



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba
Campus Campina Grande
Curso Superior de Bacharelado em Engenharia de Computação

Monitoramento do balanço hídrico de uma residência: uma abordagem prática utilizando IoT

Laerty Santos da Silva

Orientador: Dr. Alexandre Sales Vasconcelos

Campina Grande, Outubro de 2021



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba
Campus Campina Grande
Curso Superior de Bacharelado em Engenharia de Computação

Monitoramento do balanço hídrico de uma residência: uma abordagem prática utilizando IoT

Laerty Santos da Silva

Monografia apresentada à Coordenação do Curso Superior de Bacharelado em Engenharia de Computação do IFPB Campus Campina Grande, como requisito parcial para conclusão do curso de Bacharelado em Engenharia de Computação.

Orientador: Dr. Alexandre Sales Vasconcelos
Campina Grande, Outubro de 2021

S586m Silva, Laerty Santos da.

Monitoramento do balanço hídrico de uma residência: uma abordagem prática utilizando IoT. / Laerty Santos da Silva. - Campina Grande, 2022.

74f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Bacharelado em Engenharia de Computação) - Instituto Federal da Paraíba, 2022.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Sales Vasconcelos.

1. Internet das coisas. 2. Automação residencial - monitoramento de recursos hídricos. 3. Dispositivos inteligentes I. Vasconcelos, Alexandre Sales II. Título.

CDU 681.5

MONITORAMENTO DO BALANÇO HÍDRICO DE UMA RESIDÊNCIA:
UMA ABORDAGEM PRÁTICA UTILIZANDO IOT

Monografia apresentada à Coordenação do Curso Superior de Bacharelado em Engenharia de Computação do IFPB Campus Campina Grande, como requisito parcial para conclusão do curso de Bacharelado em Engenharia de Computação.

LAERTY SANTOS DA SILVA

Data de Aprovação: Campina Grande – PB. ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Dr. Alexandre Sales Vasconcelos
Orientador - IFPB Campus Campina Grande

Dr. Moacy Pereira da Silva - Avaliador
Avaliador - IFPB Campus Campina Grande

Dr. Petrônio Carlos Bezerra - Avaliador
Avaliador - IFPB Campus Campina Grande

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus por ter me dado o dom da vida e por ter me livrado de tantos riscos e situações complicadas como o acidente automobilístico no trabalho em que acabei fraturando seriamente a clavícula em agosto de 2018.

Agradecer os meus pais, que nunca permitiram que eu me acomodasse e sempre me apoiaram nos estudos, pois são meus maiores incentivadores e sempre acreditaram e investiram no meu potencial.

Agradecer à minha noiva Darliane, que durante esse período foi muito compreensiva nas inúmeras vezes em que tive que sacrificar o convívio com ela e com meu enteado Pietro para trabalhar nos finais de semana e assim perder o mínimo possível de aulas durante a semana. Foi ela também que durante o transcorrer deste curso me proporcionou uma das maiores alegrias que já pude sentir na vida que foi me abençoar com meu lindo filho Lucca.

Aos vários comandantes de companhia da PMPB que tive nesse período, pois nunca fizeram objeção nas vezes em que precisei permutar plantões para não perder atividades acadêmicas importantes.

Agradecer também aos meus colegas de sala, em especial a Thiago Natan, Marlon Costa, Leonardo de Souza, Alberto Félix, William Adriano e Victor Loureiro. Vocês foram disparados, em todos os meus anos de estudo, os melhores colegas de classe que eu poderia desejar. Nossa turma, a primeira do curso, sempre se destacou pela união, pela responsabilidade e pelo alto nível dos alunos que permaneceram até aqui, sempre ajudando uns aos outros de forma que pudéssemos cumprir da melhor forma possível e num clima altamente harmonioso, todas as nossas obrigações acadêmicas.

Agradecer a todos os professores, em especial a Henrique Cunha, Paulo Ribeiro, Fagner Araújo, Jerônimo Rocha, George Sobral, Demétrio Gomes, Moacyr Pereira, Weidson Amaral, Jhonatas Barbosa e Katyusco Farias que sempre se demonstraram muito preocupados com a nossa formação acadêmica, mas também com a capacitação para o mercado de trabalho, sempre sugerindo projetos, estágios e diversas oportunidades que pudessem de fato enriquecer o nosso currículo profissional.

Ao meu orientador, Alexandre Vasconcelos, que não deixou de se mostrar solícito em me ajudar e por fornecer um norte para minha pesquisa mesmo após um longo período sem contato, em que tive questões pessoais que me deixaram a beira de deixar tudo para um próximo semestre.

Enfim, agradecer a todos os funcionários do IFPB, do pessoal de serviços gerais (em especial Ângela Medeiros) ao Diretor, que sempre zelaram para oferecer o seu melhor para que pudéssemos ter um ambiente agradável de ensino-aprendizagem com estruturas físicas e um corpo técnico de qualidade. Sem dúvidas é a melhor instituição de ensino à qual tive a honra de fazer parte e que espero voltar em breve.

A felicidade obtida facilmente jamais dura. Porém, uma felicidade conquistada com muito esforço não é destruída tão facilmente.

Hagoromo

RESUMO

Em um mundo em que a necessidade de evoluções tecnológicas ganha mais relevância a cada dia, soluções de conectividade capazes de permitir que dispositivos utilizados no cotidiano tornem-se mais acessíveis e eficientes são tidas como bastante promissoras. Nesse contexto, a Internet das Coisas e a Automação Residencial têm permitido que usuários com conhecimento básico de informática desfrutem de soluções tecnológicas que lhes proporcionem maior conforto, economia e qualidade de vida mesmo a um custo relativamente baixo. O objetivo deste trabalho é construir um rol consistente de informações atualizadas sobre dispositivos, tecnologias, protocolos e plataformas mais utilizados para automação residencial, mais especificamente para o monitoramento inteligente dos recursos hídricos de uma casa, de modo a permitir que o usuário escolha, a partir de requisitos funcionais e não-funcionais específicos, qual é a solução que mais se encaixa no seu perfil e nas limitações financeiras ou espaciais da sua residência. Além disso, será exposta uma implementação prática utilizando sensores e atuadores numa plataforma integradora online que vem recebendo inúmeros recursos e obtendo considerável destaque no ramo de Automação Residencial, o *HomeAssistant*.

Palavras-chave: Internet das Coisas, Automação Residencial, Monitoramento de Água, HomeAssistant.

ABSTRACT

In a world where the need for technological developments is becoming more and more relevant every day, connectivity solutions capable of allowing devices used in everyday life to become more accessible and efficient are seen as very promising. In this context, the Internet of Things and Home Automation have allowed users with basic computer knowledge to enjoy technological solutions that provide them greater comfort, economy and quality of life even at a relatively low cost. The objective of this work is to build a consistent list of up-to-date information on devices, technologies, protocols and platforms most used for home automation, more specifically for the intelligent monitoring of water resources in the home, in order to allow the user to choose, according to his functional and non-functional requirements, what is the solution that best fits his profile and the financial or spatial limitations of your residence. In addition, a practical implementation using sensors and actuators in an online integrator platform that has been receiving numerous resources and gaining considerable prominence in the field of Home Automation, the *HomeAssistant*, will be exposed.

Keywords: Internet of Things, Home Automation, Water Monitoring, HomeAssistant.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição da Internet via rede elétrica com adaptadores powerline.....	20
Figura 2 - Quadro comparativo Wi-Fi 5 / Wi-Fi 6	25
Figura 3 - Gráfico de Offload de tráfego dados 2022.....	26
Figura 4 - ZigBee vs Z-Wave.	30
Figura 5 - Estudo da consultoria alemã Statista acerca do mercado de IoT	33
Figura 6 - PCB do Sonoff SV	40
Figura 7 - Comparativo Raspberry Pi 3 Model B+ versus Raspberry Pi 4 Model B	42
Figura 8 - Exemplo de código de um sensor de temperatura no Arduino	49
Figura 9 - Exemplo de código de vários sensores de temperatura no HomeAssistant.....	50
Figura 10 - PCB do NodeMCUv2	52
Figura 11 - Configuração de sensor no ESPHome via GPIO.....	52
Figura 12 - Configuração de sensor no ESPHome pelo nome do pino	53
Figura 13 - Sensor de chuva YL-83.....	56
Figura 14 - Sonoff DW2 Wi-Fi	56
Figura 15 - Sensor de Temperatura Dallas DS18B20 Micro.....	57
Figura 16 - Sensor de Temperatura Dallas DS18B20 Waterproof.....	57
Figura 17 - Medição da tensão causada pelo Efeito Hall	58
Figura 18 - Sensor de fluxo de efeito hall YF-DN50	59
Figura 19 - Sensor de fluxo de Efeito Hall YF-B5.....	60
Figura 20 - Estrutura interna de uma Válvula Solenoide NF	61
Figura 21 - Válvula Solenoide 220V AC	62
Figura 22 - Placa do Módulo Interruptor Sonoff RF	62
Figura 23 - Montagem dos dispositivos no ambiente de teste.....	63
Figura 24 - Visão geral dos componentes instalados no HomeAssistant	66
Figura 25 - Pinagem do PCB do NodeMCU	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparativo Bluetooth x BLE.....	22
Tabela 2 - Quadro comparativo Wi-Fi 5 / Wi-Fi 6. Fonte:	25
Tabela 3 - Análise comparativa ZigBee x Z-Wave. Fonte:.....	30
Tabela 4 - Comparação entre sensores ultrassônicos HC-SR04 e US-100	54
Tabela 5 - Detalhamento de custos do trabalho.....	65
Tabela 6 - Análise das medidas obtidas com o sensor ultrassônico	68

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	4
RESUMO	6
ABSTRACT	7
LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE TABELAS	9
1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS.....	14
2.1 Objetivo Geral.....	14
2.2 Objetivos Específicos	14
2.2.1 Monitorar o volume dos reservatórios da casa	14
2.2.2 Monitorar o volume pluviométrico na região em que está localizada a casa	14
2.2.3 Observar o consumo geral de água na casa	15
2.2.4 Observar o consumo de setores da casa.....	15
2.2.5 Monitoramento da temperatura da água armazenada no boiler solar.....	15
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
3.1 Protocolos utilizados em Automação Residencial.....	19
3.1.1 PLC.....	19
3.1.2 Bluetooth	20
3.1.3 Bluetooth Low Energy – BLE.....	21
3.1.4 Wireless Mesh Networks - WMN	22
3.1.5 Wi-Fi.....	23
3.1.6 ZigBee	27
3.1.7 Z-Wave	29
3.2 Automação Residencial	31
3.2.1 Contextualização	31
3.2.2 Assistentes de Voz.....	32
3.2.3 Google Home.....	34
3.2.4 Apple HomeKit	35
3.2.5 Samsung SmartThings.....	35
3.2.6 Amazon Alexa	36
3.3 Plataformas de Hardware para Automação Residencial.....	37
3.3.1 Arduino.....	38
3.3.2 ESP8266	39

3.3.3	NodeMCU	39
3.3.4	Sonoff	40
3.3.5	Plataformas para projetos futuros	41
3.4	Dashboards.....	44
3.4.1	Blynk	45
3.4.2	Cayenne	45
3.4.3	ThinkSpeak.....	46
3.4.4	HomeAssistant.....	46
4	METODOLOGIA	48
4.1	Tecnologias utilizadas.....	48
5	DESENVOLVIMENTO	49
5.1	Configuração do HomeAssistant	49
5.2	ESPHome.....	51
5.3	Sensores utilizados.....	53
5.3.1	Sensor Ultrassônico	54
5.3.2	Sensor de Chuva	55
5.3.3	Sensor de Temperatura	56
5.3.4	Sensor de Fluxo de Água.....	58
5.4	Atuadores	60
5.4.1	Válvulas Solenoides	60
5.5	Montagem dos Circuitos	62
5.6	Custos do Projeto	65
6	AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS	66
7	CONCLUSÃO	70
	ANEXO A - DETALHES DE PINAGEM DO NODEMCU	71
	ANEXO B - SCRIPT PYTHON - VARIAÇÃO DE VOLUME DOS RESERVATÓRIOS...	73
	REFERÊNCIAS	74

1 INTRODUÇÃO

Os termos IoT (*Internet of Things* – Internet das Coisas), Casa Inteligente e Automação Residencial vêm se tornando amplamente conhecidos não só por entusiastas da área de Tecnologia da Informação, mas também pelo público em geral há pelo menos 10 anos, devido à expansão, popularização e evolução dos dispositivos “inteligentes”. Observa-se que muitas vezes as pessoas utilizam dispositivos de IoT de forma tão habitual que nem se dão conta, como pode ser observado em sistemas eletrônicos de pagamentos, smart TVs, dispositivos *wearables* (pulseiras, relógios e óculos inteligentes) e aplicativos de saúde, entre outros.

Posteriormente, em especial nos últimos anos, a disponibilização dos assistentes de voz, fez com que houvesse relevante aumento de interesse em relação ao tema e, por conseguinte, da demanda por dispositivos de automação voltados para tornar as casas inteligentes.

A terminologia IoT, criada em 1999 pelo britânico Kevin Ashton, refere-se a um conjunto de objetos físicos que possuem sensores e conexão em rede, sendo assim capazes de coletar e transmitir dados. De acordo com o presidente da ANATEL – Agência Nacional de Telecomunicações, Juarez Quadros, a IoT tem capacidade para gerar, nos próximos oito anos, até US\$ 200 bilhões em negócios no Brasil. A previsão é de que, neste mesmo período, essa tecnologia injete US\$ 11 trilhões na economia mundial (BATTISTI, 2018).

Por sua vez, a Automação Residencial trata da integração de serviços e tecnologias, que tem por finalidade tornar uma residência automatizada e obter aumento em relação a segurança, conforto e praticidade (ACCARDI; DODONOV, 2012).

Segundo BOLZANI (2004), a automação residencial pode ser definida como um conjunto de tecnologias que ajudam na gestão e execução de tarefas domésticas cotidianas. A sua utilização tem por objetivo proporcionar um maior nível de conforto, comodidade e segurança além de um menor e mais racional consumo de energia.

Sistemas de iluminação, controle de acesso (biometria), controle de cortinas, janelas e persianas, ar-condicionado, projetores, entre outros dispositivos que podem ser conectados à internet e configurados à distância já são uma realidade. No entanto, para entender como se deu a evolução, compreender o que temos hoje e vislumbrar como esse ramo tecnológico tende a se comportar nos próximos anos, torna-se necessário obter uma compreensão mais detalhada acerca da infraestrutura necessária, ecossistemas disponíveis, plataformas e protocolos de rede voltados para automação residencial. Segundo Garrett (2020), um estudo

realizado no final de 2020 pela consultoria de Data Science Ilumeo, aponta que o uso de assistentes virtuais cresceu 47% somente no período de pandemia do novo coronavírus.

De posse dessas informações, espera-se que seja possível otimizar a escolha de dispositivos, definir as melhores estratégias de comunicação e integração entre eles de acordo com suas especificações, e permitir que o usuário consiga, na medida do seu interesse e poder aquisitivo, aplicar diversas soluções de automação residencial.

A partir da construção dessa base de conhecimento, este trabalho propõe fornecer uma exposição sistemática para o emprego prático dos conceitos de automação residencial e suas possibilidades no que diz respeito ao monitoramento, gestão, acionamento e otimização do uso de água em uma residência, tendo por motivação aspectos como comodidade, sustentabilidade, acessibilidade e economia de água e de energia.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo principal deste projeto é desenvolver uma ferramenta de gestão relativa ao uso da água em um contexto residencial através das possibilidades e conveniências proporcionadas pela automação residencial. Cabe aqui mencionar que tais ferramentas podem parecer ostensivas ou desnecessárias para algumas pessoas, mas ciente que o tempo é um recurso valioso, que nem todas as pessoas têm condições de realizar intervenções físicas na rede de água da casa, ou mesmo em situações cuja a utilização dos reservatórios venha a ser inviabilizada por motivos diversos; tais funcionalidades podem vir a resolver alguns desses problemas, trazer comodidade e acessibilidade para que pessoas com limitações físicas possam sentir-se mais familiarizadas e motivadas para interagir efetivamente com a gestão de recursos hídricos de sua casa.

2.2 Objetivos Específicos

2.2.1 Monitorar o volume dos reservatórios da casa

Uma residência pode dispor de um ou mais reservatórios de água, sejam eles cisternas, caixas, piscinas ou mesmo açudes. De acordo com as condições climáticas ou com o padrão de consumo dos moradores, esses reservatórios aumentam ou diminuem de volume e o monitoramento dessa variação por meio de sensores permite uma gama de funcionalidades quando estes se conectam entre si e com uma rede de automação residencial. As medições obtidas a partir desses sensores podem ser utilizadas como gatilhos de ações como transferência de água entre reservatórios, servir de base para definição de parâmetros de uso e auxiliar na elaboração de relatórios acerca do consumo na casa.

2.2.2 Monitorar o volume pluviométrico na região em que está localizada a casa

De modo similar aos sensores inseridos nos reservatórios, é possível instalar sensores de índice pluviométrico para que seja possível medir, com agilidade e precisão, o volume de chuvas que incidiu sobre a residência. Caso o imóvel possua um sistema de captação de água, será possível medir quanto desse volume pluviométrico pôde ser captado, por exemplo, pela

cisterna da casa. Um exemplo de ação atrelada a esse monitoramento é a possibilidade de, ao detectar a incidência de chuvas, transferir água da cisterna para as caixas normalmente dispostas no teto, com o intuito de otimizar a capacidade de retenção de água na cisterna.

2.2.3 Observar o consumo geral de água na casa

Embora a concessionária de água mantenha um registro do consumo da residência e de acordo com a variação mensal seja calculado o valor a ser pago, suponhamos que o usuário disponha de um reservatório de grande capacidade e pretenda ser autossuficiente de água ou mesmo que deseje comparar o volume de água consumido com o que consta na conta de água para verificar se há alguma divergência. Nessas situações, torna-se necessária a instalação de sensores de fluxo, cuja função é medir a vazão e o volume total de água que passa pelo ramal principal de abastecimento da casa, bem como controlar válvulas que só permitem a passagem de água quando houver incidência de corrente elétrica no circuito. Com base na capacidade de vazão da válvula, do tempo em que o circuito permanece ativo e nos dados fornecidos pelo sensor de fluxo é possível calcular com precisão o volume de água liberado pela válvula geral da casa e realizar as comparações, constatações e inferências desejadas.

2.2.4 Observar o consumo de setores da casa

Com características essencialmente similares à anterior, esta funcionalidade também permitirá obter a medição do consumo de água através de válvulas e sensores de fluxo, porém estes dispositivos serão distribuídas pela casa, de forma seccionada, levando em conta os cômodos em que há maior utilização de água, por exemplo, lavanderias, cozinhas, banheiros e suítes. Com essa divisão, será possível obter dados mais precisos sobre a dinâmica de consumo dos moradores, horários de pico de consumo, locais que requerem maior volume de água e será possível também agrupar as medições obtidas nos setores e comparar com a medição geral para verificar se há inconsistências.

2.2.5 Monitoramento da temperatura da água armazenada no boiler solar

Com os sucessivos aumentos do valor cobrado por KWh (Quilowatts-hora) pelas concessionárias de energia elétrica e cientes do alto consumo dispendido por chuveiros elétricos, muitos proprietários de casas têm optado atualmente por instalar sistemas de

aquecimento solar da água em que o armazenamento de água aquecida é feito em um reservatório pressurizado a vácuo. Esse reservatório, conhecido como boiler, capta a água aquecida por painéis solares dispostos no teto, a mantém aquecida por um certo período e distribui, por gravidade, a água já aquecida para inúmeros pontos espalhados pela casa.

Alguns modelos de boilers já vêm com um sensor de temperatura embutido, mas é desejável inserir um que seja capaz de se comunicar com a rede da casa (ou tratar os dados fornecidos pelo sensor embutido) para permitir tomadas de decisões como, por exemplo, acionar remotamente uma resistência elétrica no interior do boiler para aquecer a água em dias cuja incidência de raios solares seja insuficiente.

Como podemos observar, as possibilidades de recursos, funcionalidades, cenários de uso e tecnologias para automação residencial são muitas e variam conforme a intenção do proprietário de obter mais dispositivos e do quanto ele está disposto a investir para aumentar o grau de automação de sua residência. Por isso, este projeto voltou-se para o gerenciamento de água com o intuito de alcançar funcionalidades implementáveis e factíveis dentro de um planejamento de escopo, custos e do prazo estipulado, devendo ser expandido e aprimorado em pesquisas e implementações futuras.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nos últimos anos, as redes de sensores, atuadores e dispositivos de IoT de modo geral obtiveram grande impulso no mercado de tecnologia e vêm recebendo atenção significativa da indústria e de organizações de desenvolvimento de padrões como o IEEE - Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos, sendo que um dos principais domínios de aplicação dessa tecnologia é a automação residencial.

Pode-se afirmar que o advento das WHANs (Wireless Home Automation Networks - Redes de Automação Residencial Sem Fio) permitiu o surgimento de aplicações de monitoramento, identificação, controle e intervenção na dinâmica da casa, com foco no conforto, na melhoria de acessibilidade e na segurança do usuário doméstico, bem como no gerenciamento e na utilização adequada dos recursos naturais da casa, como água e energia elétrica.

O termo wireless, em tradução livre, sem fio, faz menção a qualquer tipo de conexão para transmissão de informações sem o uso de fios ou cabos. O uso de comunicação wireless permite a adição ou remoção de modo flexível de dispositivos em uma rede e reduz custos de instalação uma vez que as soluções com fio se tornam comparativamente mais onerosas que soluções wireless, pois geralmente requerem conduítes, fios, cabos e circuitos adicionais de proteção elétrica. As redes wireless funcionam através de equipamentos que usam radiofrequência (RF), como a comunicação via ondas de rádio, via satélite, infravermelho, entre outros (VALERI, 2021).

Uma WHAN normalmente compreende vários tipos de dispositivos com sistema embarcado, alguns dos quais com restrições bem específicas, como limitações energéticas (alimentação por bateria), baixa potência dos seus transceptores RF, menor alcance e menor largura de banda passante de dados. Entender essas restrições e projetar a rede residencial de modo a extrair o melhor que cada dispositivo pode oferecer é um desafio constante e demanda investimento, análise de viabilidade e estudo das especificações antes de iniciar um projeto de automação.

Segundo (GOMES; PARADELLS, 2010), a dinâmica de propagação via rádio, as limitações de recursos e a possibilidade de mobilidade de alguns dispositivos são circunstâncias que representam desafios ao projeto de WHANs:

- Uma casa é normalmente um ambiente com múltiplos caminhos devido à presença de superfícies reflexivas como paredes, pisos, espelhos, mesas e outros tipos de obstáculos. Esse cenário é altamente propício a interferências, pois aplicações industriais, médicas ou mesmo residenciais possuem bandas dedicadas de frequência que podem interferir na qualidade das transmissões. Um micro-ondas, por exemplo, trabalha na mesma faixa de frequência que uma rede Wi-Fi 2.4 GHz, causando interferências, perda ou embaralhamento do sinal.
- Para possibilitar a conectividade ponta a ponta, comunicações multi-hop, do inglês múltiplos saltos, podem ser necessárias, de modo que nós intermediários possam retransmitir dados para nós que não estão dentro do alcance de transmissão do remetente.
- Embora a maioria dos dispositivos sejam estáticos, a mobilidade de alguns deles e a dinâmica de propagação do sinal RF requer que a rede seja “auto regenerativa”, ou seja, que se adapte e consiga redirecionar os recursos conforme a demanda de forma ágil e eficiente. Além disso, a latência ocasionada por mudanças na topologia da rede deve ser baixa.
- As aplicações para redes residenciais devem suportar vários padrões de tráfego, como ponto a ponto (por exemplo, um interruptor que transmite um comando para uma única luz), ponto a multiponto (por exemplo, uma central de controle remoto via infravermelho que transmite um comando para um grupo de dispositivos) e multiponto a ponto (por exemplo, vários sensores que transmitem valores medidos simultaneamente para uma interface de controle central).
- O atraso não é um aspecto crítico para algumas aplicações de monitoramento residencial, mas uma WHAN deve fornecer resultados rápidos na detecção de emergências (como detecção de fumaça, alagamento ou vazamento de gás) de modo a permitir uma intervenção rápida do usuário.

Ciente dessas e outras restrições, foi realizada uma pesquisa sobre as tecnologias consolidadas, bem como das padronizações oficiais, protocolos e plataformas que foram especificamente projetadas ou adaptadas para o mercado de casas inteligentes. A seguir, serão apresentadas algumas das tecnologias mais usadas em WHANs, analisando suas potenciais vantagens e eventuais limitações de uso, com o intuito de permitir a escolha de forma mais adaptável possível aos requisitos do ambiente em que se pretende estabelecer uma infraestrutura de automação residencial.

3.1 Protocolos utilizados em Automação Residencial

3.1.1 PLC

O PLC (*Power Line Carrier* ou *Power Line Communication*) é o protocolo mais antigo e foi, durante um tempo, o mais popular de automação residencial. Foi desenvolvido em 1978 pela empresa escocesa Pico Electronics e passou a ser comercializado a partir de 1979, tendo sua patente expirada em 1997, o que permitiu que diversas empresas passassem a desenvolver produtos não só para automação residencial, mas também para acesso à Internet (ACCARDI; DODONOV, 2012).

Trata-se de um protocolo de comunicação simplex, que utiliza a rede elétrica convencional como meio de comunicação, no qual os dados são modulados de modo que uma informação binária seja transmitida sempre que o sinal senoidal da tensão elétrica passe pelo zero. O esquema de endereçamento permite endereçar 256 pontos diferentes, os quais podem ser ajustados através de um seletor nos dispositivos receptores. A transmissão é em broadcast e todo o comando é repetido duas vezes. Assim, um comando completo ocupa 47 ciclos em 60Hz (ACCARDI; DODONOV, 2012).

Como a energia elétrica é transmitida em frequências de 50 a 60 Hz, a transmissão de dados é feita em uma faixa bem superior, de 1 a 30 MHz. Isso faz com que os dois sinais possam ser transmitidos simultaneamente. No caso do PLC, o funcionamento depende de dois adaptadores. Um deles é ligado ao modem/roteador através de um cabo Ethernet, fazendo com que o sistema elétrico da casa receba essa modulação e passe a operar como rede de dados. Quando isso ocorre, todas as tomadas da residência se transformam em pontos de acesso e podem ser ligadas ao segundo adaptador, que recebe a conexão e a transmite ao dispositivo. Como a transferência é por meio da rede elétrica, o adaptador-receptor pode estar bem distante do adaptador-central, sendo por isso mais apropriado para ambientes maiores, de até 400 m² (FREIRE, 2018).

Fundada em 2000, a HomePlug Powerline Alliance é uma associação de fabricantes de componentes eletrônicos e provedores de serviços que estabelece padrões para utilização da tecnologia PLC à qual passou a chamar de HomePlug e que foi certificada em 2010 pelo padrão IEEE 1901 (Wikipedia). Atualmente é possível encontrar no mercado soluções HomePlug com capacidade nominal de transmissão de dados de até 600 Mbps via rede elétrica e de até 300 Mbps via conexão wireless. A figura a seguir apresenta um exemplo de disposição física de dispositivos Powerline de modo a expandir a conexão à internet para cômodos mais distantes e evitar gargalos do Wi-Fi.



Figura 1 - Comunicação via rede elétrica com adaptadores powerline — Foto: Divulgação/TP-Link

Os dispositivos PLC possuem, no entanto, algumas limitações, pois a rede elétrica pode ocasionar alguns comportamentos erráticos dos componentes, seja por problemas de ruído e interferência, falta de energia ou descargas eletromagnéticas (BOLZANI, 2004).

Dessa forma, essa tecnologia não é recomendada para aplicações que exijam maior nível de segurança, pois uma vez configurado o adaptador central, qualquer pessoa que esteja nas proximidades vai poder ter acesso à rede residencial, comprometendo a segurança e ocasionando, provavelmente, uma queda na velocidade da conexão com a Internet devido ao aumento no número de dispositivos conectados sem o conhecimento ou autorização do usuário/proprietário.

3.1.2 Bluetooth

O Bluetooth é um protocolo de rede sem fio presente no mercado há quase 30 anos, projetado para comunicação em curtas distâncias para transmitir dados com banda larga de 2,1 Mbps, em até 10 metros, onde a duração da bateria não seja um problema. Mas devido a essa largura de banda, seu consumo de energia é considerável, tornando-o inviável para muitas aplicações de IoT.

Lançada no final de 2016, a quinta versão do Bluetooth trouxe melhorias significativas em termos de velocidade, capacidade de transmissão de dados e maior alcance em relação às versões anteriores, chegando a 50 Mbps e atingindo distâncias de 40 a 100 metros. Em redes que precisem de muitos dispositivos, seu uso também não é aconselhável devido à sua baixa escalabilidade, visto que normalmente só é possível estabelecer a comunicação entre 8 dispositivos, no máximo (ALMEIDA, 2020).

Criado para substituir a fiação entre computadores, smartphones, fones de ouvido, teclados e mouses, o Bluetooth é uma excelente solução para dispositivos de áudio e vídeo que requerem maior largura de banda (até 5 Mbps no Bluetooth 5), que podem estar ligados à rede elétrica em tempo integral ou que podem ser recarregados facilmente.

Uma utilização bastante eficiente e atual da tecnologia Bluetooth é como forma alternativa à conexão Wi-Fi (ou ZigBee) para a configuração na rede de automação da casa, pois permite localizar e identificar mais rapidamente os dispositivos que se encontram nas proximidades do roteador ou Hub ZigBee ao qual se pretende conectar.

O Bluetooth, também identificado pelo padrão IEEE 802.15.1, usa a arquitetura cliente-mestre, onde cada mestre pode se comunicar com até sete dispositivos clientes, criando uma pequena rede local. Assim como o Wi-Fi e o ZigBee, ele opera na faixa de frequência de 2.4 GHz, que é patenteada como frequência ou banda *ISM – Industrial, Scientific and Medical*, amplamente difundida em todo o mundo para utilização em equipamentos médicos e domésticos como fornos micro-ondas e de indução, mas que também é utilizada para telecomunicações de baixa potência e curto alcance como as tecnologias apresentadas neste trabalho.

3.1.3 Bluetooth Low Energy – BLE

Para solucionar as limitações do Bluetooth convencional e tendo foco em aplicações móveis de pequeno porte, foi desenvolvido o Bluetooth Low Energy, cujo próprio nome indica que tem por principal característica o baixo consumo de energia. Por outro lado, oferece baixa largura de banda (no máximo 1 Mbps), sendo útil apenas em situações de menor fluxo de dados, como a automação residencial. Outra característica importante é que, devido à possibilidade de ser embarcado em dispositivos pequenos, permite que estes sejam alimentados por baterias e que tenham custos de engenharia e produção reduzidos.

O BLE implementa uma arquitetura cliente-servidor na qual o hardware é dimensionado para utilizar apenas os recursos de energia e largura de banda estritamente necessários. Teoricamente, o BLE permite adição de vários dispositivos na mesma rede, mas é necessário observar as limitações práticas de alcance da rede e de largura de banda tendo em vista que os dispositivos devem estabelecer uma comunicação entre si. Outra limitação sensível é que o BLE não implementa o endereçamento IP, sendo necessário estabelecer um gateway para comunicação com a Internet ou servidores na nuvem. A tabela a seguir apresenta as semelhanças e diferenças entre o Bluetooth Low Energy e o Bluetooth original.

Tabela 1 - Comparativo Bluetooth x BLE. Fonte: (ALMEIDA, 2020)

Características	Bluetooth	Bluetooth Low Energy
Largura de banda (Mbps)	1 a 5	1
Alcance máximo (m)	10 a 100	50
Consumo de Energia	Alto	Muito Baixo
Vida útil da Bateria	Dias	Meses a Anos
Escalabilidade da rede	8	Indefinido

3.1.4 Wireless Mesh Networks - WMN

Wireless Mesh Networks (Redes Mesh sem fio) são redes capazes de ampliar o alcance do sinal transmitido através do uso de antenas multidirecionais e de um preciso direcionamento do feixe eletromagnético pelo qual os dados são transmitidos. Isso permite a utilização eficiente de energia e reduz a interferência intercanais, bem como o aumento da capacidade de transmissão e da taxa de reuso de frequências. Sabe-se que grande parte dos dispositivos de automação conectados à rede Wi-Fi se conectam através da frequência 2.4GHz, à qual são normalmente alocados até 11 canais.

Com as WMNs, é possível identificar os canais mais utilizados em seu entorno e alocar mais largura de banda para os canais menos congestionados, propiciando maior qualidade e melhor tempo de resposta nas transmissões. Devido à redundância dos caminhos de transmissão wireless, bem como a possibilidade de reconfiguração de forma rápida e

automática, as redes mesh são amplamente caracterizadas por sua alta confiabilidade (PIECHOWIAK; OWCZAREK; ZWIERZYKOWSKI, 2016).

Ao contrário de redes WLAN tradicionais, como o Wi-Fi 802.11 mais antigo, que dispõe em sua grande maioria de um único access point (AP) e geralmente são conectados via cabo Ethernet, redes mesh são compostas de múltiplos nós que se comunicam entre si via ondas de rádio. Os nós da rede agem tanto como clientes quanto como roteadores que direcionam os pacotes de dados e são responsáveis por manter e gerenciar a comunicação com os nós vizinhos. Os Hubs e roteadores mesh têm normalmente múltiplas interfaces de rede que permitem essa comunicação de um nó com seus vizinhos. Por exemplo, é comum que um roteador mesh de 4 antenas destine duas delas para recepção e as outras 2 para transmissão dos sinais, alocando-as dinamicamente para adaptar-se eficientemente às restrições físicas do ambiente.

Quando se trata de topologia, nas camadas inferiores do modelo de referência (física, controle de acesso ao meio, rede e transporte) as redes mesh se comportam, em termos de cobertura e infraestrutura, de modo similar à topologia WLAN. Redes mesh também são dinamicamente auto-organizáveis, de modo que se tem reduzida a necessidade de um ponto central de gerenciamento da rede (PIECHOWIAK; OWCZAREK; ZWIERZYKOWSKI, 2016).

Wi-Fi, ZigBee e Z-Wave são as tecnologias com topologia mesh mais utilizadas para automação atualmente e suas características, limitações e peculiaridades serão expostas a seguir.

3.1.5 Wi-Fi

O termo Wi-Fi (contração das palavras *Wireless Fidelity*) é uma marca registrada pela Wi-Fi Alliance, porém, a expressão é um sinônimo para o protocolo IEEE 802.11 que define os parâmetros de frequência, segurança e outros atributos de transmissão de sinais capazes de estabelecer uma comunicação sem fio com a Internet. As redes Wi-Fi têm seu funcionamento através de ondas de rádio e a transmissão se dá através de um adaptador que faz a distribuição e direcionamento dos pacotes de dados, conhecido como roteador Wi-Fi. A seguir será apresentada, segundo (VALERI, 2021) a evolução dos padrões de 802.11.

- IEEE 802.11b: criado em julho de 1999, quando o IEEE expandiu a especificação do 802.11 original, este padrão de rede permitia transmitir dados na frequência 2,4 GHz com capacidade teórica de 11 Mbps, equiparando-se ao Ethernet (padrão para redes

cabeadas) à época. Com o passar do tempo e o aumento da demanda por maiores velocidades, este padrão ficou limitado a instalações residenciais com conexões de baixo custo, principalmente as conectadas via antenas de rádio, comumente encontradas em áreas rurais.

- IEEE 802.11a: desenvolvido quase no mesmo período que a especificação anterior, este padrão destacou-se pelo incremento considerável de velocidade (até 54 Mbps), suporte à frequência de 5 GHz, bem como pela diminuição das interferências. Os problemas encontrados nesse padrão são o curto alcance e seu custo mais elevado que o 802.11b, sendo inicialmente pensado para aplicações comerciais. Um detalhe interessante é que os padrões 802.11a e 802.11b são incompatíveis entre si, mas existem soluções híbridas que disponibilizam as duas faixas de frequência no mesmo roteador.
- IEEE 802.11g: produzido em 2003 como tentativa de combinar o melhor dos padrões anteriores, o 802.11g suporta largura de banda de até 54 Mbps e trabalha com a frequência 2.4 GHz para maior alcance. Ele também possui retrocompatibilidade com o 802.11b.
- IEEE 802.11n (Wi-Fi 4): criado em 2009 para melhorar a largura de banda do 802.11g, o padrão Wi-Fi 802.11n destacou-se por permitir a utilização de múltiplos sinais wireless e múltiplas antenas (MIMO – Multiple Inputs Multiple Outputs). O Wi-Fi 4 permite taxa de transferência de até 300Mbps e utiliza-se das frequências de 2,4 GHz e 5 GHz, sendo esta última opcional.
- IEEE 802.11ac: também chamado de Wi-Fi 5, é a tecnologia de comunicação wireless mais utilizada atualmente. Dentre as principais mudanças em relação ao 802.11b/g/n, estão o aumento da quantidade de canais na banda de 5 GHz, possibilidade de conexão simultânea a redes 2.4 GHz e 5 GHz, maior número de fluxos (até 8 antenas contra quatro das versões anteriores) e a adição da tecnologia Beamforming (MU-MIMO), que permite melhor direcionamento dos fluxos de sinais e uma alta taxa de transferência de dados (até 1300Mbps em 5 GHz e 450 Mbps em 2.4 GHz) mesmo em ambientes com grande número de dispositivos cliente.
- O Wi-Fi 6 (802.11ax) é o novo padrão de transmissão de Internet que além das frequências citadas nas versões anteriores do 802.11ac, também trabalha com a frequência de 6 GHz (entre 5.925 MHz e 7.125 MHz). Essa inovação aliada à possibilidade de se configurar redes mesh irá dar um salto de qualidade na rede

residencial, pois será possível, por exemplo, utilizar a banda de 6 GHz para a comunicação entre os APs, a banda de 5 GHz para os dispositivos clientes (smartphones, notebooks etc.) e a banda de 2.4 GHz para dispositivos inteligentes e sensores. Essa tecnologia trabalha com taxas de até 4 Gbps, suportam mais dispositivos conectados simultaneamente e permite menor latência.

Segundo o portal UOL, em março de 2021, a Anatel (Agência Nacional de Telecomunicações) definiu que a frequência de 6 GHz será utilizada exclusivamente para o Wi-Fi 6E (Extended, do inglês estendido), tornando o Brasil o primeiro país da América Latina a autorizar esta tecnologia de transmissão de internet sem fio. Essa medida contrariou desejo das operadoras de telefonia celular que desejavam essa faixa de frequência para a tecnologia 5G, que, por sua vez, tem seu desenvolvimento consideravelmente atrelado ao Wi-Fi 6, visto que ambas as tecnologias visam permitir maiores taxas de velocidade de acesso à internet, com latência menor e maior quantidade de dispositivos que podem ser inseridos em uma mesma rede e acessados simultaneamente, sendo vital em aplicações com maior demanda de banda passante de dados, como realidade virtual, realidade aumentada, healthcare, streaming, entre outras.

Em um futuro próximo, estaremos conectados a redes de extrema qualidade independentemente do local que estivermos, seja via Wi-Fi 6 quando estivermos em instalações fixas, seja com acesso 5G quando necessitarmos de conectividade sem fio ou estivermos fora de casa. A tabela a seguir mostra algumas características e mudanças observadas entre as versões 5 e 6 do protocolo 802.11.

Tabela 2 - Quadro comparativo Wi-Fi 5 / Wi-Fi 6. Fonte: (VALERI, 2021)

Parâmetros	Wi-Fi 5 802.11ac	Wi-Fi 6 802.11ax
Frequência	5.0 GHz	2.4 e 5.0 GHz
Acesso	OFDM	OFDMA
Antena	MU-MIMO (4x4)	MU-MIMO (8x8)
Modulação	256 QAM	1024 QAM
Taxa de dados máxima	3.5 Gbps	9.6 Gbps

O estudo Mobile Visual Networking Index – VNI 2019, da Cisco (Fig. 2), mostrou que, em 2017, 54% do tráfego móvel total de dados foi por offload (Wi-Fi utilizado para garantir acesso à Internet móvel). A previsão é de que, em 2022, o percentual chegue a 59%. No Brasil, o tráfego offload representará 51% da rede móvel em 2022, dois pontos percentuais acima dos 49% em 2017, e estima-se que o volume de tráfego de dados móveis vai aumentar seis vezes de 2017 até 2022, representando 21% de todo o tráfego de dados nas redes (móveis ou fixas) locais, sendo que em 2017 representava 7%. Isso significa que a expansão móvel será 3,4x mais rápida que a fixa.



Figura 2 - Gráfico de Offload de tráfego dados 2022. Fonte: VNI 2019 / CISCO

O relatório traz outros dados sobre a provável evolução das redes móveis no período. Diz que a velocidade média da banda larga móvel no Brasil vai aumentar consideravelmente, passando dos 5,7 Mbps em 2017 para 19,7 Mbps em 2022; a quantidade de brasileiros conectados à internet por meio do celular vai crescer de 167 milhões para 177 milhões; e o número de dispositivos de Internet das Coisas passará de 254 milhões para 329 milhões. (VALERI, 2021).

3.1.6 ZigBee

ZigBee é uma tecnologia de comunicação sem fio (protocolo IEEE 802.15.4) de pequeno alcance desenvolvido a partir de 1998 pela ZigBee Alliance. Este protocolo tem como principais características o baixo consumo de energia, topologia de rede em malha (multi-hop ou mesh), baixa largura de banda e controle descentralizado. Sendo indicada, portanto, para aplicações de baixa taxa de transmissão de dados e de curto alcance (de 30 a 70m de um dispositivo para outro). Essa tecnologia utiliza rádio frequência para transmissão dos dados, podendo chegar a 250Kbps na frequência de 2.4GHz operando com 16 canais, 40Kbps na frequência de 915MHz operando com 10 canais e 20Kbps na frequência de 868MHz, operando com apenas 1 canal. A rede também tem a habilidade de mudar de canal sem intervenção do operador (ACCARDI; DODONOV, 2012).

Inicialmente projetada para automação industrial em dispositivos de monitoramento e coleta de dados, com a popularização da IoT, o ZigBee demonstrou-se bastante eficiente em aplicações em que o Bluetooth ou mesmo o Wi-Fi apresentava limitações, e com o incremento da produção e da evolução de dispositivos com essa tecnologia embarcada, o ZigBee tornou-se bastante popular em redes pessoais voltadas para Automação Residencial. Esse protocolo define três funções de dispositivo: coordenador (Hub) ZigBee, roteador (ou repetidor) ZigBee e dispositivo final (endpoint) ZigBee (Fig. 3). Na prática, o ZigBee padroniza um conjunto de diretrizes para desenvolvimento de produtos.

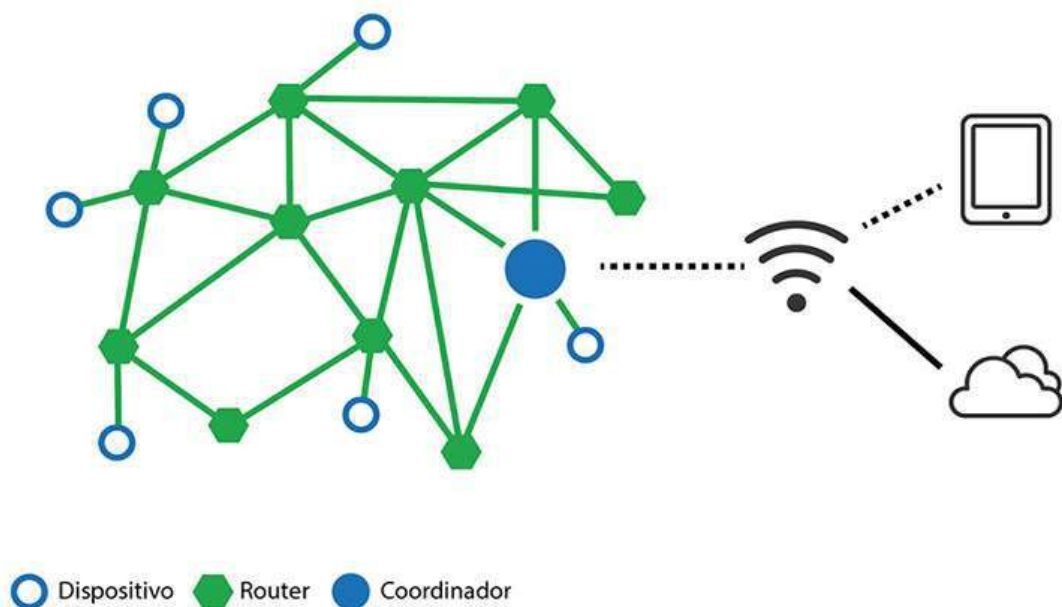


Figura 3 - Arquitetura do protocolo ZigBee. Fonte: dicasled.pt.

Quanto mais dispositivos repetidores a rede ZigBee tiver, mais caminhos de comunicação entre os dispositivos serão possíveis, melhorando a qualidade das transmissões, evitando interferências e perdas de sinal. Outra vantagem dos repetidores é que eles eliminam a necessidade de conexão centralizada no Hub, evitando que estes atinjam seu gargalo. Por exemplo, alguns Hubs ZigBee permitem que até 20 dispositivos sejam conectados diretamente a ele, mas, na existência de repetidores, estes passam a fazer a interligação dos demais dispositivos endpoint ZigBee, aumentando assim a capacidade da rede de inserir novos dispositivos sem a necessidade da adição de um novo Hub. O endpoint ZigBee é normalmente um dispositivo limitado em termos de recursos computacionais e com menor capacidade de transmissão, cabendo então aos repetidores e Hubs a responsabilidade pela melhor distribuição da conectividade entre eles.

Embora o ZigBee trabalhe na mesma frequência que o Wi-Fi (2.4GHz) e que ambos sejam homologados pelo IEEE, é certo que se trata de protocolos totalmente diferentes, mas complementares. Após o Hub ZigBee se conectar ao roteador Wi-Fi, tem-se que o gerenciamento de dispositivos será feito unicamente pelo Hub, fazendo com que a partir de então, a rede seja totalmente independente e continue operando mesmo que haja falha na conexão Wi-Fi.

Outra vantagem relevante do ZigBee é que, numa rede Wi-Fi, caso seja preciso modificar as configurações de SSID (nome da rede) e senha do roteador, será preciso reconfigurar cada dispositivo individualmente, pois o acesso é vinculado às configurações do roteador. Numa rede ZigBee, uma vez estabelecida a comunicação entre o Hub e os demais dispositivos, as alterações feitas na conexão Wi-Fi não alteram a conectividade da rede ZigBee.

No que se refere ao tempo de resposta, é possível observar que, por questões de economia de energia, os dispositivos Wi-Fi tendem a manter-se em standby por um período maior e isso causa um certo atraso na comunicação entre esses dispositivos, pois será necessário reestabelecer a comunicação TCP/IP antes de enviar os comandos propriamente ditos. Dispositivos ZigBee tendem a ser menores, consomem menos energia e não precisam dessa configuração preliminar, o que permite uma comunicação mais rápida (até 10x mais) e segura entre os elementos configurados na rede.

No entanto, como toda tecnologia, o ZigBee tem algumas limitações devido à baixa potência de transmissão que pode ocasionar problemas em redes não configuradas adequadamente e da ausência de interoperabilidade de equipamentos de marcas distintas, pois nem sempre é possível garantir que dispositivos que embora estejam na mesma versão do

protocolo possam comunicar-se adequadamente entre si. Além disso, a baixa variedade de dispositivos com a tecnologia embarcada quando comparada à disponibilidade de dispositivos Wi-Fi ainda é um desafio a ser sanado pela ZigBee Alliance.

3.1.7 Z-Wave

Z-Wave é uma arquitetura de protocolo proprietário sem fio desenvolvida pela empresa dinamarquesa ZenSys (atualmente pertence à Silicon Labs) promovida pela Z-Wave Alliance e projetada para oferecer suporte a aplicações de controle, monitoramento e leitura de status em aplicações de automação em ambientes residenciais e comerciais de médio porte.

Trata-se de um protocolo de comunicação full duplex completamente sem fios que opera em uma frequência de 908Mhz e usa largura da banda estreita para enviar comandos de controle. Seus equipamentos são flexíveis, econômicos quanto ao uso de energia e de fácil instalação, suportando até 232 dispositivos em topologia em malha a uma distância de até 30m. O controle do sistema é descentralizado e cada dispositivo Z-Wave é dotado de um chip com processador e memória programável. Esse chip é o cérebro do sistema e tem a capacidade de definir qual a melhor rota para o envio de dados a outros dispositivos e cada chip possui seu próprio endereço na rede, evitando assim conflitos de endereços. Dessa forma os comandos são replicados entre os dispositivos até atingirem seu destino, aumentando o alcance da comunicação e o tempo de resposta dos dispositivos (ACCARDI; DODONOV, 2012).

O principal objetivo do Z-Wave é permitir a transmissão confiável de mensagens curtas de uma unidade de controle para um ou mais nós na rede. Essa plataforma permite que as aplicações de casa inteligente sejam mais versáteis, permitindo que os consumidores controlem vários sensores usando o mínimo de energia em uma faixa mais ampla em termos de alcance. A tabela abaixo apresenta os aspectos essenciais de cada padrão de modo a ser possível escolher conforme a necessidade da aplicação.

Tabela 3 - Análise comparativa ZigBee x Z-Wave. Fonte: (ACCARDI; DODONOV, 2012).

Protocolo	ZigBee	Z-Wave
Taxa de dados (kbps)	250	40
Consumo de Energia (mA)	~40	~2.5
Alcance (m)	10-20	30-65
Frequência de operação	2.4 GHz	908 MHz
Fabricantes autorizados	Múltiplos fabricantes	Silicon Labs
Quantidade de nós suportados	65000	232
Complexidade de configuração	Maior	Menor
Custos	Maior custo-benefício	Mais caro que o Zigbee

Quando for primordial diminuir a possibilidade de interferência, maior alcance e maior interoperabilidade, por exemplo, observa-se que a melhor opção será o Z-Wave, mas caso a demanda seja maior por versatilidade de equipamentos, suporte nativo às atualizações do protocolo, feedback de uma comunidade bastante ativa de desenvolvedores, ou mesmo para quem pretende adquirir dispositivos com tecnologia embarcada a um custo menor, o ZigBee apresenta-se como a melhor opção.

3.2 Automação Residencial

3.2.1 Contextualização

Cientes da evolução em quantidade, qualidade e disponibilidade dos dispositivos de Internet das Coisas, é natural que as atividades industriais, comerciais e empresariais se beneficiem dos avanços tecnológicos e que aumentem a oferta de produtos e serviços cada vez mais proeminentes em termos de tecnologia. Um ramo empresarial/científico que tem obtido inequívoco proveito desses avanços é a Automação Residencial. Em um sistema de Automação Residencial existem diversos elementos envolvidos, desde simples sensores até complexas centrais de automação, que fornecem experiências inovadoras baseadas nas necessidades, desejos e condições de cada usuário. No entanto, dificilmente teremos uma casa inteligente sem que possamos nela identificar algum dos elementos: controladores, sensores, atuadores e interfaces.

Os sensores são os dispositivos eletrônicos (*hardware*) que detectam estímulos, medem e monitoram grandezas físicas e eventos, convertendo-as em um valor passível de manipulação por sistemas computacionais. Os atuadores são dispositivos eletromecânicos (relés, contadores, motores), que recebem os comandos do sistema e ativam os equipamentos automatizados. Os controladores são componentes eletrônicos (geralmente baseado em software) que monitoram as informações dos sensores, podendo enviar comandos para que um atuador ative ou desative algum equipamento (ACCARDI; DODONOV, 2012). As interfaces (plataformas, dashboards etc.) são soluções computacionais que permitem comunicação facilitada entre o usuário e o sistema. Elas são responsáveis por apresentar e gerenciar os demais componentes da automação, bem como definir os níveis de interação e customização que o sistema pretende oferecer ao usuário. O processo de comunicação ocorre quando os sensores encaminham as informações sobre algum evento, para que os controladores possam enviar os comandos adequados para os atuadores. Essa comunicação é monitorada através das interfaces onde é possível fazer ajustes visando extrair e tratar os dados obtidos de modo a oferecer informações relevantes para os usuários.

As atividades da Automação Residencial podem ser divididas, inicialmente, em três grandes setores: controle, dados e multimídia. O setor de controle é responsável pelo gerenciamento dos elementos básicos da automação, normalmente possuem baixo volume de dados. Por este fato, a maioria dessas tecnologias utiliza arquitetura distribuída, onde cada dispositivo tem autonomia para tomada de decisões sem a necessidade de um gerenciador

central. Com isso, reduz-se o tráfego e evita-se uma paralisação total do sistema em caso de pane. O setor de dados é o encarregado pelo transporte, armazenamento e compartilhamento das informações, tendo Ethernet, Wi-Fi, ZigBee e PLC como principais tecnologias utilizadas. O Setor de Multimídia é responsável principalmente pelo áudio e vídeo da residência, sendo possível definir rotinas que englobem conteúdo multimídia, distribuir dispositivos de áudio e vídeo por diferentes zonas da casa, prover controle de temperatura e de iluminação de acordo com ambiente, e de fato aprender a ajustar-se à dinâmica de uso do proprietário da casa.

Segundo (ACCARDI; DODONOV, 2012), outro fator importante a ser avaliado é o custo-benefício do projeto, levando-se em conta não apenas preço, mas a segurança das soluções adotadas, continuidade da tecnologia, facilidade de atualizações entre outros que contribuam para o êxito do projeto. O sucesso na implantação de sistema de automação residencial depende de um projeto único que envolva: infraestrutura, integração da rede de dados, voz, imagem e multimídia, dispositivos e software de controle.

Percebe-se então que a automação residencial é uma área com grande potencial de expansão que deve ser melhor explorada e ter seus conceitos mais difundidos, principalmente no meio acadêmico, de modo que sua importância seja compreendida como um mecanismo eficiente na busca de melhoria da qualidade de vida dos usuários.

3.2.2 Assistentes de Voz

Nos últimos anos, os “smart speakers”, dispositivos assistentes de voz com inteligência artificial, se tornaram amplamente conhecidos e cada vez mais utilizados em residências, inclusive daquelas com menor poder aquisitivo, mas o fato é que poucos conhecem sequer metade das suas funcionalidades, dada a ampla variedade de funções que podem ser executadas por tais dispositivos, que vão desde atividades do cotidiano como buscas e notificações de eventos da agenda, passando pela otimização de tarefas às cenas e rotinas automatizadas associadas aos dispositivos de IoT. Isso é possível porque grandes empresas como Google, Amazon, Apple, conhecidas como *Big Techs*, investem constantemente em novas plataformas, protocolos, soluções e dispositivos de automação residencial, criando cada uma delas seu próprio ecossistema de modo que atualmente pode-se afirmar que tecnologias que não sejam capazes de integrar-se a esses ecossistemas são consideradas natimortas.

A figura a seguir apresenta dados acerca do consumo de cada setor alvo da automação residencial e a estimativa de crescimento em cada setor para os próximos cinco anos.

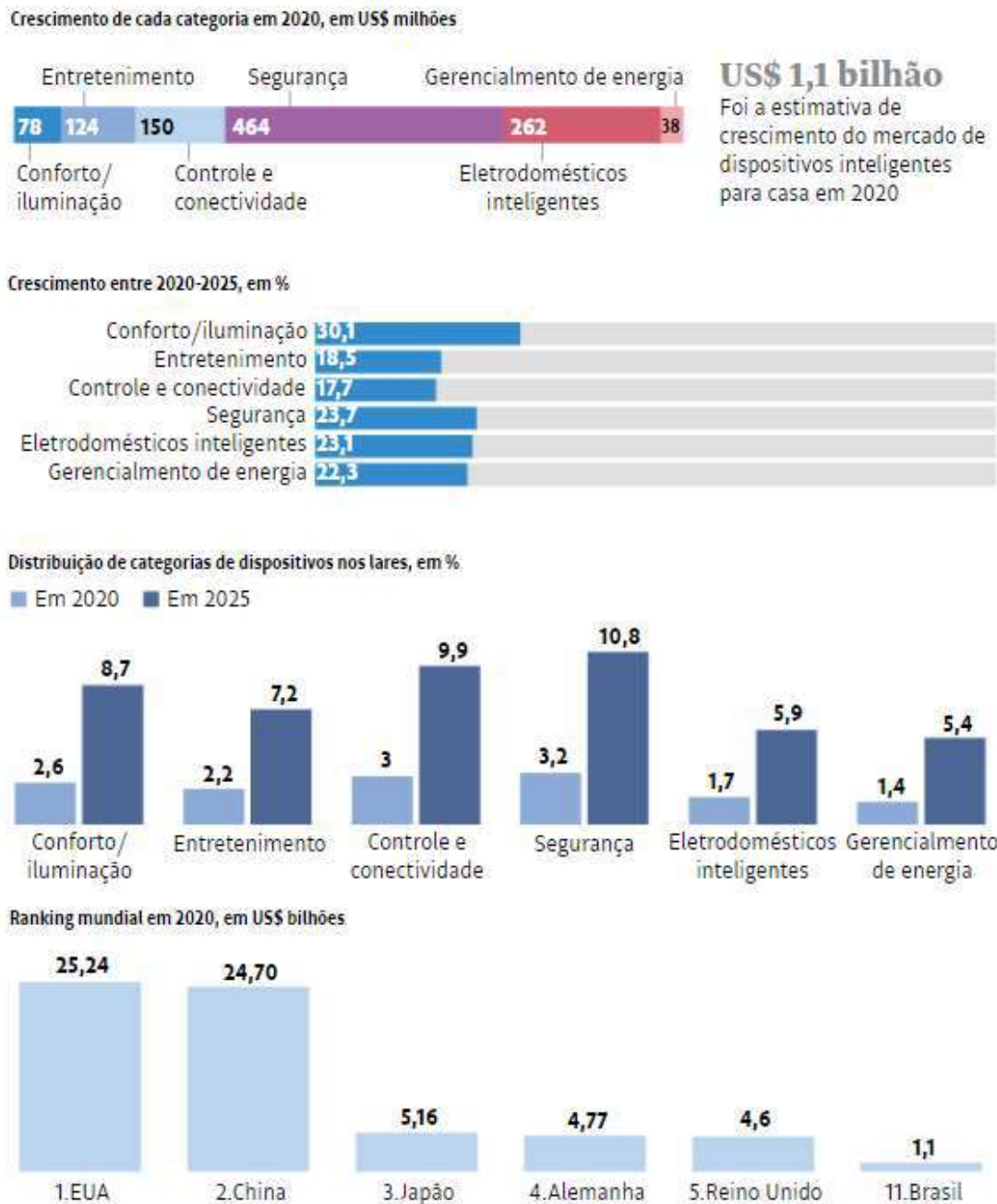


Figura 4 - Análise do mercado de IoT. Fonte: Statista Global Consumer Survey Agosto de 2020.

Segundo (LEMOS, 2021), o mercado brasileiro de alto-falantes inteligentes e gadgets para automatizar a casa tem potencial para crescer 23% até 2025. Em 2020, já eram cerca de 3% os lares brasileiros que possuíam com algum dispositivo inteligente e a expectativa é que esse valor atinja os 11% nos próximos quatro anos.

3.2.3 Google Home

Muito conhecida no meio tecnológico, a Google, atualmente gerenciada pela holding Alphabet, lançou em 2017 seu primeiro smart speaker (Google Home Mini) com suporte ao seu assistente pessoal acionado por comandos de voz, inicialmente em inglês. Embora o Google Assistant estivesse disponível em vários idiomas nos smartphones equipados com sistema operacional Android, apenas em 2019, com a chegada do Google Nest Mini ao Brasil, foi possível utilizar comandos de voz em português.

Segundo (HIGA, 2019), o ecossistema do Google Home, que agora refere-se apenas ao aplicativo e à parte lógica da plataforma, é robusto e são raros os problemas para configurar dispositivos de diferentes marcas na plataforma, como por exemplo, lâmpada da Positivo, um alto-falante da Sonos e um robô aspirador da iRobot. Além disso, produtos de marcas chinesas que vem dominando o mercado de casa conectada, como BroadLink, Sonoff e Tuya podem ser controlados pelo Google Nest, desde que sejam compatíveis com Google Assistente, algo que geralmente é informado na caixa do aparelho.

Cada comando de voz está associado a uma ação que pode ser detectada pelo Google Assistant, que direciona ao produto o comando necessário para que aquela função seja executada. O alto-falante inteligente está conectado à conta pessoal do usuário Google e é capaz de acessar todas as informações pessoais importantes contidas em seu perfil, desde endereço de e-mail, senhas salvas até as informações de pagamento online do usuário. Portanto, as medidas de segurança que devem ser tomadas com o Google Home/Nest precisam ser as mesmas que as tomadas com os telefones celulares.

Uma crítica comum ao ecossistema do Google é que apesar de abarcar um vasto rol de marcas de tecnologia em uma plataforma integrada, verifica-se a falta de escalabilidade, suporte e personalização como é possível obter com as Skills da Amazon Alexa. Isso ocorre porque o desenvolvimento de funcionalidades fica mais concentrado nas mãos do Google, deixando pouco espaço para terceiros que poderiam oferecer novas possibilidades.

3.2.4 Apple HomeKit

A Apple, empresa que revolucionou o mercado de telefonia móvel e manteve seu nicho no mercado de computadores pessoais com a produção do Iphone e do Mac, respectivamente, também investe em automação residencial através do HomeKit, que é a base de todo o seu ecossistema de casa inteligente. Ao aliar o ecossistema HomeKit, o aplicativo Apple Home e a assistente de voz Siri, é possível adicionar e interligar dispositivos na plataforma, bem como configurar o acionamento destes por comandos de voz.

Os dispositivos compatíveis com HomeKit geralmente disponibilizam o QR Code na embalagem de modo a facilitar seu reconhecimento e configuração através do Apple Home, mas com a constante atualização de alguns dispositivos de IoT, como smart TVs e smart light switches (interruptores inteligentes de iluminação) observa-se que há um crescimento gradual de dispositivos que passam a suportar integração com o ecossistema da Apple, barateando e popularizando suas soluções de automação residencial.

A Apple também disponibiliza um smart speaker que vem com suporte à Siri, Apple Homepod. Com ele será possível acessar os serviços de streaming de música favoritos e enviar comandos de configuração de eventos ao Iphone e ao aplicativo Apple Home. Os pontos negativos do Apple HomeKit é que são consideravelmente mais escassas e conseqüentemente mais caras as soluções de automação residencial compatíveis com o ecossistema e o Homepod ainda não possui suporte para comandos de voz em português, fazendo com que o usuário médio brasileiro tenha mais dificuldade ou interesse em adquirir uma configuração mais robusta dessa plataforma.

3.2.5 Samsung SmartThings

Recentemente a plataforma eWeLink, que gerencia os produtos da marca Sonoff, lançou uma integração com a SmartThings e desde então foi possível utilizar dispositivos Sonoff dentro da plataforma da Samsung que é bem robusta e que dispõe de vários recursos úteis no cotidiano e suporte a várias outras marcas fabricantes de dispositivos para casa automatizada. Essa integração é Cloud-to-Cloud, ou seja, a nuvem que hospeda as configurações da plataforma SmartThings vai se conectar diretamente com a nuvem da plataforma eWeLink e permitir o gerenciamento dos dispositivos que lá estiverem disponíveis.

Ao contrário das outras Big Techs que investem em automação residencial, a Samsung não produziu uma smart speaker, mas em março de 2020, lançou uma atualização para a assistente de voz Bixby, presente nos smartphones mais modernos da companhia, tornando possível acionar os dispositivos adicionados ao SmartThings através do controle da Smart TV Samsung ou dos Smartphones da marca, como o Galaxy S10 ou Galaxy Note S10. Dessa forma, notou-se que a Samsung focou em aprimorar sua plataforma, visando justamente prover uma integração centralizada entre dispositivos de diferentes marcas e protocolos, como Wi-Fi e ZigBee, por exemplo.

A plataforma SmartThings permite um número bem maior de customizações e de cenas automatizadas, definindo inúmeros gatilhos (inclusive usar o status de outros dispositivos, não apenas sensores), condições e ações a serem executadas pelos dispositivos. Em atualizações futuras, espera-se que até dispositivos de outras Big Techs, como o Google Nest possam ser integradas dentro do SmartThings.

3.2.6 Amazon Alexa

No mercado brasileiro, um ponto divisor de águas foi o lançamento do assistente de voz da Amazon, a Alexa, com comandos totalmente em português em outubro de 2019. Isso fez com que a demanda nacional por dispositivos inteligentes crescesse consideravelmente.

Além de vir com suporte nativo em dispositivos Echo da Amazon, a Alexa está disponível em vários dispositivos de terceiros, como alto-falantes, TVs, aplicativo Alexa para smartphones ou mesmo em alguns carros e dispositivos wearables. Todos esses dispositivos possuem microfones capazes de captar sua voz e ao receber seu comando de ativação, passam então a responder aos comandos do usuário.

A lógica de funcionamento da Alexa fica na nuvem, expandindo as informações oferecidas o tempo todo e refinando as respostas para fornecer informações mais precisas. A Alexa também pode acessar informações de outros dispositivos e serviços usando Skills (que são como aplicativos), portanto, será capaz de fornecer informações específicas sobre seu carro, sua última pesagem ou para encontrar seu Tile (um pequeno rastreador que usa BLE ou GPS para localizar dispositivos e chaves). Após obter destaque com funcionalidades relacionadas a conteúdo multimídia, streaming e e-commerce, a Amazon fez com que o controle de casas inteligentes emergisse como uma das áreas de influência mais significativas da Alexa. “Não se trata mais apenas de perguntar sobre o tempo e tocar música com um

controle de voz sofisticado - trata-se também de conectar e controlar outros dispositivos em sua casa”(O’BOYLE, 2016).

Recentemente, a Amazon lançou dispositivos que além da assistente de voz Alexa, também dispõe de um hub integrado compatível com ZigBee e Bluetooth Low Energy e vem com um sensor de temperatura embutido, o que facilita a implementação de interessantes possibilidades em uma casa inteligente, pois dispensa a aquisição de um gateway ZigBee/BLE dedicado, possibilitando a partir de então, a aquisição e configuração de dispositivos compatíveis com essas tecnologias.

Desde então, grandes empresas brasileiras do ramo de tecnologia como Intelbras, Positivo e Geonav começaram a lançar produtos para casas inteligentes, alguns deles com suporte a comandos de voz da Alexa ou do Google, facilitando a expansão de setor em que, até então, quase todas as soluções de eram voltadas para integradores, geralmente a um alto custo, visto que não havia um mercado para aquisição de dispositivos do tipo *DIY - Do It Yourself* (Faça Você Mesmo), a não ser por via de importação.

3.3 Plataformas de Hardware para Automação Residencial

Conforme exposto nas subseções anteriores, são necessários vários componentes lógicos e protocolos de comunicação entre distintos dispositivos para que seja possível estabelecer uma infraestrutura voltada para a automação residencial. No entanto, mesmo com o crescimento expressivo das tecnologias de comunicação sem fio, é inevitável que em determinado momento esses dispositivos eletrônicos tenham que comunicar-se fisicamente entre si ou integrar-se a uma plataforma de prototipação de hardware com microcontrolador integrado ou mesmo a um mini ou microcomputador. A seguir serão elencadas algumas das principais soluções de hardware voltadas para automação residencial em ordem crescente de complexidade e poder de processamento.

3.3.1 Arduino

O Arduino é uma plataforma eletrônica de código aberto, que possui seus próprios microcontroladores e a sua própria IDE. Essa plataforma tem uma grande comunidade de usuários, diversos trabalhos e projetos que o utilizam, pela sua facilidade de uso, eficiência de sua IDE gratuita, fazendo com que seja amplamente utilizada em aprendizagem de eletrônica, além do grande número de ferramentas, componentes, projetos e tutoriais disponíveis. Sua utilização, porém, foi muito além das salas de aula e hoje é uma das principais plataformas de desenvolvimento de protótipos existentes.

O conceito Arduino surgiu na Itália no ano de 2005, foi desenvolvido por Massimo Banzi e David Cuartielles, com o objetivo de criar um dispositivo para controlar projetos e protótipos construídos, com menor custo que outras plataformas disponíveis no mercado. O Arduino possui um microcontrolador que é responsável pelo processamento e controle da placa, bem como pela leitura e envio de sinais para os dispositivos conectados a ela. Este microcontrolador possui processador e memória RAM, responsáveis pelo processamento, e armazena os códigos dos programas em uma memória *flash* que pode ser reescrita inúmeras vezes. A placa Arduino possui ainda alguns pinos de entrada/saída que permitem a ligação com outros componentes. A quantidade de pinos varia conforme o modelo (SANTOS JUNIOR, 2018).

O conceito se expandiu e muitos modelos foram desenvolvidos. Dentre eles destacam-se o Arduino Mini, o Arduino Uno e o Arduino Mega. Este último possui um número maior de conexões, permitindo o controle de mais dispositivos. O Arduino Mega é equipado com o microcontrolador ATmega 2560, de 16MHz de *clock*, 8KB de memória RAM, 64KB de memória *flash*, possui 53 pinos de entrada/saída digitais e 16 pinos de entrada analógicos.

Nesse projeto, o Arduino Mega foi utilizado essencialmente para testar o funcionamento dos sensores visto que a maioria dos sensores adquiridos trabalha com a tensão de 5V e, portanto, não poderia ser conectado diretamente às saídas do NodeMCU que trabalha com a tensão de 3,3V.

3.3.2 ESP8266

Lançado em agosto de 2014, o ESP8266 é um microcontrolador produzido pela empresa Espressif Systems, uma empresa multinacional chinesa especializada na produção de hardware e chips semicondutores com foco em comunicação sem fio, baixo consumo de energia e AIoT (união entre Inteligência Artificial e Internet das Coisas). Esse microcontrolador obteve grande relevância no mercado de tecnologia por possuir um sistema de comunicação Wi-Fi próprio, vindo a ser amplamente utilizado como módulo Wi-Fi para outros microcontroladores, como o Arduino, por exemplo, e de ser possível ter o próprio ESP8266 embarcado em dispositivos de Internet das Coisas. Uma vantagem do ESP8266 é o seu baixo custo, geralmente na faixa de 20 a 50 reais.

No entanto, o ESP8266 possui algumas desvantagens. Como pode-se observar, todas as saídas assim como sua alimentação é de 3,3V, o que gera a necessidade de um conversor de nível lógico para a maioria dos sistemas que o utilizam, uma vez que a maioria dos dispositivos de hardware voltados para prototipação eletrônica geralmente trabalha com tensão de 5V. Outro ponto negativo do ESP8266 é a existência de uma única entrada analógica em cada chip, que só suporta variações de tensão de no máximo 1V. Esses fatores podem dificultar a utilização de sensores simples e tornar necessária a utilização de alguns componentes eletrônicos ou mesmo de circuitos divisores de tensão para adequar-se às especificidades dos dispositivos em projetos mais complexos.

3.3.3 NodeMCU

NodeMCU é uma plataforma de código aberto, desenvolvida em C e baseada em linguagem de programação Lua que foi desenvolvida para o microcontrolador ESP8266 da Espressif. Alguns trabalhos já foram feitos visando a utilização desse microcontrolador com diversas linguagens de programação (C, Lua, Micropython, Basic e JavaScript) e objetivos.

Uma característica que popularizou bastante o uso do NodeMCU é o fato de trazer uma interface para interligação e acesso aos pinos do ESP8266, bem como a possibilidade de fazer as gravações via cabo micro USB, um padrão de barramento bem comum em dispositivos eletrônicos e que facilita a programação e configuração através da comunicação com o computador pessoal do usuário.

Outra vantagem que favorece a preferência por dispositivos que embarcam o microcontrolador ESP8266 é o custo. O NodeMCU, por exemplo custa algo em torno de 9 dólares, chegando a 13 dólares caso o usuário opte pela aquisição da placa PCB apropriada para acoplar o circuito (NodeMCU Base). Um Arduino Uno, por exemplo, sem o módulo de comunicação Wifi custa por volta de 18 dólares além de ter dimensões bem maiores que o ESP8266.

3.3.4 Sonoff

Sonoff é uma linha de dispositivos eletrônicos voltados para automação residencial desenvolvida pela ITEAD. Os aparelhos Sonoff vêm com ESP8266 embarcado e possuem dispositivos específicos para várias funcionalidades de automação residencial, como sensores, válvulas, relés, dimmers (potenciômetros digitais), todos capazes de se conectar com diversos objetos em sua casa e com a Internet.

Uma grande vantagem da utilização dos dispositivos Sonoff é que a maioria deles permite alimentação bivolt (110V/220V) em corrente alternada, facilitando a instalação elétrica por ser compatível como padrão elétrico utilizado no Brasil. Mas também há o Sonoff SV (do inglês Safe Voltage) que é uma placa de prototipagem que trabalha com tensão de entrada de 5 a 24V em corrente contínua onde é possível acoplar sensores e acionar outros dispositivos, bem como verificar online e em tempo real o seu status (Fig. 5). Para utilizar os dispositivos Sonoff é necessário criar uma conta no aplicativo Ewelink para acessar os dados e permitir os comandos entre os dispositivos e a nuvem. Uma vez configurados e conectados devidamente aos respectivos eletrodomésticos, o usuário será capaz de controlar remotamente lâmpadas, termostatos, ventiladores etc.



Figura 5 - PCB do Sonoff SV (detalhe do ESP8266 no destaque em vermelho)

3.3.5 Plataformas para projetos futuros

Assim como percebe-se uma demanda por quantidades maiores de dispositivos conectados, também é admissível ressaltar que com o passar do tempo alguns desses dispositivos vão tornando-se obsoletos ou sofrem processos químicos que vão reduzindo sua vida útil. Com base na necessidade de evolução comumente observada em artefatos tecnológicos, há uma busca constante pelo desenvolvimento de novos artefatos com maior capacidade de processamento, eficiência energética, segurança e alcance útil.

3.3.5.1 ESP32-H2

Sete anos após o surgimento do ESP-01 (primeira versão do ESP8266), a Espressif Systems anuncia a chegada do chip ESP32-H2, o primeiro SoC da empresa que não usa Wi-Fi, mas que, por outro lado, vem com suporte nativo aos protocolos IEEE 802.15.4 (ZigBee), Thread (similar ao ZigBee, mas com menor intercomunicação entre dispositivos da mesma rede) e Bluetooth 5 (Low Energy), e que opera na banda de 2,4 GHz. Esse SoC com núcleo RISC-V de 32 bits, será voltado para facilitar ainda mais o desenvolvimento de dispositivos conectados e seguros. Nesse último quesito, vale destacar recursos de segurança como inicialização segura baseada em ECC (criptografia de curva elíptica), criptografia baseada em AES-128/256-XTS, assinatura digital e um periférico HMAC (geração de um resumo criptográfico protegido do acesso ao firmware) para proteção de identidade, bem como aceleradores criptográficos para performance melhorada (SOUZA, 2021).

Em maio deste ano, a Espressif também desenvolveu o ESP32-C3, com foco na simplificação e otimização de recursos. O ESP32-C3 é um microcontrolador com as mesmas características que o ESP32-H2, exceto pelo fato de comunicar-se via Wi-Fi 2.4 GHz e Bluetooth LE 5.0 de longo alcance. As principais modificações em relação aos chips com Wi-Fi anteriores podem ser observadas em termos de segurança, disponibilidade do Bluetooth e redução de custos através da otimização de memória (ESPRESSIF, 2021).

3.3.5.2 Raspberry Pi

Raspberry Pi é o nome de uma empresa inglesa que produz minicomputadores customizáveis que vêm sendo amplamente utilizados tanto para aprendizagem avançada de microeletrônica quanto em Internet das Coisas e Automação Residencial.

O Raspberry Pi 4 Model B, que é a versão mais atual da plataforma Raspberry Pi, apresenta evolução em aspectos como velocidade de processamento, performance de conteúdo multimídia, memória e conectividade quando comparada à versão anterior (Fig. 6). De fato, trata-se de um minicomputadores completos que podem ser usados como PCs, uma vez que todos os modelos possuem processador, chip gráfico e memória RAM, além de conexão HDMI e entradas USB.

	Raspberry Pi 3 Model B+	Raspberry Pi 4 Model B
Memória SDRAM	1GB LPDDR2 SDRAM	2GB, 4GB ou 8GB LPDDR4 SDRAM
Processador	Quadcore @ 1,4 GHz	Quadcore @ 1,5 GHz
WiFi	2,4 GHz e 5 GHz 802.11.b/g/n/ac	2,4 GHz e 5 GHz 802.11.b/g/n/ac
Bluetooth	4.2/BLE	5.0/BLE
HDMI	1 porta regular	2 portas micro
USB	4 portas 2.0	2 portas 2.0 2 portas 3.0
Vídeo composto	4 canais	4 canais
Ethernet	Até 300 Mbps	Até 1 Gbps

Figura 6 - Comparativo Raspberry Pi 3 Model B+ versus Raspberry Pi 4 Model B

Equipado com processador quad-core Cortex-A72 de arquitetura ARM, memória de até 8GB LPDDR4 (DDR4 de baixa potência), conectividade dual band (2.4 GHz ou 5.0 GHz), Wi-Fi IEEE802.11b/g/n/ac e Ethernet Gigabit (rede cabeada de até 1Gbps); este miniPC permite a instalação de vários tipos de sistemas operacionais, geralmente baseados em Linux, além de tornar possível acoplar dispositivos periféricos como teclados, mouses e impressoras.

No entanto, seu principal diferencial em relação aos demais minicomputadores do mercado é a possibilidade de fácil customização proveniente da existência de 40 pinos GPIO que podem ser utilizados para alimentar e gerenciar inúmeros sensores, relés e demais dispositivos eletrônicos de forma bastante similar às plataformas de prototipação mencionadas anteriormente, mas com poder de processamento infinitamente superior, sendo equiparável a computadores de entrada com arquitetura x86 (ex.: computadores com Windows XP).

Outra utilidade excepcional do Raspberry Pi é a possibilidade da instalação do HomeAssistant, transformando esse minicomputador em um servidor completo de automação residencial capaz de gerenciar todos os dispositivos do usuário como iremos mostrar posteriormente.

3.4 Dashboards

Projetos de prototipação em hardware são tarefas amplamente difundidas e um tanto triviais para desenvolvedores, estudantes da área de Tecnologia da Informação, engenheiros e entusiastas de eletrônica em geral, mas relativamente complexos para um usuário com pouco conhecimento de componentes eletrônicos e computacionais. No entanto, com a popularização da internet, tornou-se mais fácil obter conteúdos e tutoriais DIY que ensinam a utilizar diversas plataformas, sensores, relés e atuadores de forma geral.

Devido à alta disponibilidade e variedade desses tutoriais, é comum que o usuário leigo encontre dificuldades para organizar conteúdos de prototipação em hardware com características similares, de implementação parecida, mas que não são facilmente integráveis e sinta-se desorientado ou, por vezes, desestimulado a continuar buscando conhecimento na área. Projetos de Arduino, por exemplo, são muito interessantes didaticamente e como uma forma de despertar o interesse do usuário para algumas funcionalidades proporcionadas pela IoT e automação residencial, visto que podem ser implementadas mesmo sem um amplo conhecimento técnico. Todavia, por serem funcionalidades normalmente isoladas umas das outras, tendem a perder o interesse e a tornar-se sem utilidade em pouco tempo de uso.

Visando suprir essas carências das plataformas de prototipação de hardware, surgiram os Dashboards, que são interfaces de controle, integração e monitoramento online de placas, sensores e componentes eletrônicos em geral. Com os Dashboards, é possível integrar dispositivos de diferentes marcas, características e propriedades lógicas ou físicas de modo que seja possível estabelecer uma comunicação entre tais dispositivos. Dessa forma, é possível criar uma automação que, por exemplo, utilize como gatilhos a localização de um smartphone em conjunto com um sensor de temperatura acoplado a um ESP8266 e, em determinadas condições, disparar uma ação para ativar ou desativar um módulo relé Wi-Fi da marca Tuya acoplado a um ar-condicionado. Tais configurações de intercomunicação entre dispositivos distintos, comumente denominadas cenas de automação, são responsáveis por de fato incutir habilidades inteligentes a esses dispositivos e à residência de modo geral.

3.4.1 Blynk

O Blynk é uma plataforma voltada para IoT que permite ao usuário criar várias interfaces para controlar dispositivos de hardware remotamente, via Wi-Fi, bem como exibir, armazenar e visualizar os dados provenientes da interligação entre tais dispositivos.

Nessa plataforma, é possível integrar diferentes componentes eletrônicos em dispositivos como Arduino, Raspberry Pi, ESP8266, dentre outros. Através da importação e simulação de componentes preexistentes, o Blynk fornece uma vasta gama de possibilidades, permitindo a criação de botões, medidores e muitos outros elementos gráficos.

Para usar essa ferramenta, a placa de desenvolvimento que o usuário esteja usando trocará informações, recebendo e enviando dados, com o Servidor online da Blynk. Essas informações poderão ser acessadas pelo aplicativo Blynk através de um smartphone ou outro dispositivo portátil com Android ou IOS. O Blynk disponibiliza bibliotecas compatíveis com a maioria das placas de desenvolvimento para facilitar a comunicação e, principalmente, a programação dos componentes eletrônicos numa interface online mais elaborada em termos de usabilidade.

A arquitetura do Blynk se divide essencialmente em três camadas: Aplicativo móvel (Android ou iOS) para efetuar os comandos; servidor responsável pela comunicação entre os dispositivos de hardware e o smartphone; e as bibliotecas que efetuam a comunicação do servidor e as operações de entrada e saída nos dispositivos.

3.4.2 Cayenne

O Cayenne MQTT é uma plataforma de prototipação de hardware online inicialmente desenvolvida para Raspberry Pi, mas que atualmente também possui suporte para o Arduino. Com essa ferramenta é possível remover parte considerável da complexidade de configuração e programação, pois é possível conectar dispositivos ao Cayenne IoT project builder, ou seja, ao dashboard que irá integrar os componentes de hardware, de forma organizada e intuitiva na nuvem da plataforma. O protocolo MQTT - Message Queue Telemetry Transport é um dos mais utilizados em aplicações de IoT devido à sua simplicidade e facilidade de implementação. Além do Arduino, o Cayenne permite trabalhar com diversas placas, como o ESP8266 e o NodeMCU agrupando elementos em uma interface customizável e agradável que permite ao usuário visualizar, controlar e gerenciar seus dispositivos conectados.

3.4.3 ThinkSpeak

O ThinkSpeak é uma plataforma de análise voltada para IoT que fornece serviços de agregação, visualização e análise de fluxos de dados na nuvem. Desenvolvida pela MathWorks, empresa criadora e mantenedora da linguagem MATLAB, essa plataforma permite exportar dados de vários dispositivos para uma interface online na qual é possível verificar em tempo real o comportamento dos dados gerados por esses dispositivos, bem como programar alertas e notificações em determinadas situações consideradas críticas para o domínio da aplicação em desenvolvimento.

Com o uso de MATLAB dentro do ThinkSpeak, engenheiros e cientistas serão capazes de executar pré-processamento, visualizações e análises que permitam prototipar e construir seus próprios dispositivos de microeletrônica e IoT sem a necessidade de um servidor ou plataforma de desenvolvimento Web. Os dados de um sensor, por exemplo, podem ser enviados a partir de diversas placas como Arduino, Raspberry Pi, BeagleBone Black e ESP8266 através dos protocolos TCP/IP, HTTP e MQTT. O acesso pode ser feito através de um navegador (recomenda-se utilizar o Google Chrome) ou de aplicativos para smartphones Android ou iOS (MATHWORKS®, 2010).

3.4.4 HomeAssistant

O HomeAssistant é uma plataforma de automação residencial de código aberto que tem por premissa permitir controle local e privacidade em primeiro lugar. O controle local é obtido devido ao fato de a plataforma fornecer um servidor centralizado, privado, gratuito e escalonável em uma máquina configurada como um servidor, onde é possível adicionar desde módulos (add-ons, frameworks, etc.) que fornecem a comunicação com dispositivos finais, hubs (dispositivos que intermediam a comunicação entre outros dispositivos), até a configuração lógica e organização da interface gráfica para intercomunicar as funcionalidades de inúmeros dispositivos, mesmo que de fabricantes e características completamente distintas, reunindo-os em uma única ou em variadas interfaces.

Impulsionado por uma ampla comunidade de desenvolvedores, em sua maioria entusiastas da metodologia Do It Yourself, em que os indivíduos adquirem, capacitam-se e eles mesmos fazem as devidas configurações das automações que julgam interessantes sem a necessidade de uma empresa especializada no ramo. Atualmente a plataforma já disponibiliza

uma vasta documentação e vem buscando acomodar as novas tendências e os mais variados padrões de automação residencial, como ZWave, ZigBee e o recém-lançado protocolo Matter.

Por se tratar de uma plataforma robusta e com alta capacidade de expansão, recomenda-se destinar um sistema operacional dedicado para sua instalação. Existem inúmeras formas de instalar o HomeAssistant, desde instalar o sistema operacional próprio do HomeAssistant já contendo o Supervisor, o Core, o Docker e os add-ons necessários; até soluções mais customizáveis, escolhendo quais desses componentes pretende-se utilizar. Tais configurações personalizadas são indicadas para usuários avançados e desenvolvedores.

No entanto, é possível instalar o HomeAssistant em um Raspberry Pi ou em um servidor local de outras plataformas como ASUS Tinkerboard, Odroid, MacOs, Linux ou no próprio Windows através de uma máquina virtual. Esta última opção será a solução implementada nesse projeto devido à sua maior plausibilidade e para reduzir custos.

Uma vez instalado o HomeAssistant, definidas as credenciais de acesso e configurações de localização e conexão à internet, a plataforma detecta automaticamente alguns dos dispositivos conectados à sua rede local.

Nesse projeto iremos utilizar o HomeAssistant devido à simplicidade e objetividade com que os componentes são configurados, bem como para fazer uso da crescente disponibilidade de add-ons e integrações que surgem e são atualizadas constantemente.

4 METODOLOGIA

4.1 Tecnologias utilizadas

Diante do exposto, ficou definido que para este trabalho de conclusão de curso, as tecnologias, protocolos e plataformas que serão utilizadas foram escolhidas levando em conta a adequação aos objetivos estabelecidos, a possibilidade de entrega de um artefato consistente em tempo hábil e a redução de custos. Dessa forma, optou-se pela comunicação via Wi-Fi implementada utilizando roteadores mesh, sendo que, a posteriori, pretende-se evoluir para uma rede ZigBee ou BLE de modo a garantir que todos ou boa parte dos elementos possam manter-se em funcionamento mesmo em casos de queda de conexão à Internet.

Todavia, para propiciar uma conexão estável, de longo alcance e cuja intensidade de sinal seja capaz de alcançar todos os pontos da casa, planeja-se distribuir 03 roteadores mesh, posicionados em forma de triângulo, para estabelecer uma cobertura de sinal com redundância para evitar a existência de pontos cegos. Os sensores espalhados pela casa deverão estar todos conectados a essa rede de forma a obter as medições de forma aceitável e condizente com suas especificações. Os atuadores, em sua maioria válvulas e relés conectados, por questão de redução de custos, também estarão conectados via Wifi, visto que, nesse momento, optou-se por trabalhar com variações de dispositivos com o microcontrolador ESP8266 embarcado.

Para integrar todos os componentes e fazer uso das tecnologias mencionadas até aqui, foi selecionada a plataforma HomeAssistant devido à sua robustez, capacidade de ampliação e customização, mas principalmente pela praticidade proporcionada pelo plugin ESPHome no gerenciamento de placas de desenvolvimento de hardware com o ESP8266.

5 DESENVOLVIMENTO

5.1 Configuração do HomeAssistant

Conforme mencionado, o HomeAssistant proporciona inúmeras ferramentas e possibilidades no que tange à configuração de componentes eletrônicos e suas interligações no âmbito da automação residencial. Para simplificar a identificação, a programação e as fórmulas utilizadas na configuração dos dispositivos, o HomeAssistant faz uso da sintaxe YAML em seus arquivos de configuração.

O nome YAML (YAML Ain't Markup Language) faz referência ao fato dela não ser apenas mais uma linguagem de marcação como HTML, mas sim por tratar-se de um padrão de serialização de dados para todas as linguagens de programação e prototipação em hardware, de forma a tornar sua utilização mais inteligível para o usuário leigo. Tal método de configuração é surpreendentemente mais simples se compararmos, por exemplo, com o código necessário para utilização de alguns componentes eletrônicos básicos em outras plataformas de desenvolvimento como o Arduino. A figura a seguir apresenta uma implementação padrão disponibilizada pela IDE do Arduino ao fazer a instalação das bibliotecas necessárias para a utilização do sensor de temperatura DS18B20.

```
1 #include <OneWire.h> //INCLUSÃO DE BIBLIOTECA
2 #include <DallasTemperature.h> //INCLUSÃO DE BIBLIOTECA
3
4 #define DS18B20 7 //DEFINE O PINO DIGITAL UTILIZADO PELO SENSOR
5
6 OneWire ourWire(DS18B20); //CONFIGURA UMA INSTÂNCIA ONEWIRE PARA SE COMUNICAR
7 DallasTemperature sensors(&ourWire); //BIBLIOTECA DallasTemperature UTILIZA A
8
9 void setup(){
10   Serial.begin(9600); //INICIALIZA A SERIAL
11   sensors.begin(); //INICIA O SENSOR
12   delay(1000); //INTERVALO DE 1 SEGUNDO
13 }
14
15 void loop(){
16   sensors.requestTemperatures();//SOLICITA QUE A FUNÇÃO INFORME A TEMPERATURA
17   Serial.print("Temperatura: "); //IMPRIME O TEXTO NA SERIAL
18   Serial.print(sensors.getTempCByIndex(0)); //IMPRIME NA SERIAL O VALOR DE TEM
19   Serial.println("°C"); //IMPRIME O TEXTO NA SERIAL
20   delay(250); //INTERVALO DE 250 MILISSEGUNDOS
21 }
```

Figura 7 - Exemplo de código de um sensor de temperatura no Arduino

Por outro lado, utilizando a linguagem YAML no HomeAssistant, é possível obter as mesmas funcionalidades implementadas na figura anterior, mas de modo simples, direto, com menos linhas de código e sem a necessidade de importação de bibliotecas (Fig. 8).

```
# Example configuration entry
dallas:
  - pin: GPIO23

sensor:
  - platform: dallas
    address: 0xA40000031F055028
    name: "Temperature #1"
  - platform: dallas
    address: 0xDD0000031EFB0428
    name: "Temperature #2"
  - platform: dallas
  # ...
```

Figura 8 - Exemplo de código de vários sensores de temperatura no HomeAssistant

Analisando o código da Figura 8, podemos observar que a sintaxe apresenta dois elementos essenciais: *integration* - provê a lógica central para alguma funcionalidade (por exemplo, *sensor*: indicando que vai ser configurado um sensor para fazer as devidas medições); e *platform* - faz a devida conexão entre um elemento de hardware ou software (por exemplo *dallas*: indicando o tipo de sensor utilizado) e inicia o bloco de configuração da *integration*.

No interior desses blocos, podemos inserir coleções de entidades (iniciadas com - , indicando uma entidade do mesmo tipo de *integration*) e mapeamentos de pares chave-valor (*key: value*) que proporcionam parâmetros adicionais de configuração. Esses mapeamentos ocorrem de modo muito similar ao que observamos na utilização de listas e dicionários de Python. Essas estruturas de dados podem ser aninhadas uma abaixo da outra, sendo que em caso de chaves duplicadas, o último valor definido para a chave é o que será de fato utilizado. Outra característica muito importante a ser observada é a indentação de elementos em diferentes níveis, que no caso de arquivos *.yaml* é feita com espaços duplos ao invés de tabulação.

Uma vez descobertas as integrações e suas respectivas entidades, será fornecida a opção de alocá-las em áreas e posteriormente organizá-las de acordo com o layout da casa do usuário. Neste projeto, a integração utilizada para configurar o NodeMCU será a ESPHome.

5.2 ESPHome

ESPHome é um sistema de software que permite controlar microcontroladores ESP8266/ESP32 por meio arquivos de configuração YAML dentro do HomeAssistant e gerenciá-los remotamente para interligar sensores e atuadores de sistemas de automação residencial. Como visto anteriormente, utilizar YAML é um modo muito simples de definir configurações complexas, pois os desenvolvedores do ESPHome disponibilizam uma API robusta com detalhes de configurações e exemplos de código para cada componente de hardware compatível com o microcontrolador ESP8266. Consequentemente, quanto mais integrações e funcionalidades são adicionadas ao HomeAssistant, mais código será necessário na implementação do arquivo *configuration.yaml*.

No ESPHome, será possível definir os nós que farão referência a cada módulo com ESP8266 embarcado, inclusive na documentação online do ESPHome é fornecida uma lista contendo desde tutoriais simples a avançados para cada dispositivo compatível como o NodeMCU e os dispositivos Sonoff.

Uma vez criado um nó, será aberta a interface de edição de um arquivo .yaml no qual será possível indicar as credenciais de acesso à rede Wi-Fi e o tipo de dispositivo a ser instanciado que pode ser sensor variável, sensor binário, interruptor ou mesmo a especificação de uma outra entidade a ter detalhes configurados em um bloco de um mesmo dispositivo. Dentro de cada bloco são definidos os detalhes inerentes a cada dispositivo como ícone, pino associado, nome, intervalo de atualização e todo um rol de elementos de filtragem e modificação dos valores obtidos pelos sensores, com destaque para a possibilidade de criação de funções lambda que executam processamentos matemáticos mais robustos.

O ESPHome é capaz de mapear os pinos de acordo com o PCB – *Printed Circuit Board* (Placa de Circuito Impresso) de alguns modelos de placa, como o NodeMCUv2 (Fig. 9), e assim referenciar os pinos em associação direta com a pinagem impressa na placa.

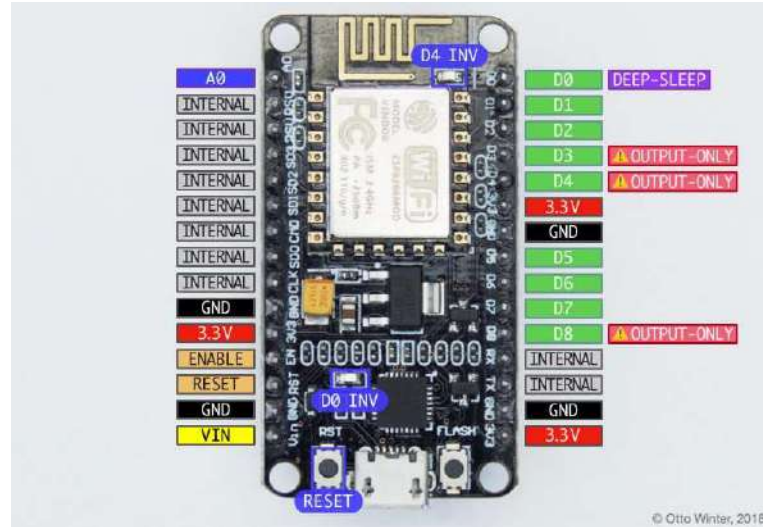


Figura 9 - PCB do NodeMCUv2

Como existam diferentes versões de plataformas de hardware que embarcam o microcontrolador ESP8266, na configuração do ESPHome, será solicitado que seja selecionada a plataforma e o tipo de placa utilizado. No entanto, devido à variedade de plataformas disponíveis, é importante observar que algumas placas possuem padrão de pinagem diferente daquela usada internamente pelo microcontrolador.

Para evitar erros de configuração, especialmente quando se utilizar placas ESP8266 genéricas, é preferível referenciar os pinos através da identificação de suas GPIOs - *General Purpose Inputs/Outputs* (Fig. 10), ou seja, das portas programáveis de entrada e saída de dados que proveem a interface de comunicação entre o microcontrolador e seus periféricos independentemente da plataforma utilizada para embarcar o chip. Mas, por questões de praticidade, também é possível referenciar diretamente os pinos conforme observado na placa (Fig. 11).

```
# Example configuration entry
esphome:
  name: livingroom
  platform: ESP8266
  board: nodemcu2

binary_sensor:
  - platform: gpio
    name: "Pin GPIO17"
    pin: GPIO17
```

Figura 10 - Configuração de sensor no ESPHome via GPIO

```
# Example configuration entry
esphome:
  name: livingroom
  platform: ESP8266
  board: nodemcu2

binary_sensor:
  - platform: gpio
    name: "Pin D0"
    pin: D0
```

Figura 11 - Configuração de sensor no ESPHome pelo nome do pino

Como mencionado anteriormente, uma das principais características do HomeAssistant é prover privacidade para seus usuários e uma funcionalidade que demonstra a preocupação da plataforma com o cumprimento desse requisito é a possibilidade de utilizar um arquivo criado exclusivamente para armazenar informações sensíveis ou pessoais do usuário. Trata-se do arquivo *secrets.yaml* cuja função é prover uma biblioteca de informações privadas que poderão ser referenciadas dentro de qualquer integração do HomeAssistant por meio do marcador *!secret*. Dessa forma, quaisquer informações privadas como senhas, dados da rede Wi-Fi e credenciais de acesso a diferentes plataformas poderão ser removidas dos arquivos de configuração do ESPHome, proporcionando maior segurança e privacidade.

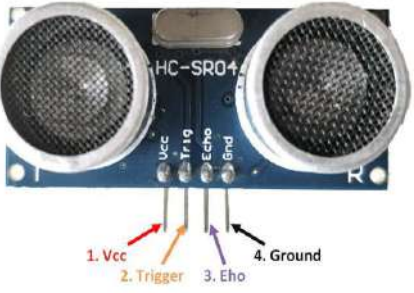

5.3 Sensores utilizados

Uma vez definidos os protocolos e plataformas adequados às funcionalidades estabelecidas no escopo desse projeto, foram selecionados os sensores que atendem aos requisitos estabelecidos, abalizados pelas restrições de escopo, custo e tempo para seu desenvolvimento. A seguir serão apresentados os detalhes de cada sensor utilizado, suas características técnicas, o motivo de sua escolha, como foram utilizados e o código fonte da implementação dentro da ESPHome do HomeAssistant.

5.3.1 Sensor Ultrassônico

O sensor ultrassônico recebe esse nome porque emite sons que trabalham com frequência muito acima da que pode ser captada pelos ouvidos humanos (considera-se ultrassônico qualquer som que não esteja entre 20Hz e 20KHz). Muito utilizado em sonares, seu princípio de funcionamento consiste em emitir um sinal por um componente (TX) e ao captar o retorno desse mesmo sinal por outro componente (RX), permite calcular a distância de um determinado obstáculo com base no tempo gasto para que o sinal ultrassônico retorne à fonte emissora. Neste projeto iremos utilizar tanto o HC-SR04 quanto o US-100 que são similares em quase todas as especificações, mas preferencialmente o US-100 porque permite trabalhar diretamente com 3,3V, que é a tensão de saída do NodeMCU. Na tabela a seguir são apresentadas as especificações técnicas de cada modelo.

Tabela 4 - Comparação entre sensores ultrassônicos HC-SR04 e US-100

Características	Sensor Ultrassônico HC- SR04	Sensor Ultrassônico US-100
Tensão de trabalho	5V DC	2.4V - 5.5V DC
Corrente quiescente	Menos que 2mA	Menos que 2mA
Temperatura de trabalho	-20 - +70°C	-20 - +70°C
Nível lógico da saída	Baixo (Low) 0V	Nível ou UART (via jumper)
Ângulo de indução	< 15°	< 15°
Distância de detecção	2cm – 450cm	2cm – 450cm
Precisão da detecção	Até 3mm	3mm +-1%
Imagem		

5.3.2 Sensor de Chuva

O Sensor de Chuva YL-83 (Fig. 12) pode ser usado para monitorar uma variedade de condições climáticas desde gotas de chuva a flocos de neve. Este conjunto é formado por uma placa de material condutor que forma o sensor propriamente dito com várias trilhas nos dois lados e um material resistente à oxidação, que se encarrega de detectar o nível de chuva/umidade do ambiente. Esta placa, por sua vez, é ligada por meio de 2 fios ao módulo principal, que contém o circuito de controle que vai se comunicar com o microcontrolador.



Figura 12 - Sensor de chuva YL-83

Quando o clima está seco, a saída do sensor mantém-se em estado alto (nível lógico 1) e quando há uma gota de chuva, a saída mantém-se em estado baixo (nível lógico 0). O limite entre tempo seco e chuva pode ser ajustado através de um potenciômetro posicionado entre o sensor e a saída digital do microcontrolador, mas é possível utilizar a saída analógica A0 que dispõe de um conversor AD para ter uma resolução melhor e definir diferentes níveis de intensidade da chuva. Assim, existem 2 formas bem simples de se trabalhar com esse sensor de chuva. Uma delas é utilizando a saída digital, que simplesmente informa se foi detectada chuva/líquido ou se o sensor está seco. E a outra maneira é utilizar a saída analógica, cujo valor varia de 0 a 1023 (resolução de 10 bits) proporcionalmente à tensão de entrada que pode ser de 3,3 a 5 V, e então dimensionar o que o usuário pretende fazer com esse valor, indicando

em um painel, por exemplo, se não há chuva ou se ela está fraca, forte ou moderada (THOMSEN, 2014).

Neste projeto, no entanto, ao invés de usar o módulo de controle para conectar esse sensor ao microcontrolador, será utilizado um sensor Sonoff DW2 Wi-Fi (Fig. 13). Este sensor possui uma placa com ESP8266 embutido na qual ao unir as duas partes do sensor, se estabelece um contato magnético e é enviado um sinal elétrico da saída digital indicando a mudança de estado nesse sensor. Assim, ao substituir o contato magnético (reed switch) pelo sinal emitido pelo sensor de chuva quando for estabelecida uma diferença de potencial entre os dois contatos do sensor YL-83, será possível tratar a informação em uma plataforma ou dashboard de modo a indicar a incidência de chuva na placa ao invés da abertura de uma porta ou janela, que seria a finalidade original do DW2.



Figura 13 - Sonoff DW2 Wi-Fi

5.3.3 Sensor de Temperatura

A medição de temperatura é uma das funcionalidades mais utilizadas e com maior número de sensores disponíveis tanto para automação industrial quanto residencial, seja na detecção da temperatura de motores, do solo ou no controle de temperatura de líquidos. Nesse projeto, será utilizado o sensor DS18B20 plataforma Dallas (Fig. 14) para medir a temperatura da água de determinado reservatório (eventualmente um boiler de água quente). *OneWire Sensors* (sensores de um único fio de sinal) como o DS18B20 são dispositivos digitais que embora requeiram uma quantidade mínima de hardware acessório e fiação, são capazes de medir grandezas físicas com precisão considerável e enviam as medições

diretamente para a placa de desenvolvimento usada no projeto, sem a necessidade de um conversor ADC - Analog to Digital Converter (conversor de analógico para digital).

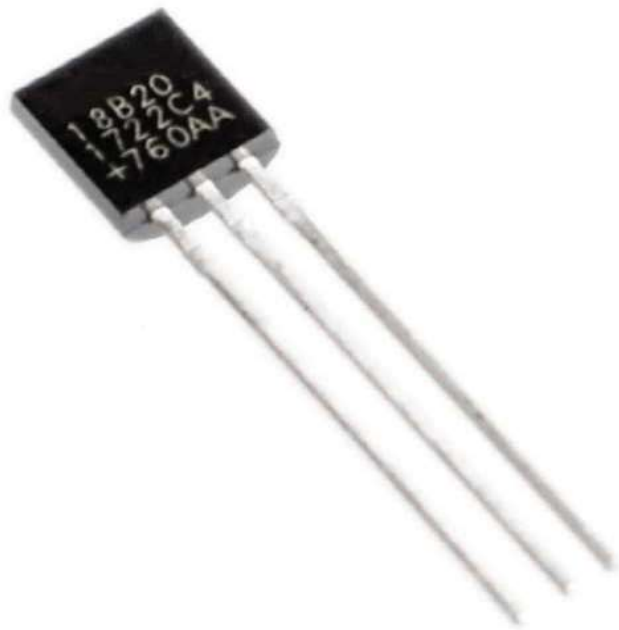


Figura 14 - Sensor de Temperatura Dallas DS18B20 Micro

Neste projeto utilizaremos apenas o modelo que conta com melhor encapsulamento e resistência a água e umidade, tendo em vista que uma vez montado o circuito, espera-se evitar mudanças físicas nos circuitos e diminuir a necessidade de manutenções periódicas nas instalações (Fig. 15).



Figura 15 - Sensor de Temperatura Dallas DS18B20 Waterproof

Em sua configuração no ESPHome, possivelmente será necessário executar uma varredura inicial para identificar o endereço físico e atribuir um nome para cada sensor, pois podem ser instalados mais vários sensores desse modelo em um mesmo ESP8266, limitando-se apenas pela quantidade de pinos de dados disponíveis na placa. Uma vez devidamente identificados, os sensores podem ser configurados exatamente como exposto na Figura 8.

5.3.4 Sensor de Fluxo de Água

Antes de detalhar as características deste sensor de fluxo de líquidos e gases, vale mencionar as propriedades físicas que permeiam a utilização desse sensor para detecção de fluxo. Trata-se do Efeito Hall, nome dado ao processo de obtenção de uma diferença de potencial (V) em um condutor elétrico cujo sentido é transversal ao fluxo de corrente elétrica (i), devido ao surgimento de um campo magnético (B) perpendicular à corrente (Fig. 16).

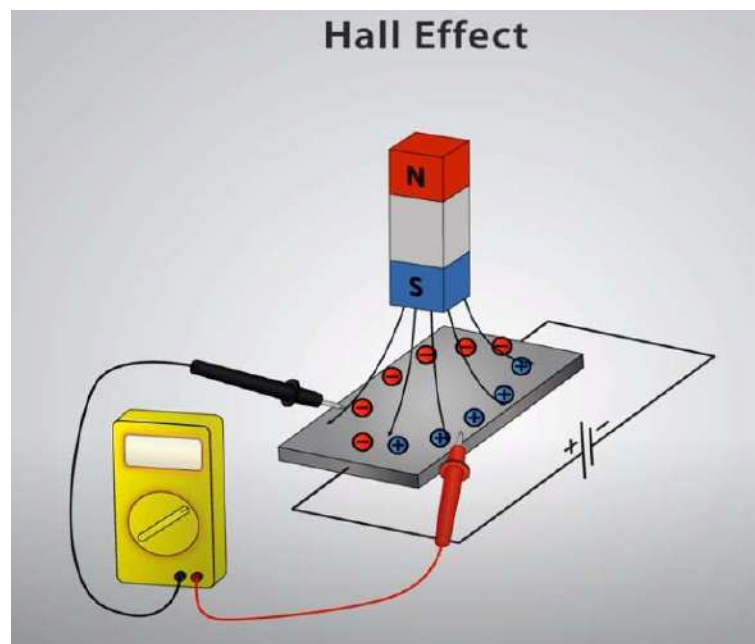


Figura 16 - Medição da tensão causada pelo Efeito Hall

O efeito Hall é o método mais comum de medição de campo magnético e os sensores de efeito Hall se tornaram muito populares, tendo muitas aplicações atualmente, dentre as quais podemos citar:

- Utilizado em veículos como sensor de rotação, onde é possível identificar o sentido, a quantidade de rotações (rpm) e determinar a posição de algum elemento atrelado a

essa rotação, como um virabrequim. Dessa forma a central de injeção eletrônica utiliza os dados fornecidos pelo sensor para otimizar a liberação de combustível, a potência a ser exigida do motor, entre outras medições relevantes ao funcionamento do sistema.

- Nos antigos videocassetes, havia um sensor hall que era capaz de medir a velocidade que a fita precisava rodar para que a execução do conteúdo ocorresse adequadamente.
- Utilizado em placas de motores de portão onde baseado na polaridade do imã, a placa consegue identificar os sensores de fim de curso e dessa forma identificar se o portão está aberto ou fechado.

No sensor de fluxo utilizado neste trabalho, o efeito Hall pode ser observado quando o fluxo de água faz girar uma pequena turbina em seu interior e com base na quantidade de giros por segundo, é gerado um valor de tensão no fio de sinal do sensor que pode ser observada em um microcontrolador, e com base nas especificações do sensor é gerada uma fórmula que converte esses pulsos em valores de medida de fluxo de água, geralmente em unidades de litro e seus múltiplos ou submúltiplos.

Nesse projeto, serão utilizados dois modelos de sensor de fluxo de Efeito Hall. O modelo YF-DN50 será utilizado para monitorar o fluxo de saída da caixa d'água que centraliza toda a vazão de água da casa (Fig. 17); e serão utilizados dois sensores modelo YF-B5 (Fig. 18) para medir o volume de água que passou por determinada tubulação e assim obter informações acerca da taxa de fluxo, bem como do volume total de água consumido, só que dividido em setores. Com essa configuração, é possível dividir a casa em dois ou três setores para observar o comportamento, sendo que na existência de um terceiro setor a ser observado, sua medição seria calculada mediante a diferença entre o volume do sensor de 50mm de bitola e o dos outros dois sensores de 25mm.



Figura 17 - Sensor de fluxo de efeito hall YF-DN50



Figura 18 - Sensor de fluxo de Efeito Hall YF-B5

5.4 Atuadores

Conforme exposto anteriormente, atuadores são componentes muito importantes no processo de automação, seja ela industrial ou residencial. Eles são responsáveis por promover efetivamente os resultados e os comandos de saída das plataformas dos microcontroladores. Fazendo uma analogia com uma rotina da Amazon Alexa, na qual os sensores podem ser configurados como gatilhos e a inteligência artificial funciona como processamento; os atuadores comportam-se exatamente como as ações, que como o próprio nome indica, acionam algum motor, interruptor, relé ou válvula através da programação realizada.

5.4.1 Válvulas Solenoides

Uma válvula solenoide nada mais é do que uma válvula eletromecânica controlada que recebe o nome de solenoide devido ao seu componente principal ser uma bobina elétrica com um núcleo ferromagnético móvel no centro, sendo este núcleo chamado de êmbolo. Em posição de repouso, o êmbolo tampa um pequeno orifício por onde é capaz de circular um fluido. No entanto, ao induzir uma corrente elétrica através da bobina, percebe-se que esta corrente cria um campo magnético que por sua vez exerce uma força no êmbolo. Como resultado, o êmbolo é puxado em direção ao centro da bobina de modo que o orifício se abre ou se fecha a depender do tipo (SILVEIRA, 2017).

As válvulas solenoides podem ser do tipo normalmente abertas (NA) ou normalmente fechadas (NF). Quando NA, será permitida a passagem dos fluidos até que a válvula seja energizada para fechar a passagem, e quando for NF, a válvula bloqueará a passagem do fluido até a válvula ser energizada (Fig. 19).

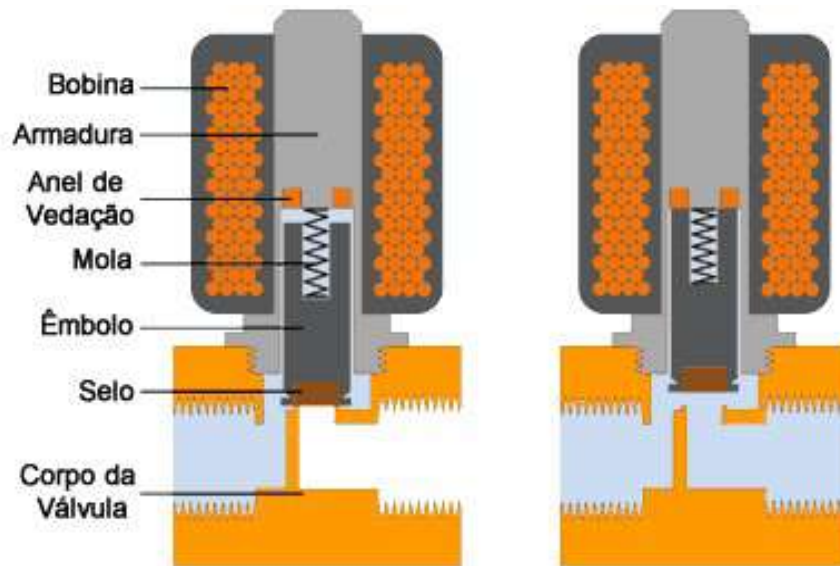


Figura 19 - Estrutura interna de uma Válvula Solenoide NF. Fonte: (NASCIMENTO, 2021)

Segundo (NASCIMENTO, 2021), uma válvula solenoide é um dispositivo eletromecânico utilizado para o controle de fluxo de líquidos e gases que basicamente possibilita ter o controle de abertura e fechamento da tubulação onde se encontra o fluxo gasoso ou líquido. O funcionamento da válvula ocorre por meio de uma bobina, que quando energizada, cria um campo magnético que implica no movimento do êmbolo que está dentro da bobina, fazendo com que a válvula se abra ou feche.

Em nosso projeto, a utilização de uma válvula solenoide normalmente fechada foi pensada para controlar a liberação do fluxo de água armazenada em um reservatório que retém águas cinzas após um processo de filtragem. Assim, futuramente, será possível controlar o volume de água liberada para uma horta ou pomar com base, por exemplo, nas medições obtidas de um sensor de umidade do solo, evitando que uma quantidade excessiva de água seja destinada às plantas. Para tanto, uma válvula normalmente fechada alimentada por tensão AC 220V (Fig. 20) será acoplada a um módulo relé Wi-Fi como o da Sonoff (Fig. 21), permitindo sua programação lógica no HomeAssistant, de modo bastante similar às demais funcionalidades aqui apresentadas.



Figura 22 - Montagem dos dispositivos no ambiente de teste

Como pode-se observar, na Figura 22 encontram-se todos os dispositivos que foram especificados para esse projeto e é possível observar como foi feita a ligação elétrica bem como a montagem dos componentes. Em um primeiro momento, foi adquirido um NodeMCUv3 (modelo Lolin), mas devido à incompatibilidade desse modelo com uma protoboard, foi necessária a aquisição de mais dois modelos NodeMCUv2 (modelo Amica) para que fosse possível utilizar a protoboard com o intuito de facilitar a instalação de componentes.

Analisando os PCBs e detalhes de pinagem de cada um dos modelos de NodeMCU, percebeu-se que são quase idênticos com exceção da largura maior do modelo Lolin e de sutis diferenças na localização física de alguns pinos. Inclusive, foi necessária a utilização de um multímetro para verificar a existência de pinos de saída com tensão 5V (ou próximo disso) e foi percebida uma sutil diferença entre os dois modelos, pois enquanto o modelo Lolin disponibiliza um pino VV que fornece uma saída de cerca de 5V. O modelo Amica permite que o usuário utilize os pinos Vin e GND para fornecer essa tensão mencionada acima. No modelo Lolin, os pinos Vin e GND são usados exclusivamente como fonte de alimentação externa da placa quando não for possível utilizar a alimentação via cabo USB.

Por sua vez, na montagem de sensores que utilizam barramento de um único fio (*OneWire Sensors*), caso do sensor de temperatura DS18B20 e dos sensores ultrassônicos

HC-SR04, torna-se necessário conectar um resistor de $4,7\text{ K}\Omega$ e três de $10\text{ K}\Omega$, respectivamente. Esses resistores são instalados para executar a função de pullup externo e servem para garantir o nível lógico desejado no pino de dados do sensor que se conecta à placa, bem como proteger o circuito em caso de algum esquecimento do programador, visto que é possível obter esse efeito também via software com uma única linha de código dentro do ESPHome. Neste caso, foram temporariamente utilizados potenciômetros de $10\text{ K}\Omega$ com seu regulador totalmente fechado para produzir o mesmo efeito que um resistor comum de mesmo nível de resistência elétrica.

No caso dos resistores associados aos sensores ultrassônicos HC-SR04, foi necessário acoplar dois deles em série entre o pino Trigger e o GND, e o terceiro em série com os outros dois, mas ligado ao pino Echo para que a leitura pudesse ser feita adequadamente.

5.6 Custos do Projeto

A tabela a seguir apresenta os custos empregados na aquisição dos equipamentos e dispositivos eletrônicos empregados nesse projeto. A maioria dos produtos foi adquirida através de importação, mas alguns itens mais simples foram adquiridos no MercadoLivre e no comércio local da cidade de Campina Grande - PB.

Tabela 5 - Detalhamento de custos do trabalho

Descrição	Quantidade	Valor unitário	Total
Placas NodeMCU v2	2	R\$ 22,00	R\$ 44,00
Placa Arduino Mega R3	1	R\$ 100,00	R\$ 100,00
Sensores de Fluxo DN20	2	R\$ 48,00	R\$ 96,00
Sensor de Fluxo DN50	1	R\$ 120,00	R\$ 120,00
Conversores TTL 3.3V-5V	3	R\$ 15,00	R\$ 45,00
Sensores US-100	3	R\$ 25,00	R\$ 75,00
Sensores HC-SR40	2	R\$ 22,50	R\$ 45,00
Válvulas Solenoides DN20	2	R\$ 75,00	R\$ 150,00
Placas de sensor de chuva	2	R\$ 12,50	R\$ 25,00
Sensores Sonoff DW2	2	R\$ 50,00	R\$ 100,00
Ferro de Solda	1	R\$ 90,00	R\$ 90,00
Sensor de Temperatura Ds18b20	1	R\$ 25,00	R\$ 25,00
Fonte DC 12V 2A	1	R\$ 25,00	R\$ 25,00
Valor Total			R\$ 940,00

O montante empregado pode assustar à primeira vista, principalmente para estudantes de graduação que nem sempre têm uma fonte de renda estável, mas levando em conta as funcionalidades proporcionadas por esse conjunto de dispositivos, que a plataforma HomeAssistant pode ser instalada através de uma máquina virtual no computador pessoal do usuário sem nenhum custo adicional e que todos ou grande parte desses dispositivos podem ser instalados efetivamente na casa do usuário, podemos concluir que se trata de uma solução robusta de automação residencial a um custo relativamente baixo.

6 AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

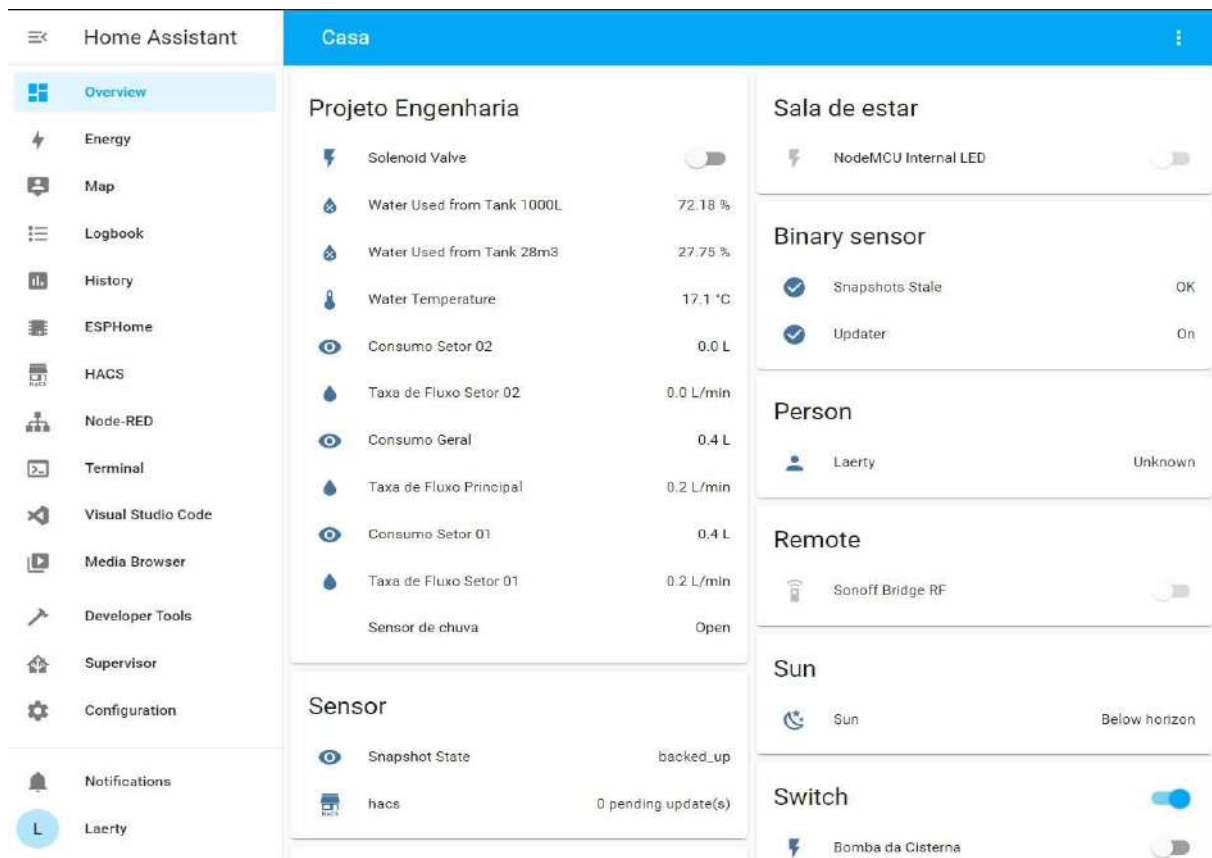


Figura 23 - Visão geral dos componentes instalados no HomeAssistant

Na figura acima são apresentadas todas as entidades e os estados dos componentes que refletem os dados fornecidos e que buscam atender às funcionalidades almejadas por esse projeto. A seguir serão apresentadas as observações realizadas na interação dos componentes com a plataforma HomeAssistant e quais os resultados, dificuldades e limitações encontrados.

Nesta etapa do projeto, foi possível perceber algumas limitações do NodeMCU no que se refere à manipulação de sensores, devido à maioria dos sensores destinados à prototipação em hardware ser desenvolvida com base no Arduino e o NodeMCU trabalhar com 3.3V em suas saídas. Essa limitação tornou-se bem nítida quando da instalação dos sensores que precisam de tensões de no mínimo 5V, como os sensores de fluxo de água, fazendo com que fosse necessária a aquisição de sensores ultrassônicos modelo US-100 que permitem trabalhar diretamente com tensão 3.3V. Pois, além da compatibilidade de tensão, o US-100 pode ser instalado no NodeMCU sem a necessidade da utilização de resistores de pullup externos.

Para evitar a necessidade de montagem de circuitos divisores de tensão, no qual um arranjo oportuno de resistores permite diminuir ou aumentar a tensão conforme a necessidade

do circuito, em nosso caso, optou-se por adquirir placas de circuito conversor TTL 3.3V - 5V que infelizmente não chegaram a tempo, mas que foram parcialmente substituídos pelas saídas do NodeMCU que disponibilizam tensão próxima a 5V, sendo capazes de alimentar relativamente bem os sensores ultrassônicos HC-SR04. No entanto, os sensores de fluxo são mais sensíveis em relação à tensão mais baixa e por isso apresentavam-se inativos na plataforma inicial do HomeAssistant.

Para solucionar essa questão da alimentação, foi utilizada uma fonte de tensão DC de 12V para alimentar os sensores de fluxo por meio dos seus pinos VCC e GND. Assim foi possível conectar os fios de sinal dos sensores ao pino de entrada do NodeMCU e observar sua variação em tempo real na tela inicial do HomeAssistant.

Após efetuados os testes de funcionamento por meios de fortes sopros dentro dos sensores para propiciar uma variação de fluxo, observou-se que a bobina interna dos sensores giraram perfeitamente e marcaram uma taxa média de 2 a 3 litros por minutos no marcador de vazão e no acumulador de consumo, observou-se um aumento de 200 mililitros a cada sopro. No entanto, após algumas horas de uso, foi verificada uma variação constante na tensão de saída da fonte através de um multímetro e as medições começaram a tornar-se imprecisas, visto que, mesmo sem sopro nenhum, o sensor passou a obter medições de pulsos no pino de dados acoplado ao NodeMCU, problema esse cuja causa não foi possível identificar até o presente momento. Mas, durante o período inicial de testes, os sensores se mantiveram estáveis e responsivos, pois foi definido o intervalo de atualização da leitura para 1 segundo, permitindo uma visualização dinâmica da variação dos dados obtidos pelo sensor, tanto na interface do HomeAssistant quanto na página de registros do ESPHome dentro da plataforma.

Por outro lado, na medição percentual do nível dos reservatórios de água, foi possível fazer um estudo acerca das suas dimensões, forma geométrica e das fórmulas matemáticas adequadas para o cálculo do volume. Para tal finalidade, foi feito um script em Python para efetuar os cálculos matemáticos capazes de mapear a variação de volume por meio de fórmulas que variem em função das dimensões, mas essencialmente em função da altura do reservatório (vide Anexo B).

Uma caixa d'água, por exemplo, tem geralmente a forma de um tronco de cone, e com base no diâmetro superior, no diâmetro inferior e na altura, é possível fazer os cálculos que confirmem o volume dos reservatórios observados (em nosso caso, de 1000L). Por sua vez, uma cisterna geralmente tem formato retangular ou cilíndrico, facilitando o cálculo, visto que basta calcular a área da base e verificar as variações de altura para obter o volume.

A tabela a seguir apresenta as medições obtidas pelos sensores HC-SR04 e proporciona uma comparação, em termos percentuais, com valores de referência obtidos por uma trena laser. Embora apresente o mesmo fundamento físico do sensor que estamos abordando em nosso projeto, ou seja, tempo de resposta entre o envio e o retorno de um pulso, a trena laser apresenta medições bem mais precisas e significativas que as medições manuais, sendo uma fonte de referência confiável em termos de medidas de distância.

Tabela 6 - Análise das medidas obtidas com o sensor ultrassônico

Sensores	Distância Real	Porcentagem Obtida	Porcentagem Esperada (medida / altura)	Varição
01 - Cisterna 28m ³	22cm	10.92%	12,22%	+10,63%
02 - Caixa de 1000L	22cm	29.09%	31,42%	+7,41%
01 - Cisterna 28m ³	52cm	27.46%	28,88%	+4,91%
02 - Caixa de 1000L	52cm	71.27%	74,28%	+4,05
01 - Cisterna 28m ³	95cm	50.61%	52.77%	+4,09
02 - Caixa de 1000L	95cm	130,23%	135.71%	+4,03
01 - Cisterna 28m ³	175cm	94.65%	97,22%	+2,64
02 - Caixa de 1000L	175cm	162.38%	165.57%	+1,92

Na tabela acima, é possível perceber que embora apresentem as mesmas especificações, mesma tensão de entrada e estarem acoplados na mesma placa NodeMCU, os sensores HC-SR04 apresentam uma diferença considerável de um exemplar para outro. Nota-se que o sensor alocado para a caixa d'água apresenta uma fidedignidade maior à medição obtida pela trena laser que o sensor da cisterna. As medidas que apresentam valores acima de 100% indicam que a medição ultrapassou os valores definidos para a altura da coluna de água dos reservatórios, neste caso, 70cm para a caixa d'água e 180cm para a cisterna.

Na questão da leitura dos pulsos dos sensores de fluxo de água, foi utilizado o fator de conversão específico de cada sensor para refletir a quantidade de pulsos por intervalo de tempo. No caso em estudo, foi feita a conversão de pulsos para litros por minuto e foram definidas duas entidades que dentro da interface de edição de código do ESPHome são denominadas *templates* para cada sensor. Cada template é tratada como uma sensor em separado e pode receber suas próprias configurações, sendo que uma delas foi configurada para apresentar a taxa de fluxo por minuto observada pelo sensor e a outra mantém um acumulador que armazena a quantidade total de litros desde o momento em que o sensor foi configurado e energizado. Infelizmente, até o presente momento não foi possível fazer as medições in loco para comparar os resultados obtidos pelos sensores de setores com o sensor geral da mesma forma que foi feita com os sensores ultrassônicos, mas uma vez realizado,

será elaborado um artigo científico para apresentar os resultados obtidos de forma mais robusta.

O sensor de chuva encontra-se funcionando adequadamente, pois o mínimo contato de líquido com a placa de detecção é suficiente para modificar o status do sensor na plataforma. Para tanto, foram soldados dois fios ligados à placa de detecção de chuva às extremidades do sensor reed switch existente no Sonoff DW2. Ao detectar contato com algum líquido na placa do circuito, a plataforma altera seu estado para *closed*, indicando que há chuva e relatando a mudança de status através de notificações no smartphone ou por comando de voz na Amazon Alexa.

Do mesmo modo, a medição de temperatura também pôde ser obtida de forma bastante responsiva e condizente com a realidade, pois foi realizada a medição em contato com um bloco de gelo, ocasião na qual o sensor chegou a medir 3°C, e em contato com a chama de um isqueiro, obteve-se uma rápida elevação de temperatura que pôde ser observada instantaneamente na tela principal da plataforma, encerrando a medição por volta dos 75°C como forma de precaução para evitar danos ao sensor.

A válvula solenoide foi acoplada à saída de um módulo relé da Sonoff e pode ser acionada com um simples clique na plataforma HomeAssistant permitindo a passagem do fluxo de água pela tubulação em que ela for instalada. Sua configuração foi relativamente simples, bastando indicar as credenciais de acesso à plataforma eWeLink no arquivo *secrets.yaml* e referenciar essas informações dentro do arquivo *configuration.yaml*. Da mesma forma pode ocorrer com o acionamento do módulo relé Sonoff acoplado à bomba d'água já instalada na cisterna. Essa bomba possui vazão média de 30 litros por minuto e pode ser acionada para transferir água da cisterna para a caixa d'água que já está em uso.

7 CONCLUSÃO

Chegado esse momento, foi possível atingir os objetivos aos quais essa pesquisa se destina, principalmente no que se refere ao monitoramento dos níveis dos reservatórios de interesse. Funcionalidade essa que aliada à detecção de chuva, nos permite intervir na dinâmica de utilização de água na casa e ter em mãos ferramentas que proporcionem conforto e comodidade no seu gerenciamento.

A detecção de chuva, de temperatura e a comunicação dos sensores mencionados nesse trabalho com a plataforma HomeAssistant permite a utilização dos status dos dispositivos, geralmente para servir como gatilhos que vão indicar o momento adequado para o acionamento de outros dispositivos como a válvula que controla a liberação de um tubulação específica ou mesmo o acionamento da bomba d'água. Uma ressalva a ser feita, é que, neste momento, não foi possível fazer o controle integrado das medições dos sensores de fluxo da forma desejada, muito em face das dificuldades de alimentação dos circuitos e do pouco tempo disponível para verificação e ajuste dos filtros e funções utilizados para converter corretamente os dados obtidos em medidas que nos forneçam informações confiáveis.

Foi possível sentir também as dificuldades em termos de aquisição de equipamentos devido à escassez ou preço elevado no mercado interno, o que leva a buscar a via da importação que, por sua vez, ocasiona outras dificuldades como atrasos, taxaões, inconsistências de pedidos, entre outros.

É fato que, quanto mais se insere no âmbito da automação residencial ou industrial, mais inovações, tecnologias e ferramentas são descobertas, fazendo com que seja possível vislumbrar inúmeros outros projetos e linhas de pesquisa. No entanto, foi muito gratificante e ao mesmo tempo desafiador perceber que as mudanças no âmbito da automação residencial, redes de conectividade e Internet das Coisas vêm acontecendo de forma incrivelmente rápidas e que as tecnologias vem sendo constantemente aprimoradas para incorporar o eminente aumento da demanda por tais dispositivos, serviços e facilidades de utilização.

Considerando os objetivos definidos para este trabalho, pode-se concluir que é possível implementar soluções de monitoramento hídrico inteligente com os dispositivos aqui apresentados, bem como obter uma base de conhecimento útil para informar o usuário acerca das tecnologias inerentes a este e aos demais campos da automação residencial. Percebe-se então que a automação residencial é uma realidade que bate à nossa porta cada vez com mais intensidade. Desse modo, nos cabe decidir se vamos ser apenas expectadores desse processo ou se vamos participar efetivamente na sua construção, consolidação e evolução.

ANEXO A - DETALHES DE PINAGEM DO NODEMCU

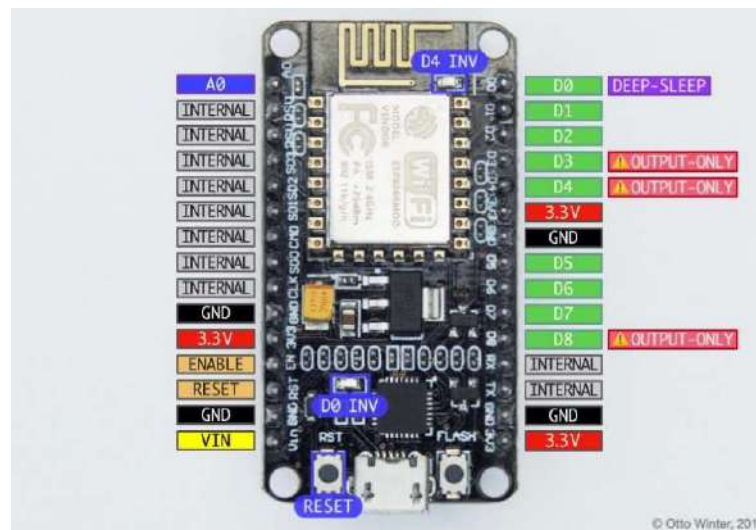


Figura 2 - Pinagem do PCB do NodeMCU

Lado Esquerdo:

- A0(GPIO17): Entrada Analógica(ADC). Lê tensões de 0 a 1.0V. Inicia em LOW e não oscila.
- RSV: Pino Reservado, não pode ser usado.
- RSV: Pino Reservado, não pode ser usado.
- SD3(GPIO10): Pino SPI WP. Inicia em HIGH e não oscila.
- SD2(GPIO9): Pino SPI HD. Inicia em HIGH e não oscila.
- SD1(GPIO8): Pino SPI MOSI. Inicia em LOW e oscila por 400ms.
- CMD(GPIO11): Pino SPI CS0. Inicia em HIGH e oscila por 500ms. Deve ser evitado.
- SD0(GPIO7): Pino SPI MISO. Sempre oscilando.
- CLK(GPIO6): Pino SPI Clock. Inicia em LOW e oscila por 500ms. Deve ser evitado.
- GND: Pino de aterramento, tensão negativa.
- 3v3: Pino de alimentação com 3,3V.
- EN: Pino de Controle - ENABLE.
- RST: Pino de controle – RESET. Inicia em HIGH, fica em LOW quando o botão reset está pressionado.
- GND: Pino de aterramento, tensão negativa.
- Vin(5v): Pino de alimentação com 5V.

Lado Direito:

- D0(GPIO16): Inicia em HIGH e não oscila.
- D1(GPIO5): GPIO puro, inicia em LOW e não oscila.
- D2(GPIO4): GPIO puro, inicia em LOW e não oscila.
- D3(GPIO0): Inicia em HIGH e depois oscila por 120ms, depois estabiliza. Pino SPICS2. Deve ser evitado.
- D4(GPIO2/UART1TX): Inicia em HIGH e depois oscila por 80ms, depois estabiliza. Deve ser evitado.

- 3v3: Pino de alimentação com 3,3V.
- GND: Pino de aterramento, tensão negativa.
- D5(GPIO14): Inicia em HIGH e não oscila.
- D6(GPIO12): Inicia em HIGH e não oscila.
- D7(GPIO13): Inicia em HIGH e não oscila.
- D8(GPIO15): Inicia em LOW, porém dá um pulso de 1v nos 40ms iniciais. (Evitar)
- RX(GPIO3): Inicia em HIGH e não oscila.
- TX(GPIO1): Inicia em HIGH e depois oscila por 80ms, depois estabiliza. Pino SPI CS1.
- GND: Pino de aterramento, tensão negativa.
- 3v3: Pino de alimentação com 3,3V.

Tabela Constante/Pinos GPIO do NodeMCU (Utilizáveis em IoT):

- D1->5
- D2->4
- D5->14
- D6->12
- D7->13

Tabela Constante/Pinos GPIO do NodeMCU (úteis em condições especiais):

- D0->16 Apenas se quiser colocar a placa em modo Deep Sleep (para economizar energia quando alimentado por bateria)
- A0->17 Leitura de um valor analógico
- D4->2 Led Interno do MCU (High = LED Off e Low = LED On) / pode ser usado como output.

Input/Output:

- digitalWrite: Não funcionou com os GPIOs 6, 7, 8, 11 e o ADC(A0).
- digitalRead: Não funcionou com os GPIOs 1, 3, 6, 7, 8, 11 e o ADC(A0).
- digitalWrite: Não funcionou com os GPIOs 6, 7, 8, 11 e o ADC(A0).
- analogRead: Só funciona no ADC(A0).

Observações:

- Os GPIOs 4, 12, 14 e 15 possuem PWM por hardware, os demais possuem PWM por software.
- Evitar sempre que possível usar os pinos SPI devido às suas oscilações.
- Observe que os pinos 6, 7, 8 e 11 não funcionam para as 4 configurações acima.

Fonte:<https://www.fernandok.com/2018/05/nodemcu-esp8266-detalhes-e-pinagem.html>.

Acesso em Jul 2021.

ANEXO B - SCRIPT PYTHON - VARIAÇÃO DE VOLUME DOS RESERVATÓRIOS

```

#Dimensões caixa de 500L Tigre (tronco de cone)
top_d = 1.155
base_d = 0.90
h = 0.60
R = top_d / 2
r = base_d / 2

#Fórmula para cálculo de volume de caixa d'água de 500L em forma de tronco de cone
import math
v_tank_500_m3 = (math.pi / 3) * (R**2 + R*r + r**2) * h
v_tank_500_l = v_tank_500_m3 * 1000
print(v_tank_500_m3)
print(v_tank_500_l)

0.5000669376259722
500.06693762597223

#Calcula a porcentagem de água consumida com base na altura captada pelo sensor
measure = 0.24
perc_consumido = (measure / h) * 100
print("%.2f" % perc_consumido)

40.00

# Dimensões caixa de 1000L Tigre
top_d = 1.5
base_d = 1.192
h = 0.70
R = top_d / 2
r = base_d / 2

#Fórmula para cálculo de volume de caixa d'água de 1000L em forma de tronco de cone
v_tank_1000_m3 = (math.pi / 3) * (R**2 + R*r + r**2) * h
v_tank_1000_l = v_tank_1000_m3 * 1000
print(v_tank_1000_m3)
print(v_tank_1000_l)

1.0003890772951711
1000.3890772951711

#Calcula a porcentagem de água consumida com base na altura captada pelo sensor
measure = 0.14
perc_consumido = (measure / h) * 100
print("%.2f" % perc_consumido)

20.00

#Dimensões Cisterna
a = 4.5
b = 3.5
h = 1.8

V_cis = a*b*h
V_cis

28.35

#Calcula a porcentagem de água consumida com base na altura captada pelo sensor
measure = 0.54
perc_consumido = (measure / h) * 100
print("%.2f" % perc_consumido)

30.00

```

REFERÊNCIAS

AHMED, E. Sayed S. Ali Ahmed, ;Elmustafa & MOHAMMED, Kamal., ZeinabZ. A.. (2017). **Internet of Things Applications, Challenges and Related Future Technologies**. World sScientific nNews. 2017.

BASTOS, V. **Como funciona o ZigbeeZigBee, Bluetooth, BLE e BT Mesh**.. oOutubro de 2020, Disponível em: <https://www.queroautomacao.com.br/como-funciona-o-zigbee-bluetooth-ble-e-bt-mesh/>. Acesso em 19 jul. 2021

BATTISTI, E. **8 tecnologias IoT que você já usa todos os dias**. Pollux, Joinville - SC, 11 abr. 2018. AutomaçãoDisponível em: <https://www.pollux.com.br/blog/10-tecnologias-iot-que-voce-ja-usa-todos-os-dias/><https://www.pollux.com.br/blog/10-tecnologias-iot-que-voce-ja-usa-todos-os-dias/>. Acesso em 20 jul. 2021

ESPRESSIF, SYSTEMS. **Announcing ESP32-H2, an IEEE 802.15.4 + Bluetooth 5 (LE) RISC-V SoC**. Shanghai, China, 2 ago. 2021. Disponível em: https://www.espressif.com/en/news/ESP32_H2. Acesso em: 26 jul. 2021.

FREIRE, R. **Powerline vale a pena? Veja sete perguntas e respostas sobre o aparelho**. Techtudo, São Paulo - BRA, 27 mar. 2018. Informática, p. p1. Disponível em: <https://www.techtudo.com.br/noticias/2018/03/powerline-vale-a-pena-veja-sete-perguntas-e-respostas-sobre-o-aparelho.ghml>. Acesso em 28 jul. 2021

GOMES, C; PARADELLS, J. **Wireless Home Automation Networks: A Survey of Architectures and Technologies**. IEEE Communications Magazine, Catalunya (SPA), jun. 2010. Consumer Communications and Networking.

GOMES, H. H. S. **Internet das coisas: há mais máquinas online que celulares e elas têm até rede própria**. G1, San Francisco (EUA), 21 jan. 2018. Economia / Tecnologia. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/tecnologia/noticia/internet-das-coisas-ha-mais-maquinas-online-que-celulares-e-elas-tem-ate-rede-propria.ghml>. Acesso em 28 jul. 2021

LEMOS, A. **Pesquisa aponta que 11% dos lares no país terão um assistente de voz até 2025**. Folha de São Paulo, São Paulo - BRA, 17 abr. 2021. Tecnologia. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/tec/2021/04/pesquisa-aponta-que-11-dos-lares-no-pais-terao-um-assistente-de-voz-ate-2025>. Acesso em 04 ago. 2021

NASCIMENTO, F. S. **Controle uma válvula solenoide com o Arduino**. 21 jun. 2021. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/blog/controle-uma-valvula-solenoide-com-o-arduino/>. Acesso em: 21 ago. 2021.

O'BOYLE, B. **O que é Alexa e o que o Amazon Echo pode fazer?** Intermodal Experience 2021. Pocket Lint, [S. l.], 15 jun. 2021. Notícias. Disponível em: <https://www.pocket-lint.com/pt-br/casa-inteligente/noticias/amazon/138846-o-que-e-alexa-como-funciona-e-o-que-pode-amazons-alexa-fazer>. Acesso em 05 ago. 2021

PIECHOWIAK, M.; OWCZAREK, P.; ZWIERZYKOWSKI, P. **Comparative analysis of routing protocols for wireless mesh networks**. 27 Jul. 2016. 10th International Symposium on Communication Systems, Networks and Digital Signal Processing (CSNDSP), 2016.

RASPBERRY PI Product Brief Description. Disponível em:
<https://datasheets.raspberrypi.org/rpi4/raspberry-pi-4-product-brief.pdf> Acesso em 30 ago. 2021.

RODRIGUES OLIVEIRA, R. Uso do Microcontrolador ESP8266 para automação residencial. 2017. Monografia (Graduação / Engenharia de Controle e Automação) - UFRJ / Escola Politécnica, Rio de Janeiro, 2017.

SANTOS JUNIOR, P. P. V. Protótipo de solução de Automação Residencial de baixo custo para auxílio a pessoas com mobilidade reduzida em atividades domésticas. Orientador: Prof. Me. Helder Rodrigues da Costa. 2018. 71 p. Dissertação. Pós-graduação / Mestrado em Tecnologia da Informação - Faculdades Promove, Belo Horizonte, 2018.

SILVEIRA, C. B. Como Funciona a Válvula Solenoide e Quais os Tipos? 19 set. 2017. Disponível em: <https://www.citisystems.com.br/valvula-solenoide/>. Acesso em: 23 ago. 2021.

SOUZA, F. Novo SoC RISC-V ESP32-H2 da Espressif virá com IEEE 802.15.4 (Zigbee e Thread) e Bluetooth 5.2 (LE). Brasil, 3 ago. 2021. Disponível em: <https://www.embarcados.com.br/novo-soc-risc-v-esp32-h2-da-espressif/>. Acesso em: 26 22 julago. 2021.

THINKSPEAK Product Description. 2010. Disponível em:
<https://www.mathworks.com/help/thingspeak/product-description.html>. Acesso em: 29 ago. 2021.

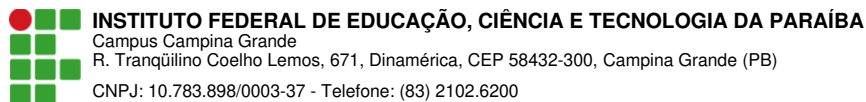
THOMSEN, A. Sensor de chuva YL-83. Santa Catarina, BRA, 18 fev. 2014. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/blog/sensor-de-chuva-yl-83/>. Acesso em: 28 jul. 2021.

VALERI, V. O que é Wireless e quais as diferenças entre redes A B G N AC AX?. Oficina da Net, Santa Cruz do Sul/RS, 17 jul. 2021. Tecnologia, p. B1. Disponível em: <https://www.oficinadanet.com.br/post/8619-qual-a-diferenca-entre-redes-wifi-a-b-g-n>. Acesso em 25 jul. 2021

WOJCIECHOWICZ, T. ZigBee vs. Z-Wave: Qual a diferença? Disponível em:
<https://www.embarcados.com.br/zigbee-vs-z-wave-qual-a-diferenca/>. Acesso em 22 ago. 2021.

ZIMMERMANN, D. Qual dispositivo Sonoff Comprar? Joinville - SC, 3 mar. 2020. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/blog/dispositivos-sonoff-qual-comprar/>. Acesso em: 275 ago. 2021.

ALMEIDA, S. Bluetooth 5 - Conheça as melhorias da conexão sobre versões anteriores: Solução wireless tem quase 30 anos, mas se mantém firme e constante no mercado. Mundo Conectado, 6 jun. 2020. Disponível em:
<https://mundoconectado.com.br/artigos/v/13913/bluetooth-5-conheca-as-melhorias-da-conexao-sobre-versoes-anteriores>. Acesso em: 30 set. 2021.



Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

Trabalho de conclusão de curso com ficha catalográfica

Assunto: Trabalho de conclusão de curso com ficha catalográfica
Assinado por: Paulo Ribeiro
Tipo do Documento: Anexo
Situação: Finalizado
Nível de Acesso: Ostensivo (Público)
Tipo do Conferência: Documento Original

Documento assinado eletronicamente por:

- Paulo Ribeiro Lins Junior, COORDENADOR DE CURSO - FUC1 - CCEC-CG, em 30/09/2022 17:16:51.

Este documento foi armazenado no SUAP em 30/09/2022. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 638806
Código de Autenticação: 5603f22a08

