



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade de Tecnologia

Eduardo Batistão

Proposta de uma arquitetura IoT baseada em banco de dados remoto para o desenvolvimento de um sistema *Health Smart Home* utilizando plataformas de programação física

Limeira
2023

Eduardo Batistão

**Proposta de uma arquitetura IoT baseada em banco de dados remoto
para o desenvolvimento de um sistema *Health Smart Home* utilizando
plataformas de programação física**

Tese apresentada à Faculdade de Tecnologia da
Universidade Estadual de Campinas como parte
dos requisitos para a obtenção do título de Doutor
em Tecnologia, na área de Sistemas de Informação
e Comunicação.

Orientadora: Profa. Dra. Talía Simões dos Santos Ximenes

Este trabalho corresponde à versão final da
Tese defendida por Eduardo Batistão e
orientado pela Profa. Dra. Talía Simões dos
Santos Ximenes.

Limeira
2023

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Tecnologia
Felipe de Souza Bueno - CRB 8/8577

B32p Batistão, Eduardo, 1986-
Proposta de uma arquitetura IoT baseada em banco de dados remoto para o desenvolvimento de um sistema Health Smart Home utilizando plataformas de programação física / Eduardo Batistão. – Limeira, SP : [s.n.], 2023.

Orientador: Talía Simões dos Santos Ximenes.
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Tecnologia.

1. Automação residencial. 2. Internet das coisas. I. Ximenes, Talía Simões dos Santos, 1980-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Tecnologia. III. Título.

Informações Complementares

Título em outro idioma: Proposal for an IoT architecture based on a remote database for the development of a Health Smart Home system using physical programming platforms

Palavras-chave em inglês:

Home automation

Internet of things

Área de concentração: Sistemas de Informação e Comunicação

Titulação: Doutor em Tecnologia

Banca examinadora:

Talía Simões dos Santos Ximenes [Orientador]

Cicilia Raquel Maia Leite

Edson Luiz Ursini

Adson Ferreira da Rocha

Vicente Becerra Sablon

Data de defesa: 15-12-2023

Programa de Pós-Graduação: Tecnologia

Identificação e informações acadêmicas do(a) aluno(a)

- ORCID do autor: <https://orcid.org/0000-0002-8744-4899>

- Currículo Lattes do autor: <http://lattes.cnpq.br/9499627575260238>

FOLHA DE APROVAÇÃO

Abaixo se apresentam os membros da comissão julgadora da sessão pública de defesa de tese para o Título de Doutor em Tecnologia na área de concentração Sistemas de Informação e Comunicação, a que se submeteu o aluno Eduardo Batistão, em 15 de dezembro de 2023 na Faculdade de Tecnologia – FT/UNICAMP, em Limeira/SP.

Profa. Dra. Talía Simões dos Santos Ximenes

Presidente da Comissão Julgadora

Profa. Dra. Cicilia Raquel Maia Leite

UERN

Prof. Dr. Edson Luiz Ursini

FT/UNICAMP

Prof. Dr. Adson Ferreira da Rocha

UnB

Prof. Dr. Vicente Idalberto Becerra Sablón

USF

Ata da defesa, assinada pelos membros da Comissão Examinadora, encontra-se no SIGA/Sistema de Fluxo de Dissertação/Tese e na Secretaria de Pós-graduação da Faculdade de Tecnologia.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus por ter me proporcionado saúde física e mental no decorrer dessa caminhada. À minha orientadora Profa. Dra. Talía Simões dos Santos Ximenes pela amizade e conhecimentos compartilhado, à minha esposa Camila e filhos Miguel e Melissa por serem meu combustível diário, ao meu irmão Elton, aos meus pais Odair e Idelma por me incentivar e confirmar em meu potencial, ao meu amigo Luis Ricardo de Oliveira pelo apoio diário nos estudos. Por fim agradeço a toda equipe da Faculdade de Tecnologia da Unicamp em especial à funcionária Danielle Emanuelle Aparecida Ribeiro que sempre deu um suporte impar nos meus questionamentos. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Resumo

O crescimento demográfico da terceira idade, as limitações físicas causadas pelo tempo e o desejo dessa fatia da população em manter a autonomia em suas atividades diárias, traz consigo uma preocupação por parte dos familiares em manter a segurança e qualidade de vida dos seus entes queridos. Diante dessas situações, é proposta uma solução que seja capaz de manter a liberdade de pessoas idosas, não deixando de lado os cuidados requeridos para essa idade. Para isso é proposta uma arquitetura IoT, aplicada a soluções de casas inteligentes, de baixo custo, escalável e que suporte diversos tipos de sensores, para com isso monitorar eventos que possam apresentar riscos às pessoas idosas em suas casas. Fazendo uso da arquitetura proposta, foram criados dois protótipos: um para monitoramento de consumo de medicamento e outro para monitoramento de queda de cama, ambos protótipos se comunicam diretamente com um servidor de banco de dados remoto, não requerendo então uma camada de *middleware*. Através dos recursos de banco de dados relacionais (*triggers, events, stored procedures*), foi possível aplicar as regras de negócio do sistema diretamente no banco de dados. Experimentações complementares relacionadas à infra-estrutura de rede, demonstraram um método de validação da capacidade de roteadores domésticos, que foi de até 32 dispositivos simultâneos. Tanto a arquitetura proposta, quanto os protótipos criados, responderam muito bem aos requisitos desse tipo de aplicação.

Palavras-chaves: casas inteligentes, IoT, programação física, sistema de cuidado com o idoso.

Abstract

The demographic growth of the elderly, the physical limitations caused by time and the desire of this segment of the population to maintain autonomy in their daily activities, brings with it a concern on the part of family members to maintain the safety and quality of life of your loved ones. In these situations, a solution is proposed that is capable of maintaining the freedom of the elderly people, not leaving aside the care required for that age. For this purpose, a IoT architecture, applied to smart home solutions, low cost, scalable and that supports different types of sensors, to monitor events that may present risks to the elderly people in their homes. Making use of architecture proposal, two prototypes were created: one for monitoring consumption medication and another for monitoring bed falls, both prototypes communicate directly with a remote database server, not thus requiring a middleware layer. Through bank resources relational data (triggers, events, storage procedures), it was possible to apply the system business rules directly in the database. Additional experiments related to network infrastructure presented a method for validating the capacity of home routers, which was up to 32 simultaneous devices. Both the proposed architecture, as well as the prototypes created, responded very well to the requirements for this type of application.

Keywords: smart homes, IoT, physical programming, health smath home.

Lista de Figuras

1.1	Comparação entre arquiteturas IoT	14
2.1	Arquitetura duas camadas	21
2.2	Arquitetura três camadas	21
2.3	Esquema de requisições HTTP ao servidor	23
2.4	Requisições GET: (a) Acesso bem-sucedido ao recurso. (b) Recurso não encontrado	24
2.5	Requisição e resposta de uma mensagem não-confirmável	25
2.6	Esquema de publicação / assinatura MQTT	25
2.7	Conjunto de métricas para análise comparativa.	26
2.8	Visão macro da relação entre os elementos que compõe um sistema HSH . . .	28
2.9	Principais versões dos ESP8266-x	30
2.10	Visão macro da plataforma de computação física ESP8266-01	31
2.11	Diagrama de pinagem Heltec Wi-Fi Kit 8	32
2.12	Diagrama de pinagem ESP32-CAM	34
2.13	Composição dos sensores magnéticos	35
2.14	Esquema de ligação do sensor de carga	36
4.1	Proposta de arquitetura simplificada	44
4.2	Protótipo de comunicação	44
4.3	Protótipo de comunicação	45
4.4	Esquemático eletrônico do sistema	46
4.5	Fluxo de execução do protótipo	47
4.6	Configuração de parâmetros de conexão	48
5.1	<i>Hardware</i> do protótipo de verificação de consumo de medicamento	50
5.2	Esquemático do protótipo de verificação de consumo de medicamento	50
5.3	Fluxo de execução do <i>firmware</i> de verificação de consumo de medicamento . .	52
5.4	<i>Hardware</i> do monitoramento de queda noturna	53
5.5	Circuito eletrônico do monitoramento de queda noturna	54
5.6	Fluxograma de execução para o monitoramento de cama	55
5.7	Estrutura do banco de dados utilizada nos protótipos	56
5.8	Navegação entre telas do APP criado para simulação (SCI – FT)	58
5.9	Estrutura de cascadeamento entre roteadores	61

Lista de Tabelas

2.1	Principais comandos AT utilizados para configuração dos módulos ESP8266-01	31
-----	--	----

Lista de abreviaturas e siglas

AP	Ponto de Acesso
APP	Aplicação
AT	<i>Attention</i>
CoAP	<i>Constrained Application Protocol</i>
DML	<i>Data Manipulation Language</i>
FPS	<i>Frames Per Second</i>
FT	Faculdade de Tecnologia
GPIO	<i>General Purpose Input/Output</i>
HSH	<i>Health Smart Home</i>
HTTP	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
I2C	<i>Inter-Integrated Circuit</i>
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
ILPI	Instituições de Longa Permanência
IoT	<i>Internet of Things</i>
JSON	<i>JavaScript Object Notation</i>
SDK	Kit de Desenvolvimento de Software
MQTT	<i>Message Queuing Telemetry Transport</i>
PCB	<i>Printed Circuit Board</i>
QoS	<i>Quality of Service</i>
RCC	<i>Remote Control Center</i>
REST	<i>Representational State Transfer</i>
RTC	<i>Real Time Clock</i>
SCI	Sistema de Cuidado do Idoso
SQL	<i>Structured Query Language</i>
SGBD	Sistema Gerenciador de Banco de Dados
SPI	<i>Serial Peripheral Interface</i>
SSID	<i>Service Set Identifier</i>
TCP/IP	<i>Transmission Control Protocol/Internet Protocol</i>
UART	<i>Universal Asynchronous Receiver/Transmitter</i>
UTP	<i>Unshielded Twisted Pair</i>
WLAN	<i>Wireless local Area Network</i>

Sumário

1	Introdução	13
1.1	Justificativa	13
1.2	Objetivos	15
1.2.1	Objetivos Gerais	15
1.2.2	Objetivos Específicos	15
1.3	Hipótese	15
1.4	Estrutura da Tese	16
2	Levantamento Bibliográfico	17
2.1	Desafios na terceira idade	17
2.1.1	Quedas	18
2.1.2	Esquecimentos	18
2.2	Internet das coisas	19
2.2.1	Arquitetura das plataformas IoT	20
2.2.2	Protocolos IoT	22
2.2.3	Análise comparativa entre plataformas IoT	26
2.3	Casas Inteligentes	27
2.3.1	<i>Health Smart Homes</i>	27
2.4	Plataformas de computação física	29
2.4.1	ESP8266	29
2.4.2	Wi-Fi Kit 8	32
2.4.3	ESP32-CAM	33
2.5	Sensores IoT	33
2.5.1	Sensor magnético (<i>reed switch</i>)	34
2.5.2	Sensor de carga (hx711)	35
2.6	<i>Gateway</i> IoT	36
2.7	Persistência de dados no contexto de IoT	37
3	Trabalhos Relacionados	39
3.1	Principais trabalhos correlatos	40
4	Materiais e Métodos	43
4.1	Construção do banco de dados	45
4.2	Protótipo de hardware	45
4.2.1	Esquemático de ligação	45
4.2.2	Construção do <i>firmware</i>	46
4.3	Criação da APP	47

5	Resultados	49
5.1	Verificação de consumo de medicamento	49
5.2	Monitoramento de queda noturna	51
5.3	Desenvolvimento do APP	55
5.4	Verificação de limitação de dispositivos	57
5.5	Estudos complementares	59
6	Conclusões	62
6.1	Trabalhos Futuros	63
	Referências Bibliográficas	64

Capítulo 1

Introdução

Com o avanço da idade, é natural o surgimento de doenças físicas e cognitivas, apesar dessas doenças representarem riscos à saúde, muitas pessoas idosas, desejam manter sua autonomia.

A fim de manter essa autonomia, não deixando de lado o cuidado necessário que esse grupo requer, estudos relacionados a tecnologias emergentes vêm sendo um grande aliado no processo de cuidar do idoso, oferecendo ótimas opções de infraestrutura tecnológicas para esse fim.

A relação íntima entre os conceitos de Internet das Coisas (IoT), casas inteligentes e telemedicina, atrelado aos conceitos de computação ubíqua e pervasiva, vem oferecendo recursos muito importantes para o desenvolvimento de soluções denominadas *Health Smart Homes* (HSH).

Os sistemas HSH são uma variante do conceito de casas inteligentes, eles compartilham seus conceitos de monitoramento remoto, aplicado ao cuidado da saúde e segurança de pessoas com limitações físicas e cognitivas (MANO et al., 2016).

Com base nesta problemática, este trabalho visa realizar o levantamento dos principais objetivos desse tipo de sistema, além de projetar e desenvolver dispositivos interconectados que darão suporte ao processo de monitoramento do público com deficiência física e cognitiva, oferecendo então a esse público uma maior qualidade de vida e segurança.

1.1 Justificativa

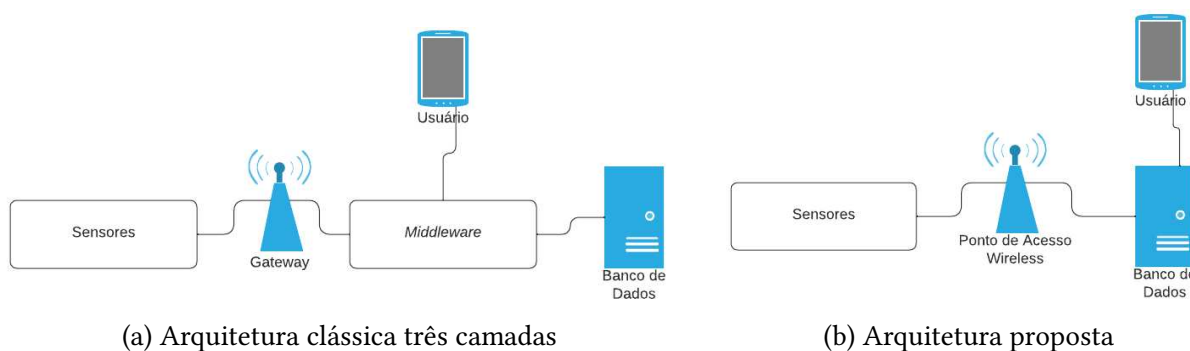
Muitas pessoas com deficiências desejam manter sua independência e, na maioria das vezes, não querem atrapalhar os demais familiares. Proporcionar essa independência, não deixando

de lado os cuidados necessitados por elas, deveria ser visto pela sociedade como um recurso básico (MOREIRA et al., 2013).

Apesar de existir uma infinidade de plataformas IoT genéricas, muitas delas são orientadas a dispositivos (sensores de temperatura, umidade, gás, proximidade, câmeras, presença, sensores magnéticos, leitores de célula de carga, dentre outros). Apesar de fornecer um bom nível de generalização para soluções de casas inteligentes, são consideradas rígidas, do ponto de vista das especificidades de sensores aplicados no monitoramento de sistemas HSH (monitores de consumo de medicamento, monitores de queda de cama, monitores de intrusos, dentre outros). Para conseguir tais especificidades, os sensores devem ser combinados entre si, seus dados distribuídos por um *gateway* local, processados, armazenados e distribuído para os usuários, por uma camada de software denominada *middleware*, isso para uma arquitetura IoT clássica.

Segundo Pires et al. (2015) não existe uma arquitetura IoT padrão, mas sim modelos de referência que visam auxiliar no desenvolvimento de aplicações IoT. Em seu trabalho foram abordadas as principais arquiteturas de referência e plataformas *middlewares* comerciais, nas quais a grande maioria compartilham os seguintes elementos: sensores, gateways, *middlewares* e usuários como dispostos pela Figura 1.1a.

Figura 1.1: Comparação entre arquiteturas IoT



Fonte: Autoria própria (2023)

Com a internet cada vez mais presente em ambientes domésticos, bibliotecas de comunicação Wi-Fi e bibliotecas de conexão com banco de dados já incorporadas nas plataformas de computação física, surge então a possibilidade de construção de uma arquitetura IoT simplificada (ocultando a camada de *middleware*), baseada em banco de dados remoto, não convencional, totalmente aberta em relação aos dispositivos e controles como mostrado pela Figura 1.1b.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivos Gerais

Este trabalho tem como objetivo geral propor uma arquitetura IoT não convencional, baseada em recursos de banco de dados remoto, independência de plataforma de desenvolvimento, totalmente escalável, que seja capaz de oferecer suporte a diversos dispositivos, controles e serviços para a construção de sistemas HSH.

1.2.2 Objetivos Específicos

A fim de constatar a eficácia da arquitetura proposta, especificamente este trabalho objetiva:

- Fazer uso dos recursos dos Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados (SGBDs) (*triggers, events, stored procedures*), para criar uma camada de persistência de dados remota, que seja capaz de gerar notificações. Dando suporte à comunicação entre as camadas de percepção e aplicação.
- Desenvolver uma aplicação (APP) para ambientes móveis, que seja capaz de realizar o cadastro de parâmetros do sistema, recepção de notificações e imagem do ambiente.
- Desenvolver dispositivos específicos, dentre eles:
 1. Dispositivo que monitore queda noturna (coletando imagem caso o idoso não volte para sua cama).
 2. Dispositivo que verifique o consumo de medicamentos diários.

1.3 Hipótese

Em uma visão macro, sistemas HSH fazem uso do conceito de casas inteligentes aplicada ao cuidado do idoso. Caracterizam-se por uma quantidade limitada de dispositivos, interligados a um sistema de monitoramento remoto, gerando notificações, caso o sistema processe um evento (queda de cama, esquecimento de remédio, etc) através dos dados lidos pelos sensores.

Atualmente existem inúmeras plataformas, tanto gratuitas quanto pagas, que oferecem suporte a aplicações genéricas, mais especificamente orientada a sensores. Essas plataformas

abstraem toda a lógica do sistema, deixando-o limitado do ponto de vista de especificidade do sistema.

Diante dessas especificidades, atrelado à evolução dos ambientes de desenvolvimento, bibliotecas e plataformas de computação física, surge a hipótese do desenvolvimento de uma arquitetura de sistema HSH, sem que haja a necessidade de uso de camadas adicionais de software de processamento de dados (*middlewares*), totalmente adaptável às especificidades do sistema e dispositivos, consumindo recursos oferecidos pelos SGBDs relacionais, para aplicação de regras de negócio.

1.4 Estrutura da Tese

Dividido em seis capítulos, este trabalho se inicia contextualizando, justificando e apresentando os objetivos gerais e específicos do projeto de estudo. Ainda no primeiro capítulo foi descrita a hipótese inicial, a qual pretende-se defender.

Posteriormente, no segundo capítulo, foram realizados os levantamentos bibliográficos, objetivando extrair aspectos técnicos relacionados a sistemas HSH, nos quais nortearam este projeto de pesquisa.

No terceiro capítulo, foram levantadas pesquisas atuais, objetivando demonstrar quais arquiteturas IoT vêm sendo aplicadas em sistemas HSH, para com isso justificar o uso da arquitetura proposta.

No quarto capítulo, foram apresentados os materiais e métodos utilizados para extrair informações técnicas a respeito da construções de sistemas HSH. Ainda no quarto capítulo foi apresentado um protótipo de comunicação e APP para simular a comunicação entre camadas.

No quinto capítulo, foram apresentados os protótipos de monitor de consumo de medicamentos e monitor de queda noturna, além da estrutura do banco de dados e criação da APP. Por meio de testes de funcionalidade, foram apresentadas as principais limitações dos dispositivos construídos. Além de testes de capacidade de gerenciamento de dispositivos em roteadores domiciliares.

No sexto e último capítulo, foram apresentadas as conclusões do estudo, os pontos positivos e principais desafios da arquitetura proposta. Foram citadas também quais futuras linhas de pesquisa com que este trabalho poderá contribuir.

Capítulo 2

Levantamento Bibliográfico

2.1 Desafios na terceira idade

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o censo de 2022 apontou um envelhecimento recorde da população. Pessoas com 65 anos ou mais representam 10,9% da população do Brasil alta de 57,4% frente a 2010 (IBGE, 2023).

Riscos de acidentes estão mais presentes nos grupos de pessoas idosas, isto é, indivíduos com mais de 65 anos. Nesse grupo os indivíduos de maiores riscos são: indivíduos com idades mais avançadas, sedentários, mulheres e pessoas idosas que fazem uso contínuo de medicamentos (PERRACINI; RAMOS, 2002).

A diminuição da saúde torna-se gradativa com o envelhecimento. Esse decaimento se caracteriza pela falta do bem estar físico mental e social, e não somente pela presença de doenças ou enfermidades.

Todos os indivíduos passarão pelo processo de envelhecimento, alguns antes que outros. Em alguns indivíduos é natural que a partir dos 40 anos, se inicie o processo de envelhecimento. Começando então a aparecer os primeiros traços das degenerações físicas, tais como: falta de equilíbrio, diminuição da estatura, perda de volume e enfraquecimento dos músculos em razão da diminuição do tamanho das células, problemas gastrointestinais, redução do volume cerebral, implicando na redução dos sistemas cognitivos, consequentemente na perda de coordenação (VERÍSSIMO, 2014).

A degeneração causada pelo avanço da idade tende a influenciar negativamente a capacidade pessoal de ser autônomo em suas atividades diárias, tais como: cozinhar, conduzir, gerir a medicação e as finanças (GROSS et al., 2011).

A pessoa idosa em declínio cognitivo tende a ter dificuldades em manipular dispositivos tecnológicos. No entanto, algumas tecnologias tais como: reconhecimento de voz, organizadores de medicamento com alarmes, sistemas de reconhecimento facial e sensores como um todo, podem auxiliar na autonomia de pessoas idosas em suas casas (CIRO, 2014).

2.1.1 Quedas

A queda é considerada o maior risco para a população da terceira idade, sendo a maior causa de morte entre esse grupo de pessoas (CRUZ et al., 2012).

Riscos ambientais (devido às inadequações de arranjo físico e de mobiliário) e fisiológicos (condições de patologia e uso de medicamentos), são os mais comuns entre os fatores causadores de queda em domicílio em pessoas idosas (GOMES et al., 2014);

As lesões causadas pelas quedas estão totalmente relacionadas com a diminuição da qualidade de vida e mortalidade de pessoas idosas, tendo em vista possíveis agravamentos causados por elas, por isso constituem um problema de saúde pública de grande impacto social e econômico. Cerca de 28% a 35% das pessoas com mais de 65 anos de idade sofrem quedas a cada ano, essa proporção tem aumentado para 32% a 42% para as pessoas com mais de 70 anos (KUZNIER et al., 2016).

2.1.2 Esquecimentos

No decorrer da vida de um indivíduo ele vai ganhando experiências e construindo conhecimentos. Esses conhecimentos são utilizados no tempo presente e adquiridos novos, todo esse processo dá origem às memórias (MAPURUNGA; CARVALHO, 2018). As memórias são fundamentais para que possamos lembrar e realizar tudo o que aprendemos no decorrer da vida (LEZAK, 1995).

As memórias podem ser classificadas por meio de três critérios: conteúdos, função e duração.

- Conteúdo: podem ser declarativas (recordação de fatos e eventos, tais como fatos históricos, números de telefones) ou procedurais (dirigir, andar de bicicleta ou amarrar o sapato).
- Funções: podem ser de trabalho ou de qualquer outra natureza, como no caso daquelas memórias que são remotas ou procedurais.

- Duração: podem ser de curto (lembança em torno de 1 a 6 horas) ou de longo prazo (não possui limite de tempo) (GIL, 2002). São por meio delas que os indivíduos são capazes de aprender, recordar e ensinar (IZQUIERDO, 2011).

Com o envelhecimento é natural que haja perdas cognitivas, esses declínios na memória podem ser leves, ou seja, o indivíduo ainda é capaz de realizar as suas atividades de maneira independente, ou severas, nas quais o indivíduo não é capaz sequer de realizar suas atividades diárias antes realizadas normalmente (BIZELLI et al., 2009).

2.2 Internet das coisas

Internet das coisas (*Internet of Things* - IoT), é uma inovação tecnológica relacionada à conectividade, computação pervasiva, computação ubíqua e ambiente inteligente (GALEGALE et al., 2016).

Computação Pervasiva: subentende-se a presença física de um sistema computacional (embarcado ou não) no ambiente, de forma invisível ao usuário, obtendo informação e executando ações específicas aos demais dispositivos e usuários.

Computação Ubíqua: incrementa os conceitos de pervasividade com mobilidade. Isto é, pode estar em todo lugar de forma invisível ao usuário (pervasivo), mas não restringe o seu campo de ação a um só ambiente, pois pode estar em constante movimento.

Inteligência Ambiental: capacidade de os dispositivos registrarem as mudanças no ambiente físico e, assim, interagir ativamente em um processo.

Normalmente, os objetos que cumprem esses requisitos são chamados de “objetos inteligentes” (AARTS; GROTEHUIS, 2011).

A tecnologia IoT vem ganhando grande notoriedade no mercado devido à sua capacidade de se adaptar a inúmeras aplicações. Por se tratar de um conceito emergente, sem um formalismo rígido, essa tecnologia não dispõe de uma arquitetura fixa, podendo ser adaptada à necessidade do usuário. IoT é considerado um conceito de infraestrutura capaz de realizar a conexão de "coisas" com a internet, tais como: eletrodoméstico, setores industriais, automação de sistemas médicos, redes de transporte e/ou redes financeiras (SAHA; SINGH; SAINI, 2019).

IoT compartilha a ideia de interligação de dispositivos eletrônicos com a internet, tornando possível a comunicação de sensores e atuadores de forma online, os sistemas IoT possuem como principais características:

1. Criar novas redes independentes que operam com infraestrutura própria;
2. Implementação de novos serviços e;
3. Diferentes modos de novas aplicações de comunicação entre “pessoas” – “coisas”, “coisas” - “coisas” (DOHR et al., 2010; GUBBI et al., 2013).

2.2.1 Arquitetura das plataformas IoT

Plataformas IoT são desenvolvidas por meio de um grupo de tecnologias com o objetivo de gerenciar e automatizar dispositivos conectados no universo de Internet das coisas, facilitando o fluxo de dados, comunicação, gerenciamento de dispositivos e a funcionalidade dos aplicativos. Os maiores desafios na construção de sistemas IoT está no alto grau de heterogeneidade de software e hardware nos ambientes (PIRES et al., 2015).

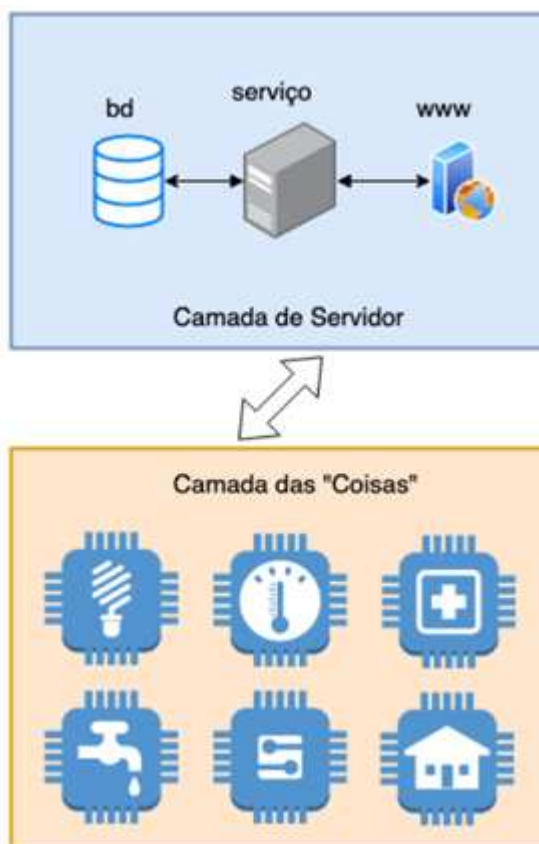
Apesar de existirem inúmeras plataformas IoT disponíveis no mercado para uso, cada uma com suas características, aplicabilidades e tipos de sensores, não existe um formalismo rígido na construção de plataformas específicas. As duas características mais importantes na sua criação estão relacionadas à quantidade de dispositivos e à heterogeneidade (GLUHAK et al., 2011).

Como pode ser visto na Figura 2.1, as arquiteturas de duas camadas são as mais populares, devido à simplicidade de implementação. Apesar de ser a arquitetura mais popular, ela suporta menores quantidades de dispositivos (na ordem de centenas), assim como não é capaz de garantir heterogeneidade, visto que os dispositivos precisam estar conectados ao servidor.

Já na arquitetura de três camadas, Figura 2.2, para garantir a heterogeneidade e o escalonamento horizontal, os dispositivos se comunicam com um concentrador denominado *gateway*, através do qual, comunicam-se com o servidor.

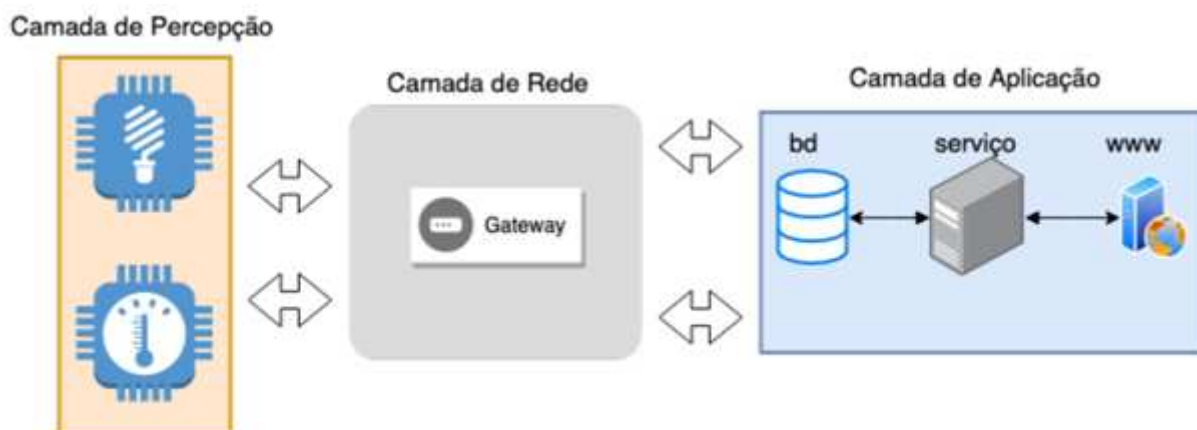
Na arquitetura de três camadas, a camada de percepção é composta por sensores e tem como objetivo identificar os objetos e realizar a aquisição de sinais no ambiente. A camada de rede é composta por um elemento denominado *gateway*. Esse hardware é composto por protocolos IoT específicos: *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP), o *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT) e *Constrained Application Protocol* (CoAP). Sua comunicação na maioria das vezes faz uso de tecnologias sem fio, tais como: 3G, Wi-Fi, *Bluetooth*, infravermelho ou ZigBee,

Figura 2.1: Arquitetura duas camadas



Fonte: adaptado de (GLUHAK et al., 2011)

Figura 2.2: Arquitetura três camadas



Fonte: adaptado de (GLUHAK et al., 2011)

tendo como objetivo realizar a transmissão dos dados coletados pela camada de percepção para a camada de aplicação (AMINE; OUMNAD, 2017).

2.2.2 Protocolos IoT

Protocolo é um conjunto de regras utilizada para estabelecer a comunicação entre duas entidades (FOROUZAN, 2008).

Os protocolos utilizados na tecnologia IoT são meios de comunicar dispositivos sensores e *gateways*, mas também podem ser utilizados para comunicar *gateways* com a camada de aplicação, muitos dos *gateways* utilizados em IoT possuem suporte aos protocolos HTTP, CoAP e MQTT (AMINE; OUMNAD, 2017).

O HTTP é um conjunto de regras que objetiva gerenciar a comunicação entre clientes e servidor. Ele é utilizado para transmitir documentos de imagens, vídeos, sons e texto, distribuídos e colaborativos. Todas as páginas Web são consideradas documentos de hipermídia, e possuem as seguintes características:

- Simples: as mensagens HTTP foram projetadas para serem fáceis de ler e entender, sem uso de qualquer tipo de aparato extra;
- Extensível: os cabeçalhos das mensagens HTTP foram criados de forma a propiciar a adição de novas propriedades de maneira fácil e intuitiva;
- *Stateless*: cada requisição é totalmente independente uma da outra. Não há compartilhamento de dados entre duas requisições diferentes;
- Confiável: envio de dados através da camada de transporte TCP, de forma segura (GOURLEY et al., 2002).

Ele faz uso do modelo “requisição-resposta” utilizando uma arquitetura cliente-servidor. Ao acessar um site ou sistema web, o navegador é o cliente da arquitetura, iniciando então a comunicação com o servidor. O servidor por sua vez, ao receber uma requisição, realiza o processamento desta e retorna uma resposta ao cliente.

Atualmente, a versão mais amplamente aceita desse protocolo é HTTP / 1.1. Sendo associado à *Representational State Transfer* (REST), com esse recurso, é possível a interação entre diferentes componentes: dispositivos, aplicações clientes e servidores (DIZDAREVIC et al., 2018).

A integração entre os padrões REST, HTTP e *JavaScript Object Notation* (JSON), tem oferecido muita versatilidade no desenvolvimento de arquiteturas para sistemas baseados em IoT. A camada de dispositivos (coisas / percepção) faz requisições, enviando dados dos sensores ao servidor via JSON. O servidor por sua vez, pode manter os dados armazenados e responder às requisições da camada de aplicação com os dados dos sensores, como pode ser visto na Figura 2.3.

Figura 2.3: Esquema de requisições HTTP ao servidor



Fonte: adaptado de (DIZDAREVIC et al., 2018)

O HTTP utiliza nove métodos de requisição (tipo de solicitação no qual o servidor deverá responder). Porém quatro desses métodos são os mais populares: GET, POST, PUT e DELETE.

- GET: é um método responsável por buscar informações, enviando seus dados (mais limitado em relação à quantidade de dados) no cabeçalho da requisição. Esse método tende a ter maior desempenho que o POST, pode ou não ter conteúdo no corpo da resposta;
- POST: é um método responsável por submeter informações ao servidor (menos limitado em relação à quantidade de dados). Normalmente é utilizado para causar mudanças de estados;
- PUT: também é um método de submissão, porém é comumente utilizado para atualizar informações já presentes no servidor.
- DELETE: é usado para excluir um recurso do servidor. Ao contrário das solicitações GET, as solicitações DELETE podem alterar o estado do servidor (GOURLEY et al., 2002).

O protocolo CoAP foi criado com a finalidade de realizar trocas de mensagens orientada a recursos, no qual consome pouca energia, poder de processamento ou armazenamento (CASTELLANI et al., 2011).

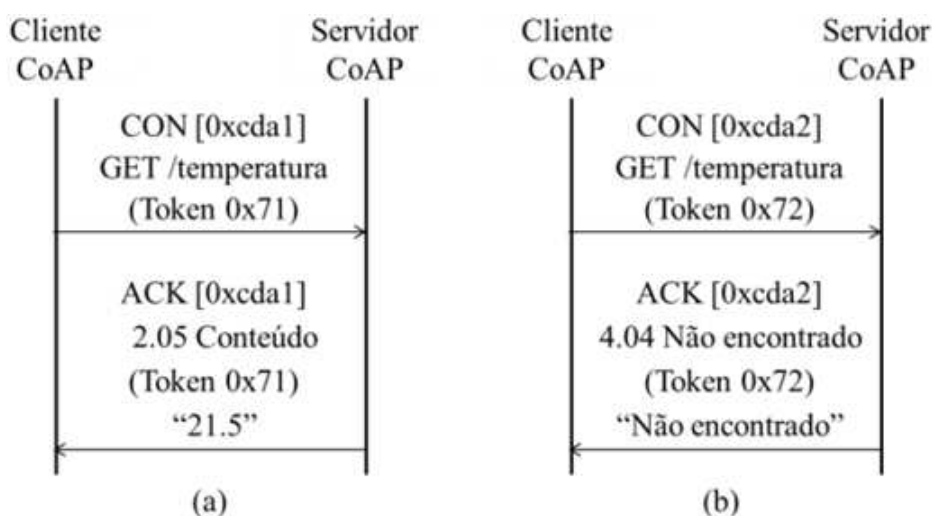
A criação desse protocolo foi baseado no modelo REST, foi testado e muito bem aceito pela comunidade. Esse protocolo possibilita a integração simplificada com o protocolo HTTP.

Possui um cabeçalho pequeno, limitado a 4 bytes, resultando numa diminuição do tamanho do pacote como um todo e na priorização do conteúdo da mensagem em si. Esse cabeçalho possui um identificador da mensagem, um *token* e um tipo da mensagem. O identificador serve para o CoAP detectar mensagens em duplicidade. O *token* por sua vez, permite ao CoAP relacionar as mensagens de requisição com a sua resposta. O tipo de mensagem pode variar entre confirmável (CON), não confirmável (NON), recebido (ACK) e reiniciar (RST) (SHELBY; HARTKE; BORMANN, 2014).

Por ser um protocolo simplificado, foi necessário implementar seus próprios métodos de detecção de duplicidade, retransmissão de pacotes e confiabilidade, para então tornar esse protocolo seguro (KOVATSCH; LANTER; SHELBY, 2014).

Na Figura 2.4 é mostrado o esquema de comunicação CoAP do tipo CON feita por um cliente utilizando dois métodos GET, onde é solicitado um valor de temperatura.

Figura 2.4: Requisições GET: (a) Acesso bem-sucedido ao recurso. (b) Recurso não encontrado



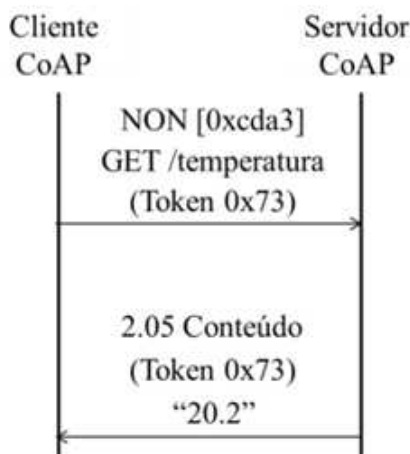
Fonte: adaptado de (SHELBY; HARTKE; BORMANN, 2014)

Na Figura 2.4(a) a temperatura é retornada com sucesso pelo servidor com o conteúdo mensagem ACK. Na Figura 2.4(b) é retornado o erro 404 informando que o recurso solicitado não foi encontrado.

Na Figura 2.5 é mostrado o esquema de comunicação CoAP do tipo "NON" feita por um cliente utilizando o método GET, não tem mensagem de reconhecimento enviada de volta pelo receptor, o que caracteriza um baixo nível de *Quality of Service* (QoS).

O protocolo MQTT foi criado pela IBM e pela Eurotech, foi projetado para ser simples e *open source*, leve e de fácil implementação: características adequadas para dispositivos embarcados com recursos de memória e/ou processamento limitados. Ele é um protocolo

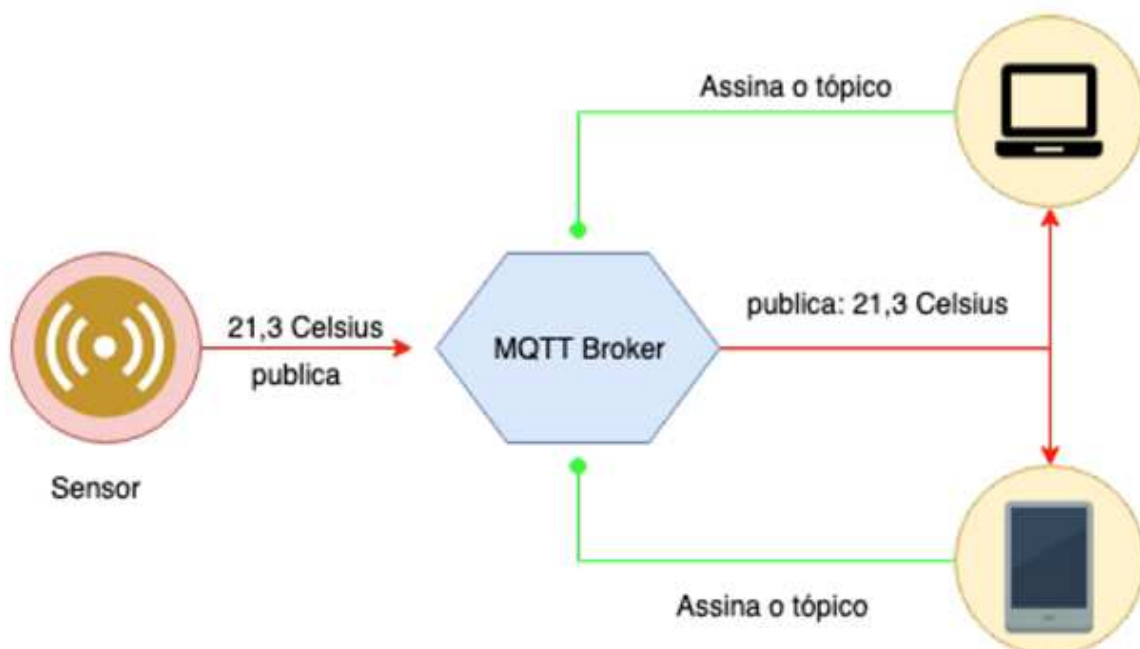
Figura 2.5: Requisição e resposta de uma mensagem não-confirmável



Fonte: adaptado de (SHELBY; HARTKE; BORMANN, 2014)

extremamente leve que funciona usando uma arquitetura publicação-assinatura para enviar e receber mensagem. O pequeno *overhead* de transporte (cabeçalho de tamanho fixo de 2 bytes) faz do MQTT uma solução interessante para redes não-confiáveis com recursos limitados, como largura de banda e alta latência (STANFORD-CLARK; TRUONG, 2013).

Figura 2.6: Esquema de publicação / assinatura MQTT



Fonte: (DIZDAREVIC et al., 2018)

De acordo com a Figura 2.6, é possível constatar o funcionamento do protocolo MQTT, onde faz uso da arquitetura publicação-assinatura, que provê uma distribuição de mensagens

pelo componente *broker* de um para muitos, ou seja, um publica e vários recebem (DIZDAREVIC et al., 2018).

2.2.3 Análise comparativa entre plataformas IoT

Diante de inúmeras plataformas para desenvolvimento de sistemas IoT, a seleção de uma plataforma adequada para sistemas HSH vem a ser um grande desafio.

Oliveira e Silva (2020), realizaram uma análise comparativa entre as dez plataformas IoTs mais populares do mercado, segundo relatórios produzidos pela *IoT Analytics*, empresa que estuda tendências no mercado de internet das coisas. Dentre as plataformas comparadas (seis são comerciais e quatro *open source*). Para uma comparação justa foram utilizadas as métricas ilustradas pela Figura 2.7.

Figura 2.7: Conjunto de métricas para análise comparativa.



Fonte: (OLIVEIRA; SILVA, 2020)

As plataformas se classificaram na seguinte ordem:

1. Microsoft Azure IoT
2. IBM Watson IoT
3. AWS IoT
4. Oracle Cloud IoT

5. Google Cloud IoT
6. Kaa IoT
7. Macchina.io
8. SiteWhere
9. Cisco Kinetic
10. ThingSpeak

Plataformas *open source* ocuparam posições inferiores no ranking, com exceção da plataforma Cisco Kinetic, vale salientar que o fato de uma plataforma ser menos classificada não indica ser uma solução insatisfatória para determinadas aplicações.

2.3 Casas Inteligentes

O conceito de casas inteligentes se dá por meio da integração de diferentes serviços, oferecendo uma infraestrutura local, compartilhando um mesmo meio de comunicação, garantindo economia, segurança e conforto, além de incluir um alto grau de funcionalidade e flexibilidade (LUTOLF, 1992). Essa definição foi uma das primeiras a surgir e foi baseada pelo advento da terminologia de automação residencial.

Considerando as tendências, baseadas no advento atual de pesquisas, casas inteligentes são aplicações de computação ubíqua, que são capazes de fornecer aos usuários, automatização e serviços sob a forma de inteligência do ambiente, controle remoto da casa ou automação residencial (ALAM; REAZ; ALI, 2012).

Em síntese, por meio de tecnologias emergentes as casas inteligentes devem ser capazes de interagir com sistemas locais e/ou externos, disponibilizando maior comodidade, conforto, segurança, automação de tarefas domésticas, mobilidade e sustentabilidade ambiental, além de fornecer flexibilidade para expansão de recursos.

2.3.1 *Health Smart Homes*

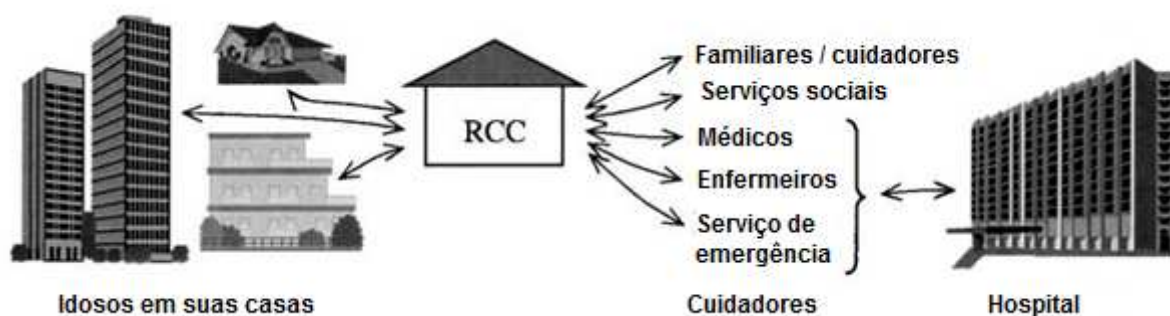
Aplicações HSH têm como objetivo fornecer uma maior qualidade de vida, bem estar e segurança para pessoas com limitações físicas, seja por conta da idade avançada ou

problemas motores diversos. Esse tipo de aplicação pode incluir produtos, conceitos e infraestrutura tecnológica, sendo cada vez mais requisitados à medida que o crescimento demográfico em países industrializados aumenta e a taxa de natalidade diminui (MANO et al., 2016).

Essas aplicações representam um grande potencial na promoção de uma vida mais independente, assim como na prevenção e monitorização de doenças. Permitindo, por exemplo, através de diversos de sensores, uma rápida avaliação (temperatura, pressão arterial, ritmo cardíaco, etc), ou uma intervenção mais séria de emergência médica, dado uma queda, acesso indevido de uma pessoa, etc.

Muitas vezes os sistemas HSH, são controlados por um *Remote Control Center* (RCC), como ilustra a Figura 2.8. O RCC é um componente chave nos sistemas HSH, pois tem a função de dar suporte, caso o sistema detecte alguma anomalia com o indivíduo, os RCCs podem ser compostos por: familiares, médicos ou serviço de emergência e hospital (RIALLE et al., 2002).

Figura 2.8: Visão macro da relação entre os elementos que compõe um sistema HSH



Fonte: (RIALLE et al., 2002)

Soluções inovadoras e de baixo custo, vêm emergindo devido à evolução de tecnologias adjacentes, possibilitando então que os gastos com saúde estejam dentro dos limites econômicos da sociedade (DOHR et al., 2010).

Sistemas HSH, assim como os sistemas IoT, também não possuem um formalismo rígido. No entanto, são divididos em três níveis distintos: *hardware* (sensoriamento e rede sem fio), *middleware* (captura, segurança e integração de dados) e serviços (processamento de sinais biológicos, processamento centrado em aplicações e serviço) (KUNZE et al., 2008).

2.4 Plataformas de computação física

Computação Física ou *Physical Computing* pode ser definida como a união da computação com a eletrônica, com o objetivo de criar protótipos de sistemas microcontrolados, sensores e atuadores que podem interagir com os seres humanos, realizando uma ligação entre elementos físicos e virtuais.

Dessa forma, é possível interagir tais tecnologias com tecnologias emergentes, incentivando assim, o desenvolvimento de soluções que possam ser utilizadas no cotidiano (CONSTANTINO, 2011).

A computação física vem ganhando popularidade devido ao seu uso adjacente à Internet das Coisas, sendo responsável por mais de 500 artigos publicados em cerca de oito anos, segundo relatos da *IEEE Computer Society* (BRAZILEIRO, 2013)

Comercialmente, existem inúmeras plataformas de prototipagem que utilizam desse conceito, são capazes de disponibilizar diversos tipos de serviços para diversas aplicações. Essas plataformas fazem uso de *hardware* e *software* livres, possibilitando à comunidade desenvolver projetos microcontrolados com alto nível de abstração eletrônica (ALVES et al., 2012).

Esses módulos possuem bibliotecas bem documentadas pela comunidade *open source* e permitem fazer uso dos principais protocolos de comunicação com o mínimo de programação (MCROBERTS, 2018).

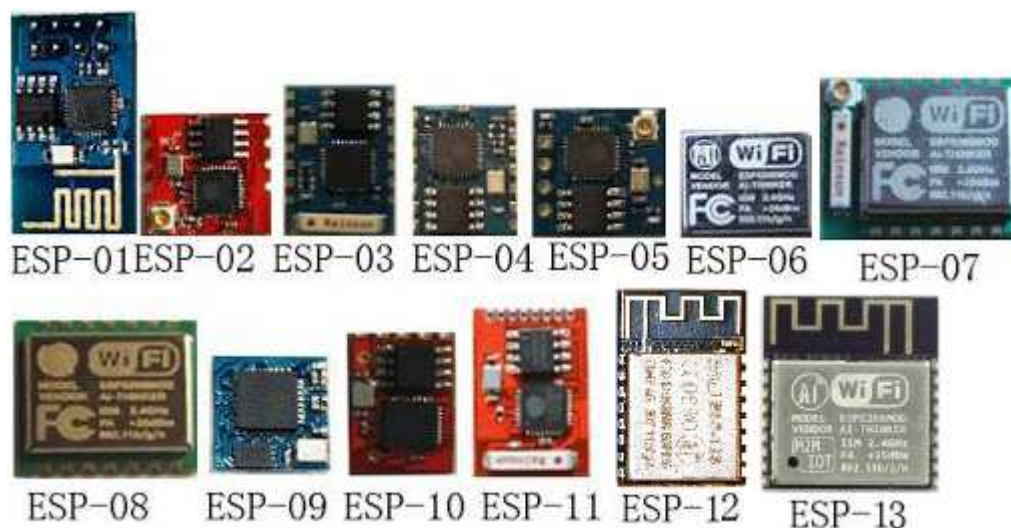
2.4.1 ESP8266

O ESP8266 é uma plataforma de computação física produzida pela empresa Espressif Systems desde o ano de 2014, possui uma interface de comunicação Wi-Fi, podendo assumir os modos de estação e ponto de acesso, é capaz de converter *datagramas* em dados seriais (utilizado pela maioria dos controladores). Por possuir essa característica (transceptor) é ideal em comunicação IoT baseada em *Transmission Control Protocol/Internet Protocol* (TCP/IP).

Os módulos ESP possuem diversas versões, que vão desde ESP8266-01 até ESP8266-13, como pode ser visto na Figura 2.9. Cada evolução de versão é apenas um incremento com novas funcionalidades da versão anterior. O ESP8266-01 é o mais barato e possui recursos mínimos, já o ESP8266-13 tende a ser o mais caro com maiores quantidades de recursos. Os recursos incluem número de pinos *General Purpose Input/Output* (GPIO), presença de

blindagem, antena, tipo de pacotes, memória e manipulação de sinais analógicos externos (MEHTA, 2015).

Figura 2.9: Principais versões dos ESP8266-x



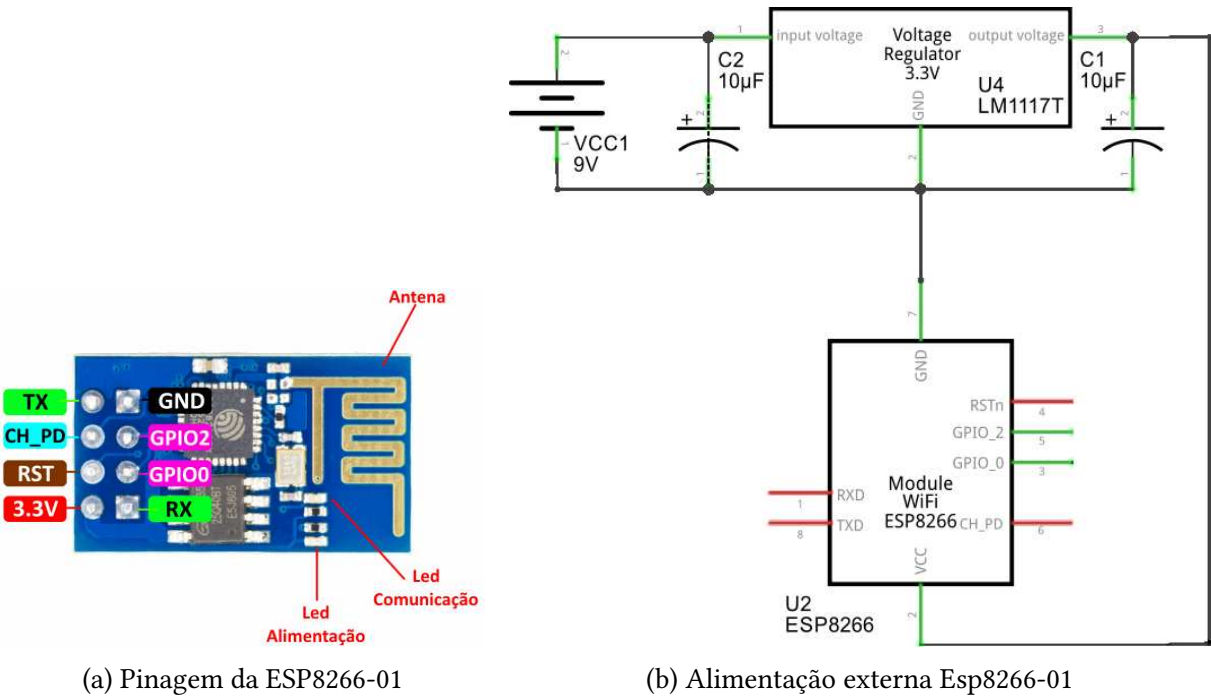
Fonte: adaptado de (ARAFAT, 2016)

A plataforma mais básica, a ESP8266-01 exibida na Figura 2.10a, é composta por dois pinos GPIO (GPIO 0 e GPIO 2), elas podem ser utilizadas como portas digitais convencionais, essa plataforma conta também com portas de comunicação *Universal Asynchronous Receiver/Transmitter* (UART), possibilitando a comunicação com outros controladores. Sua *Central Processing Unit* (CPU) de 32 bits, oferece ótimo processamento e baixo consumo de energia na ordem de 215 mA em modo transmissão, sua tensão de trabalho é de 3,3V e devido à sua antena *Printed Circuit Board* (PCB) permite alcance de até 90 m. O pino CH_PD é utilizado para realizar a seleção de função do módulo, caso iniciado em nível lógico alto, é habilitado o modo de gravação de novo *firmware* caso inicie com nível lógico baixo, o módulo executa o *firmware* presente (MEHTA, 2015).

A tensão de trabalho dessa plataforma é de 3,3V e requer uma corrente de 250mA. Para isso, é possível utilizar reguladores de tensão para a utilização de fontes de alimentação mais comerciais. Um exemplo é o uso do regulador de de tensão LM1117T, ilustrado na Figura 2.10b.

Por se tratar de uma plataforma limitada do ponto de vista de portas de comunicação, seu uso é indicado para trabalhar em conjunto com outros controladores, pois tem a capacidade de receber dados via Wi-Fi e transmitir aos controladores auxiliares através de comunicação serial. Nesse caso é necessária a utilização de um conjunto de instruções auxiliares denominados *attention* (AT). Os comandos AT foram desenvolvidos por Dennis Hayes em

Figura 2.10: Visão macro da plataforma de computação física ESP8266-01



Fonte: adaptado de (MEHTA, 2015)

1981, inicialmente utilizados para configuração de modems com interface de comunicação serial (KRAFTWERK, 1981).

Os principais comandos AT utilizados para configurar os módulos ESP8266-01 podem ser visto na Tabela 2.1.

Tabela 2.1: Principais comandos AT utilizados para configuração dos módulos ESP8266-01.
Fonte: adaptado de (YULIANSYAH, 2016)

AT-Command	Função	Resposta
AT	Trabalhando	OK
AT+RST	Reinicia	OK [SystemReady, Vendor:www.aithinker.com]
AT+GMR	Versão do Firmware	AT+GMR 0018000902 OK
AT+CWLAP	Listagem de pontos de acesso	AT+CWLAP +CWLAP:(4,"AP 1", -38,"70:62:b8:6f:6 d:58",1),33,+ CWLAP: (4,"AP 2",- 83,"f8:7b: 8c:1e:7c:6d",1) OK
AT+CWJAP= "SSID","PASS"	Conectar a um ponto de acesso	AT+CWJAP? +CWJAP:"AP 1"OK

Caso o ESP8266-01 seja utilizado sem expansão de recursos, isto é, sem se comunicar com outro controlador, não há necessidade de utilização de comandos AT. Para isso, existem bibliotecas que permitem a comunicação Wi-Fi, utilizando recursos TCP/IP e portas de comunicação nativas do módulo. Em outubro de 2014, Espressif emitiu um Kit de Desenvolvimento de Software (SDK) que possibilitou à comunidade incrementar ainda mais os recursos desses módulos (YULIANSYAH, 2016).

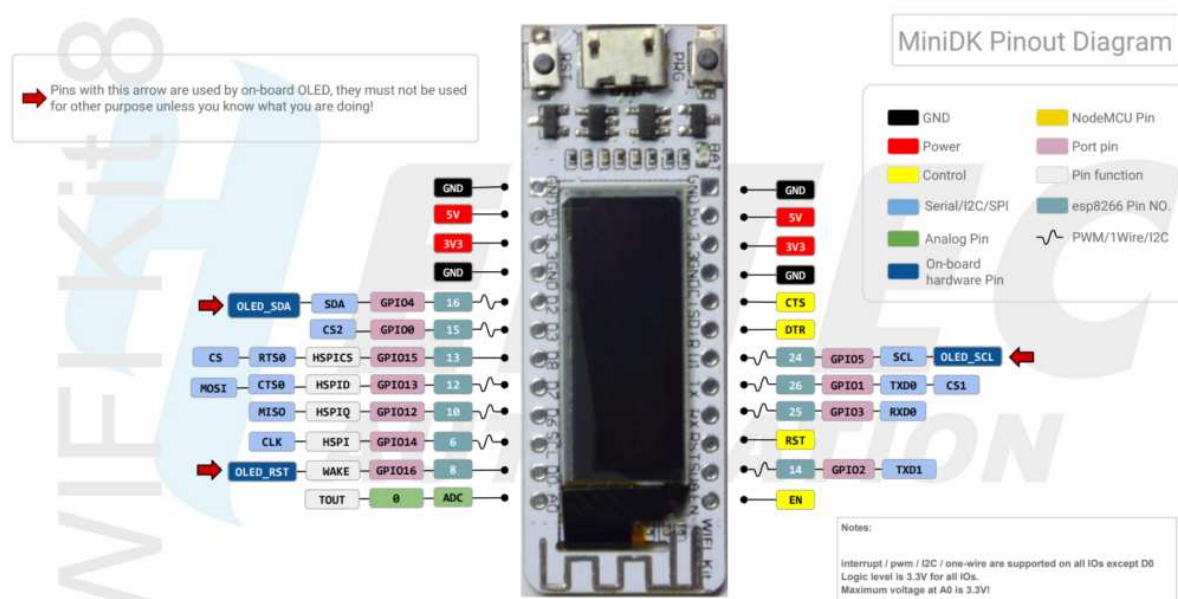
2.4.2 Wi-Fi Kit 8

O kit Heltec Wi-Fi 8 é composto por um microcontrolador ESP8266, na qual, herda suas bibliotecas e funcionalidades de comunicação Wi-Fi, operando a 2,4 GHz no padrão 801.11n.

A plataforma de desenvolvimento é alimentada por um conector micro USB de 5 V e pode consumir no máximo 135 mA. O kit Heltec Wi-Fi 8 também inclui um pequeno *display* OLED de 0,91", que pode exibir informações relevantes ao projeto (NISKANEN, 2021).

Além dos recursos sem fio, esse módulo possui 11 pinos digitais in/out, dos quais podem trabalhar com comunicação 1 x *Serial Peripheral Interface* (SPI), 1 x *Inter-Integrated Circuit* (I2C) e 2 x UART. Possui também um pino conversor analógico digital de 10 bits e antena integrada como pode ser visto na Figura 2.11.

Figura 2.11: Diagrama de pinagem Heltec Wi-Fi Kit 8



Fonte: (HELTEC..., s.d.)

2.4.3 ESP32-CAM

A plataforma de computação física ESP32-CAM é uma evolução das plataformas ESP32, possuindo todas as funcionalidades da sua antecessora (*Bluetooth*, Wi-Fi, portas de comunicação), e adicionalmente uma câmera que possui funcionalidades semelhantes às de uma câmera IP. Outra funcionalidade importante é a possibilidade de envio de *datagramas* e imagens em tempo real a um *Web Server*, a sua programação pode ser feita por meio do Ambiente de Desenvolvimento Integrado (IDE) do Arduino (KURNIAWAN, 2019).

O módulo ESP32-CAM é uma plataforma econômica e poderosa para o desenvolvimento de projetos IoT. A placa microcontroladora ESP32 ao contrário de seu antecessor ESP8266, tem mais interfaces. ESP32 foi lançado pela Espressif Systems em 2016, equipado com um processador dual-core de 32 bits e clock de 80, 160 ou 240 MHz. Possui um cabo especial para conectar a câmera OV2640, um *slot* para cartão de memória microSD e o próprio chip ESP32-S.

Essa plataforma requer um conversor UART para USB, para sua programação. A câmera OV2640 oferece a capacidade de obter e analisar a imagem de objetos que estão presentes no ambiente, podendo utilizar lentes com ângulo de visão de 160° em resolução de até 1600x1200 e taxa de atualização máxima de 15 *frames* por segundos (FPS). Por causa disso, o módulo se tornou popular assim como o ESP8266 e ESP32 (SALIKHOV; ABDRAKHMANOV; SAFARGALIN, 2021).

Atualmente existem inúmeras SDK para consumir os recursos disponíveis nessa plataforma, tais como: reconhecimento facial, ajustes diversos de captura da câmera, armazenamento de *frames* em cartão SD, dentre outros; além de disponibilização de pinos para expansão de recursos, tais como: três pinos de aterramento, dois pinos de alimentação (3,3V ou 5V), GPIO 1 e GPIO 3 para comunicação serial, pino GPIO 0 com *flash* embarcado, esses recursos podem ser vistos no diagrama de pinagem na Figura 2.12.

2.5 Sensores IoT

Os sensores são componentes elétricos, eletrônicos, até mesmo mecânicos que objetivam integrar-se a fim de fornecer dados para as plataformas de computação física, com intuito de detectar eventos.

Figura 2.12: Diagrama de pinagem ESP32-CAM



Fonte: (BATTU et al., 2021)

Segundo Constantino (2011), os sensores são considerados fundamentais para o desenvolvimento de sistemas baseados em IoT, tendo eles, a importância de responder a eventos adversos em ambientes monitorados.

2.5.1 Sensor magnético (*reed switch*)

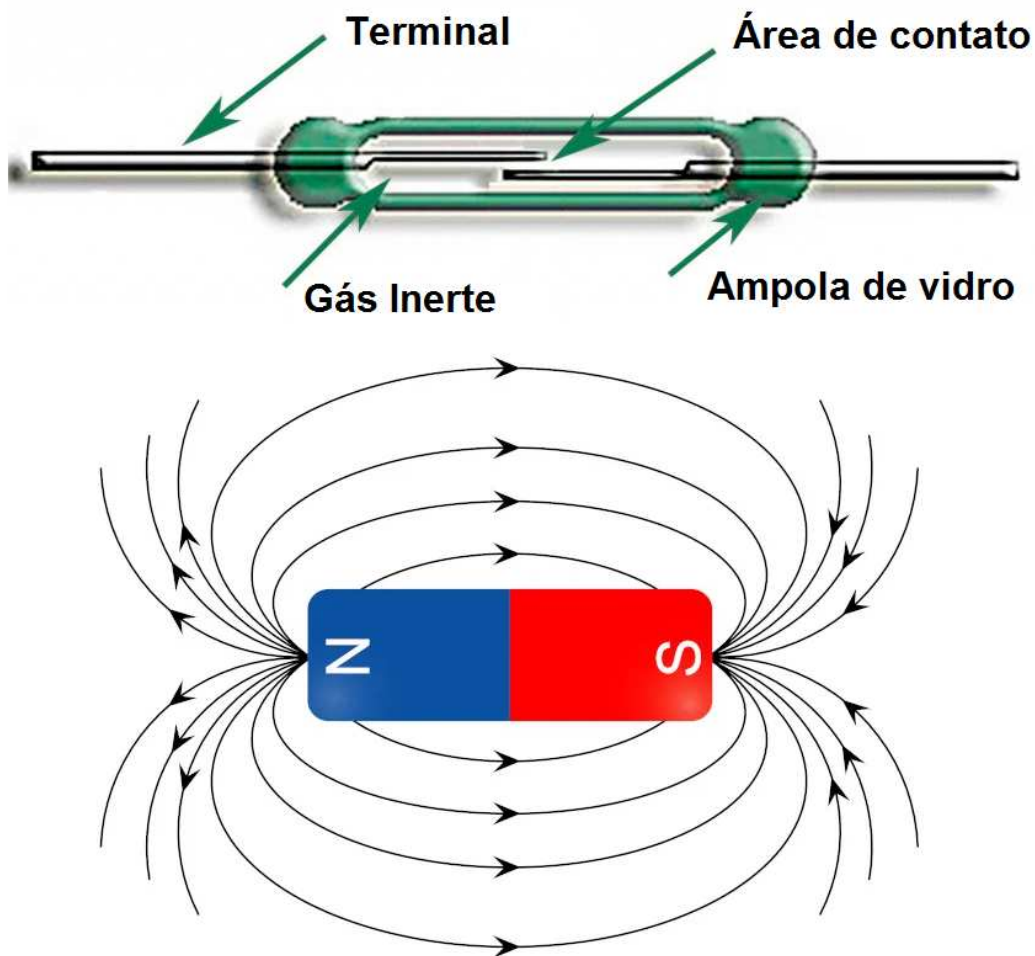
Os sensores magnéticos são compostos por uma pequena ampola de vidro que contém duas lâminas de material ferromagnético bem próximas uma da outra, como pode ser visto pela Figura 2.13. Esse sensor é utilizado em conjunto com um ímã, que ao chegarem próximos unem suas lâminas fechando os contatos externos.

O sensor funciona como uma chave ativada por campo magnético. O estado da chave se comporta como um contato seco (aberto ou fechado) (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2020).

Segundo seu *datasheet*, os sensores *reed switch* possuem as especificações a seguir, podendo variar de acordo com o seu modelo:

- Tensão de operação máxima de operação: 3,3 V - 5V
- Corrente máxima de operação: 500mA
- Material: vidro e metal
- Temperatura de operação: -40 à 125 °C
- Dimensões: 3,2 X 1,4 cm

Figura 2.13: Composição dos sensores magnéticos



Fonte: adaptado de (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2020)

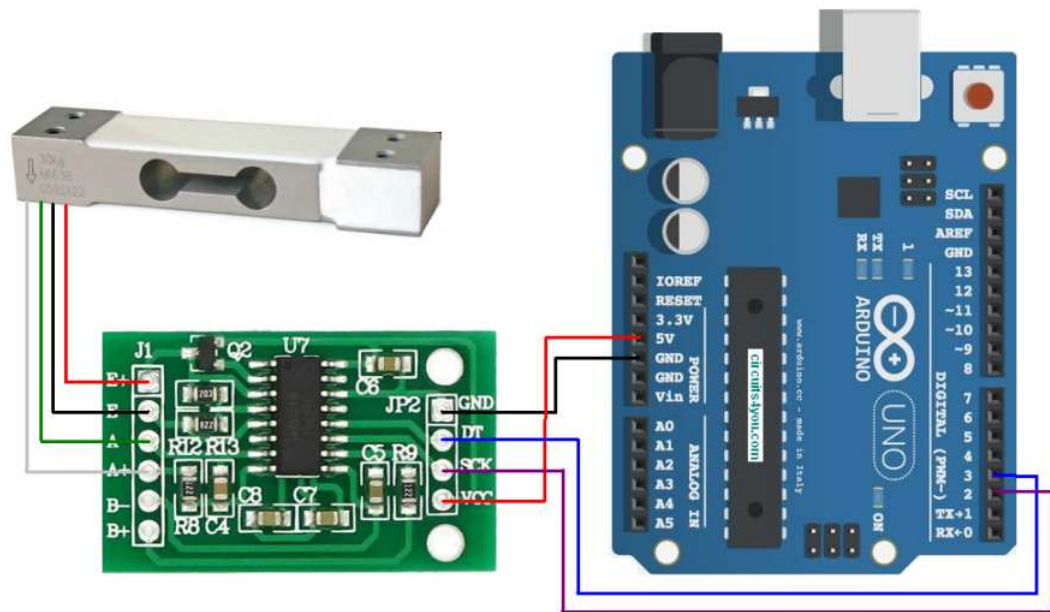
2.5.2 Sensor de carga (hx711)

O sensor de carga hx711 é um amplificador diferencial capaz de converter sinais analógicos em digitais, sua resolução é de 24 bits, ele é usado para obter valores de uma célula de carga e as converter em peso. Para isso, ele deve ser conectado a uma célula de carga conforme Figura 2.14. A célula de carga deve fornecer uma variação de resistência entre dois pontos do amplificador, calculando então a força de tração ao deformar a célula de carga.

Suas especificações técnicas de acordo com o fabricante são:

- Módulo hx711;
- Tensão de operação: 2,6 a 5,5 V DC;
- Corrente de operação: 1,6 mA;
- Temperatura de operação: -20 à 85 °C;

Figura 2.14: Esquema de ligação do sensor de carga



Fonte: (BARONE, 2019)

- Interface SPI;
- Dimensões: 29 x 17 x 4 mm (sem os pinos).

Ele foi projetado especialmente para balanças digitais e aplicações de controle industrial. Seu princípio de funcionamento é: aplicar uma tensão conhecida e coletar a resistência gerada pela célula de carga, através do circuito de conversão analógico digital (SEMICONDUCTOR, 2019).

2.6 Gateway IoT

Dadas as especificações dos sistemas HSH, existe então a necessidade de conectar os dispositivos entre si, e/ou com serviços externos, como nuvens, sites, banco de dados, na maioria das vezes sem fio. Essa conexão é realizada através de um elemento denominado *gateway*, que pode estar presente ou não, como serviço de um roteador. Essa integração de elementos locais com a internet dá origem às redes *Wireless local Area Network* (WLANs). As redes WLANs são comumente chamadas de redes Wi-Fi, sendo mantidas pelo padrão IEEE802.11. Esse padrão é responsável por estabelecer o conjunto de regras para a criação de redes locais sem fios.

A tecnologia Wi-Fi é capaz de fornecer conectividade sem fio, segura, confiável e rápida entre os mais diversos dispositivos eletrônicos. Permite ainda, a conexão direta desses dispositivos com a Internet, com velocidades de banda larga, quando ligados a um Ponto de Acesso (AP) (IEEE..., 2021).

As conexões Wi-Fi típicas consistem em um AP central e um número de Estações (STAs) que estão conectadas a ela, trabalhando em uma frequência de 2,4GHz ou 5GHz, fornecendo taxa de transferência de 54Mbps ou 100Mbps em um alcance de 50 a 100 metros (BANERJI, 2013).

Gateway IoT é considerado o componente central em sistemas baseados em IoT. Esses sistemas, dependendo da arquitetura, dependem de redes baseadas em IP para enviar dados coletados de dispositivos IoT para *gateways*, plataformas de nuvem ou *middleware*. O objetivo básico do *gateway* é dar suporte à heterogeneidade entre diferentes dispositivos e a internet, fortalecer o gerenciamento das redes e servir de ponte entre a internet tradicional e as redes de dispositivos (DATTA; BONNET; NIKAEIN, 2014).

Muitas vezes os *gateways* são considerados o "gargalo" de conexões entre dispositivos sem fio em rede local, dada a sua limitação de conexões simultâneas, geralmente, abaixo de 32 dispositivos para os roteadores domésticos mais comuns (ALENCAR SANTOS et al., 2022).

Muitos fabricantes de roteadores não apresentam nos manuais de seus produtos a especificação sobre essa limitação, podendo então, comprometer a viabilidade do projeto em uma fase já avançada de desenvolvimento.

2.7 Persistência de dados no contexto de IoT

Dentre as funcionalidades das arquitetura IoT, se destaca a capacidade de transmissão de dados. Transmitir dados entre as camadas de percepção e aplicação, é considerado o ponto principal para esse tipo de sistema. Para isso existem diversas técnicas, no modelo tradicional, é utilizado uma camada de software denominada *middleware*, que são *scripts* responsáveis por receber dados dos *gateways* e disponibilizá-los para as aplicações, a exemplo de uma aplicação REST apoiada por um banco de dados (PIRES et al., 2015).

Dependendo da quantidade de dispositivos utilizados em um ambiente IoT, atrelado a técnicas de processamentos para descoberta de padrões em grandes massas de dados, cresce também o volume de dados providos e transmitidos através da rede. Nesse contexto, existe a

necessidade que esse grande volume de dados seja processado e armazenado da forma mais otimizada possível, por meio das aplicações *middlewares*. Além dessa necessidade surgem também outros desafios relacionados à organização dos dados, consultas, indexação, processamento e manipulação de transações. Atualmente muitas aplicações IoT fazem uso das tecnologias emergentes de persistência e manipulação de dados, tais como: *Big Data* e computação em nuvem, devido ao seu potencial em gerir grandes volumes de dados, não estruturados (CHEN; MAO; LIU, 2014).

Capítulo 3

Trabalhos Relacionados

O trabalho teve início na idealização do projeto, depois pela definição dos capítulos. Para gerar informações aos capítulos, foi realizado o levantamento bibliográfico das definições de sistemas HSH que, por sua vez, faz usos de recursos IoT, casas inteligentes e principais desafios encontrados na terceira idade.

Para isso, foram utilizadas as seguintes *strings* de buscas:

- *Health smart home*
- Desafios da terceira idade
- *IoT architecture*
- *Smart home physical computing*

As *strings* de busca foram inseridas manualmente nas principais bases de periódicos, dentre elas:

- Google acadêmico
- IEEE *digital library*
- *Scientific Electronic Library Online* (Scielo)

Dessas buscas foram extraídos 190 documentos, nos quais foram pré-selecionados utilizando o critério de relevância frente às *strings* de busca.

Após o processo de extração dos documentos, foi utilizado o processo de refinamento, classificando então 62 documentos mais relevantes sendo:

- 7 a respeito de casas inteligentes
- 14 de desafios da terceira idade
- 23 de arquitetura e protocolos IoT
- 10 de plataformas de computação física
- 5 sobre sistemas de cuidado com pessoas idosas
- 3 sobre sensores

Para ajudar na localização dos conceitos nos documentos, foi construído um documento de síntese de cada um dos 62 artigos selecionados. Esse documento de síntese facilitou a localização dos artigos, monografias e teses refinadas, dando então subsídio para a criação dos subcapítulos de levantamento bibliográfico para, em seguida, levantar possíveis lacunas nas arquiteturas atuais e possibilitar a criação da arquitetura proposta e protótipos de simulação.

Os mais relevantes são brevemente relatados a fim de deixar mais clara a contribuição científica aqui proposta.

3.1 Principais trabalhos correlatos

Sistemas baseados na tecnologia IoT, tendem a não possuir uma arquitetura rígida na sua construção, ficando a cargo da necessidade do projeto a escolha da melhor arquitetura, protocolo e dispositivos a serem utilizados.

Segundo Sung, Wang e Su (2020), foi aplicada em sua pesquisa uma arquitetura de três camadas, utilizando protocolo *ZigBee wireless protocol* para enviar dados a um *gateway* específico, que por sua vez faz uso do protocolo MQTT para dar carga a um banco de dados "MONGO DB". Para a recepção dos dados em um *smartphone*, foi utilizada uma API utilizando o protocolo de comunicação HTTP.

Já Hu et al. (2017), fizeram uso de uma arquitetura onde encontra-se uma camada *front-end* para aquisição de informações do ambiente, *gateway* para transmissão de dados, *back-end* para tratamento de dados, *middleware* para processamento e armazenamento dos dados em um banco de dados remoto.

Vasileanu (2018), defende o uso de uma arquitetura baseada em *middleware* para a construção de seus protótipos, essa *middleware* recebe dados dos sensores e os transmite para um banco de dados remoto, além de possibilitar o acesso às informações já processadas.

Segundo o projeto de pesquisa de Malavasi et al. (2019), foi utilizada uma estrutura de código aberto para automação residencial denominada "OpenHAB", que por sua vez, permite integrar diversas *frameworks* e sistemas inteligentes, essa estrutura abstrai toda a lógica de comunicação do usuário, permitindo uma implantação simplificada, porém rígida.

A pesquisa realizada por Zavalyshyn et al. (2021), implementa a ideia de uma *Smart Hub* local, ela é composta por uma camada de software (*middleware*), essa camada de software recebe dados dos sensores em diversos protocolos, realiza a classificação do evento ocorrido e direcionar a notificação para cada responsável (familiares, policiais, bombeiros, etc). As notificações são disponibilizadas para os responsáveis através de uma API, disponível em um *Web Server* local.

No trabalho de Pires et al. (2015), além de serem caracterizadas as arquitetura IoT, foi enfatizando o uso de *middlewares* para abstrair as especificidades da camada de física. Foram abordadas diversas plataformas *middlewares* comerciais, tais como:

- Ecosistema Web de Dispositivos Físicos (EcoDiF)
- Xively
- Carriots
- LinkSmart
- OpenIoT
- RestThing
- WoT Enabler
- Smart Spaces and Smart Objects Interoperability Architecture (S3OIA)
- Ubiware
- WSO2
- INRIA ARLES

Das plataformas citadas, a ECoDif, Xively, Carriots, RestThing e WoT Enabler, fazem uso do recurso REST para transação de dados entre sensores e distribuição dos dados processados.

Diante das especificações técnicas apresentadas pelos trabalhos citados, a maioria das aplicações IoT fazem uso de *middleware* para processar dados e aplicar regras de negócio. A complexidade dessas regras vai depender do tipo de aplicação e dados fornecidos pelos sensores através de um *gateway*. Diante disso, este trabalho propõe implementar essas regras de negócios por meio dos recursos dos sistemas SGBDs, tendo em vista os recursos disponibilizados por essa ferramenta.

Capítulo 4

Materiais e Métodos

Este capítulo tem como objetivo descrever os materiais e métodos utilizados na construção de um sistema HSH, utilizando uma arquitetura IoT não convencional de transação de dados.

O sistema HSH nada mais é do que um sistema IoT aplicado ao contexto de casas inteligentes voltado aos cuidados de pessoas idosas, para isso foram pesquisados a fundo as arquiteturas, protocolos e modelos de referências na construção de sistemas IoT.

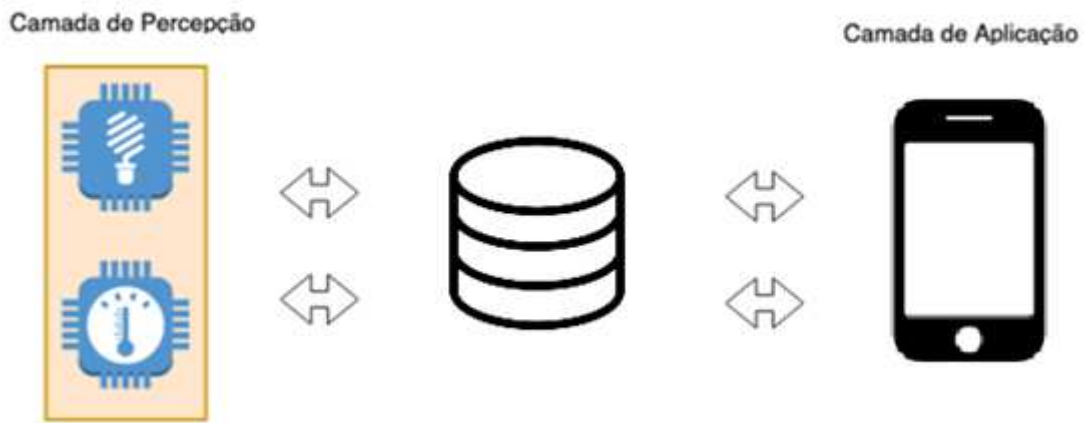
De acordo com os objetivos idealizados pelo projeto proposto, surge então a possibilidade de desenvolvimento de um sistema HSH, sem que haja a presença de uma plataforma *middleware* de transição de dados entre camadas, como mostrada pela Figura 4.1.

Com a finalidade de testar os recursos de acesso ao banco de dados remotos e o uso de dispositivos heterogêneos totalmente escalável, considerados os principais requisitos em sistemas HSH, foi construído um protótipo utilizando a plataforma de computação física Wi-Fi Kit 8, um servidor de banco de dados remoto e uma aplicação Android com acesso direto ao banco de dados como pode ser visto na Figura 4.2a.

A Figura 4.2a é dividida em 3 partes, a primeira representa camada de percepção, nela foi construído um equipamento denominado controle, esse controle será responsável por enviar dados ao banco de dados remoto, por meio do acionamento de um botão contido nele. Para isso foi construído um circuito e um *firmware* utilizando a IDE Arduino, que irá realizar a conexão com um AP (roteador doméstico), no qual servirá de ponte entre o controle e o banco de dados.

Na Figura 4.2b, por meio da ferramenta administrativa de banco de dados "sqlYog", é exibida a tabela e campo que irão receber os acionamentos do botão do controle. O campo contador é incrementado a cada pressionamento.

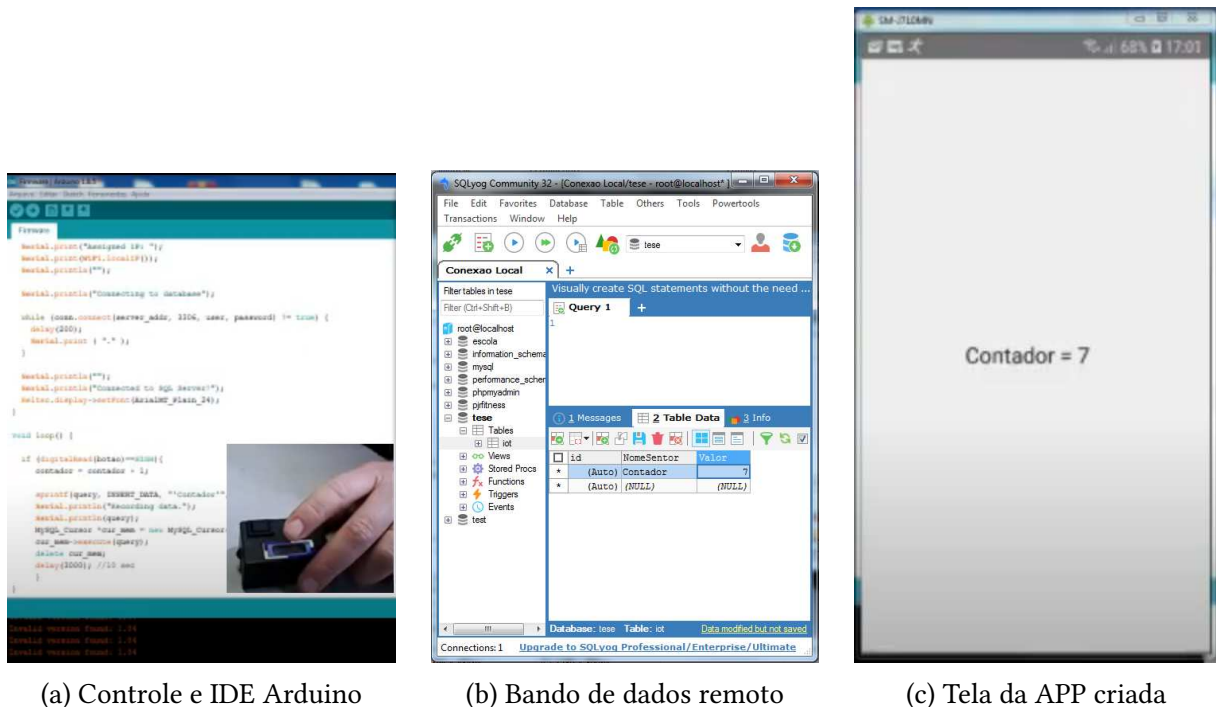
Figura 4.1: Proposta de arquitetura simplificada



Fonte: Autoria própria (2023)

Já na Figura 4.2c, é exibida a tela da APP criada. Para isso foi espelhada a tela do celular na tela do computador para facilitar a visualização. Essa APP realiza seleções periódicas no banco de dados, trazendo o valor atualizado pelo controle no banco de dados, e exibindo no rótulo Contador no centro da tela.

Figura 4.2: Protótipo de comunicação



(a) Controle e IDE Arduino

(b) Banco de dados remoto

(c) Tela da APP criada

Fonte: Autoria própria (2023)

4.1 Construção do banco de dados

Inicialmente para testes de transação de dados, foi construído um banco de dados com uma única tabela chamada IoT. O SGBD utilizado foi o MySQL e se encontra hospedado em um servidor de hospedagem remoto chamado *hostinger*. Nessa tabela foram criadas três colunas (id, nomeSensor, Valor).

Ao criar o banco de dados são geradas credenciais de acesso a ele. Essas credenciais foram utilizadas posteriormente para permitir acesso aos dados pelo ESP8266-01 e APP criado.

4.2 Protótipo de hardware

Para a criação do protótipo, foi utilizada a plataforma de computação física Wi-Fi Kit 8, que é uma evolução da placa ESP8266. Ela possui recursos de comunicação sem fio integrada a ela, display, além das bibliotecas de comunicação direta com banco de dados. Para acomodação do circuito, foi utilizada uma caixa tipo patola, como disposto na Figura 4.3.

Figura 4.3: Protótipo de comunicação



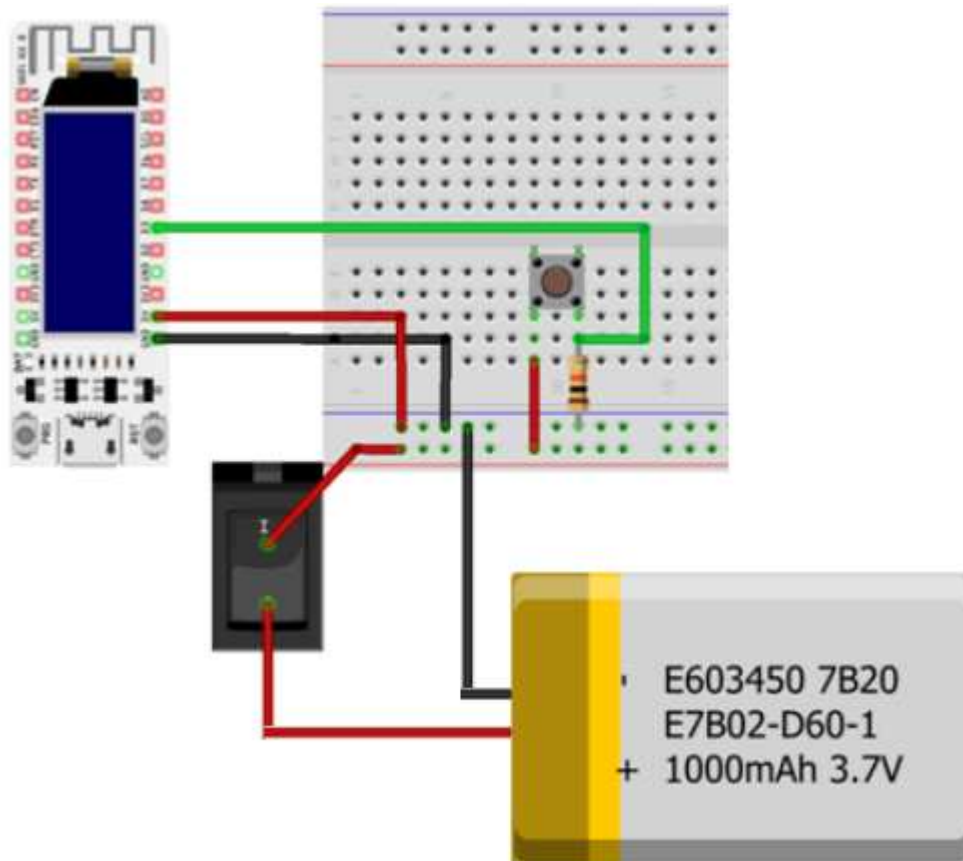
Fonte: Autoria própria (2023)

4.2.1 Esquemático de ligação

Para satisfazer um dos principais requisitos dos sistemas HSH (ubíqua), adicionalmente foi introduzido o recurso de alimentação desse dispositivo por baterias. As baterias do tipo lítio possuem uma tensão de alimentação nominal de 3,7V e dependendo do seu modelo uma corrente de 1000 mAh. A alimentação do circuito se inicia na bateria, logo após passa pela chave liga/desliga que irá alimentar a plataforma através da matriz de contato. Feito isso o *firmware* vai monitorar os níveis lógicos da porta GPIO15, segundo o esquema eletrônico

visto na Figura 4.4. O nível lógico é sempre baixo e mudará para alto no pressionamento do botão (*pull-down*), o *firmware* também faz a verificação para que não sejam enviados vários valores ao banco de dados caso o botão se mantenha pressionado. O resistor de 10k ohm, garante que ao pressionar o botão a tensão de 3.7 V vai para a porta GPIO15 e não para o terra.

Figura 4.4: Esquemático eletrônico do sistema



Fonte: Autoria própria (2023)

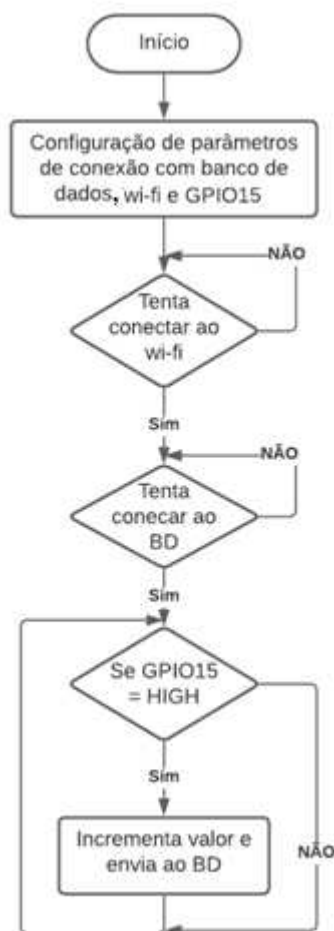
4.2.2 Construção do *firmware*

Para a construção do *firmware*, foi utilizada a IDE de desenvolvimento Arduino e bibliotecas de conexão Wi-Fi (WiFiClient.h) e Mysql (MySQL_Connection.h).

O loop de fluxo de execução do programa se inicia realizando as configurações de parâmetros do servidor de banco de dados remoto, conexão Wi-Fi e configuração da GPIO15 como entrada. Posteriormente é iniciado um *loop* para tentativa de se conectar à rede local. Caso a conexão com a rede local seja bem sucedida, o *loop* de conexão com o banco de dados é iniciado. Quando a conexão com o banco de dados for realizada, o programa monitora a

porta GPIO15, onde, se esta estiver com o nível lógico alto, o valor de contador é incrementado e enviado para o banco de dados, como mostrado pela Figura 4.5.

Figura 4.5: Fluxo de execução do protótipo



Fonte: Autoria própria (2023)

4.3 Criação da APP

Para o desenvolvimento da APP foi utilizada a IDE de desenvolvimento Delphi Rio versão 10.3, em conjunto com o componente de conexão remota com o banco de dados Unidac. Esse componente é pioneiro na tecnologia de execução direta de instruções *Structured Query Language* (SQL) em banco de dados remoto, além da sua característica de ser multiplataforma.

Ao iniciar a APP é iniciado um *timer* que fica executando comandos de seleção no banco de dados no intervalo de 100 ms. A seleção traz o valor do contador inserido anteriormente

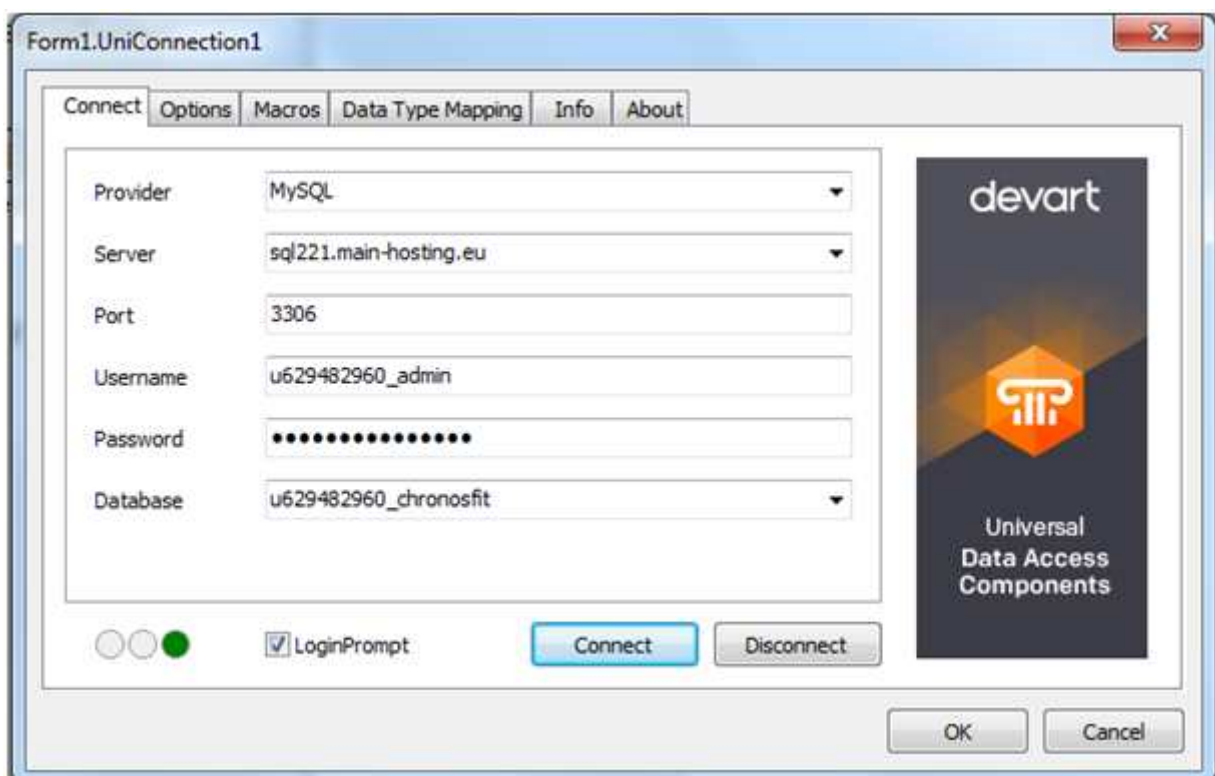
pelo *hardware*. O intervalo de seleção está relacionado com a latência de resposta do evento executado pela camada de percepção (coisas).

Para a conexão com o banco de dados foram utilizados os seguintes componentes: UniConnection, UniQuery e MySQLUniProvider.

O componente UniConnection é responsável por efetivamente se conectar ao servidor de banco de dados remoto. Esse componente requer as configurações de seis parâmetros de conexão, tais como: provedor, servidor, porta, usuário, senha e banco de dados.

Para a APP em questão foi utilizado o SGBD MySql e porta 3306 (padrão para esse SGBD), como pode ser visto na Figura 4.6. As demais configurações são fornecidas pelo servidor de hospedagem do banco de dados

Figura 4.6: Configuração de parâmetros de conexão



Fonte: Autoria própria (2023)

O componente UniQuery se conecta ao componente UniConnection e tem por finalidade executar instruções *Data Manipulation Language* (DML) que são: *Insert*, *Update*, *Delete* e *Select* diretamente no banco de dados remoto. Já o componente MySQLUniProvider é responsável por criar uma ponte entre o componente UniQuery e os dados propriamente ditos.

Capítulo 5

Resultados

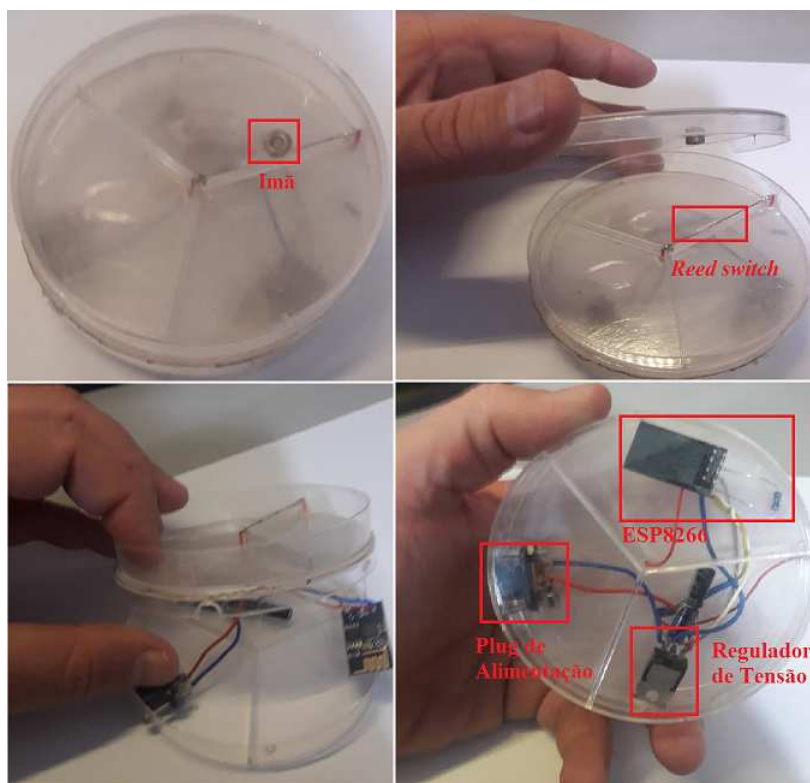
A construção dessa nova arquitetura de comunicação entre camadas, foi possível devido à evolução das bibliotecas das plataformas de computação física e dos ambientes de desenvolvimento para dispositivos móveis, que adicionaram tais recursos à suas bibliotecas.

Por meio de experimentações complementares, baseado no protótipo e na arquitetura de comunicação, citado no capítulo de materiais e métodos, foram construídos os protótipos de verificação de consumo de medicamento e monitor de queda noturna.

5.1 Verificação de consumo de medicamento

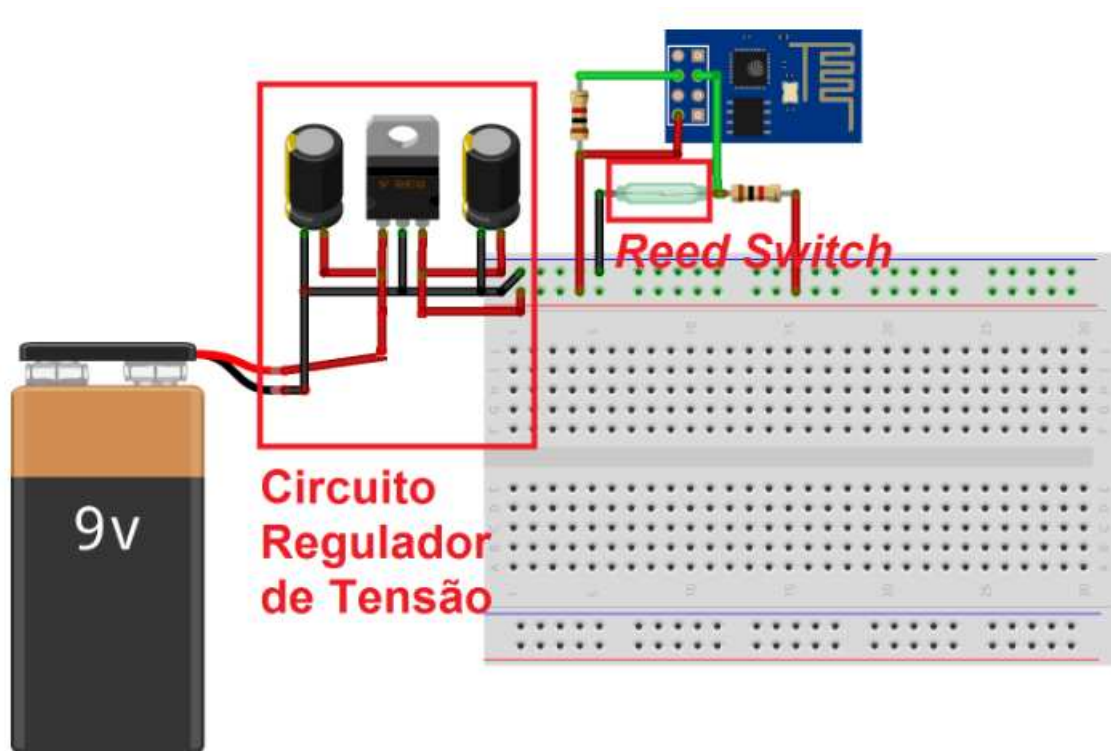
O *hardware* de verificação de consumo de medicamento foi criado utilizando a plataforma de computação física ESP8266-01, como visto na Figura 5.1. Esse protótipo contou com um sensor magnético “*reed switch*”, fixado na “estrutura do equipamento”. Esse sensor é acionado por um ímã que se encontra fixado na tampa do equipamento. O seu objetivo é detectar se o compartimento de comprimidos foi aberto, caso tenha sido, será enviado um valor incremental na tabela “recepção” no campo “remédio”, do banco de dados.

Para melhor visualização das ligações eletrônica, foi criado um circuito utilizando a ferramenta de prototipagem de circuitos “*fritzing*”, mostrado na Figura 5.2. Com ela foi possível visualizar de forma mais clara a ligação dos componentes, além do circuito auxiliar de regulação de tensão. O circuito auxiliar fez uso do regulador LM29373.3, onde segundo seu *datasheet*, se faz necessária a utilização de capacitores de desacoplamento (0,1 μF na tensão de entrada e 10 μF na tensão regulada), nesse circuito foi utilizada alimentação por bateria de 9 V.

Figura 5.1: *Hardware* do protótipo de verificação de consumo de medicamento

Fonte: Autoria própria (2023)

Figura 5.2: Esquemático do protótipo de verificação de consumo de medicamento



Fonte: Autoria própria (2023)

O *reed switch* se comporta como um botão, seu estado inicial é aberto, bloqueando a passagem da corrente para o terra. De acordo com circuito proposto, o sentido da corrente deve ir para GPIO2 da EPS8266-01, permanecendo sempre com nível lógico alto, isto é, enquanto a caixa de remédio estiver aberta. Ao fechar o compartimento, o imã chega próximo ao sensor, ele se fecha, nesse momento a corrente ao invés de ir para para a GPIO2, ela vai para o terra.

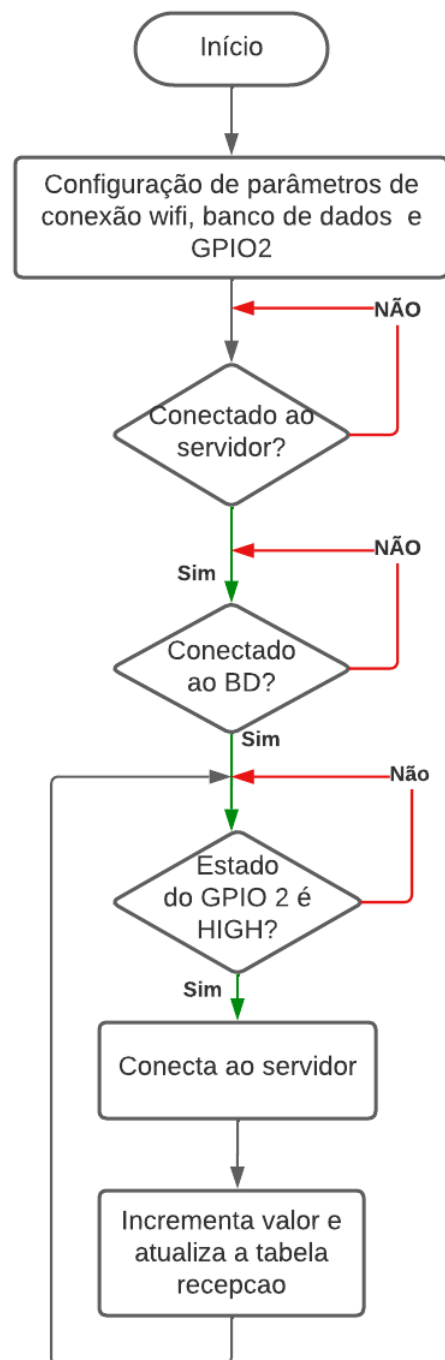
No circuito encontram-se dois resistores de 1k Ohm, um deles está ligado entre a alimentação e o pino CH_PD e tem a função de habilitar o modo execução de *firmware* da placa ESP32. Já o segundo tem a função de auxiliar o *pull-up* do *reed switch*. Vide Figura 5.2 para visualização dos resistores.

Para a construção do *firmware* foi utilizado o ambiente de desenvolvimento "IDE Arduino", o qual possibilitou a criação do código fonte, compilação e *upload* do *firmware* para a placa ESP8266-01. O fluxo de execução do *firmware* desenvolvido para a verificação do consumo de medicamento pode ser observado na Figura 5.3.

A ideia do fluxograma é, primeiramente, configurar os parâmetros de conexão com a internet (Wi-Fi), banco de dados e o pino GPIO2. Em seguida, verificar as conectividades com o servidor e com o banco de dados para, então, com as conexões feitas, verificar o estado do GPIO2. Ressalta que enquanto as conexões não forem confirmadas, o programa continua neste ponto. Logo, depois das conexões feitas, se o estado do GPIO2 estiver em nível alto, conecta ao servidor, incrementa seu valor e atualiza a tabela de recepção de dados. Caso contrário, continua fazendo a verificação do estado do GPIO2 até atingir o nível alto e poder confirmar o consumo do medicamento.

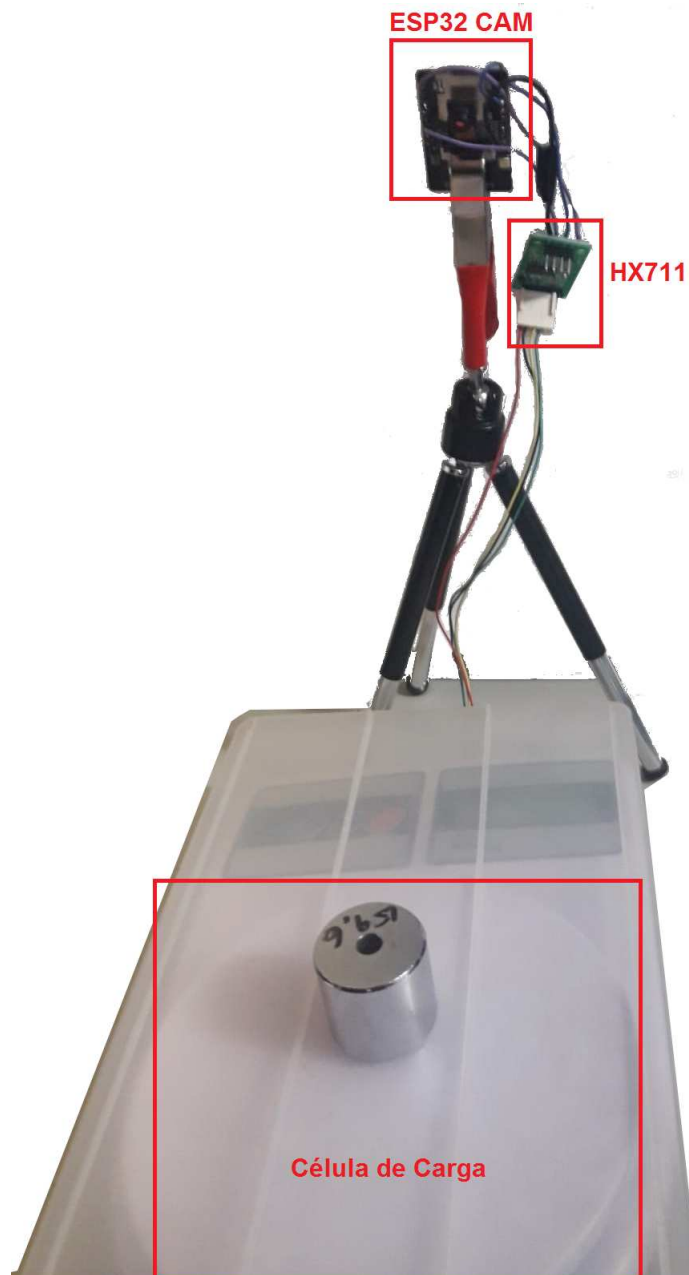
5.2 Monitoramento de queda noturna

Para a construção do sistema de monitoramento de queda noturna, o dispositivo conta com uma célula de carga ligada a um módulo hx711. Esse módulo, por sua vez, tem por objetivo realizar leituras nos sensores de célula de carga, além de as enviar para a plataforma de computação física ESP32CAM através de comunicação I2C, como pode ser visto pela Figura 5.4.

Figura 5.3: Fluxo de execução do *firmware* de verificação de consumo de medicamento

Fonte: Autoria própria (2023)

Para a montagem do protótipo foi utilizada uma célula de carga de 20 kg, porém é possível utilizar células de carga mais robustas, ou até mesmo, ajustar mecanicamente a carga da cama para essa faixa de peso.

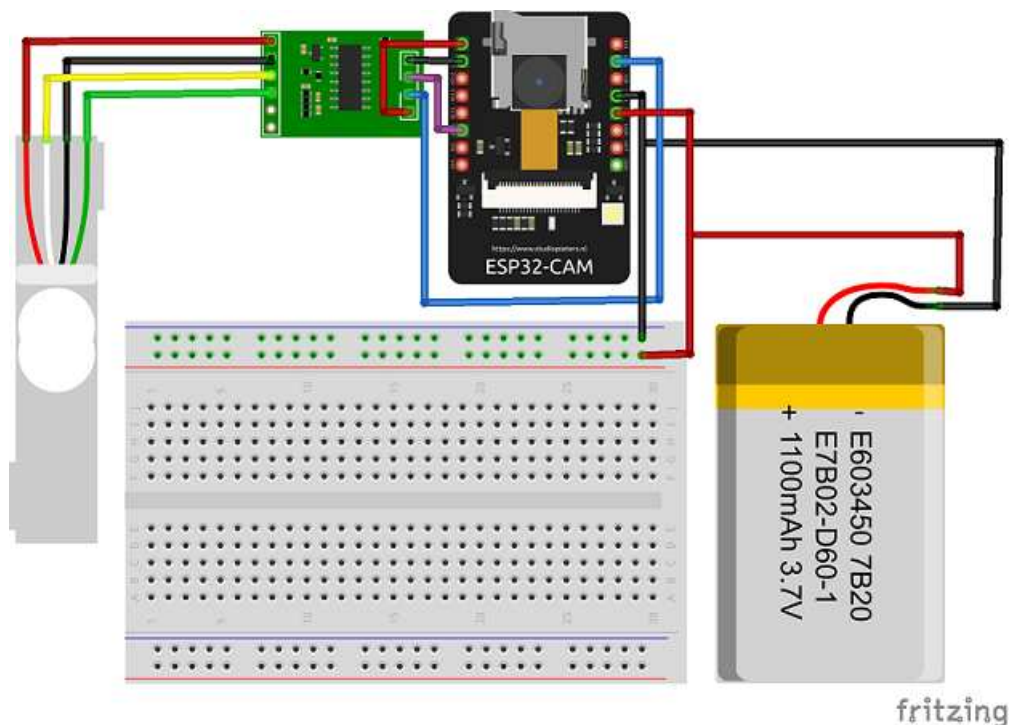
Figura 5.4: *Hardware* do monitoramento de queda noturna

Fonte: Autoria própria (2023)

Ainda na fase de projeto eletrônico, foi construído um circuito utilizando a ferramenta de prototipagem de circuitos "fritzing", mostrado na Figura 5.5, para melhor visualizar a conexão entre os elementos que compõem o projeto.

Foi adicionado a esse circuito, a alimentação por bateria lítio de 3,7 Volts de 1100mAh, no entanto, devido ao alto consumo do circuito como um todo (funcionamento em torno de 1 hora), o sistema foi ajustado para ser alimentado por uma fonte de 5 Volts.

Figura 5.5: Circuito eletrônico do monitoramento de queda noturna

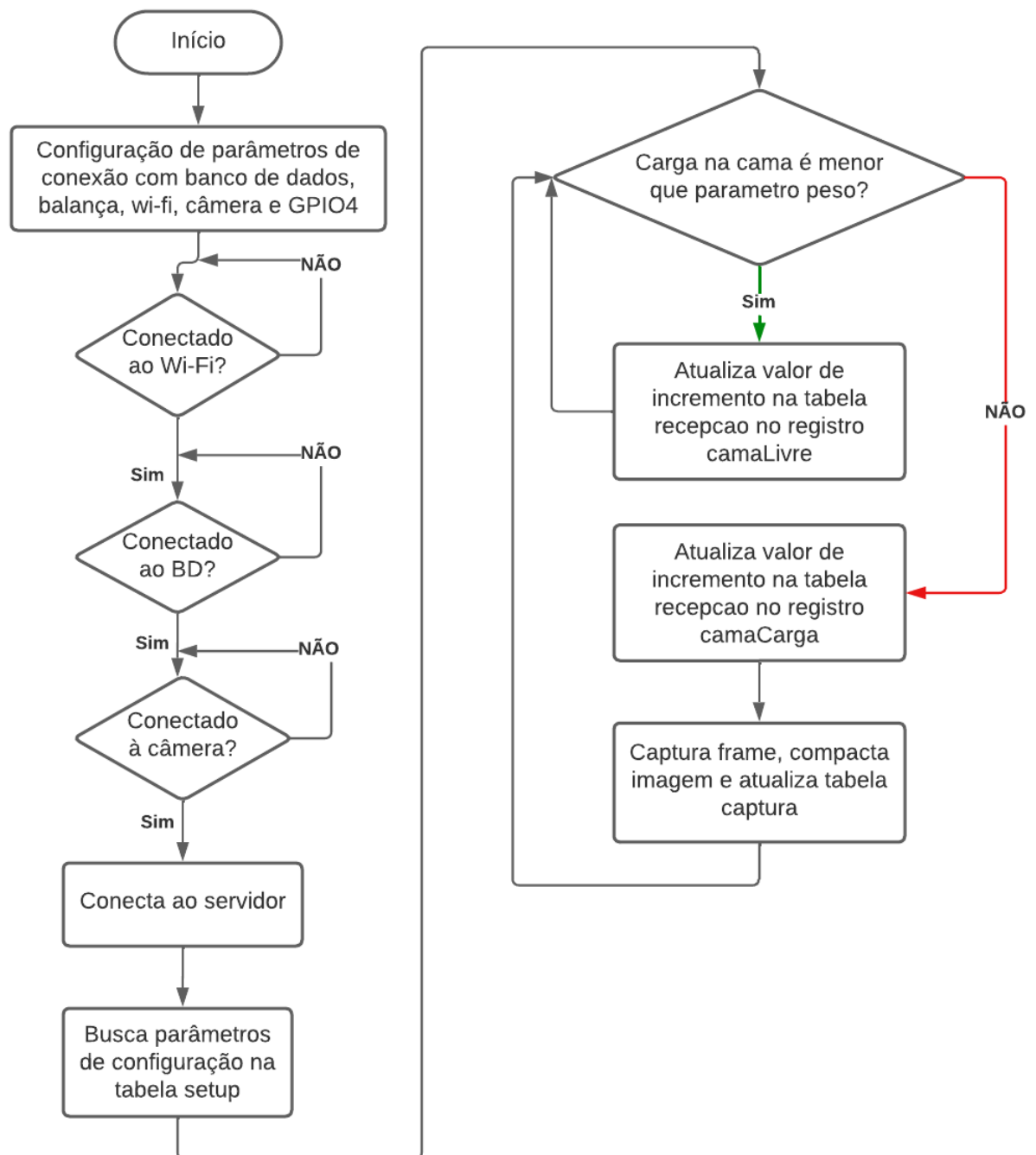


Fonte: Autoria própria (2023)

O sistema de monitoramento de queda noturna, consiste em verificar o tempo de permanência da pessoa idosa fora de sua cama em horário noturno, caso exceda seu tempo de ausência na cama, o controlador enviará uma notificação e uma foto da cama da pessoa idosa. Para isso, o *firmware* foi programado para realizar uma consulta no banco de dados remoto, com o objetivo de carregar o parâmetro do sistema (limite de carga na cama e tempo de latência (tempo máximo que a pessoa idosa pode se ausentar da cama)).

A Figura 5.6 mostra o fluxo de execução do *firmware* do monitoramento de queda da cama. O monitoramento se inicia com as configurações de parâmetro de conexões Wi-Fi, banco de dados, câmera e GPIO 4, por padrão nessa porta é ligado o led do *flash* do módulo, o qual é utilizado para confirmar as configurações de conexão. Feitas as conexões, é realizada uma consulta de parâmetros no banco de dados. Com os dados já carregados em suas respectivas variáveis, o sistema inicia o monitoramento do levantamento da pessoa idosa da cama, caso o peso exceda o limite configurado nos parâmetros, é incrementado o valor do campo "camaCarga" na tabela "recepcao", além de enviar uma foto da cama para a tabela "captura", o mesmo acontece caso o controlador detecte cama livre, atualizando o valor do campo "camaLivre" na tabela "recepcao", com base nessas entradas, a "event" configurada no banco de dados, irá gerar uma notificação que será carregada pelo APP.

Figura 5.6: Fluxograma de execução para o monitoramento de cama



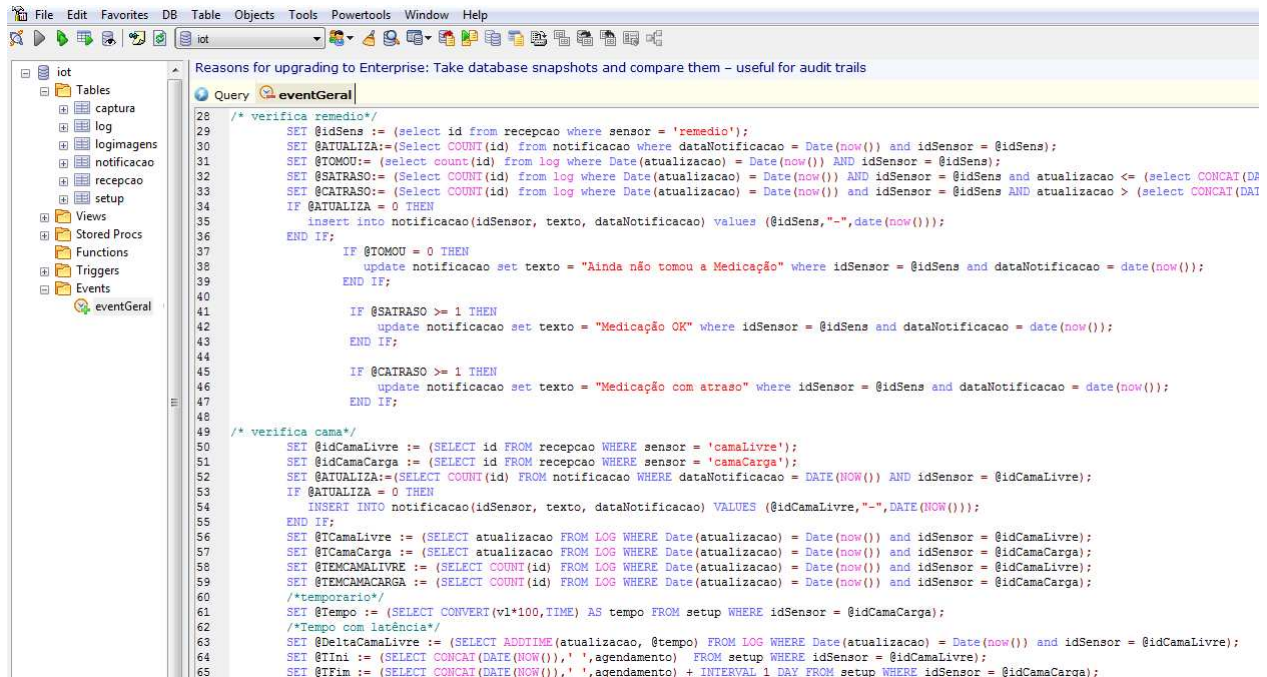
Fonte: Autoria própria (2023)

5.3 Desenvolvimento do APP

Para dar suporte ao processamento dos dados coletados pela camada de percepção, foram utilizados recursos de banco de dados relacionais, além do monitoramento desse banco através

de um APP. O banco de dados é composto por seis tabelas, duas *triggers* e uma *event*, como mostrado na Figura 5.7.

Figura 5.7: Estrutura do banco de dados utilizada nos protótipos



Fonte: Autoria própria (2023)

Foram dadas os seguintes nomes às tabelas: “captura” (responsável por armazenar as imagens coletadas), “log” (responsável por armazenar o último recebimento de cada dispositivo), “logimagens” (responsável por armazenar o último recebimento de *frame*), “notificacao” (responsável por armazenar dados após o processamento dos eventos diários), “recepcao” (responsável por receber valores incrementais pré-processados dos sensores) e “setup” (armazenamento de parâmetros dos sensores para serem utilizados como referência para cálculos diversos).

As *triggers* foram criadas para dar suporte temporal ao projeto, tendo em vista não terem sido utilizados módulos *Real Time Clock* (RTC) nos dispositivos. Foi então criada a *trigger* “gatilhoHorarioFoto”. cujo objetivo é monitorar a tabela captura, e ao receber uma atualização de *frame* ele faz uma atualização de tempo na tabela logImagens. Foi criado também o “gatilhoTemporizador”, que é responsável por monitorar atualizações na tabela “recepcao”, ao receber um valor diferente do valor antigo armazenado (valores incrementais dos sensores), realiza-se uma inserção de dados ou atualização de tempo na tabela “log”.

A *event* criada “eventGeral” tem como objetivo monitorar a tabela “log” com base nos dados da tabela “*setup*”, para processar as regras de negócios, gerando então entradas na tabela de notificações.

Toda a lógica do sistema encontra-se na *event*, que é executada a cada 10 segundos, e toda notificação gerada encontra-se na tabela “notificacao”.

O APP denominada Sistema de Cuidado com o Idoso da Faculdade de Tecnologia (SCI – FT), tem por finalidade acessar dados da camada de transição, trazendo informações da tabela “notificacao”, “captura”, “log” e “logImagem”, além de permitir gravações de parâmetros na tabela “*setup*”, utilizados para gerar notificações.

Como pode ser visto na Figura 5.8, o fluxo de execução do APP se inicia com a tela de “splash”, seguindo para a tela de menu inicial. No menu é possível acessar as telas de parametrização do sistema, central de notificações, monitoramento em segundo plano e visualização de câmeras.

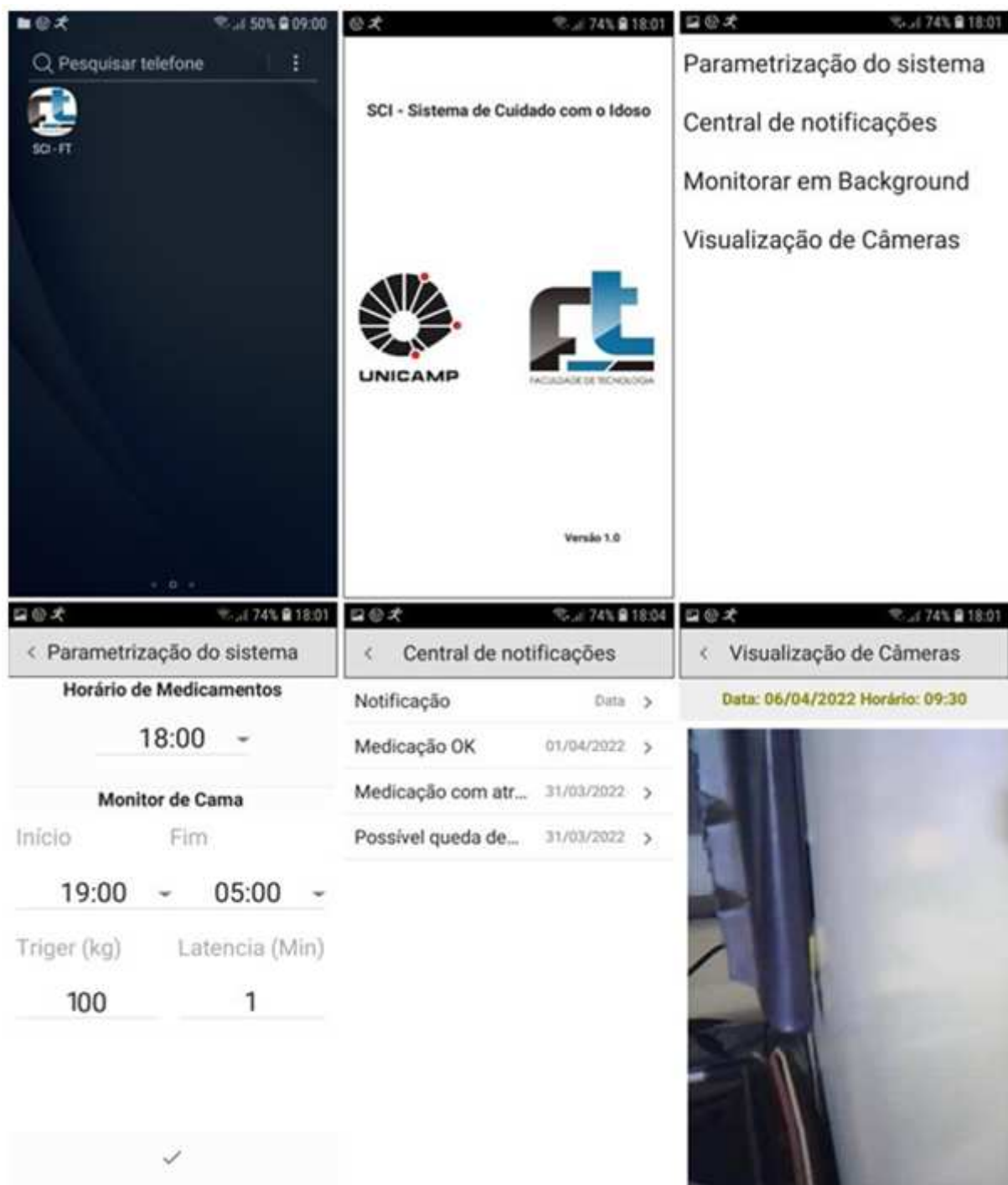
Na tela de parametrização é possível configurar os parâmetros que servirão de referência para o esquecimento de medicamentos e detecção de queda, tais como: horário do medicamento, período de sono da pessoa idosa, *trigger* (peso mínimo na cama para considerar cama com carga) e latência (tempo máximo que a pessoa idosa poderia se ausentar da cama).

Na tela de central de notificações é exibido o histórico de eventos executados pela pessoa idosa: se já tomou o medicamento ou se houve uma possível queda de cama. Na visualização de câmeras é exibido o *frame* coletado na notificação de queda noturna.

5.4 Verificação de limitação de dispositivos

No desenvolvimento dos protótipos, foram encontrados diversas limitações, dentre as quais muitos foram implementadas no decorrer do projeto. A principal limitação é quanto à característica ubíqua encontrada nesse tipo de sistema. O ideal é que tanto o monitor de queda noturna e principalmente o monitor de consumo de comprimidos, fossem totalmente sem fio, tendo então de serem alimentados por baterias. Existe a possibilidade de implementação desse recurso, porém haverá a necessidade de recarregamento periódico das baterias, comprometendo então um dos objetivo do projeto, que é manter a pessoa idosa passivo ao sistema.

Figura 5.8: Navegação entre telas do APP criado para simulação (SCI – FT)



Fonte: Autoria própria (2023)

Outra limitação, envolve o monitor de consumo de comprimido. Caso a tampa do compartimento dos comprimidos, não seja devidamente fechada (ímã na mesma direção que o "reed switch", o sistema pode acusar uma notificação de atraso de medicação. Essa limitação pode facilmente ser corrigida mecanicamente, adicionando um sistema de encaixe no compartimento de comprimidos.

Já pensando na facilidade de implantação desse sistema em ambientes domiciliares, as plataformas de estudo possuem o recurso de configurações dinâmicas de conexão sem fio, através de um *smartphone*. Para isso basta que o usuário se conecte ao *Service Set Identifier* (SSID) padrão do dispositivo e configure as credenciais da sua rede local, evitando então a necessidade de recompilação do *firmware* para cada domicílio.

5.5 Estudos complementares

Dadas as características do projeto de estudo, onde a comunicação sem fio se faz presente entre suas camadas, foi realizado um estudo complementar, cujo objetivo, foi levantar a limitação de roteadores sem fio domésticos, quanto à sua capacidade de gerenciamento simultâneo.

Para isso, foram construídos 31 controles para os quais estabeleceram conexão com um roteador doméstico e posteriormente enviaram pacotes de dados, sendo estes interceptados por uma aplicação na rede local.

Foram utilizados três modelos de roteadores domésticos: AquarioAPR – 2408, MultilaserAC – 1200 e o TP – LinkTL-WR941ND. Foram executadas três simulações com cada roteador, seguindo experimentações com contraprova, para assegurar o funcionamento dos controles que não conseguiram conexão.

O protocolo de teste se deu seguindo o seguinte fluxo de execução (Algoritmo 1).

Algoritmo 1: Protocolo de teste

1. Configuração dos roteadores seguindo as arquiteturas propostas;
2. Ligação dos controles para alocação de endereço IP;
3. Teste de comunicação entre controles e a aplicação;
4. Repetição de teste invertendo ordem de ligação dos controles.

-
- A primeira experimentação se deu com a utilização do roteador Aquario APR – 2408, constatando então o gerenciamento de no máximo 30 dispositivos, como visto no vídeo a seguir:

Experimentação - 1

- Ainda utilizando o roteador Aquario APR – 2408 foi invertida a ordem de conexão dos dispositivos, deixando o *notebook* por último. Foi possível notar que não foi possível

estabelecer a conexão entre o *notebook* e o roteador, mais uma vez constatando a limitação de 30 dispositivos:

Experimentação - 1.1

- A segunda experimentação se deu através do roteador Multilaser AC – 1200, no qual apresentou um ganho mínimo no número de dispositivos conectados, com ele foi possível gerenciar até 31 dispositivos simultâneos, conforme o vídeo abaixo:

Experimentação - 2

- A terceira experimentação foi realizada utilizando o roteador TP – LinkTL – WR941ND. Esse roteador conseguiu o melhor resultado entre os roteadores experimentados, gerenciando acima de 35 conexões simultâneas. Como foram construídos 31 controles, foi necessária a utilização de dispositivos móveis (*smartphones* e *tablets*) para aumentar o número de alocação de endereço IP no roteador, totalizando 35 dispositivos, como pode visto no vídeo a seguir:

Experimentação - 3

Os experimentos com o roteador Aquario constataram que ele suporta até 30 dispositivos mais um *notebook*.

Já os experimentos com o roteador da marca Multilaser comprovaram que ele suporta 30 dispositivos mais um celular e um *notebook*, ou seja, 31 dispositivos mais o *notebook*.

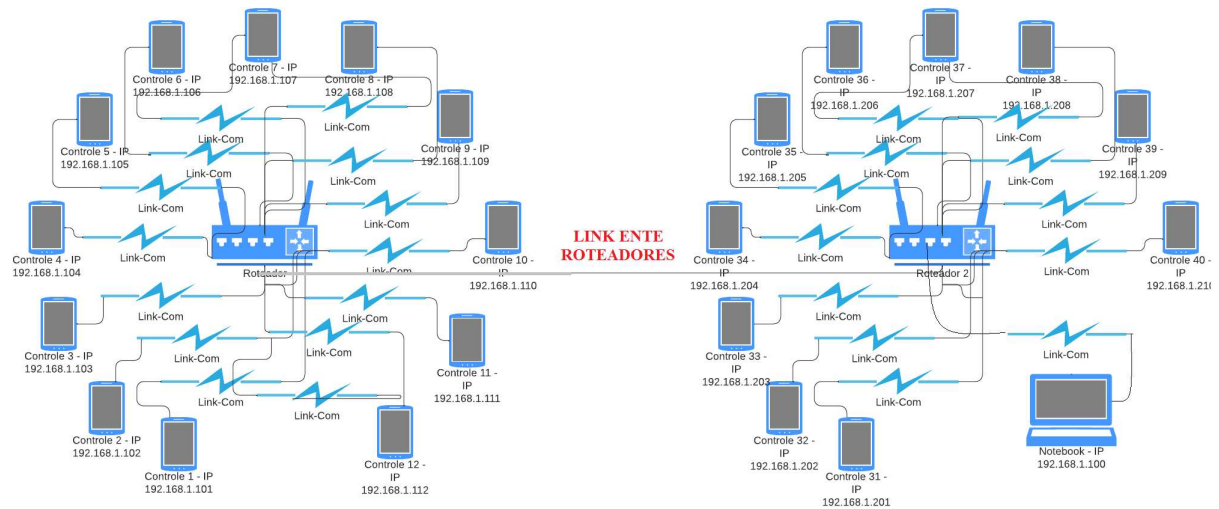
Por fim, os experimentos com o roteador TP-LINK constataram que ele suporta mais de 35 dispositivos ao mesmo tempo. Foram utilizados 30 controles, mais 4 dispositivos (*smartphones* e *tablets*), mais o *notebook*.

Além disso, foi utilizada uma Wi-Fi kit 8 com *display* para visualização do status da conexão em todos os testes.

Foi testado também o recurso de cascadeamento entre dois roteadores da marca Aquario na mesma rede. O primeiro roteador foi configurado para fornecer endereço IP de 192.168.1.101 até 192.168.1.200, recebendo a conexão de 30 controles. O segundo de 192.168.1.201 até 192.168.1.254, recebendo a conexão de 10 controles mais o *notebook*. Os roteadores foram interligados através de um cabo *Unshielded Twisted Pair* (UTP) como mostra a Figura 5.9.

Com esse recurso foi possível aumentar a quantidade de dispositivos de 30 para 40, como demonstrado pela experimentação abaixo, porém, tudo indica a possibilidade de

Figura 5.9: Estrutura de cascadeamento entre roteadores



Fonte: Autoria própria (2023)

gerenciamento de até 60 dispositivos simultaneamente utilizando dois roteadores da marca Aquario (30 dispositivos para cada roteador):

Experimentação - 4

Com esse vídeo é possível constatar que o número de dispositivo pode dobrar, caso se utilize dois roteadores da mesma marca.

Capítulo 6

Conclusões

Foi possível concluir que devido ao crescimento demográfico na terceira idade atrelado ao seu baixo poder aquisitivo, sistemas HSH de baixo custo, vêm sendo cada vez mais requisitados. A arquitetura proposta, tem grande potencial no desenvolvimento de aplicações HSH.

Dado o avanço de tecnologias emergentes, baixo custo de plataformas de computação física e a imensidão de bibliotecas *open source*, é possível construir sistemas HSH, bastante escaláveis, de baixo custo, baixa complexidade, sem necessidade de *gateways* e *middlewares* específicos.

As limitações impostas pelo gerenciamento de dispositivos simultâneos mostrou não implicar muito no funcionamento de aplicações HSH, tendo em vista a quantidade de dispositivos utilizados para esse tipo de sistema serem reduzidos. Em contrapartida, caso as aplicações necessitem maiores quantidades de dispositivos, a solução seria a seleção de roteadores mais específicos ou trabalhar com o conceito de "cascateamento" entre roteadores.

A arquitetura, os protótipos e a APP, atenderam muito bem aos objetivos idealizados, o monitor de consumo de medicamento e o monitor de queda noturna, geraram notificações rápidas (na ordem de 20 segundos) e precisas que foram recebidas com sucesso pela APP.

As bibliotecas de comunicação direta com o banco de dados e conexão Wi-Fi, estão presentes em todas as plataformas experimentadas, favorecendo a escalabilidade e heterogeneidade da arquitetura. Devido essas características, essa arquitetura pode facilmente ser adaptada para monitorar casas de repouso, asilos, clínicas geriátricas, Instituições de Longa Permanência (ILPI), dentre outros.

6.1 Trabalhos Futuros

Este estudo pode ser complementado, com a criação de novos dispositivos que contemplem o bem estar e segurança do idoso, tais como: dispositivos que detectem vazamento de gás de cozinha, monitoramento de sinais vitais do idoso, detecção de quedas em qualquer ambiente, detecção de intrusos, dentre outros.

Por se tratar de um sistema com arquitetura aberta, baseado nos conceitos de IoT, essa arquitetura pode ser utilizada em diversas áreas do conhecimento, tais com: indústria 4.0, tecnologias vestíveis, saúde, casas e cidades inteligentes, gestão de frotas, agricultura, dentre outros. Basicamente onde haja a necessidade de comunicação de sensores e atuadores com a Internet.

Referências Bibliográficas

AARTS, E.; GROTENHUIS, F. Ambient Intelligence 2.0: Towards Synergetic Prosperity. **Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments**, v. 3, p. 3–11, jan. 2011. DOI: 10.3233/AIS-2011-0090.

ALAM, M. R.; REAZ, M. B. I.; ALI, M. A. M. A Review of Smart Homes—Past, Present, and Future. **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)**, v. 42, n. 6, p. 1190–1203, 2012. DOI: 10.1109/TSMCC.2012.2189204.

ALENCAR SANTOS, G. H. de; JOSÉ DE CARVALHO, M.; SIMPLICIO DE SOUSA, F.; POLONI DANTAS, L. APLICAÇÃO DE REDES ESP-WIFI-MESH EM ZONA RURAL. **Revista Científica SENAI-SP - Educação, Tecnologia e Inovação**, v. 1, n. 1, p. 54–72, ago. 2022. Disponível em: <<https://periodicos.sp.senai.br/index.php/rcsenaisp/article/view/5>>.

ALVES, R. M. et al. Uso do hardware livre Arduino em ambientes de ensino-aprendizagem. **Jornada de Atualização em Informática na Educação**, v. 1, n. 1, p. 162–187, 2012.

AMINE, R.; OUMNAD, A. Internet of Things: Surveys for Measuring Human Activities from Everywhere. **International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)**, v. 7, p. 2474, out. 2017. DOI: 10.11591/ijece.v7i5.pp2474-2482.

ARAFAT, A. Internet of Things (IoT) based home door security system with ESP8266. **Scientific Journal**, v. 7, n. 4, 2016.

BANERJI, S. On IEEE 802.11: Wireless LAN Technology. **CoRR**, abs/1307.2661, 2013. arXiv: 1307.2661. Disponível em: <<http://arxiv.org/abs/1307.2661>>.

BARONE, L. C. Dispositivo de Selagem para Manipulador Industrial. Universidade Federal de São Carlos, 2019.

BATTU, V. V.; VENTAYEN, R. J. M.; FIROS, A.; YADAV, R. Unmanned Six-Wheels Bogie Rover with Robotic Arm for Surveillance and Fixing Objects. **Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)**, v. 12, n. 10, p. 2066–2075, 2021.

BIZELLI, M. H. S. S.; BARROZO, S.; TANAKA, J. S.; SANDRON, D. C. Informática para a terceira idade: Características de um curso bem sucedido. v. 5, n. 2, p. 4–14, 2009. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/143254>>.

BRAZILEIRO, R. B. **tAMARINO: uma abordagem visual para prototipagem rápida em computação física**. [S.l.: s.n.], ago. 2013. Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/12362>>.

- CASTELLANI, A. P. et al. Web Services for the Internet of Things through CoAP and EXI. In: IEEE. 2011 IEEE International Conference on Communications Workshops (ICC). [S.l.: s.n.], 2011. p. 1–6.
- CHEN, M.; MAO, S.; LIU, Y. Big Data: A Survey. **Mobile Networks and Applications**, v. 19, p. 171–209, 2014. Disponível em: <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:207218223>>.
- CIRO, C. Maximizing ADL Performance to Facilitate Aging in Place for People with Dementia. **Nursing Clinics of North America**, v. 49, jun. 2014. DOI: 10.1016/j.cnur.2014.02.004.
- CONSTANTINO, Z. D. **Computação Física utilizando Program-ME**. 2011. f. 2004. 162. 25 – Fundação Educacional do Município de Assis – FEMA - ASSIS.
- CRUZ, D. T. d. et al. Prevalência de quedas e fatores associados em idosos. **Revista de saúde pública**, SciELO Public Health, v. 46, n. 1, p. 138–146, 2012.
- DATTA, S. K.; BONNET, C.; NIKAEIN, N. An IoT gateway centric architecture to provide novel M2M services. In: p. 514–519. ISBN 978-1-4799-3459-1. DOI: 10.1109/WF-IoT.2014.6803221.
- DIZDAREVIC, J.; CARPIO, F.; JUKAN, A.; MASIP-BRUIN, X. A Survey of Communication Protocols for Internet of Things and Related Challenges of Fog and Cloud Computing Integration. **ACM Computing Surveys (CSUR)**, v. 51, p. 1–29, 2018. Disponível em: <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:4635292>>.
- DOHR, A. et al. The Internet of Things for Ambient Assisted Living. In: 2010 Seventh International Conference on Information Technology: New Generations. [S.l.: s.n.], 2010. p. 804–809. DOI: 10.1109/ITNG.2010.104.
- FOROUZAN, B. A. **Comunicação de Dados e Redes de Computadores**. 4. ed. [S.l.]: AMGH, 2008. p. 1134. ISBN 8586804886.
- GALEALE, G. P.; SIQUEIRA, É.; SILVA, C. B. H.; SOUZA, C. A. d. INTERNET DAS COISAS APLICADA A NEGÓCIOS - UM ESTUDO BIBLIOMÉTRICO. pt, en. **JISTEM - Journal of Information Systems and Technology Management**, scielo, v. 13, p. 423–438, dez. 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1807-17752016000300423&lang=pt>.
- GIL, R. **Neuropsicologia**. Rio de Janeiro: Santos, 2002. p. 486. ISBN 8572883177.
- GLUHAK, A. et al. A survey on facilities for experimental internet of things research. **IEEE Communications Magazine**, v. 49, n. 11, p. 58–67, 2011. DOI: 10.1109/MCOM.2011.6069710.
- GOMES, E. C. C.; MARQUES, A. P. d. O.; LEAL, M. C. C.; BARROS, B. P. d. Fatores associados ao risco de quedas em idosos institucionalizados: uma revisão integrativa. pt, en. **Ciência & Saúde Coletiva**, scielo, v. 19, p. 3543–3551, ago. 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232014000803543&lang=pt>.

GOURLEY, D. et al. **HTTP: The Definitive Guide**. 1. ed. [S.l.]: O'Reilly Media, Inc, 2002. p. 656. ISBN 9781565925090.

GROSS, A. L. et al. Cognitive Predictors of Everyday Functioning in Older Adults: Results From the ACTIVE Cognitive Intervention Trial. **The Journals of Gerontology: Series B**, 66B, n. 5, p. 557–566, mai. 2011. ISSN 1079-5014. DOI: 10.1093/geronb/gbr033. eprint: <https://academic.oup.com/psychsocgerontology/article-pdf/66B/5/557/1435978/gbr033.pdf>. Disponível em: <<https://doi.org/10.1093/geronb/gbr033>>.

GUBBI, J.; BUYYA, R.; MARUSIC, S.; PALANISWAMI, M. Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. **Future Generation Computer Systems**, v. 29, n. 7, p. 1645–1660, 2013. Including Special sections: Cyber-enabled Distributed Computing for Ubiquitous Cloud and Network Services & Cloud Computing and Scientific Applications — Big Data, Scalable Analytics, and Beyond. ISSN 0167-739X. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.future.2013.01.010>. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167739X13000241>>.

HELTEC, WIFI Kit 8 Pinout Diagram. [S.l.]. Disponível em: <https://resource.heltec.cn/download/WiFi_Kit_8/WiFi_Kit_8_Pinout_Diagram.pdf>.

HU, C.-L. et al. Home care with IoT support: Architecture design and functionality. In: 2017 10th International Conference on Ubi-media Computing and Workshops (Ubi-Media). [S.l.: s.n.], 2017. p. 1–6. DOI: 10.1109/UMEDIA.2017.8074155.

IBGE. **Censo 2022: número de pessoas com 65 anos ou mais de idade cresceu 57,4% em 12 anos | Agência de Notícias**. [S.l.: s.n.], out. 2023. Disponível em: <<https://agencia.denoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/38186-censo-2022-numero-de-pessoas-com-65-anos-ou-mais-de-idade-cresceu-57-4-em-12-anos>>.

IEEE Standard for Information Technology–Telecommunications and Information Exchange between Systems - Local and Metropolitan Area Networks–Specific Requirements - Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications. **IEEE Std 802.11-2020 (Revision of IEEE Std 802.11-2016)**, p. 1–4379, 2021. DOI: 10.1109/IEEESTD.2021.9363693.

IZQUIERDO, I. **Memória**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011. p. 134. ISBN 9788536325446.

KOVATSCH, M.; LANTER, M.; SHELBY, Z. Californium: Scalable cloud services for the Internet of Things with CoAP. In: p. 1–6. DOI: 10.1109/IOT.2014.7030106.

KRAFTWERK. **Hayes Smartmodem**. Palo Alto: Infoworld, 1981. p. 9.

KUNZE, C.; SCHMIDT, A.; HOLTMANN, C.; STORK, W. Context-sensitive technologies and intelligent sensor technology for ambient assisted living applications. In.

KURNIAWAN, A. **Internet of Things Projects with ESP32: Build Exciting and Powerful IoT Projects Using the All-new Espressif ESP32**. [S.l.]: Packt Publishing, 2019. ISBN 9781789956870. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=24GSwwEACAAJ>>.

KUZNIER, T. P. et al. Fatores de risco para quedas descritos na taxonomia da NANDA-I para uma população de idosos. **Revista de Enfermagem do Centro-Oeste Mineiro**, v. 5, n. 3, jan. 2016. DOI: 10.19175/recom.v5i3.783. Disponível em: <<http://www.seer.ufsj.edu.br/recom/article/view/783>>.

LEZAK, M. D. **Neuropsychological assessment**. [S.l.]: Oxford University Press, USA, 1995.

LUTOLF, R. Smart Home concept and the integration of energy meters into a home based system. In: SEVENTH International Conference on Metering Apparatus and Tariffs for Electricity Supply 1992. [S.l.: s.n.], 1992. p. 277–278.

MALAVASI, M. et al. Designing, implementing and testing an IoT based home system for integrated care services: Exploring the transferability and expandability of an ICT based integrated care system to respond to the long term daily needs of people with disabilities. In: 2019 IEEE 23rd International Symposium on Consumer Technologies (ISCT). [S.l.: s.n.], 2019. p. 53–56. DOI: 10.1109/ISCE.2019.8901039.

MANO, L.; FUNES, M.; VOLPATO, T.; NETO, J. Explorando tecnologias de IoT no contexto de Health Smart Home: uma abordagem para detecção de quedas em pessoas idosas. **Journal on Advances in Theoretical and Applied Informatics**, v. 2, n. 1, p. 46–57, 2016. ISSN 2447-5033. DOI: 10.26729/jadi.v2i1.1667. Disponível em: <<https://revista.univem.edu.br/jadi/article/view/1667>>.

MAPURUNGA, L.; CARVALHO, E. A Memória de Longo Prazo e a Análise Sobre sua Função no Processo de Aprendizagem. **Revista de Ensino, Educação e Ciências Humanas**, v. 19, p. 66, abr. 2018. DOI: 10.17921/2447-8733.2018v19n1p66-72.

MCROBERTS, M. **Arduino básico**. [S.l.]: Novatec Editora, 2018.

MEHTA, M. ESP8266: A Breakthrough in wireless sensor networks and internet of things. **International Journal of Electronics and Communication Engineering & Technology**, v. 6, n. 8, p. 7–11, 2015.

MOREIRA, J. R.; ALARCÃO, L. M.; NOGUEIRA, C. L. M.; BRAZ, A. R. B. AutoControl: uma proposta para acessibilidade e segurança residencial com o apoio da plataforma Arduino. In: Disponível em: <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:170095726>>.

NISKANEN, N. **IoT-anturiverkon toteutus tietoverkkojen opetusympäristöön**. 2021. KAMK - Universit of Applied Sciences - Finlândia.

OLIVEIRA, L. C. L. e; SILVA, F. O. Análise comparativa de plataformas baseadas em Cloud para o desenvolvimento de aplicações IoT. In: SBRC Companion. [S.l.: s.n.], 2020. Disponível em: <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:234531874>>.

PERRACINI, M. R.; RAMOS, L. R. Fatores associados a quedas em uma coorte de idosos residentes na comunidade. **Revista de Saúde Pública**, Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, v. 36, n. 6, p. 709–716, dez. 2002. ISSN 0034-8910. DOI: 10.1590/S0034-89102002000700008. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0034-89102002000700008>>.

PIRES, P. F. et al. Plataformas para a internet das coisas. **Minicursos SBRC-Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos**, p. 110–169, mai. 2015.

RIALLE, V. et al. Health "Smart"home: information technology for patients at home. **Telemedicine journal and e-health : the official journal of the American Telemedicine Association**, v. 8 4, p. 395–409, 2002. Disponível em: <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:7812046>>.

SAHA, G.; SINGH, R.; SAINI, S. A Survey Paper on the impact of "Internet of Things" in Healthcare. **2019 3rd International conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology (ICECA)**, p. 331–334, 2019. Disponível em: <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:201832846>>.

SALIKHOV, R. B.; ABDRAKHMANTOV, V. K.; SAFARGALIN, I. N. Internet of Things (IoT) Security Alarms on ESP32-CAM. In: JOURNAL of Physics Conference Series. [S.l.: s.n.], nov. 2021. v. 2096. (Journal of Physics Conference Series), 012109, p. 012109. DOI: 10.1088/1742-6596/2096/1/012109.

SEMICONDUCTOR, A. HX711-24-Bit Analog-to-Digital Converter (ADC) for Weigh Scales. **linea**. Available: https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/ForceFlex/hx711_english.pdf. [Último acesso: abril 2019], 2019.

SHELBY, Z.; HARTKE, K.; BORMANN, C. The Constrained Application Protocol (CoAP). **RFC**, v. 7252, p. 1–112, 2014. Disponível em: <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:42032273>>.

STANFORD-CLARK, A.; TRUONG, H. L. Mqtt for sensor networks (mqtt-sn) protocol specification. **International business machines (IBM) Corporation version**, v. 1, n. 2, p. 1–28, 2013.

SUNG, G.-M.; WANG, H.-K.; SU, W.-T. Smart Home Care System with Fall Detection Based on the Android Platform. In: 2020 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC). [S.l.: s.n.], 2020. p. 3886–3890. DOI: 10.1109/SMC42975.2020.9283415.

THOMAZINI, D.; ALBUQUERQUE, P. U. B. de. **Sensores industriais: fundamentos e aplicações**. [S.l.]: Saraiva Educação SA, 2020.

VASILATEANU, A. Context-Aware IoT Middleware for Home Care - "R2V Adaptive". In: 2018 3rd International Conference on Smart and Sustainable Technologies (SpliTech). [S.l.: s.n.], 2018. p. 1–4.

VERÍSSIMO, M. T. **Geriatría fundamental : saber e praticar**. 1. ed. Lisboa: Lindel, 2014. p. 428. ISBN 978-989-752-056-3.

YULIANSYAH, H. Uji Kinerja Pengiriman Data Secara Wireless Menggunakan Modul ESP8266 Berbasis Rest Architecture. **Electrician : Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro**, v. 10, n. 2, p. 68–77, jul. 2016. DOI: 10.23960/elc.v10n2.217. Disponível em: <<https://electrician.unila.ac.id/index.php/ojs/article/view/217>>.

ZAVALYSHYN, I.; LEGAY, A.; RATH, A.; RIVIÉRE, E. Smart Home Care: Towards Supporting Elderlies in the Comfort and Safety of their (Smart) Homes. In: 2021 10th Latin-American Symposium on Dependable Computing (LADC). [S.l.: s.n.], 2021. p. 1–6. DOI: 10.1109/LADC53747.2021.9672565.