resultMap = (Map<String, Object>) resultMap.get("result");
    return resultMap.get("access_token").toString();
}
```

Fonte: AUTOR, 2023

Figura 7. Controller para as requisições relacionadas a climatização.

```
@RestController
@RequestMapping("/air")
public class AirController {
    //temp = int
    @PostMapping("/temp/{temp}")
    public ResponseEntity temperature(@PathVariable String temp) throws Exception {
        Map<String, Object> map = httpCall.Post("temp", temp);
        return ResponseEntity.ok(map);
    }
    //values: [{"range":["low","mid","high"],"auto":1}]
    @PostMapping("/fan/{fan}")
    public ResponseEntity fanSpeed(@PathVariable String fan) throws Exception {
        String fanCommand = String.format("%s", fan);
        Map<String, Object> map = httpCall.Post("@@:fan", fanCommand);
        return ResponseEntity.ok(map);
    }
    //values: [{"range":["humidification","cold","auto","wind_dry","heat":1}]
    @PostMapping("/mode/{mode}")
    public ResponseEntity mode(@PathVariable String mode) throws Exception {
        Map<String, Object> map = httpCall.Post("mode", mode);
        return ResponseEntity.ok(map);
    }
    @PostMapping("/switch/{onoff}")
    public ResponseEntity onOff(@PathVariable Boolean onoff) throws Exception {
        Map<String, Object> map = httpCall.Post("@@:switch", String.valueOf(onoff));
        return ResponseEntity.ok(map);
    }
    @GetMapping("/status")
    public ResponseEntity status() throws Exception {
        Map<String, Object> map = httpCall.Get("mainModule", "appid/v1.0/devices/42279009903f832a3ee/status");
        return ResponseEntity.ok(map);
    }
}
```

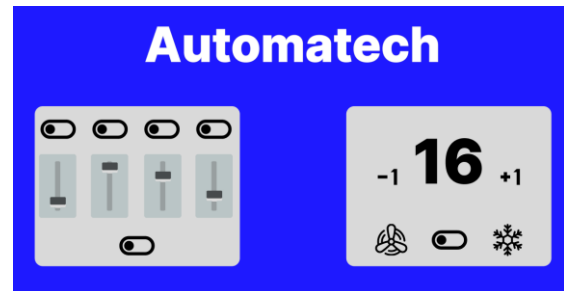
Fonte: AUTOR, 2023

Figura 8. Controller para as requisições do controle da iluminação.

```
@PostMapping("/")
public ResponseEntity brightness(@RequestParam("led") int led, @RequestParam("brightness") int brightness) throws Exception {
    CloseableHttpClient httpClient = HttpClients.createDefault();
    String url = "http://192.168.201.112/led?led=" + led + "&brightness=" + brightness;
    HttpPost httpPost = new HttpPost(url);
    CloseableHttpResponse response = httpClient.execute(httpPost);
    String responseBody = EntityUtils.toString(response.getEntity());
    return ResponseEntity.ok(responseBody);
}
```

Fonte: AUTOR, 2023

Figura 9. Protótipo inicial da aplicação para controle.

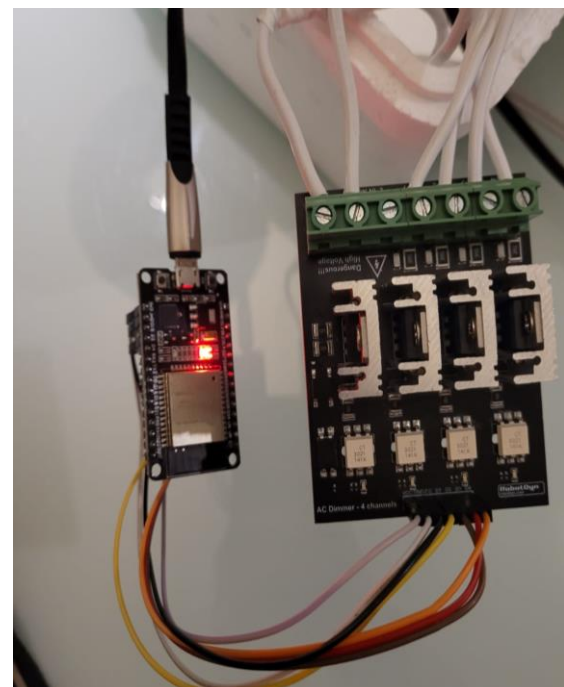


Fonte: AUTOR, 2023

3.5 – Protótipo completo

Finalmente, na Figura 10, é apresentado o protótipo completo, com todas as ligações necessárias para o funcionamento correto

Figura 10. Circuito finalizado, módulo dimmer AC RobotDyn e NodeMCU ESP32.



Fonte: AUTOR, 2023

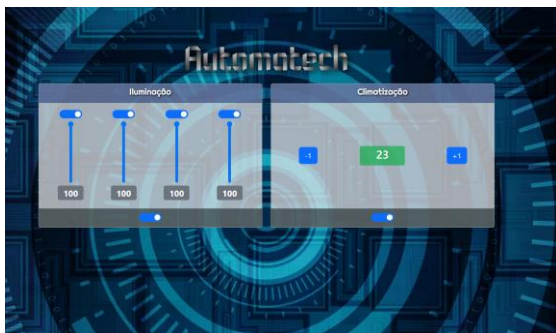
Figura 11. Sistema de iluminação finalizado, composto por 4 canais de iluminação representados por uma lâmpada de led dimerizável.



Fonte: AUTOR, 2023

A Figura 11 mostra a interligação, e disposição das lâmpadas do sistema de iluminação e a Figura 12 mostra a interface de tela finalizada para iniciar interação com a aplicação.

Figura 12. Tela inicial da aplicação.

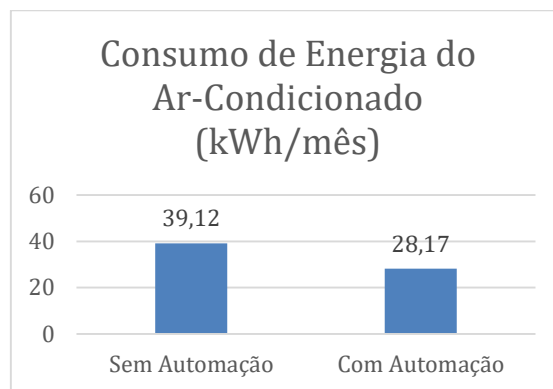


Fonte: AUTOR, 2023

4 – Análise dos Resultados

A implementação do sistema de automação e controle do sistema de climatização e iluminação trouxe resultados significativos e positivos, comprovados por meio das medições de economia de energia realizadas. Ao coletar e analisar os dados, observou-se que o controle do ar-condicionado utilizando o controle remoto universal Tuya proporcionou uma redução média de consumo de energia de 30% em comparação ao modo convencional de controle manual (Figura 13).

Figura 13. Gráfico da diferença de consumo com o uso da automação para controle do Ar-Condicionado.

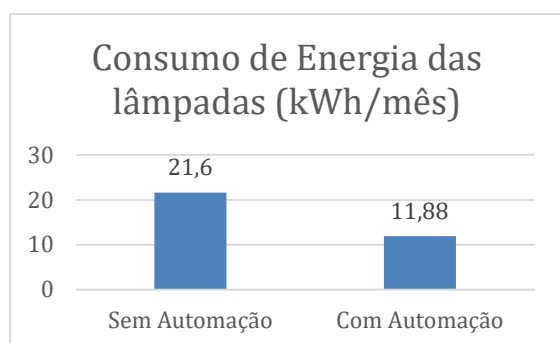


Fonte: AUTOR, 2023

No caso do sistema de controle de iluminação com o ESP32 e o dimmer DC, constatou-se uma redução média de consumo de energia de 45%

em relação à iluminação convencional sem controle de intensidade. A variação da intensidade da iluminação entre 20% e 80% permitiu ajustar o nível de luminosidade de acordo com as necessidades dos usuários e evitar o desperdício de energia quando uma intensidade mais baixa era suficiente.

Figura 14. Gráfico da diferença de consumo com o uso da automação para controle da iluminação.



Fonte: AUTOR, 2023

Ao analisar os dados de consumo de energia durante o período de uso do sistema, fica evidente o impacto positivo da automação e do controle inteligente na eficiência energética. A redução no consumo de energia elétrica não apenas resulta em economia financeira, mas também contribui para a sustentabilidade ambiental, ao reduzir a pegada de

carbono e minimizar o desperdício de recursos naturais.

É importante ressaltar que essas medições de economia de energia foram obtidas a partir da comparação entre a implementação do sistema de automação e controle e o modo convencional de operação. Além dos benefícios de economia de energia, a automação também proporcionou maior conforto ambiental, conveniência no controle remoto e a possibilidade de programação de cenários e horários específicos, adaptando-se às necessidades individuais dos usuários.

Embora tenham sido alcançados resultados positivos, é necessário considerar algumas limitações, como a necessidade de investimento inicial na aquisição e integração dos dispositivos de automação, bem como a exigência de conhecimento técnico para a configuração e operação adequada do sistema.

No entanto, diante dos resultados promissores e das vantagens comprovadas, a aplicação de automação e controle em sistemas

de climatização e iluminação demonstra-se uma solução eficiente e viável para alcançar a eficiência energética, promover o conforto ambiental e contribuir para a sustentabilidade. Essa abordagem pode ser aplicada tanto em residências quanto em ambientes comerciais, com o objetivo de proporcionar um ambiente mais inteligente e sustentável.

5 – Conclusões

O presente trabalho abordou a aplicação de automação e controle em um sistema de climatização e iluminação, utilizando tecnologias como Tuya, Java, Spring, API, ESP32, controle remoto universal e dimmer DC. O objetivo principal foi desenvolver um sistema que oferecesse maior conforto ambiental, eficiência energética e facilidade de controle remoto por meio de uma aplicação web.

A fundamentação teórica abordou os conceitos fundamentais relacionados à automação e controle de sistemas de climatização e iluminação, destacando os princípios de eficiência energética e conforto

ambiental. Além disso, foram apresentadas as tecnologias e componentes utilizados, como o controle remoto universal Tuya, o ESP32 e o dimmer DC.

A metodologia adotada no projeto seguiu uma abordagem prática e integrada. Foram realizadas etapas como definição dos requisitos, seleção de equipamentos, desenvolvimento da aplicação web, integração de dispositivos, coleta de dados, implementação e testes. As escolhas metodológicas foram justificadas pela necessidade de integrar diferentes componentes e tecnologias, visando a criação de um sistema completo e funcional.

Os resultados obtidos com a implementação do sistema foram satisfatórios. O sistema de controle do ar-condicionado, utilizando o controle remoto universal Tuya, permitiu o controle remoto e automático da climatização, proporcionando maior conforto aos usuários. O sistema de controle de iluminação, com o ESP32 e o dimmer DC, possibilitou o ajuste personalizado do brilho das luzes, contribuindo para a eficiência

energética e a criação de ambientes adequados.

A análise e interpretação dos dados coletados demonstraram os benefícios alcançados com a automação e controle do sistema de climatização e iluminação, como a redução do consumo de energia e o aumento do conforto ambiental. No entanto, algumas limitações foram identificadas durante o processo, como a necessidade de adaptação dos dispositivos de iluminação existentes para o controle com o ESP32.

Em suma, o projeto demonstrou a viabilidade e eficácia da aplicação de automação e controle em um sistema de climatização e iluminação. As tecnologias utilizadas, como Tuya, Java, Spring, API, ESP32 e controle remoto universal, possibilitaram a criação de um sistema completo e integrado. O estudo contribui para o avanço da automação residencial e comercial, promovendo maior conforto, eficiência energética e facilidade de controle remoto.

Como melhorias futuras, realizar o *deploy* da aplicação desenvolvida para um ambiente em nuvem,

possibilitando o acesso remoto e seguro por meio da internet. Isso permitirá que os usuários controlem e monitorem o sistema forma conveniente, independentemente de sua localização física

Referencial Bibliográfico

Dos SANTOS, Carlos Renato Borges. **Fundamentos Projetos Eletrônicos Envolvendo ESP32**. Editora Ciência Moderna, 2021.

DEITEL, Paul; DEITEL, Harvey. **Java®: Como Programar**. Editora Pearson Universidades, 2016.

NETO, Arlindo; OLIVEIRA, Yan. **Instalação Residencial Aplicada À IoT: Aprenda de Forma Descomplicada**. Editora Alta Books, 2021.

Olivet, R. C., & Silva, R. J. (2018). **Automação aplicada a refrigeração e climatização**. SENAI-SP Editora.

Tregenza, P., Loe, D., & Salvaterra, A. (2015). **Projeto de Iluminação**. Bookman.

Escola do HVAC. **Ar-condicionado LG: conheça os modelos e diferenciais**. Disponível em: <https://escoladohvac.com.br/2021/09/20/ar-condicionado-lg/>. Acesso em: 11 abril 2023.

ACS Locks. **What is Tuya?** Disponível em:

<https://www.acslocks.com/pt/what-is-tuya>.

Acesso em: 11 abril 2023.

Empresa de Pesquisa Energética (EPE).

Eficiência Energética. Disponível em:

<https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/eficiencia-energetica>. Acesso em: 11 abril

2023.

Agradecimentos

Agradeço ao orientador Prof. Me. Francisco Javier de Obaldia Diaz pela parceria e disponibilidade para contribuir com o trabalho. Agradeço também ao meu irmão, cujo apoio e incentivo foram fundamentais ao longo deste projeto. Sua colaboração e disposição para compartilhar seus conhecimentos e experiências foram de grande valor para o sucesso deste trabalho.

- João Paulo da Silveira