

**JEAN WILLIAN SANTOS
RENATO CAPELIN DE LARA JUNIOR**

**SISTEMA DE AUTOMATIZAÇÃO RESIDENCIAL DE BAIXO CUSTO
CONTROLADO PELO MICROCONTROLADOR ESP32 E
MONITORADO VIA *SMARTPHONE***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Tecnólogo em Automação Industrial, do Departamento acadêmico de Eletrônica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Josmar Ivanqui

**PONTA GROSSA
2019**



TERMO DE APROVAÇÃO

SISTEMA DE AUTOMATIZAÇÃO RESIDENCIAL DE BAIXO CUSTO CONTROLADO PELO MICROCONTROLADOR ESP32 E MONITORADO VIA *SMARTPHONE*

por

JEAN WILLIAN SANTOS

e

RENATO CAPELIN DE LARA JUNIOR

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 12 de julho de 2019 como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo em Tecnologia em Automação Industrial. O(A) candidato(a) foi arguido(a) pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Josmar Ivanqui
Orientador

Prof. Dr. Felipe Mezzadri
Membro Titular

Prof. Dr. Frederic Conrad Janzen
Membro Titular

Prof. Dr. Josmar Ivanqui
Responsável pelos TCC

Prof. Dr. Felipe Mezzadri
Coordenador(a) do Curso

RESUMO

SANTOS, Jean Willian; LARA JUNIOR, Renato Capelin de. **Sistema de automatização residencial de baixo custo controlado pelo microcontrolador ESP32 e monitorado via *Smartphone***. 2019. 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Automação Industrial)–Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2019.

O presente trabalho tem por objetivo a implementação de um sistema de automatização residencial, também conhecida pelo termo de domótica, para possibilitar acessibilidade e comodidade aos seus usuários. O projeto tem como base a aplicação de um modelo autônomo para os principais controles elétricos de uma casa, através de uma plataforma embarcada no microcontrolador ESP32, tendo sua comunicação embasada na rede wi-fi, tornando possível a supervisão e controle residencial através de um servidor web, resultando em um sistema fundamentado na automatização de baixo custo e de fácil aplicação.

Palavras-chave: automatização residencial. servidor web. microcontrolador esp-32.

ABSTRACT

SANTOS, Jean Willian; LARA JUNIOR, Renato Capelin de. **Low-cost residential automation system controlled by the ESP32 microcontroller and monitored via Smartphone.** 2019. 46 p. Final Coursework (Technology in Industrial Automation) – Federal University of Technology – Paraná. Ponta Grossa, 2019.

This work proposes the implementation of a residential automation system, which can also be defined as home automation, to provide accessibility and convenience to its users. The project is based on the application of an autonomous model for the main electrical controls of a house through a platform embedded in the micro controller Esp32, having its communication over the Wi-Fi wireless network, making possible the supervision and residential control through a web server, resulting in a system based on low cost automation and easy application.

Keywords: home automation. web server. microcontroller esp-32.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Funcionalidades da domótica.	15
Figura 2 – Arduíno Mega 2560.	23
Figura 3 – Microcontrolador ESP32.	23
Figura 4 – Diagrama de blocos do microcontrolador ESP32.	24
Figura 5 – Tela de gerenciamento de placas no <i>software</i> Arduíno IDE.	30
Figura 6 – Tela de gerenciamento de placas no <i>software</i> Arduíno IDE com a pesquisa realizada por ESP32.	31
Figura 7 – Definições das variáveis da programação.	32
Figura 8 – Definições das variáveis da programação.	32
Figura 9 – Etapa de verificação das funções no <i>loop</i>	33
Figura 10 – Estrutura da programação responsável por parte da analogia das condições.	34
Figura 11 – Fluxograma representativo da programação.	34
Figura 12 – Interface 01.	35
Figura 13 – Interface 02.	36
Figura 14 – Autenticação de rede.	37
Figura 15 – Diagrama elétrico.	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Utilização das principais tecnologias na automatização residencial.	16
Tabela 2 – Especificações técnicas.	24
Tabela 3 – Demonstração de valores e quantidade dos componentes utilizados.	39

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

SIGLAS

AURESIDE	Associação Brasileira de automação residencial
BCPL	Basic Combined Programming Language
EHS	European Home System
HTML	Hiper Text Markup Language
HTTP	Hiper Text Transfer Protocol
ICSP	In-circuit Serial Programming
IDE	Integrated development Environment
LDR	Light Dependent Resistor
LED	Light Emitting Diode
PIR	Passive Infrared Sensor
PLC	Power Line Carrier
SDK	Software development kit
USB	Universal Serial Bus

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	ESTADO DA ARTE	11
1.2	PROBLEMA	11
1.3	OBJETIVOS	11
1.3.1	Objetivo geral	11
1.3.2	Objetivo específicos	11
1.4	JUSTIFICATIVA	12
1.5	METODOLOGIA	12
2	REVISÃO DA LITERATURA	14
2.1	AUTOMATIZAÇÃO RESIDENCIAL (DÓMOTICA)	14
2.1.1	Atual mercado da automação industrial	15
2.2	COMPONENTES ELÉTRICOS E ELETRÔNICOS	17
2.2.1	Módulo relé	17
2.2.2	Sensor de luminosidade (LDR)	18
2.2.3	Sensor de presença (PIR)	18
2.2.4	Alarme <i>Buzzer</i>	19
2.2.5	Motor elétrico	19
2.3	PRINCIPAIS REDES DA COMUNICAÇÃO DE DADOS, REDE DE COMPUTADORES	19
2.3.1	<i>Wi-fi</i>	20
2.3.2	Servidor <i>Web</i>	21
2.4	MICROCONTROLADORES	21
2.4.1	Arduíno	22
2.4.2	ESP32	22
2.5	PROGRAMAÇÃO	25
2.5.1	Linguagem de programação C/C++	26
2.5.2	Javascript	26
3	DESENVOLVIMENTO	27
3.1	LEVANTAMENTOS DE DADOS E VARIÁVEIS A SEREM CONTROLADAS	27
3.1.1	Local escolhido para a simulação	27
3.1.2	Objetos de controle	28
3.1.2.1	Lâmpadas	28
3.1.2.2	Portão Elétrico	29
3.1.2.3	Sistema de alarme	29
3.2	PROGRAMAÇÃO DO ESP32	30
3.2.1	Interface com o usuário	33
3.3	MONTAGEM E CONEXÕES DOS COMPONENTES DO SISTEMA	34
3.4	DIFICULDADES ENCONTRADAS NO DESENVOLVIMENTO DO PROJETO	36
3.5	RECURSOS E RESULTADOS	38
3.5.1	Recursos humanos	38
3.5.2	Recursos físicos	38
3.5.3	Recursos financeiros	39

3.5.4	Análise dos resultados	39
4	CONCLUSÃO	41
	REFERÊNCIAS	42
	ÍNDICE REMISSIVO	46

1 INTRODUÇÃO

A partir do século XVIII os dispositivos utilizados para facilitar o trabalho do homem, apresentaram um grande avanço tecnológico, substituindo a mão de obra na fabricação ou transformação de matéria prima por meios automatizados (LIMA; SILVEIRA, 2003).

As vantagens dos sistemas autônomos, como: eficiência energética, custos e precisão, possibilitada por desenvolvimento dos equipamentos e sistemas da automação, também trouxe muitos benefícios para o setor doméstico, surgindo o conceito de domótica, que visa beneficiar ambientes residenciais através da sua automatização (BOLZANI, 2004).

A automação residencial está presente na vida dos seres humanos, apresentando métodos de controle cada vez mais flexíveis e avançados, seja por meio de pequenas aplicações, como a automação de portões, por exemplo, até sistemas complexos que possibilitam o controle de sistemas de energia, eletrodomésticos, sistemas de segurança, sistemas hidráulicos, entre outros (OGATA, 2003).

A expansão da automação residencial pode ser atribuída ao desenvolvimento da eletrônica, bem como o barateamento de algumas tecnologias. Esses aspectos tornaram a automação residencial mais acessível aos consumidores e proporcionaram o aumento desse mercado.

Vários são os benefícios que essas aplicações nas residências podem proporcionar, entre eles, o conforto, a praticidade e a comodidade são os que mais se destacam.

Para atender a esses benefícios, uma das demandas da automação está em controlar a luminosidade de ambientes. Esse controle pode ser realizado manualmente através de dispositivos como *smartphones*, *tablets*, computadores e controle remotos ou automaticamente através sensores e atuadores programáveis (BOLZANI, 2007).

Perpetuar o controle independente ou desenvolver meios auxiliares para atuar sobre interrupções, monitoramento e acionamentos residenciais a distância, além de resultar em um inovador e sofisticado método de interagir com o ambiente, proporciona maior segurança e eficiência energética através da supervisão e controle, que se dá

por meio de dispositivos móveis.

1.1 ESTADO DA ARTE

Atualmente a automatização residencial é composta por uma gama enorme de componentes eletrônicos para criar sistemas integrados, que podem controlar: a iluminação, o consumo e até mesmo o nível de um reservatório de água.

No conceito domótica não se tem padrões a serem seguidos, cada empresa ou desenvolvedor utiliza o meio mais prático e confiável para realizar as tarefas estabelecidas que mais se adequem a necessidade do consumidor final.

1.2 PROBLEMA

Por mais que a tecnologia tenha proporcionado um barateamento dos componentes eletrônicos, a automatização residencial ainda é pouco acessível nas residências brasileiras, apresentando um custo elevado na implementação de sistemas automatizados residenciais.

De que maneira é possível automatizar um ambiente residencial, visando o baixo custo, tornando-o mais acessível financeiramente aos usuários?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

Desenvolver um protótipo para automatização dos principais acionamentos elétricos presentes em uma residência, tais como: iluminação, portão eletrônico e sistema de alarme, comandados e monitorados por meio de um dispositivo móvel.

1.3.2 Objetivo específicos

Os objetivos específicos do projeto são:

- Levantamento das variáveis do ambiente;
- Levantamento dos materiais;

- Instalação integrando todos os componentes e dispositivos;
- Desenvolvimento de um servidor *web* para comando e supervisão;
- Análise comparativa dos principais microcontroladores disponíveis no mercado para a finalidade proposta;
- Programação do microcontrolador;
- Instalação de um protótipo para teste da funcionalidade do sistema;
- Análise dos resultados.

1.4 JUSTIFICATIVA

Segundo a ((AURESIDE), 2016) Associação Brasileira de automação residencial (AURESIDE) o mercado global de automação deve ter um crescimento de 12,5% anual entre 2015 e 2022.

Um estudo realizado pela GS1 Brasil (Associação Brasileira de Automação), demonstrou que no Brasil, 83% dos entrevistados no estudo apresentam interesse em obter algum recurso de automação para facilitar o dia a dia, e que dentre os 17% que não apresentam interesse, 27% afirmam que o custo elevado é um empecilho para que eles insiram alguma forma de automação em suas residências.

Observando esses dados, nota-se que para que esse crescimento da automação residencial se concretize são necessários sistemas de automação mais acessíveis aos usuários, que não utilizem de muitos recursos financeiros e garantam a praticidade.

Baseado nas informações acima justifica-se o presente trabalho.

1.5 METODOLOGIA

O atual projeto utiliza se de meios exploratórios, para assim identificar os principais dados e variáveis a serem trabalhados, que tem como propósito atuar sobre o controle das interrupções elétricas de uma casa, bem como reduzir o consumo energético, fornecendo um ambiente mais eficiente, confortável e seguro.

A sua elaboração dependerá primariamente da realização de um levantamento das variáveis presentes no ambiente, tais como: lâmpadas, atuadores, micro-controlador e sensores.

Após a confecção e implantação do sistema, serão realizados testes para comprovar seu perfeito funcionamento, legitimando a sua capacidade de atingir todos objetivos propostos, aferindo também suas possíveis deficiências.

Por fim se faz necessário um documento para exibição dos dados coletados, onde sejam traçadas as informações referentes a eficiência, consumo e as principais vantagens advindas com a instalação do sistema.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 AUTOMATIZAÇÃO RESIDENCIAL (DÓMOTICA)

Automatização é o campo da ciência que atua basicamente sobre o desenvolvimento de melhorias para determinadas funções, onde possibilite como o nome já indica, serem realizadas de maneira autônoma. Pode ser classificada cronologicamente em automação industrial, residencial e predial (JÚNIOR; CHAGAS; FERNANDES, 2003).

Os equipamentos elétricos das indústrias, em específicos os eletrônicos apresentaram um imenso salto tecnológico, principalmente com as revoluções industriais e as guerras mundiais. Com o passar dos anos esses avanços advindos da evolução da tecnologia no ambiente global, a qual visava primordialmente trazer mais eficiência produtiva no setor da indústria, foi direcionada para o consumo dos grandes mercados criados pela globalização, o qual atualmente tem por objetivo gerar cada vez mais conforto a vida cotidiana (LIMA; SILVEIRA, 2003).

Com a gama cada vez maior de aparatos que tornam mais prática a consolidação dos sistemas autônomos iniciou a expansão dessa arte, tomando uma ramificação que tem como foco as residências aprimorando as para proporcionar maior conforto, integração e segurança, essa área atualmente também pode ser definida pelo termo domótica, que é derivada da junção da palavra *Domus* que significa casa, com a palavra robótica, que faz referência a automatização (BOLZANI, 2004).

A domótica tem como característica a evolução dos meios de comunicação, principalmente para a transmissão sem fio, que enseja a interatividade dos diversos equipamentos presentes nas residências sem a necessidade de cabeamentos, para que através dessa centralização possibilitem o controle, supervisão e reprogramação de maneira simples, para atender as necessidades do usuário, podendo por exemplo ser manipulada através de um *smartphone* (MURATORI; BÓ, 2013).

Alguns dos locais onde se pode encontrar a presença da domótica são em sistemas e instalações de: controle energético, monitoramento, alarmes de incêndio, controle de iluminação, sistemas de ar condicionados entre diversas outras áreas de aplicações (BRANDÃO, 2008).

A Figura 1 representa através de alguns símbolos várias funcionalidades que a domótica proporciona ao usuário.

Figura 1: Funcionalidades da domótica.



Fonte: Brandão (2008).

Os dispositivos que possibilitam a implementação domótica através da internet das coisas podem ser expressos pelos: controladores, *hardwares* e sensores que serão a base estrutural da “inteligência” do sistema, da comunicação representada por protocolos e *drivers* que possibilitam a criação da rede sem fio e a parte física, aonde estarão presentes os atuadores, como por exemplo: motores, ar condicionados e lâmpadas (MILLER, 2015).

2.1.1 Atual mercado da automação industrial

A Expansão da domótica está relacionado com as inúmeras vantagens que a mesma possibilita e pela sua constante modernização, que além de visar o conforto, eficiência energética e acessibilidade, proporciona um conceito cada vez mais moderno de moradia. Esses pontos geram grande aceitação dos clientes e difusão do mercado da automação residencial. (PRUDENTE, 2011).

Para analisarmos o mercado da automação residencial devemos levar em consideração principalmente os avanços nos meios de comunicação, que teve um longo período de sua evolução atalhado pelos diversos protocolos existentes, os quais dificultavam a elaboração de um sistema que englobasse de maneira eficiente os vários componentes eletrônicos das residências, fato que teve fim após os programas de

desenvolvimento como o LonWorks, European Home System (EHS), CEBus e principalmente do KONNEX, que proporcionaram a interligação de inúmeros dispositivos de diferentes fabricantes, através dos meios de transmissão a fio, de rádio frequência e principalmente ethernet (BRANDÃO, 2008).

O marco evolutivo dos protocolos e das conexões sem fio na automatização residencial deve ser comparada com o período de ausência dessas tecnologias, a título de análise quando despontou o conceito, em meados da década de 70, quando houve o surgimento dos primeiros sistemas que de maneira simples e sem nenhuma integração, realizavam acionamentos elétricos a distância, como por exemplo a ligação de lâmpadas, através do método Power Line Carrier (PLC).

Atualmente com a evolução tecnológica, o conceito tornou-se um incorporador, que concentra diversos componentes elétricos e eletrônicos das habitações residenciais em apenas um controlador e sem a necessidade de muitas conexões físicas, fato que é resultante da queda de custos dos itens eletrônicos que executam as ligações principalmente através da internet (MURATORI; BÓ, 2013).

A Tabela 1 representa a utilização das principais tecnologias da automatização residencial:

Tabela 1: Utilização das principais tecnologias na automatização residencial.

TECNOLOGIA	2003	2004	2005	2015
Cabeamento estruturado	42%	61%	49%	80%
Monitoramento de segurança	18%	28%	29%	81%
Controle de iluminação	1%	2%	6%	75%
Automação integrada	0%	2%	6%	70%
Gerenciamento de energia	1%	5%	11%	62%

Fonte: NAHB Research Centre, CEA .

O custo de uma automatização residencial, apesar dos grandes avanços tecnológicos terem proporcionado uma redução de preço dos componentes, em específico na automatização sem fio, ainda continua tendo um custo elevado, sendo que para se desenvolver um sistema de domótica integrando os principais circuitos e acionamentos elétricos de uma casa, para realizar apenas o controle e monitoramento remoto em um portão elétrico e iluminação de uma residência por exemplo, o valor inicial fica em torno de R\$ 900,00 reais, podendo chegar a valores maiores que R\$ 5.700,00 (GOMES; SILVA; GELACKI, 2016).

Através dessa breve análise podemos concluir que a automatização a par-

tir de uma plataforma embarcada no microcontrolador ESP32 e com componentes alternativos como relés e sensores de baixo custo torna viável a automatização para controle e monitoramento a distância de uma residência, sem depender de cabos para a comunicação do sistema.

2.2 COMPONENTES ELÉTRICOS E ELETRÔNICOS

Um componente elétrico ou eletrônico pode ser definido como peça ou parte responsável por uma determinada função em um circuito, podendo ser fabricado de materiais denominados como: condutores, isolantes e semicondutores, sendo o último o de maior destaque nas confecções dos sistemas eletrônicos (FUENTES, 2009).

A eletrônica em específico teve como um de seus marcos iniciais as teorias desenvolvidas por Maxwell por volta de 1865, as quais foram pouco tempo depois colocadas na prática por Hertz, após esses eventos surgiu um interesse ainda maior nessa área, ficando marcado o desenvolvimento e criação do diodo e tríodo por Fleming e Forest nos meados de 1900, permitindo a produção e modulação de ondas eletromagnéticas pelo sistema de válvulas, também conhecido como tubo de áudio e vácuo. Todos esses acontecimentos geraram grandes evoluções dos elementos elétricos e eletrônicos principalmente dos semicondutores muito utilizados nos dias de hoje, presente em praticamente todos os componentes, fazendo com que encontrassem alternativas para matéria prima mais baratas, reduzindo os custos de produção (SCHULER, 2013).

2.2.1 Módulo relé

O relé é um componente elétrico que através da aplicação de uma corrente gera uma indução magnética realizando a movimentação de um contato, servindo na maior parte das vezes como um interruptor a distância, podendo realizar a integração de circuitos de alta potência com circuitos eletrônicos de correntes e tensão inúmeras vezes menores (MORIMOTO, 2016).

Portanto a utilização de módulos relés na automatização é imprescindível, obtendo assim um método de baixo valor financeiro, afim de realizar a conexão entre um circuito eletrônico de baixa potência com um de corrente alternada, como é o

caso do microcontrolador e seus componentes com a parte atuadora de tensões mais elevadas.

No presente projeto o módulo relé foi utilizado para realizar a atuação sobre as lâmpadas presentes no protótipo, desta forma, possibilitando o controle das mesmas pelo microcontrolador.

2.2.2 Sensor de luminosidade (LDR)

O sensor sensível a luz por variação de resistência Light Dependent Resistor (LDR). Estes componentes são de suma importância na eletrônica, entre os mais utilizados estão dois principais métodos: o uso de sensores de luminosidade ambiente do tipo foto transistor e dos resistores dependentes de luz.

O sensor LDR tem como uma das suas características relevante o seu tempo de resposta, que em determinadas aplicações pode ser ineficaz, pois seu sistema é baseado nos princípios da eletrostática, variando o seu tempo de resposta de milissegundos a alguns segundos (JÚNIOR; JR, 2013).

Porem para aplicação do protótipo o sensor LDR atende a todas as necessidades, pois não necessita de um tempo tão rápido de resposta, sendo utilizado para identificar o momento em que a luminosidade do ambiente se encontra reduzida, e através dessa informação realizar o acendimento automático de uma lâmpada.

2.2.3 Sensor de presença (PIR)

Os sensores de presença Passive Infrared Sensor (PIR) são elementos responsáveis pela detecção de pessoas e animais, criados com a finalidade perceptiva que pode ser comparado aos “olhos” da eletrônica, pois atuam diretamente no aviso da presença de um determinado objeto ou individuo (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2011).

Baseando se nos benefícios dos sensores de presença piroelétricos, devido as suas vantagens de preço e de compatibilidade com os microcontroladores atuais, foi adotado como equipamento sensor para desenvolvimento de um sistema de alarme no presente trabalho.

2.2.4 Alarme *Buzzer*

Alguns materiais geram uma variação de tensão elétrica quando são deformados através de um esforço mecânico, essa característica está presente em cristais de quartzo, esse efeito é denominado por piezelétrico.

Uma aplicação simples, porém, muito utilizada relacionada a esse fenômeno é relativa ao princípio contrário do piezelétrico, em equipamentos de emissão sonora de baixa intensidade, popularmente conhecidos como *buzzers*, que quando apresentam uma tensão aplicada sobre os cristais geram sua expansão e conseqüentemente vibrações sonoras. Portanto adotamos esse elemento, para reproduzir um alarme residencial, para fins de simulação, denotando um funcionamento simples com baixas tensões e proporcionalmente bom efeito sonoro (NEPPIRAS, 1972).

2.2.5 Motor elétrico

Os motores elétricos de maneira geral são empregados em larga escala nas automatizações, inicialmente no setor industrial e são a base responsável pelo desenvolvimento do mesmo, tendo como premissas de funcionalidade os fundamentos do eletromagnetismo, são divididos em dois grupos: os motores de corrente alternada (C.A), geralmente utilizados em grandes proporções em circuitos que demandam grande potência e os de corrente contínua (C.C), que são empregados desde brinquedos até elevadores e esteiras que demandam uma característica particular, terem suas velocidades controláveis sem a necessidade de outros dispositivos como os inversores de frequência que é o caso dos motores C.A (CARVALHO, 2018).

Para fins de simulação, utilizou-se de um servo motor, elemento que bem representa um motor elétrico convencional e proporciona uma boa simulação da aplicação.

2.3 PRINCIPAIS REDES DA COMUNICAÇÃO DE DADOS, REDE DE COMPUTADORES

A comunicação de dados é a ciência que estuda os meios e características de transmissão das informações, para isso são necessárias as redes, elementos res-

ponsáveis por criarem conexões entre diversos dispositivos, como por exemplo computadores, podendo ser expressas através de dois grandes grupos: redes que tem como características as interconexões de curto alcance, como por exemplo as residências (LANs) e por sua vez as que possibilitam as conexões remotas, podendo englobar países, denominadas WANs, porém ainda entre essas pode se acunhar uma rede de médio alcance, conhecida por abranger regiões metropolitanas conhecida por MAN (FOROUZAN, 2007).

As redes possuem diferentes modelos com características específicas, porém fundamentados em regulamentações que possibilitam o vínculo entre as mesmas, os dois principais modelos existentes atualmente são: O modelo OSI e a Internet.

Para se obter uma conexão confiável e eficiente são necessários os protocolos, conjuntos de regras padrões onde estarão concentradas as informações e dados.

Segundo (FOROUZAN, 2007) a junção de um emissor, uma mensagem que será transmitida por um meio (constituente físico que fará a conexão entre os pontos), um destinatário que receberá essa mensagem e o protocolo da conexão formaram a estrutura básica para que ocorra a comunicação de dados.

2.3.1 *Wi-fi*

O funcionamento dos equipamentos de transmissão sem fio parte do princípio da propagação de dados através das ondas de rádio, esse conceito é conhecido como Wireless, que foi a base para criação do *wi-fi*, aplicação responsável pela transmissão de internet local sem a necessidade de cabos (BRANQUINHO; REGGIANI; ANDREOLLO, 2011).

Este método de transmissão teve início e padronização no final da década de 90, através do padrão IEEE 802.11, o qual proporcionou a sua expansão, tornando se o mais utilizado para conectar os dispositivos móveis a rede de Internet nas residências da atualidade (LABIOD; AFIFI; SANTIS, 2007).

Sendo assim a sua popularidade no ambiente doméstico o torna viável para a finalidade da domótica, gerando economia dos recursos estruturais e físicos.

2.3.2 Servidor Web

O *web server* ou servidor web em português, é um termo que engloba a parte física conhecida como *software* e o sistema operacional ou *hardware*, são as partes integrantes de um conjunto de armazenamento, transmissão e gerenciamento de dados. A parte física é compreendida por um provedor que irá armazenar arquivos, como é o caso de um computador que guarda informações e arquivos de uma determinada página da internet, já o *software* é a parte que comporta os componentes de controle virtual, composta pelos endereços (URLs), servidores Hiper Text Transfer Protocol (HTTP) entre outros protocolos e ferramentas necessárias para executar essa função (TEIXEIRA, 2004).

Podemos conceituar a funcionamento do servidor web através do exemplo de um acesso, que se iniciará com a pesquisa em um *browser*, após esse usuário definir o que necessita, a busca será realizada através do *software* que nesse caso será através do protocolo de transferência HTTP, que ao encontrar o item requisitado fará o acesso do mesmo no servidor físico e o enviara através de suas camadas.

2.4 MICROCONTROLADORES

Os microcontroladores são equipamentos programáveis de pequeno porte e de baixo custo, desenvolvidos para atuar sobre a administração de ações e eventos, é composto basicamente por uma unidade processadora, memórias, entradas e saídas, controle temporal e conversores analógicos e digitais entre outros, que tem como função realizar ações de controle de maneira remota em sistemas embarcados.

Esse dispositivo segundo (SILVA, 2007) surgiu em meados da década de 70, criado por uma equipe da Texas Instruments, derivado dos então microprocessadores criados para realizar cálculos, posteriormente tomada de decisões, foi incorporado a memórias e outras arquiteturas através de um chip, evoluindo desde então e resultando no equipamento que conhecemos atualmente.

A característica integradora dos microcontroladores por terem ligações com os meios externos através das suas entradas e saídas os tornam muito práticos nas execuções de funções complexas, principalmente na automação e ou automatização, sua conectividade também é algo fundamental para explicar a grande difusão e aplicações

desse aparato, resultando na capacidade de atuar junto a internet, apresentando se como a melhor opções para desenvolver um sistema de controle e monitoramento integrando o com outros dispositivos, podendo servir de *host* para uma página *web*, que baseado em linguagens elementares como o Hiper Text Markup Language (HTML), possibilite o usuário manter a supervisão e gestão dos equipamentos integrados ao microcontrolador remotamente, além do potencial em realizar ajustes e parametrizações de maneira simples e eficiente.

2.4.1 Arduíno

O Arduíno possui um microprocessador ATmega328 que conciliado com outros componentes constituem uma placa de microcontrolador, criada com o intuito de desenvolvimento, podendo ser definida com uma arquitetura aberta com relação aos seus projetos de programação, elétricos e estruturais. Essas placas contem 14 entradas/saídas digitais. Possui 6 entradas analógicas. Além disso, o Arduíno contém um ressonador cerâmico, conectores Universal Serial Bus (USB) e In-circuit Serial Programming (ICSP), possui um cabo de energia e um botão *reset* (ARDUÍNO, 2019).

Essa ferramenta pode ser programada com o *hardware* Integrated development Environment (IDE), disponível no *site* do fabricante. O microcontrolador (ATmega328) presente nesse instrumento vem pré-gravado com um *bootloader* que permite fazer *upload* de novos códigos para ele sem o uso de um programador de *hardware* externo. Ele se comunica usando o protocolo STK500. O microcontrolador Arduíno, conforme pode ser visto na Figura 2, possui diversos acessórios que ampliam sua aplicação, como por exemplo o vínculo com a *ethernet*, para isso é necessário o uso de módulos que permitam a compatibilidade dessa plataforma com os protocolos e conexões da rede.

2.4.2 ESP32

O microcontrolador ESP32 foi projetado pela renomada empresa desenvolvedora de tecnologia *Espressif Systems*, lançado recentemente no mercado, teve sua apresentação no ano de 2016, e já vem sendo considerado como um dos mais robustos e notórios controladores do mercado, tendo como fortes características sua

Figura 2: Arduíno Mega 2560.

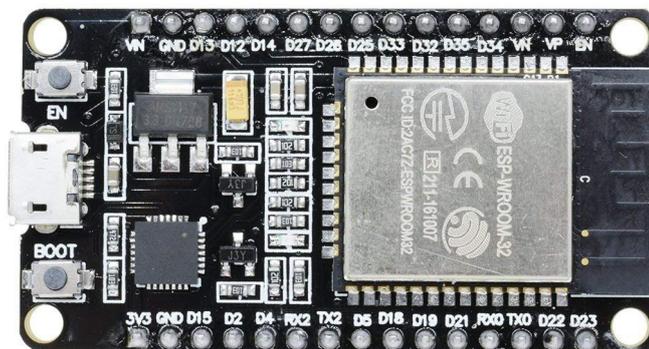


Fonte: Arduíno (2019).

velocidade de processamento, acessibilidade e conectividade, evidenciando essa última principalmente pela sua inteligibilidade com a conexão *wi-fi* (KOLBAN, 2018).

O ESP32 é constituído por um robusto processador, que pode ser visualizado na Figura 3, foi projetado com um modelo que pode ser *single* ou *dual-core* de 32-bit (com dois núcleos físicos de processamento) que pode chegar a trabalhar com frequências de *clock* de até 240 MHz, além de contar com uma vantagem enorme com relação a sua capacidade de armazenamento sendo exponencialmente maior se comparada com a dos já consagrados microcontroladores Arduíno, podendo chegar a ser o dobro tomando como base a memória *flash*, se comparada com o modelo ATmega 2560 (IBRAHIM, 2017).

Figura 3: Microcontrolador ESP32.



Fonte: Kolban (2018).

Na Tabela 2 podemos observar algumas especificações do microcontrolador ESP32, comprovando sua superioridade com relação ao Arduíno:

A conectividade do ESP32 é excelente apresentando dois módulos impares

Tabela 2: Especificações técnicas.

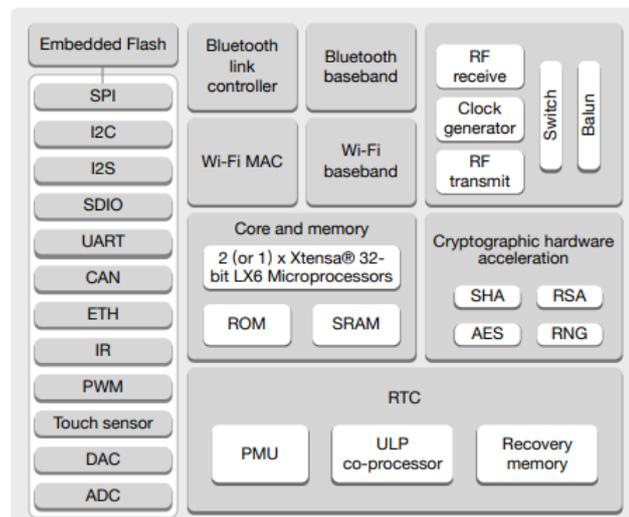
Especificações	Detalhes
Tensão	3.3 V
Memória RAM	520 Kb
Processador	single/dual-core 32 bit
GPIOs	34
Entradas conversoras Analógico/Digital	7

Fonte: (KOLBAN, 2018).

de integração, incorporados ao seu *chip*, com acesso a redes de transmissão sem fio, através de ondas de rádio, representadas pelo protocolo *bluetooth* e o mais conceituado e primordial *wi-fi* se denotando um dos poucos se não o único controlador de pequeno porte que reúne todas essas propriedades, as quais geram além de uma maneira econômica de se ter uma plataforma embarcada de alta empregabilidade, um enorme avanço para a automatização, que direcionando para a residencial, eleva os conceitos como o da domótica e da Internet das Coisas, tópicos muito abordados com a atual revolução da Tecnologia 4.0.

A Figura 4 apresenta em forma de diagrama de blocos a estrutura do ESP32:

Figura 4: Diagrama de blocos do microcontrolador ESP32.



Fonte: Kolban (2018).

A fácil programação do ESP32 é factível através dos diversos *softwares* compatíveis, evidenciando se a linguagem de programação C/C++, que pode ser desenvolvida através do programa Software development kit (SDK) fornecido pela própria desenvolvedora do microcontrolador ou então pelo mais célebre, Arduíno IDE, ademais por apresentar uma estruturada conectividade sem fio é possível realizar a programa-

ção remota, utilizando por exemplo o *wi-fi*.

Tomando como referência os fatos mencionados a viabilidade da utilização do ESP32 como microcontrolador para a execução de um projeto de baixo custo e alta conectividade com os componentes do sistema de automatização residencial é palpável.

2.5 PROGRAMAÇÃO

Segundo (PEREIRA, 2015) a programação é tipificada por ser uma proposta que expresse um determinado ofício através de uma lógica, sendo dividida em várias ascendências sequenciais que possam serem aplicados a um equipamento ou máquina.

Para a transformação de um problema em programação é necessário esmiuçar as causas, para então buscar as resolver de maneira concisa, organizando as causas e soluções de forma proveitosa, por fim traduzir todas as chaves encontradas para uma linguagem que seja compreendida pela máquina aonde se vai atuar.

A programação é fragmentada em diversos tipos de linguagens que possuem suas peculiaridades, bem como vantagens e dispêndios, a precursor da programação foi o *Assembly*, atualmente existem variadas línguas programáticas, como por exemplo: Javascript, Java, Python, C/C++ entre outras, através disso SEBESTA (2011) destaca que é importante buscar a melhor forma para expressar de maneira concisa e bem concebida as ideias de resolução, sendo necessário para isso o amplo conhecimento dos ramos da programação, o que fará com que se poupe tempo, memória e processamento dos controladores.

A linguagem de programação C++ é o resultado da implementação da linguagem C, e vem se tornando uma das mais propagadas no meio dos microcontroladores, devido sua possibilidade de trabalhar com altos e baixos níveis e principalmente por apresentar um bom grau didático, bem como a Javascript que representa uma evolução baseada na sua estrutura, que tornou o desenvolvimento Web tangível através do modo inovador de apresentar conteúdos interativos e animados (DEITEL; DEITEL, 2010).

2.5.1 Linguagem de programação C/C++

A linguagem de programação C++ teve sua fundamentação na linguagem C, que por sua vez é fruto da transformação das anteriores principalmente da Basic Combined Programming Language (BCPL), que foi concebida na década de 80 através de estudos e aperfeiçoamentos empregados por Stroustrup, é baseada na programação orientada a objetos, que possibilita através do recursos, conhecidos como objetos a representação e modelação do mundo real para a programação, facilitando a criação, aprimoramento e correção das programações.

Segundo (DEITEL, 2006) os programas em linguagem C++ além da linguagem propriamente dita, ainda possuem duas estruturas essenciais que os tornam inerentes, conhecidas como classes e funções, que estão comportadas nas bibliotecas, esses utensílios quando usados como fundamentação reduzem o tempo necessário para aprendizagem que se levaria em outras linguagens.

2.5.2 Javascript

Javascript é a linguagem de programação que tem como principal função prover a simplificação de processos, possibilitando a criação de programas embarcados no próprio código das páginas HTML, viabilizando maiores níveis de interação das páginas com o usuário, através do processamento e verificação de dados no computador do cliente, sem a necessidade de acesso constante ao servidor (FLANAGAN, 2011).

Devido á relevância desta linguagem para a criação de páginas web, sua evolução acompanhou o desenvolvimento tecnológico, sendo muito utilizada atualmente, podendo ser observada principalmente na criação de aplicativos para dispositivos móveis, assegurando programas mais dinâmicos e interativos através do controle das animações por exemplo.

3 DESENVOLVIMENTO

O presente projeto diligenciou para o desenvolvimento de um protótipo barato e de baixa complexidade, convergido para automatização de alguns acionamentos elétricos presentes em uma residência, que ofereceria acessibilidade e comodidade para todos os seus moradores caso fosse implementado no ambiente.

A aplicação foi baseada em uma residência de médio porte, que para fins dos testes de funcionalidade foi elaborado através de um sistema compacto para representação, possibilitando em projetos futuros ser aplicado em uma maquete que segundo (IMAI et al., 2015) simula de maneira precisa e didática as concepções de um projeto de um ambiente real.

O projeto tem como aplicação atuar no controle e monitoramento remoto dos acionamentos da iluminação interna e externa, porta de acesso principal, alarme de uma residência, sendo utilizado como programa base um servidor que possa ser acessado pelos principais dispositivos com acesso a rede *Wireless* em específico ao *wi-fi*, como é o caso da maioria dos *smartphones* da atualidade. Tomando como base o conhecimento adquirido ao longo do curso de automação e o suporte técnico abordado na revisão bibliográfica do Capítulo 2.

3.1 LEVANTAMENTOS DE DADOS E VARIÁVEIS A SEREM CONTROLADAS

3.1.1 Local escolhido para a simulação

Optou se pela elaboração do protótipo baseado nos principais acionamentos elétricos de uma casa com dimensões de aproximadamente $56m^2$, com 5 cômodos, os quais estão dispostos em: sala de estar, cozinha, dois quartos e banheiro, sendo constituída por seu ambiente externo por uma varanda e entrada através de um portão principal com funcionamento elétrico. Abaixo está destacado os cômodos da casa e os respectivos elementos a serem controlados:

Na sala de estar estão presentes os seguintes objetos de controle:

- Uma luminária ou lâmpada de *led*;
- Sistema de monitoramento de presença voltado para a porta de entrada, com

alarme sonoro e aviso ao sistema supervisorio conectado à rede.

Cozinha, Banheiro e Quartos:

- Lâmpada ou luminária de *led*;

Área externa:

- Lâmpada ou luminária de *led* com ligamento autônomo baseado na condição da luminosidade que será acionada ao escurecer e se apaga ao amanhecer, podendo essa última ação ser programada pelo usuário e ser requisitada através do sistema de controle;
- Portão elétrico.

3.1.2 Objetos de controle

3.1.2.1 Lâmpadas

No presente projeto optou-se por utilizar lâmpadas de Light Emitting Diode (LED) que são os componentes de iluminação mais apropriados para se obter um bom fluxo luminoso baseando-se na eficiência energética, que segundo (SANTOS et al., 2015) através da sua aplicabilidade se obtém uma economia de recursos elétricos que pode chegar em média a 82% em relação aos outros tipos de lâmpadas mais antigas, conjuntura resultante do seu princípio de funcionamento que é fundamentado na utilização de diodos emissores de luz, fabricados em material semicondutor, que não possuem perdas consideráveis com reações químicas e calor e utilizam baixas potências para produzir luminosidade.

Dessa maneira para realizar o controle e monitoramento desse dispositivo de atuação envolto no projeto, em específico na área interna da residência, basta o envio de um sinal através do servidor *web* (da sua interface) para o microcontrolador que sequencialmente atua sobre o relé que estará diretamente conectado com a lâmpada.

Já para o controle da lâmpada externa além do controle pelo aplicativo, será conectada a um sensor de luminosidade (LDR) que ao detectar a incidência luminosa externa estará atuando na lâmpada de acordo com os parâmetros programados no microcontrolador.

3.1.2.2 Portão Elétrico

O portão elétrico é movido por um motor baseado nos princípios do magnetismo, que se utiliza dessa força para gerar movimento em seu rotor, que por sua vez possui uma caixa de redução de velocidade onde ocorre a baixa da rotação de funcionamento, possibilitando uma abertura suave e precisa no portão.

Para haver o acionamento remoto desse complexo são utilizadas placas de recepção integrada a relés, realizando o controle de sinais, onde estão presentes pequenos dispositivos que armazenam e gerenciam as informações de segurança e acesso, o meio de transmissão dessa comunicação (entre a placa central e o controle) são as ondas de rádios.

Basicamente ao se acionar um botão do controle remoto enviara um sinal ao receptor de frequência, que se for compatível com os protocolos de segurança fará com que os relés abram ou fechem o portão, como o objetivo é trabalhar com a integração de um servidor *web* com o comando do atuador, para cumprimento pratico deverá ter conjunto (placa de controle e recepção) substituída por um módulo relé conectado ao microcontrolador ESP32. Para meios de exemplificação prática, optamos pela adesão de um motor de passo, que será acionado também através do sinal a partir de um comando servidor *web* que ao ser compreendido pelo ESP32 conectará o relé responsável pela determinada ação.

3.1.2.3 Sistema de alarme

Alarmes são meios de aviso, que tem por função alertar sobre ocorrências anormais em um determinado ambiente, são empregados em diversas áreas e muito difundindo nas residências, sendo ferramentas importantes para monitoramento, que podem ser através de simples avisos sonoros até a avisos em supervisórios (TEIXEIRA, 2004).

Geralmente para a elaboração de um sistema de alarme integrado a um sistema de monitoramento a distância, gera alto custos, sendo assim necessária a utilização de dispositivos discretos de custo reduzido para atuar na supervisão ativa da residência.

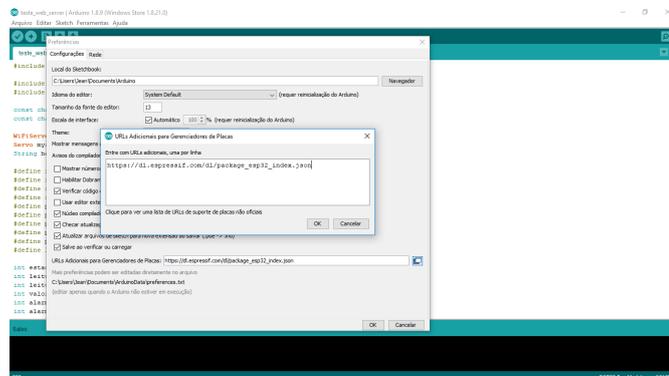
Dessa maneira fixamos o uso de um sensor de presença PIR, responsável

pela parte sensora do cômodo escolhido, que através da detecção de calor que seja incomum ao local situado, com base principalmente na temperatura de um corpo humano, será acionado, esse sinal elétrico analógico será informado ao controlador (ESP32) que ativará de maneira instantânea o alarme sonoro *buzzer* e indicará de maneira visual na tela do dispositivo *online* no servidor *web*.

3.2 PROGRAMAÇÃO DO ESP32

A programação do ESP32 foi desenvolvida no *software* de programação do Arduíno, a sua IDE. Para que fosse possível desenvolver no programa, foi necessário fazer algumas alterações nas “preferências” do *software*, estas alterações consistem em disponibilizar um endereço para o Arduíno IDE, para que seja possível o programa localizar nesse URL informações das placas de programação do ESP32 e disponibiliza-las para *download* dentro do mesmo. A Figura 5 mostra a forma de inserção da url:

Figura 5: Tela de gerenciamento de placas no *software* Arduíno IDE.



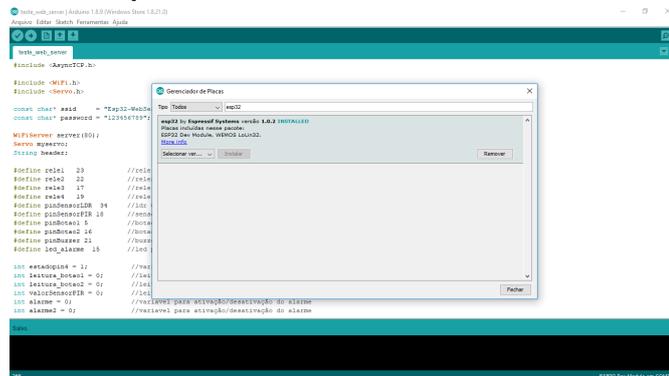
Fonte: Autoria própria.

A Figura 6 mostra o drive de comunicação instalado, o qual possibilita a acessibilidade do ESP32 através do programa Arduíno IDE.

Após adicionar o *drive* no Arduíno IDE já é possível realizar a programação do ESP32.

A programação do ESP32 é realizada utilizando os mesmos comandos, diretivas e funções que se utilizaria para programar um Arduíno, no entanto, dependendo da aplicação, algumas bibliotecas são necessárias serem adicionadas, no caso da programação desse projeto foram adicionadas as bibliotecas WiFi.h e servo.h.

Figura 6: Tela de gerenciamento de placas no *software* Arduino IDE com a pesquisa realizada por ESP32.



Fonte: Autoria própria.

O código de programação inicia com uma série de definições para o ESP 32, entre estas definições estão a criação de variáveis utilizadas na programação, definição de entradas e saídas do microcontrolador, além de algumas funções responsáveis pela comunicação entre o controlador e o servidor *web* e também com o programador.

Após fazer as definições acima, é criada uma rede local *wi-fi*, onde será possível acessar através de um navegador *web* a página *web* que contém os controles dos dispositivos do projeto, como: lâmpadas, porta e alarme. A Figura 7 ilustra a programação:

Dentro da função “void Loop” são chamadas algumas funções responsáveis por comandos específicos de cada aplicação, como por exemplo, na imagem abaixo, dentro do “Loop” é chamada a função “void ldr”. A função “void ldr” encontra-se nas últimas linhas da programação, depois do “void Loop”, assim como as demais funções que são chamadas no “Loop”. Conforme é apresentado na Figura 8:

Na Figura 9 mostra-se um exemplo de função que é chamada do “loop” e já na Figura 10 é apresentado o laço condicional, afim de efetivar as analogias.

Ainda na função “loop” é realizada toda a programação da página *web*, definições dos estilos de página, formatação e escrita, bem como a lógica de funcionamento da mesma.

No desenvolvimento da página *web* foi utilizado linguagens de programação do tipo javascript, que também é aceita pela Arduino IDE combinando a linguagem de javascript com a biblioteca Wi-Fi.h foi desenvolvida os controladores da página, como por exemplo, os botões.

Figura 7: Definições das variáveis da programação.

```

teste_web_server | Arduino 1.8.9 (Windows Store 1.8.21.0)
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

teste_web_server
#include <WiFi.h>
#include <Servo.h>

const char* ssid = "Esp32-WebServer";
const char* password = "123456789";

WiFiServer server(80);
Servo myservo;
String header;

#define rele1 23 //rele 1 GPIO 23 (LUZES SALA/COZINHA)
#define rele2 22 //rele2 GPIO 22 (LUZES QUARTO )
#define rele3 17 //rele 3 GPIO 17 tx2 (LUZES EXTERNAS)
#define rele4 19 //rele 4 GPIO 19
#define pinSensorLDR 34 //ldr GPIO 34
#define pinSensorPIR 18 //sensor PIR GPIO 18
#define pinBotao1 5 //botao controla porta
#define pinBotao2 16 //botao desliga alarme rx2
#define pinBuzzer 21 //buzzer GPIO 2
#define led_alarme 15 //led pisca se o alarme estiver ativo

int estadopin4 = 1; //variavel de indicação de porta aberta ou fechada
int leitura_botao1 = 0; //leitura do botao 1
int leitura_botao2 = 0; //leitura do botao 2
int valorSensorPIR = 0; //leitura do sensor PIR
int alarme = 0; //variavel para ativação/desativação do alarme
int alarme2 = 0; //variavel para ativação/desativação do alarme

String string_rele1 = "desligada"; //variáveis strings para a Web Page
String string_rele2 = "desligada";
String string_rele3 = "desligada";

Salvo.

```

Fonte: Autoria própria.

Figura 8: Definições das variáveis da programação.

```

teste_web_server | Arduino 1.8.9 (Windows Store 1.8.21.0)
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

teste_web_server
pinMode(pinBuzzer, OUTPUT);
pinMode(led_alarme, OUTPUT);
digitalWrite(rele1, LOW);
digitalWrite(rele2, LOW);
digitalWrite(rele3, LOW);
digitalWrite(rele4, LOW);

myservo.attach(4); //define o pino 4 para controle do servo

Serial.begin(115200);

Serial.print("Setting AP (Access Point)");
WiFi.softAP(ssid, password);
IPAddress IP = WiFi.softAPIP();
Serial.print("AP IP address: ");
Serial.println(IP);
server.begin();
}

```

Fonte: Autoria própria.

A Figura 11 ilustra dois fluxogramas. O fluxograma da esquerda representa a programação do “meio físico”, ou seja, a lógica de funcionamento dos componentes, o fluxograma da direita representa a lógica de funcionamento da página *web*.

Figura 9: Etapa de verificação das funções no *loop*.



```

teste_web_server | Arduino 1.8.9 (Windows Store 1.8.21.0)
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

teste_web_server
Serial.println(IP);
server.begin();
}

void loop() {

    ldr(); //chama funções
    sensorPIR();
    botao2();
    botao1();
    alarme_ativo();

    WiFiClient client = server.available();

    if (client) {
        Serial.println("New Client.");
        String currentLine = "";
        while (client.connected()) {
            if (client.available()) {
                char c = client.read();

```

Fonte: Autoria própria.

3.2.1 Interface com o usuário

A interface é a estrutura responsável por possibilitar a interação, controle e monitoramento de todo o sistema autônomo, através de representações gráfica com o usuário, tendo como foco a funcionalidade e integração da planta, de maneira simples, apresentando comandos que possam ser manipulados, compreendidos e acessíveis por qualquer pessoa autorizada.

A página desenvolvida possui cinco botões, cada um com suas respectivas funções, são eles que enviam os comandos para o ESP32. O visual da página muda conforme um botão é pressionado.

As Figura 12 e Figura 13 ilustram dois possíveis cenários da página.

Para que haja controle de acesso criterioso, optou se por implementar um sistema de autenticação de rede, através da chave de segurança da rede *wi-fi*, representado na Figura 14.

Figura 10: Estrutura da programação responsável por parte da analogia das condições.

```

teste_web_server | Arduino 1.8.9 (Windows Store 1.8.21.0)
Arquivo  Editor  Sketch  Ferramentas  Ajuda

teste_web_server
Serial.println( );
}
}
void ldr(){
int ldrValor = analogRead(pinSensorLDR); //o valor lido será entre 0 e 40
if (ldrValor>= 3000){
digitalWrite(rele3, HIGH); //acende luzes externas
string_rele3 = "ligada";
} else {
digitalWrite(rele3, LOW); //apaga luzes externas
string_rele3 = "desligada";
}
delay(2);
}

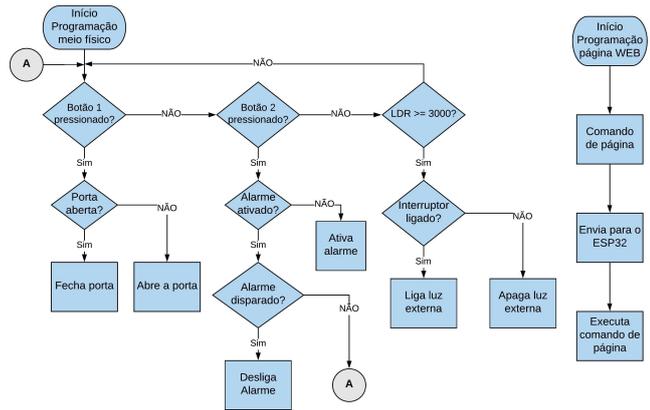
void sensorPIR(){
valorSensorPIR = digitalRead(pinSensorPIR);

if (valorSensorPIR == 1 && alarme2 == 1){
alarme = 1;
}

if (alarme == 1 && alarme2 == 1){
digitalWrite(pinBuzzer, HIGH);
} else{
}
}
    
```

Fonte: Autoria própria.

Figura 11: Fluxograma representativo da programação.



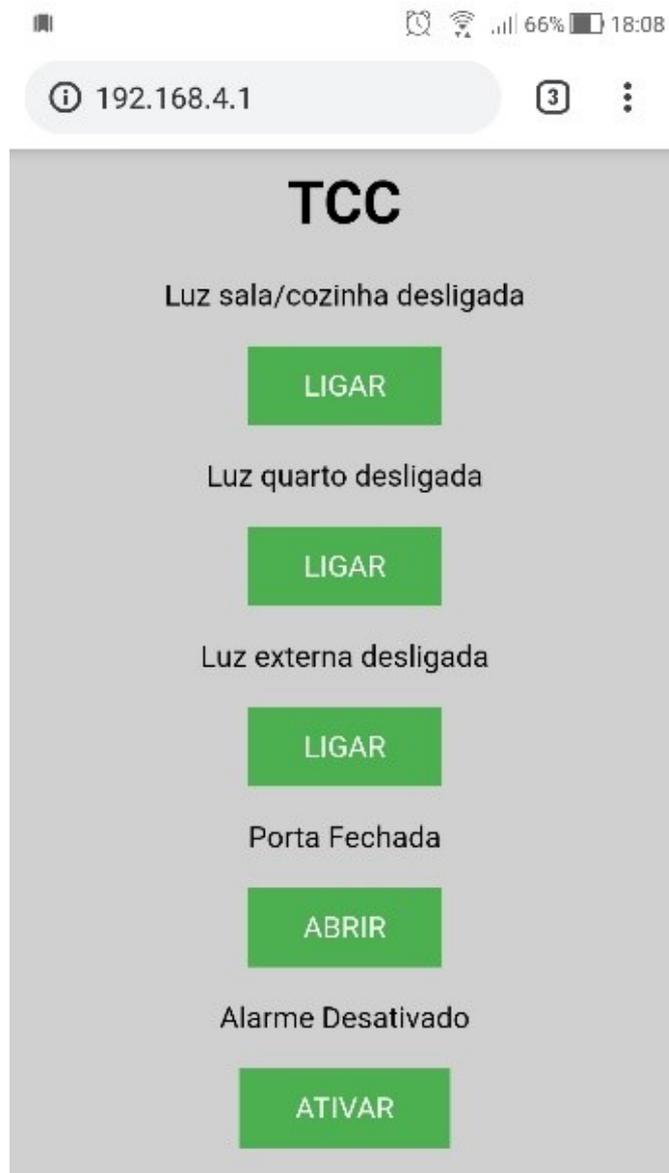
Fonte: Autoria própria.

3.3 MONTAGEM E CONEXÕES DOS COMPONENTES DO SISTEMA

Para realizar a montagem e integração dos componentes se fez necessário a utilização de uma matriz de contatos, acessório que para fins experimentais e de verificação da funcionalidade do sistema desenvolvido, foi o método mais adequado, devido a sua simplicidade, baixo custo e trabalhabilidade apresentada com os dispositivos.

O ESP32 é o dispositivo impar para elaboração de um projeto de automatização que visa a diminuição dos custos financeiros e da demanda por tempo, por ser uma plataforma que como observamos pode ser programada por diversas linguagens de programação, das quais foi estabelecida C++ como ferramenta de desenvolvimento

Figura 12: Interface 01.



Fonte: Autoria própria.

para o programa, por já ser bastante difundida, poupando tempo através das bases programáticas, tendo também ponto de destaque o fato de apresentar na sua estrutura os já incorporados módulos de transmissão sem fio, método confiável e funcional definido para que se possa trabalhar de maneira remota, extinguindo a necessidade restrita a cabeamentos, sendo a melhor opção utilizar o módulo *wi-fi*, compatível com a maioria dos dispositivos de comunicação, sejam computadores portáteis ou *smartphones*.

Em virtude das vantagens da programação e de transmissão criamos um servidor *web* para hospedar um programa de interface com o usuário, permitindo acesso e controle das informações e dos elementos do sistema autônomo.

Figura 13: Interface 02.

Fonte: Autoria própria.

O equipamento definido para executar a ação de integrar o microcontrolador e os dispositivos atuadores é o módulo relé, que possibilita a transmissão dos comandos enviados pelo Arduíno aos equipamentos de tensão mais elevada.

Um diagrama elétrico do circuito desenvolvido está ilustrado na Figura 15.

3.4 DIFICULDADES ENCONTRADAS NO DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Apesar de todas as vantagens do ESP32 notamos certos empecilhos com relação a algumas bases programáticas desenvolvidas para o Arduíno, onde tivemos que realizar alterações em bibliotecas e adequações nos códigos das funções pré-

Figura 14: Autenticação de rede.

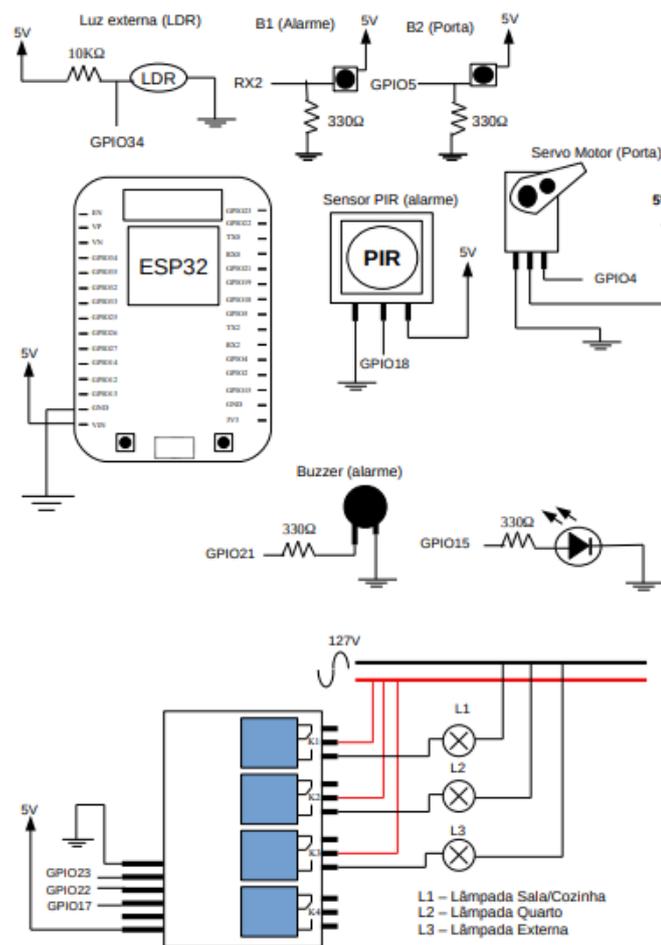
Fonte: Autoria própria.

existentes, para alcançar o objetivo do correto funcionamento.

Além disso, o ESP32 fornece uma tensão de saída de 3,3 volts, contudo para o acionamento do módulo relé e também do servo motor é necessário que a alimentação desses componentes seja de 5 volts, portanto, foi preciso utilizar uma fonte externa para alimentar esses componentes.

Primeiramente optou-se por tornar a fonte externa a única fonte de alimentação do circuito, porém ao implementar o circuito dessa forma, verificou-se que o mesmo apresentava sinais de oscilação de energia. Então, o circuito foi dividido de forma que houvesse duas fontes de alimentação, a externa e a alimentação fornecida pelo ESP32. A fonte externa fornece energia para o módulo relé e para o servo motor,

Figura 15: Diagrama elétrico.



Fonte: Autoria própria

já o ESP32 fornece energia para o restante dos componentes, que não necessitam dos 5 volts para funcionar, como os botões, *leds* e resistores.

3.5 RECURSOS E RESULTADOS

3.5.1 Recursos humanos

Para a elaboração do sistema autônomo foi necessário o trabalho de três pessoas, dois desenvolvedores e o orientador do projeto.

3.5.2 Recursos físicos

Para montagem e testes dos dispositivos envolvidos no projeto foram utilizados os laboratórios da UTFPR e um computador pessoal para programação.

3.5.3 Recursos financeiros

Na Tabela 3 estão dispostos todos os componentes utilizados para a elaboração do protótipo, bem como seus custos e quantidades:

Tabela 3: Demonstração de valores e quantidade dos componentes utilizados.

Componente	Quantidade	Valor Unitário	Preço Total
Microcontrolador ESP32	1	R\$ 66,90	R\$ 66,90
Resistor	5	R\$ 0,40	R\$ 2,00
Cabos	15	R\$ 2,50	R\$ 37,50
Matriz de contatos	1	R\$ 15,90	R\$ 15,90
Servo motor	1	R\$ 17,90	R\$ 17,90
Sensor de presença e movimento (PIR)	1	R\$ 10,90	R\$ 10,90
Módulo Relé de 4 canais	1	R\$ 24,90	R\$ 24,90
LED	1	R\$ 2,00	R\$ 2,00
Alarme Buzzer	1	R\$ 1,70	R\$ 1,70
Receptáculo	3	R\$ 3,50	R\$ 10,50
Fonte ajustável	1	R\$ 10,90	R\$ 10,90
Sensor de luminosidade LDR 5mm	1	R\$ 3,80	R\$ 3,80
Botões	2	R\$ 3,00	R\$ 6,00
Lâmpadas LED	3	R\$ 9,90	R\$ 29,70
		Custo final:	R\$ 240,60

Fonte: Autoria própria.

Portanto podemos observar através da Tabela 3 que para montar a estrutura principal do projeto, composta pelo controlador ESP32, elementos sensores PIR e LDR, bem como o dispositivo de acionamento de módulo relé, foi aplicado o investimento total de R\$ 106,50, esse conjunto forma um sistema que pode ser empregue diretamente na implementação em um ambiente residencial, automatizando os principais acionamentos elétricos presentes no mesmo. Para fins comprobatórios, foram conectados ao circuito anterior, dispositivos para testes necessários, provando assim a sua funcionalidade através da simulação.

3.5.4 Análise dos resultados

A automatização residencial possui diversos níveis de implementação, consequentemente os custos para sua aplicação também são variáveis, mas como vimos no Capítulo 2 ainda são incompatíveis com o atual mercado.

Com a elaboração do presente projeto podemos notar que com a utilização de um microcontrolador eficiente, fato denotado pelo emprego do ESP32, por ter incluso em sua estrutura o módulo *wi-fi*, suprime a utilização de cabos, reduzindo assim os

custos da conexão entre a central de controle e a interface com usuário, substanciando os custos e proporcionando um sistema de automatização funcional, de fácil instalação e manutenção.

Porém com a aplicação do sistema de transmissão sem fio, percebemos que para a implementação real do projeto, se faz necessário adição de protocolos e sistemas de seguranças confiáveis, tendo em vista que apenas o modelo de autenticação e acesso do *wi-fi* pode ser facilmente invadido.

4 CONCLUSÃO

A automatização residencial é pouco difundida devido aos altos custos da sua implementação. Desta maneira foram estabelecidos os objetivos que buscamos alcançar através da elaboração de um protótipo, simulando um sistema residencial automatizado e eficiente, com o intuito de tornar o ambiente mais acessível, englobando aspectos referentes a comodidade e racionamento energético. Fundamentados no controle e supervisão remota dos principais acionamentos elétricos presentes em um domicílio.

Para alcançar estes atributos foi imprescindível a utilização de um microcontrolador confiável e com grande flexibilidade, características encontradas no ESP32 por ter grande poder de processamento e módulo *wi-fi* integrado a sua estrutura, se apresentando como uma alternativa economicamente viável, reduzindo a necessidade de cabos e espaço para as conexões físicas.

Dessa forma ao analisarmos os fatos mencionados no presente projeto, podemos evidenciar que todos os objetivos propostos foram alcançados. Resultando em um protótipo de custo reduzido, que do ponto de vista funcional controla e supervisiona os principais acionamentos elétricos de uma moradia. Porém para a aplicação real e comercial, necessita de um complexo estudo sobre o custo do desenvolvimento do software, bem como a busca por um fornecedor que proporcione o circuito como um produto final, pronto para o emprego, que em larga escala reduza ainda mais os custos de seus componentes, sendo estas, sugestões para um futuro projeto.

REFERÊNCIAS

ARDUÍNO. **Arduíno UNO Rev. 3**. [S.l.], 2019. Acesso: 04/03/2019. Disponível em: <<https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>>. Citado 2 vezes nas páginas 22 e 23.

(AURESIDE), Associação Brasileira de Automação Residencial e Predial. **Relatório de previsões para o mercado global de Automação Residencial**. [S.l.], 2016. Acesso: 29/06/2019. Disponível em: <<http://www.areside.org.br/noticias/previsoes-para-o-mercado-global-de-aut.-residencial>>. Citado na página 12.

BOLZANI, Caio Augustus Moraes. **Residenciais Inteligentes**. São Paulo, SP: Livraria de física, 2004. 332 p. Citado 2 vezes nas páginas 10 e 14.

_____. Desmistificando a Domótica. **Sinergia**, v. 8, n. 1, p. 17–20, jan. 2007. Citado na página 10.

BRANDÃO, Roque Filipe Mesquita. A Domótica ao Serviço da Sociedade. **Revista Técnico-Científica**, n. 1, 2008. Disponível em: <<https://parc.ipp.pt/index.php/neuroaterra/article/view/273>>. Citado 3 vezes nas páginas 14, 15 e 16.

BRANQUINHO, Omar C.; REGGIANI, Norma; ANDREOLLO, Augusto G. **Redes de comunicação de dados sem fio: Uma análise de desempenho**. [S.l.], 2011. Acesso: 29/04/2019. Disponível em: <<http://www.homexpert.com.br/areaservada/wp-content/uploads/2011/06/Redes-de-comunica%C3%A7%C3%A3o-sem-fio-Uma-an%C3%A1lise-de-desempenho.pdf>>. Citado na página 20.

CARVALHO, Geraldo. **Máquinas elétricas: teoria e ensaios**. 4 ed.. ed. São Paulo: Érica, 2018. ISBN 9788536501260. Citado na página 19.

DEITEL, Harvey M. **C++: Como Programar**. [S.l.]: Pearson Universidades, 2006. Citado na página 26.

DEITEL, H. M.; DEITEL, P. J. **Java - Como programar**. [S.l.]: Pearson Universidades, 2010. Citado na página 25.

FLANAGAN, David. **JavaScript: The Definitive Guide**. [S.l.]: O'Reilly Media, 2011. Citado na página 26.

FOROUZAN, Behrouz A. **Comunicação de Dados e Redes de Computadores**. [S.l.]: Amgh Editora, 2007. Citado na página 20.

FUENTES, Rodrigo Cardozo. **Eletrônica**. 2009. Acesso: 05/05/2019. Disponível em: <http://redeetec.mec.gov.br/images/stories/pdf/eixo_ctrl_proc_indust/tec_autom_ind/eletronica/161012_eletronica.pdf>. Citado na página 17.

GOMES, Andrew Bueno; SILVA, Guilherme de Almeida Cardoso da; GELACKI, Raphael. Automação residencial utilizando uma plataforma de baixo custo. In: **Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Automação Industrial)**. [S.l.]: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2016. p. 44. Citado na página 16.

IBRAHIM, Dragan. **The Complete ESP32 Projects Guide**. 1a. ed. [S.l.]: Elektor Digital, 2017. Citado na página 23.

IMAI, Cesar et al. O MODELO TRIDIMENSIONAL FÍSICO COMO INSTRUMENTO DE SIMULAÇÃO NA HABITAÇÃO SOCIAL. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, Universidade de São Paulo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBiUSP, v. 10, n. 2, p. 7, nov 2015. Citado na página 27.

JÚNIOR, Antônio Pereira Araujo; CHAGAS, Vasconcelos das; FERNANDES, Raphaela G. Uma Rápida Análise sobre Automação Industrial. **Redes para Automação Industrial**, 2003. Citado na página 14.

JÚNIOR, José Mendes; JR, Sergio Stevan. Ldr e sensores de luz ambiente : Funcionamento e aplicações. In: . [S.l.: s.n.], 2013. Citado na página 18.

KOLBAN, Neil. **Kolban's book on ESP32**. [S.l.]: Leanpub, 2018. Citado 2 vezes nas páginas 23 e 24.

LABIOD, Houda; AFIFI, Hossam; SANTIS, Costantino de. **Wi-Fi™, Bluetooth™, Zigbee™ and WiMax™**. [S.l.]: Springer Netherlands, 2007. Citado na página 20.

LIMA, Weldson Q.; SILVEIRA, Leonardo. **Um breve histórico conceitual da Automação Industrial e Redes para Automação Industrial**. Natal, RN, 2003. Acesso: 06/04/2019. Disponível em: <https://www.dca.ufrn.br/~affonso/FTP/DCA447/trabalho1/trabalho1_13.pdf>. Citado 2 vezes nas páginas 10 e 14.

MILLER, Michael. **The Internet of Things: How Smart TVs, Smart Cars, Smart Homes, and Smart Cities Are Changing the World**. Indiana: Que Publishing; 1 edition (April 5, 2015), 2015. ISBN 0789754002. Citado na página 15.

MORIMOTO, Carlos E. **Dicionário, Termos Técnicos de Informática**. 3. ed. São Paulo: Ensino Profissional, 2016. Acesso: 25/05/2019. Disponível em: <<http://livros01.livrosgratis.com.br/hd000001.pdf>>. Citado na página 17.

MURATORI, José Roberto; BÓ, Paulo Henrique Dal. **Automação Residencial: histórico, definições e conceitos**. [S.l.], 2013. Disponível em: <http://www.instalacoeseltricas.com/download/Automacao_residencial1.pdf>. Citado 2 vezes nas páginas 14 e 16.

NEPPIRAS, E.A. Piezoelectric ceramics 1971: B. jaffe, w. r. cook jr and h. jaffe. london and new york: Academic press. 317 pp. **Journal of Sound and Vibration**, v. 20, n. 4, p. 562 – 563, 1972. ISSN 0022-460X. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0022460X72906840>>. Citado na página 19.

OGATA, K. **Engenharia de Controle Moderno**. [S.l.]: Prentice-Hall, 2003. v. 4a edição. Citado na página 10.

PANESI, André R. Quinteros. **Fundamentos de Eficiência Energética**. São Paulo, SP: Ensino Profissional, 2006. Nenhuma citação no texto.

PEREIRA, Silvio do Lago. **Estruturas de Dados em C. Uma Abordagem Didática**. [S.l.]: Érica, 2015. Citado na página 25.

PRUDENTE, Francesco. **Automação Predial e Residencial - Uma Introdução**. 1. ed. [S.l.]: LTC, 2011. ISBN 9788521606178. Citado na página 15.

SANTOS, Talía Simões dos et al. Análise da eficiência energética, ambiental e econômica entre lâmpadas de LED e convencionais. **Engenharia Sanitaria e**

Ambiental, FapUNIFESP (SciELO), v. 20, n. 4, p. 595–602, dec 2015. Citado na página 28.

SCHULER, Charles. **Eletrônica II**. [S.l.]: Amgh, 2013. Citado na página 17.

SILVA, Renato A. **Programando Microcontroladores Pic - Linguagem C**. [S.l.]: Ensino Profissional, 2007. ISBN 8599823043. Citado na página 21.

TEIXEIRA, Mário Antonio Meireles. **Suporte a serviços diferenciados em servidores web: modelos e algoritmos**. maio 2004. Tese (Doutorado) — Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, maio 2004. Citado 2 vezes nas páginas 21 e 29.

THOMAZINI, Daniel; ALBUQUERQUE, Pedro Urbano Braga de. **Sensores Industriais - fundamentos e aplicações**. [S.l.]: Érica, 2011. ISBN 8536500719. Citado na página 18.

ÍNDICE REMISSIVO

AURESIDE, 12

BCPL, 26

EHS, 16

HTML, 22

HTTP, 21

ICSP, 22

IDE, 22

LDR, 18

LED, 28

PIR, 18, 29

PLC, 16

SDK, 24

USB, 22