

# SmartHoming: Sistema IoT de Gestão de Cuidados e Segurança Domésticos



Pedro Pinheiro

Faculdade de Ciência e Tecnologia

Universidade Fernando Pessoa

Dissertação submetida para obtenção do grau de

*Mestre em Engenharia Informática - Ramo Computação Móvel*

2023



## Resumo

Com o envelhecimento da população torna-se cada vez mais necessário o desenvolvimento de espaços domésticos inteligentes que permitam autonomizar com segurança a vida em residências. Neste contexto, os sistemas *Internet of Things* (IoT) têm-se destacado como um vetor de transformação na gestão doméstica. Este trabalho propõe o sistema *SmartHoming*, i.e. uma solução IoT inovadora e integradora de várias valências de assistência à vida em residências.

O sistema *SmartHoming* foi delineado após uma análise cuidada de soluções existentes, que permitiu identificar lacunas no mercado IoT doméstico. Entre as principais vantagens da solução proposta, destaca-se a facilidade de gestão e segurança na utilização de múltiplos dispositivos conectados, a automação integrada de apoio a uma diversidade de tarefas domésticas, com base em mecanismos de usabilidade fáceis e intuitivos. O sistema *SmartHoming* foi cuidadosamente planeado para facilitar a integração e interação dos utilizadores com uma multitude de dispositivos, permitindo uma utilização fácil e intuitiva a um público diversificado e independentemente da sua familiaridade com tecnologia.

A segurança foi outro dos aspetos essenciais na conceção do sistema *SmartHoming*. Num mundo onde a proteção de dados é primordial, o sistema procura oferecer privacidade aos utilizadores, através do tratamento local dos dados, procurando assim minimizar riscos associados a acessos não autorizados.

Os testes funcionais realizados ao sistema *SmartHoming* permitiram avaliar a sua eficácia e robustez. Através de uma abordagem iterativa, o sistema foi aperfeiçoado com base em simulações e testes internos, garantindo uma solução afinada às necessidades e requisitos reais dos utilizadores.

Com a concretização desta solução, visa-se proporcionar aos residentes domésticos uma rotina diária mais tranquila e confortável, otimizando processos e maximizando a eficiência e segurança das atividades. O sistema foi concebido com a finalidade de antever situações de risco e agir de forma célere perante eventuais contingências, promovendo uma vida mais autónoma e segura.

## **Abstract**

With the aging of the population, it becomes increasingly necessary to develop smart domestic spaces that allow for autonomous living in residences safely. In this context, Internet of Things (IoT) systems have emerged as a transformative vector in home management. This work proposes the SmartHoming system, i.e., an innovative IoT solution that integrates various aspects of assistance for living in residences. The SmartHoming system was outlined after a careful analysis of existing solutions, which allowed for the identification of gaps in the domestic IoT market. Among the main advantages of the proposed solution, the ease of management and security in using multiple connected devices stands out, as well as integrated automation to support a variety of household tasks, based on easy and intuitive usability mechanisms. The SmartHoming system was meticulously planned to facilitate the integration and interaction of users with a multitude of devices, allowing for easy and intuitive use by a diverse audience, regardless of their familiarity with technology. Security was another essential aspect in the design of the SmartHoming system. In a world where data protection is paramount, the system seeks to offer users privacy by processing data locally, thus aiming to minimize risks associated with unauthorized access. Functional tests carried out on the SmartHoming system allowed for the evaluation of its effectiveness and robustness. Through an iterative approach, the system was refined based on simulations and internal tests, ensuring a solution tailored to the real needs and requirements of users. With the realization of this solution, the aim is to provide domestic residents with a more peaceful and comfortable daily routine, optimizing processes and maximizing the efficiency and safety of activities. The system was designed to anticipate risk situations and act quickly in the face of potential contingencies, promoting a more autonomous and safe life.

Dedico esta dissertação à minha namorada e à minha família, que me apoiaram incondicionalmente ao longo de todo este percurso.

## **Agradecimentos**

Embora esta dissertação, realizada como projeto final do curso que marcou cinco anos de aprendizado e crescimento, seja um compromisso individual, é inegável que ao longo desta jornada contou-se com inúmeros contributos que foram essenciais para a sua concretização. Por isso, e correndo o risco de inadvertidamente omitir algum reconhecimento, desejo expressar os meus mais profundos agradecimentos:

Em primeiro lugar, aos meus orientadores, Dr. Rui Silva Moreira e Dr. Pedro Sobral. A ambos, agradeço pela orientação exemplar, marcada por um elevado rigor científico, visões críticas e sempre oportunas, e um empenho que ultrapassou todas as expectativas. Agradeço pela disponibilidade constante, pelas críticas construtivas e pelas sugestões que enriqueceram este trabalho.

Em segundo lugar, aos meus pais, cujo apoio incondicional foi a base sobre a qual construí todos os meus sonhos académicos. Agradeço pelos valores que me inculcaram, como a dedicação, a persistência e a disciplina, e pelo suporte emocional e moral que sempre me proporcionaram.

Em terceiro lugar, à minha namorada, Ana Catarina Coelho Monteiro, pelo amor, paciência, compreensão, companheirismo, incentivo, partilha e apoio incondicional. Agradeço por todas as vezes que me encorajou a ir à procura dos meus objetivos, mesmo quando eu duvidava de mim mesmo. É, sem dúvida, o meu porto seguro, a minha parceira de vida e a primeira a aplaudir de pé as minhas conquistas, até mesmo as mais pequenas.

Em quarto lugar, a todos os meus familiares, amigos e colegas que, direta ou indiretamente, estiveram ao meu lado, oferecendo palavras de incentivo, momentos de descontração e sendo uma fonte constante de motivação. A todos, os meus mais sinceros e profundos agradecimentos.

Por último, mas não menos importante, à instituição Universidade Fernando Pessoa, que, para além de proporcionar a oportunidade de estudar no curso que amo, inculcu-me os melhores valores e ensinamentos para levar por esta vida fora.

# Lista de Siglas

**IoT** *Internet of Things*

**MQTT** *Message Queuing Telemetry Transport*

**HA** *Home Assistant*

**HTTP** *Hiper-Text Transfer Protocol*

**AAL** *Ambient Assisted Living*

**BLE** *Bluetooth Low Energy*

**NFC** *Near Field Communication*

# Conteúdo

|   |            |
|---|------------|
| <b>Lista de Siglas</b>  | <b>vi</b>  |
| <b>Conteúdo</b>   | <b>vii</b> |
| <b>Lista de Figuras</b>   | <b>ix</b>  |
| <b>Lista de Tabelas</b>   | <b>xi</b>  |
| <b>Lista de Acrónimos</b>   | <b>xi</b>  |
| <b>1 Introdução</b>   | <b>1</b>   |
| 1.1 Motivação do Trabalho . . . . .   | 2          |
| 1.2 Problema . . . . .  | 2          |
| 1.3 Objetivos . . . . .   | 3          |
| 1.4 Metodologia . . . . .   | 4          |
| 1.5 Estrutura da Dissertação . . . . .  | 5          |
| <b>2 Estado da Arte em Sistemas de Assistência à Vida Doméstica</b>               | <b>6</b>   |
| 2.1 Background em <i>Internet of Things (IoT)</i> e Aplicações de Automação . . . | 6          |
| 2.1.1 Background em IoT . . . . .   | 6          |
| 2.1.2 Aplicações de Automação . . . . .   | 7          |
| 2.2 Trabalho Relacionado em <i>Ambient Assisted Living</i> . . . . .              | 12         |
| 2.3 Análise Crítica . . . . .   | 18         |
| <b>3 Especificação do Sistema <i>SmartHoming</i></b>                              | <b>22</b>  |
| 3.1 Cenários de Aplicação . . . . .   | 22         |
| 3.1.1 Assistência a Indivíduos Dependentes . . . . .                              | 22         |
| 3.1.2 Melhoria do Bem-Estar e Qualidade de Vida . . . . .                         | 23         |
| 3.2 Requisitos do Sistema . . . . .   | 25         |
| 3.3 Arquitetura do Sistema . . . . .  | 27         |
| 3.3.1 Arquitetura de alto nível do Sistema . . . . .                              | 27         |
| 3.3.2 Interação dos Utilizadores com o Sistema . . . . .                          | 30         |

---

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>4</b> | <b>Implementação do Sistema <i>SmartHoming</i></b>                          | <b>31</b> |
| 4.1      | Arquitetura de Baixo Nível . . . . .  | 31        |
| 4.1.1    | Servidor e Lógica de Automação . . . . .                                    | 32        |
| 4.1.2    | Módulos de Comunicação . . . . .  | 34        |
| 4.1.3    | Integrações Externas . . . . .  | 39        |
| 4.2      | Cenário de aplicação de Assistência a Indivíduos Dependentes . . . . .      | 40        |
| 4.2.1    | Caso de Uso: Controlo da Toma de Medicções . . . . .                        | 40        |
| 4.2.2    | Caso de Uso: Sistema de Alarme Personalizado . . . . .                      | 46        |
| 4.2.3    | Caso de Uso: Monitorização de Segurança na Residência . . . . .             | 47        |
| 4.3      | Cenário de aplicação de Melhoria do Bem-Estar e Qualidade de Vida . . . . . | 48        |
| 4.3.1    | Caso de Uso: Gestão de Dispositivos Inteligentes . . . . .                  | 49        |
| 4.3.2    | Caso de Uso: Análise de Dados de Saúde e Bem-Estar . . . . .                | 51        |
| <b>5</b> | <b>Avaliação do Sistema <i>SmartHoming</i></b>                              | <b>58</b> |
| 5.1      | Cenário de aplicação de Assistência a Indivíduos Dependentes . . . . .      | 58        |
| 5.1.1    | Caso de Uso: Controlo da Toma de Medicções . . . . .                        | 59        |
| 5.1.2    | Caso de Uso: Sistema de Alarme Personalizado . . . . .                      | 63        |
| 5.1.3    | Caso de Uso: Monitorização de Segurança na Residência . . . . .             | 69        |
| 5.2      | Cenário de aplicação de Melhoria do Bem-Estar e Qualidade de Vida . . . . . | 71        |
| 5.2.1    | Caso de Uso: Gestão de Dispositivos Inteligentes . . . . .                  | 72        |
| 5.2.2    | Caso de Uso: Análise de Dados de Saúde e Bem-Estar . . . . .                | 75        |
| <b>6</b> | <b>Conclusão</b>  | <b>81</b> |
|          | <b>Referências</b>  | <b>84</b> |

# Lista de Figuras

|      |  |    |
|------|--|----|
| 2.1  | Ficheiro de Configuração do <i>Home Assistant</i> (HA) . . . . .                                   | 10 |
| 2.2  | Entidades manipuláveis do HA . . . . .   | 11 |
| 2.3  | Distribuição da população com 65 ou mais anos por região, 2019 e 2050 (%) . . . . .                | 13 |
| 2.4  | População residente em Portugal com 65 ou mais anos . . . . .                                      | 14 |
| 2.5  | Evolução do nível de dependência dos idosos em Portugal (%) . . . . .                              | 14 |
| 3.1  | Arquitetura de alto nível do sistema <i>SmartHoming</i> . . . . .                                  | 29 |
| 4.1  | Arquitetura de baixo nível do sistema <i>SmartHoming</i> . . . . .                                 | 32 |
| 4.2  | Aba calendar no Home Assistant. . . . .  | 41 |
| 4.3  | Diagrama de sequência de mensagens de Controlo da Toma de Medicação. . . . .                       | 42 |
| 4.4  | Configuração do código nos Serviços Amazon. . . . .  | 44 |
| 4.5  | Fluxo de trabalho no Node-RED para monitorização da toma de medicação. . . . .                     | 45 |
| 4.6  | Diagrama de sequência de mensagens do Alarme Personalizado. . . . .                                | 47 |
| 4.7  | Diagrama de sequência de mensagens de Monitorização de Segurança na Residência. . . . .            | 48 |
| 4.8  | Diagrama de sequência de mensagens de Gestão de Dispositivos Inteligentes. . . . .                 | 50 |
| 4.9  | Diagrama de sequência de mensagens de Análise de Dados de Saúde e Bem-Estar. . . . .               | 53 |
| 4.10 | Representação esquemática da montagem do Sistema de Análise de Dados de Saúde e Bem-Estar. . . . . | 54 |
| 4.11 | Interface da aplicação <i>SmartHoming</i> no relógio Bangle.js 2. . . . .                          | 55 |
| 5.1  | Fluxo de Implementação e testes no Node-RED. . . . .   | 60 |
| 5.2  | <i>Output</i> que indica o acesso à gaveta fora do horário estabelecido. . . . .                   | 60 |
| 5.3  | <i>Outputs</i> que destaca a inatividade e a não ingestão da medicação. . . . .                    | 61 |
| 5.4  | Resposta do utilizador após acesso à gaveta sem confirmação da toma. . . . .                       | 61 |
| 5.5  | Notificação alertando o utilizador e o cuidador. . . . .   | 61 |
| 5.6  | Ausência de resposta após acesso à gaveta. . . . .   | 62 |
| 5.7  | Notificação enviada ao utilizador e ao cuidador. . . . .   | 62 |

---

|      |  |    |
|------|--|----|
| 5.8  | Confirmação da toma da medicação pelo utilizador. . . . .  | 62 |
| 5.9  | Notificação após confirmação da toma. . . . .  | 63 |
| 5.10 | Fluxo de implementação e de teste da Ativação Automática do Alarme. . . . .                            | 64 |
| 5.11 | Simulação da ativação automática do alarme segundo o horário estabelecido pelo cuidador. . . . .       | 64 |
| 5.12 | Simulação da ativação automática do alarme mediante a deteção da ausência do utilizador. . . . .       | 65 |
| 5.13 | Simulação do regresso do utilizador e a correspondente desativação do alarme. . . . .                  | 66 |
| 5.14 | Fluxo de implementação e de teste da Ativação/Desativação Manual do Alarme. . . . .                    | 66 |
| 5.15 | Simulação da ativação e desativação manual do alarme pelo utilizador. . . . .                          | 67 |
| 5.16 | Fluxo de implementação e de teste de Deteção de Abertura Inesperada. . . . .                           | 67 |
| 5.17 | Simulação da deteção de abertura inesperada com o alarme ativado. . . . .                              | 68 |
| 5.18 | Notificação recebida pelo cuidador após deteção de abertura inesperada. . . . .                        | 69 |
| 5.19 | Simulação de uma ocorrência de inundação. . . . .  | 70 |
| 5.20 | Notificação recebida pelo cuidador após deteção de inundação. . . . .                                  | 71 |
| 5.21 | Simulação de acender uma luz através do sistema. . . . .   | 73 |
| 5.22 | Resultado do sistema após a luz ser acesa. . . . .   | 73 |
| 5.23 | Simulação do ajuste de temperatura. . . . .  | 74 |
| 5.24 | Simulação da abertura da Persiana. . . . .   | 74 |
| 5.25 | Log da troca de dados em tempo real entre o <i>Bangle.js 2</i> e o <i>SmartHoming</i> . . . . .        | 76 |
| 5.26 | Visualização dos dados de saúde e bem-estar no sistema . . . . .                                       | 76 |
| 5.27 | Fluxo de implementação e testes no <i>Node-RED</i> para análise de dados de Saúde e Bem-estar. . . . . | 77 |
| 5.28 | Alerta de BPM enviado pelo sistema para o cuidador . . . . .   | 78 |
| 5.29 | Alerta recebido pela aplicação do cuidador . . . . .   | 78 |
| 5.30 | Mensagem para sugerir exercitação enviada para que as colunas . . . . .                                | 79 |
| 5.31 | Alerta de bateria enviada para as colunas . . . . .  | 80 |

# Lista de Tabelas

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 2.1 | Comparação de Plataformas de Automação Residencial . . . . . | 9  |
| 2.2 | Análise Crítica . . . . .                                    | 19 |
| 3.1 | Requisitos Funcionais (RF) . . . . .                         | 26 |
| 3.2 | Requisitos Não Funcionais (RNF) . . . . .                    | 27 |

# Capítulo 1

## Introdução

Vivemos numa era marcada por inúmeros avanços tecnológicos, onde a inovação e a digitalização têm moldado e transformado o quotidiano da sociedade. Estas mudanças, impulsionadas por constantes evoluções de várias tecnologias, têm contribuído para soluções inovadoras que visam melhorar a qualidade de vida dos cidadãos, independentemente da sua idade ou condição física. A integração dos sistemas IoT nas rotinas diárias tem sido uma das grandes revoluções, permitindo aos utilizadores uma interação mais dinâmica e personalizada com o ambiente circundante, e proporcionando monitorização e assistência em tempo real.

No entanto, a implementação destas soluções tecnológicas traz consigo desafios intrínsecos. Questões como a privacidade dos dados, a usabilidade e interação dos utilizadores com os sistemas, assumem uma extrema relevância e exigem uma abordagem cuidada. A tecnologia, por mais sofisticada que seja, deve ser concebida para servir e adaptar-se às necessidades do ser humano.

Neste contexto, o trabalho desenvolvido nesta dissertação centra-se no desenvolvimento de um sistema de assistência à vida quotidiana, denominado *SmartHoming*. Este sistema, fruto de uma investigação detalhada, integra diversas tecnologias, desde sensores de baixo custo a dispositivos de controlo avançados como, por exemplo, relógios inteligentes e colunas de interação por voz. O *SmartHoming* foi concebido com objetivos focados na melhoria da autonomia, segurança e conforto dos utilizadores no seu lar, sejam eles idosos, pessoas com deficiências ou com mobilidade reduzida. Pretendeu-se, desta forma, garantir ao mesmo tempo a privacidade e promover uma interação mais facilitada e fluida dos utilizadores com a tecnologia.

A relevância deste trabalho reside na necessidade emergente de criar soluções que se adaptem a uma população diversificada, garantindo que todos possam beneficiar das vantagens que a tecnologia moderna oferece. Através da combinação de várias tecnologias e da análise das necessidades específicas de diferentes grupos de utilizadores, o *SmartHoming* posiciona-se como uma resposta robusta e inovadora aos desafios da sociedade atual.

---

## 1.1 Motivação do Trabalho

Num mundo em constante evolução tecnológica, a sociedade contemporânea vê-se confrontada com múltiplos desafios para assegurar autonomia e qualidade de vida a todos os seus membros. Esta questão, longe de se circunscrever a um grupo específico, estende-se a uma vasta gama de utilizadores, desde aqueles que enfrentam dificuldades de mobilidade como aos que possuem outros tipos de limitações.

Face a este cenário, torna-se imperativo encontrar soluções que permitam a estes utilizadores usufruir de uma vida independente e segura nos seus próprios lares. A digitalização progressiva dos espaços domésticos associada à inovação tecnológica, abre portas para a conceção de sistemas que procurem endereçar estes problemas. Os novos sistemas *IoT*, mais do que dispositivos tecnológicos dispersos e independentes, devem ser concebidos de forma integrada no quotidiano dos utilizadores, facilitando as suas rotinas e garantindo o seu bem-estar.

A automatização de tarefas do quotidiano surge como uma necessidade, juntamente com as facilidades de interação com o ambiente que rodeiam os utilizadores, minimizando esforços e maximizando o conforto. É neste contexto que se insere o projeto *SmartHoming*, uma proposta inovadora que conjuga a utilização de sensores de baixo custo e não intrusivos com sistemas avançados de automação residencial, visando uma melhoria significativa na segurança e comodidade dos utilizadores.

Através da integração de tecnologias de vanguarda, como o *Home Assistant HA*, *Banggle.js 2* e colunas *Alexa*, o sistema *SmartHoming* permite uma interação harmoniosa com o espaço doméstico, potenciando a automatização de diversas tarefas do dia-a-dia. Esta abordagem integrada oferece aos utilizadores uma vida mais autónoma e segura nos seus lares.

O sistema *SmartHoming* oferece uma fusão criteriosa de tecnologias, cuja aplicação prática visa facilitar e enriquecer a vida quotidiana dos utilizadores. O *SmartHoming* destaca-se como uma solução robusta e inovadora face aos desafios contemporâneos, oferecendo não só aos utilizadores, mas também aos seus cuidadores e familiares, uma ferramenta eficaz de assistência e segurança domésticas.

## 1.2 Problema

A evolução tecnológica ao longo dos anos tem contribuído para a qualidade de vida e a promoção da autonomia dos utilizadores dentro dos seus próprios lares. Estes avanços, contudo, não eliminaram os desafios intrínsecos à criação de soluções totalmente integradas e adaptadas às especificidades e necessidades de cada utilizador. Esta adaptação é essencial, quer se trate de uma pessoa com mobilidade reduzida, com outras dificuldades psicomotoras ou simplesmente alguém que pretenda uma vida quotidiana mais cómoda e

---

segura.

Existe atualmente um interesse enorme na automatização da monitorização e assistência domiciliária. No entanto, cresce também a consciencialização sobre a forma como muitas soluções tecnológicas gerem e disseminam dados sensíveis, frequentemente transmitindo esses dados pela Internet e armazenando-os em serviços de *Cloud*. Esta prática levanta problemas de privacidade e segurança da informação. Assim, torna-se imperativo assegurar que os dados dos utilizadores são processados e armazenados com a máxima integridade e, idealmente, de forma local, minimizando os riscos de exposição.

As questões da usabilidade dos sistemas são igualmente importantes e não podem ser negligenciadas. É fundamental que as soluções desenvolvidas sejam robustas, mas simultaneamente intuitivas, facilitando a interação natural e eficiente com os utilizadores. Paralelamente, a harmonização e integração de variados dispositivos e tecnologias de baixo custo, são determinantes para atender às exigências dos utilizadores. A adoção isolada de tecnologias e dispositivos, apesar de poder oferecer vantagens imediatas e pontuais, não é suficiente para superar os desafios de uma solução verdadeiramente integrada, que facilite a interação, acelere o processo de aprendizagem e potencie a autonomia e segurança dos utilizadores no seu dia-a-dia.

### 1.3 Objetivos

O propósito central deste projeto é desenvolver uma solução avançada de assistência à vida quotidiana dos utilizadores, recorrendo a sensores económicos e dispositivos o mínimo intrusivos possível, promovendo assim a automatização de diversas funcionalidades domésticas. O foco principal é potenciar a interatividade e qualidade de vida, proporcionando uma monitorização eficiente e contínua, que confira uma sensação reforçada de segurança e comodidade aos utilizadores.

Para concretizar estes objetivos, procura-se integrar uma variedade de dispositivos através do [HA](#), incluindo sensores de presença, sensores de temperatura e dispositivos específicos para o controlo de iluminação e estores. Esta integração procura assegurar uma monitorização eficiente e uma automatização harmoniosa, adaptando o ambiente doméstico às necessidades e preferências dos utilizadores.

Procura-se ainda, no âmbito da monitorização da saúde, utilizar o *Bangle.js 2* para recolher e transmitir dados relacionados com o bem-estar do utilizador, oferecendo assim informações valiosas para uma assistência mais personalizada. Paralelamente, as colunas *Alexa* desempenham um papel crucial na interação por voz, permitindo uma comunicação intuitiva e facilitando a interação dos utilizadores com o sistema. Adicionalmente, procura-se demonstrar a utilidade do sistema no auxílio à toma de medicação, com lembretes e orientações precisas para a administração dos medicamentos.

Em resumo, os objetivos deste projeto centraram-se na criação de um sistema inte-

---

grado e inclusivo, que permita aos utilizadores manter a sua independência quotidiana, beneficiando de um ambiente doméstico adaptativo e seguro, que responda proativamente às suas rotinas e necessidades, promovendo assim o seu bem-estar e segurança.

## 1.4 Metodologia

A metodologia adotada para o desenvolvimento deste trabalho desenvolveu-se em várias fases estruturadas e interligadas, que se descrevem de seguida.

- **Identificação e Análise do Problema:** a fase inicial centrou-se na análise crítica das necessidades de autonomia, interação e segurança dos utilizadores em ambientes domésticos. Através desta análise, foram identificadas lacunas nas soluções existentes, o que motivou a conceção de uma solução mais abrangente e adaptada. Os objetivos principais focaram-se na garantia de um ambiente doméstico autónomo e seguro, utilizando tecnologias acessíveis e eficazes.
- **Revisão Bibliográfica e Análise do Estado da Arte:** nesta etapa, realizou-se uma pesquisa aprofundada sobre soluções existentes e ferramentas relevantes no domínio dos sistemas de assistência à vida doméstica. A revisão abrangeu artigos científicos, projetos de investigação e soluções de mercado. Esta análise permitiu identificar as vantagens e desvantagens das diversas abordagens, orientando assim a conceção subsequente do sistema.
- **Conceção e Desenvolvimento do Sistema:** com base na revisão efetuada, procedeu-se à conceção e implementação do sistema. Esta fase envolveu a seleção e configuração de hardware, a integração de sensores, o desenvolvimento de software e a utilização de tecnologias e protocolos de comunicação apropriados. A escolha dos sensores foi criteriosa, assegurando uma recolha de dados eficiente, armazenados e visualizados através de ferramentas específicas locais.
- **Avaliação e Testes do Sistema:** o sistema foi submetido a uma série de testes funcionais, que visaram validar a interação entre os componentes, a precisão na deteção da localização dos utilizadores, a capacidade de automatização de tarefas e geração de alertas. A avaliação focou-se também nos aspetos funcionais da usabilidade e adaptabilidade do sistema face às necessidades dos utilizadores.

Esta metodologia estruturada e sequencial, permitiu uma abordagem integrada ao problema, desde a identificação das necessidades até à implementação e avaliação de uma solução robusta e adaptada aos requisitos identificados.

---

## 1.5 Estrutura da Dissertação

Esta dissertação de mestrado estrutura-se em várias secções ou capítulos cujo conteúdo se resume de seguida. Na Secção 1 introduz-se o contexto e o problema, bem como a motivação e objetivos do trabalho proposto.

Na Secção 2, realiza-se uma análise dos conceitos fundamentais relacionados com sistemas IoT e a sua aplicabilidade em ambientes domésticos. A discussão abrange também o conceito de *smart cities*, dando ênfase às tecnologias de comunicação e coordenação mais utilizadas. Adicionalmente, apresenta-se uma revisão de trabalhos relevantes na aplicação de sistemas de assistência à vida doméstica.

Na Secção 3 foca-se a especificação do sistema *SmartHoming*, apresentando os componentes essenciais do sistema e as interações entre eles. Descreve-se também os requisitos, tanto funcionais como não funcionais, que o sistema visa cumprir. São detalhados ainda os sensores e as razões subjacentes à sua escolha, bem como as estratégias de comunicação para a transmissão de dados.

Na Secção 4 aborda-se a implementação do sistema *SmartHoming*, descrevendo-se os componentes de hardware e software bem como as tecnologias de comunicação integradas no sistema. São discutidos os critérios que influenciaram a seleção dos componentes e a configuração dos mesmos. Apresenta-se ainda a arquitetura do software, incluindo a solução *Cloud* e a interface *Web* do sistema.

Na Secção 5 apresenta-se a avaliação do sistema *SmartHoming*, descrevendo-se os testes funcionais realizados e os resultados obtidos. O objetivo passou por avaliar a robustez e eficácia das funcionalidades implementadas, bem como a adequação dos componentes de hardware. Realiza-se ainda uma análise crítica sobre a capacidade do sistema em responder às necessidades dos utilizadores.

Por fim, na Secção 6, sintetiza-se o trabalho realizado, destacando-se os principais resultados e contribuições. São também delineadas perspetivas e sugestões para investigações futuras na área deste trabalho.

## Capítulo 2

# Estado da Arte em Sistemas de Assistência à Vida Doméstica

Este capítulo tem como propósito introduzir os principais conceitos tecnológicos utilizados na concretização do sistema *SmartHoming*, bem como efetuar uma revisão dos trabalhos relacionados com a assistência à vida doméstica. Inicialmente, introduz-se o conceito de **IoT**, seguido de uma análise comparativa entre diversas plataformas de automação residencial, destacando as suas características distintivas e potenciais vantagens. Posteriormente, aborda-se o tema *Ambient Assisted Living (AAL)* e avaliam-se trabalhos relevantes nesse domínio, explorando diferentes cenários de aplicação. Por fim, realiza-se uma análise crítica dos artigos selecionados, com o intuito de identificar tendências, melhores práticas e desafios comuns na implementação de sistemas de monitorização e assistência à vida doméstica.

## 2.1 Background em **IoT** e Aplicações de Automação

### 2.1.1 Background em **IoT**

Os sistemas **IoT** têm vindo a ganhar uma notoriedade considerável e referem-se a redes complexas de objetos físicos interligados via Internet, podendo portanto comunicar entre si e interagir com outros dispositivos e sistemas (Zhu et al., 2012). Esta rede de objetos (cf. "coisas") não se limita a dispositivos eletrónicos convencionais, mas integra uma variedade de objetos do nosso quotidiano, desde eletrodomésticos a veículos, que são equipados com tecnologia que lhes permite enviar e receber dados (Longo, 2018).

Os sistemas **IoT** caracterizam-se pela sua universalidade, aplicando-se a diversos setores da sociedade e da indústria, incluindo a automação residencial, cidades inteligentes, saúde, agricultura, entre outros. Estes sistemas proporcionam comunicações sem fios entre dispositivos através de diferentes protocolos e padrões como, por exemplo, *WiFi*, *bluetooth*, *ZigBee* e *Z-Wave* (Pirbhulal, 2016). A implementação de sistemas **IoT** não se

---

restringe apenas à melhoria da eficiência e à facilitação da vida quotidiana, levantando também questões pertinentes relacionadas com a segurança e a privacidade dos dados. A proteção e confidencialidade da informação pessoal, armazenada e transmitida por esses dispositivos, torna-se imperativa, exigindo mecanismos robustos de autenticação e autorização para salvaguardar contra acessos não autorizados e garantir a integridade dos dados (Conti et al., 2018).

Portanto, os sistemas IoT, enquanto fenómeno tecnológico e social, redefinem a interação humano-dispositivo e propõem novos desafios e oportunidades ao desenvolvimento de soluções inovadoras e de gestão segura de dados numa era cada vez mais digitalizada.

### 2.1.2 Aplicações de Automação

A automação residencial, também conhecida como *Home Automation*, têm vindo a ganhar cada vez mais adesão devido às soluções personalizáveis e de código aberto que permitem aos utilizadores aproveitar ao máximo os dispositivos que já utilizam. Abrange um conjunto de tecnologias e dispositivos para criar cenários de automação dentro das residências. Os cenários mais comuns de automação residencial estão relacionados com a otimização do consumo de energia, controlo automático da iluminação ou o controlo remoto de eletrodomésticos. Além disso, a automação procura facilitar tarefas quotidianas, como abrir e fechar persianas, sendo que, a criação desses cenários reflete o desejo de controlar dispositivos de diferentes fabricantes de forma integrada para atender a necessidades específicas. Existem diferentes abordagens para a automação residencial.

Por um lado, temos as plataformas proprietárias, tais como *Apple Home*, *Google Home*, *Amazon Smart Home*, *Shelly Cloud* e *Wink*. Estas plataformas oferecem aplicações que permitem a gestão de diversos dispositivos da marca (e.g. lâmpadas e eletrodomésticos), bem como a configuração de rotinas e ações.

Por outro lado, existem plataformas *open-source*, desenvolvidas para facilitar a criação de soluções personalizadas. Estas plataformas contam com a colaboração de comunidades de programadores que criam integrações com dispositivos de fabricantes específicos. Exemplos dessas soluções de automação residencial são *Domoticz*, *OpenHab*, *HA*, entre outras. Estas plataformas visam integrar o maior número possível de fabricantes e fornecer aos utilizadores total liberdade na utilização de sensores. Cada uma destas plataformas apresenta diversas características próprias, que serão explanadas posteriormente ainda neste capítulo, culminando com uma tabela comparativa com as diferentes plataformas.

A **Domoticz** é uma plataforma de automação residencial de código aberto e desenvolvida em linguagem C++. Destina-se a integrar diversos sensores e atuadores, oferecendo uma documentação abrangente que inclui uma lista detalhada dos dispositivos suportados. A automação pode ser realizada tanto através da sua interface gráfica amigável quanto por

---

meio de programação na linguagem Lua. Esta plataforma é conhecida pela sua versatilidade, uma vez que, suporta uma ampla variedade de protocolos e é compatível com diversos sistemas operativos. Além disso, é especialmente adequada para dispositivos de baixo consumo de energia (Domoticz, 2023).

A **OpenHAB** é uma plataforma de automação residencial de código aberto e desenvolvida em Java. Destaca-se pela sua notável flexibilidade e escalabilidade. Além disso, é altamente expansível, permitindo que a comunidade crie uma ampla variedade de *plugins* para suportar diferentes protocolos. Com uma comunidade ativa e envolvida, a plataforma beneficia de uma grande base de utilizadores e programadores que contribuem para o seu crescimento contínuo. A documentação é extensa, abrangendo desde a instalação até à criação de automações complexas. Além do mais, o *OpenHAB* é verdadeiramente multiplataforma, oferecendo suporte para diversos sistemas operativos, tornando-o acessível a uma ampla gama de utilizadores (OpenHAB, 2023).

A **HA** é uma plataforma de código aberto dedicada à automação residencial e à **IoT**. Desenvolvido em *Python*, o **HA** oferece uma arquitetura modular e flexível, permitindo a integração e gestão de uma vasta gama de dispositivos e tecnologias (Akhmetzhanov et al., 2022; Şuvar, Munteanu and Cioară, 2022). Esta plataforma atrai um vasto número de entusiastas da automação residencial devido à sua comunidade ativa e à extensa documentação disponível. Para além disso, o **HA** destaca-se pela sua versatilidade em termos de sistemas operativos suportados, podendo ser instalado e operado em diversas plataformas como *Linux* e *Windows* (Akhmetzhanov et al., 2022; Şuvar, Munteanu and Cioară, 2022). Além disso, foi concebido com foco na privacidade dos dados, mantendo todas as informações localmente no dispositivo onde é executado, sem necessidade de envio para a *cloud* (Şuvar, Munteanu and Cioară, 2022). A plataforma utiliza uma entidade denominada “Entidade” para abstrair dispositivos e funcionalidades, permitindo uma gestão eficiente dos estados e dados gerados. Cada entidade contém o estado atual de uma funcionalidade e uma marca temporal, possibilitando uma interação dinâmica com o sistema (Şuvar, Munteanu and Cioară, 2022). As “Integrações” no **HA** desempenham um papel crucial na comunicação com os dispositivos, traduzindo os protocolos utilizados para uma entidade específica. Estas integrações abrangem uma variedade de tecnologias de comunicação e protocolos, desde *Message Queuing Telemetry Transport (MQTT)* a *ZigBee* e *Z-Wave*, entre outros (Şuvar, Munteanu and Cioară, 2022). A lógica de automação é implementada através de “Automações”, i.e. *scripts* em *YAML* que definem condições e ações específicas. Estas podem variar desde o envio de comandos a uma entidade até à execução de chamadas *Hiper-Text Transfer Protocol (HTTP)* (Şuvar, Munteanu and Cioară, 2022).

O suporte para uma grande quantidade de protocolos, aliada à facilidade de configuração e parametrização dos dispositivos, bem como a existência de uma comunidade maior e mais ativa do que as demais plataformas, foram determinantes para a sua esco-

lha (HomeAssistant, 2023). A Tabela 2.1 apresenta uma comparação entre as diversas plataformas de automação residencial, evidenciando as principais características e funcionalidades de cada uma. Como se pode observar, o HA destaca-se em vários aspetos, o que reforça a escolha desta plataforma para o desenvolvimento do projeto. Nas secções subsequentes, proceder-se-á a uma exploração mais aprofundada do HA, onde serão detalhadas as componentes anteriormente mencionadas, permitindo uma compreensão mais clara do sistema.

Tabela 2.1: Comparação de Plataformas de Automação Residencial

| Plataforma     | Open Source | Multi-Plataforma | Comunidade | Documentação | Protocolos |
|----------------|-------------|------------------|------------|--------------|------------|
| Home Assistant | Sim         | Sim              | +++        | +++          | +++        |
| OpenHab        | Sim         | Sim              | ++         | ++           | ++         |
| Domoticz       | Sim         | Sim              | +          | +            | ++         |

## Principais Funcionalidades do *Home Assistant*

O HA tem como principais funcionalidades:

1. A receção e distribuição de dados provenientes de sensores para os diferentes módulos do sistema (Şuvar, Munteanu and Cioară, 2022);
2. A receção e envio de comandos para os atuadores correspondentes (Şuvar, Munteanu and Cioară, 2022).

O objetivo primordial deste módulo é posicionar o HA como um intermediário eficaz entre a base arquitetónica do sistema e as camadas superiores responsáveis pelo processamento de dados (Akhmetzhanov et al., 2022; Şuvar, Munteanu and Cioară, 2022).

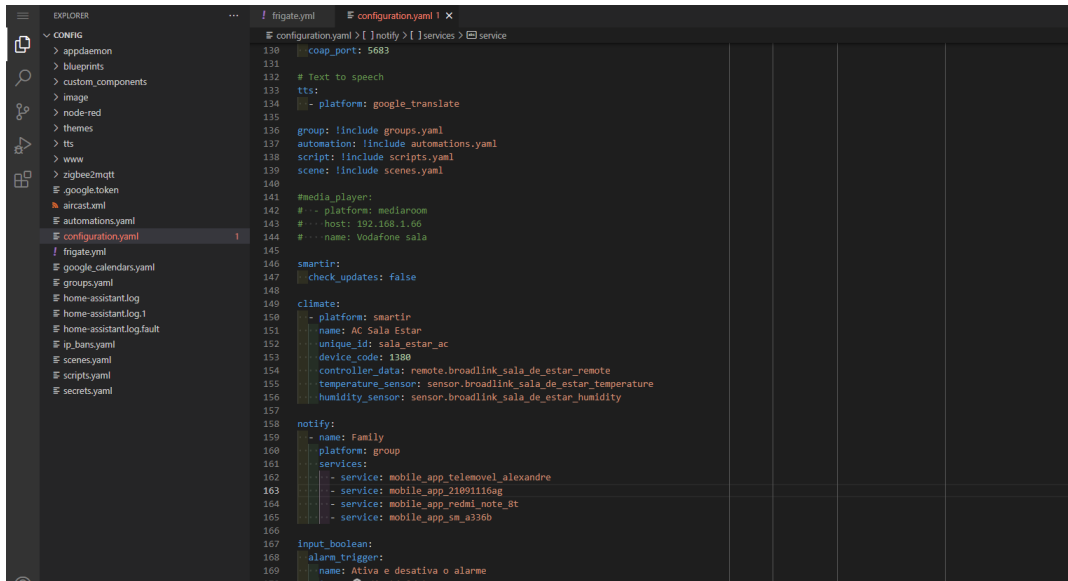
## Parametrização

A parametrização do módulo de automação residencial implementado através do HA envolve duas atividades cruciais. A primeira atividade diz respeito à configuração inicial do HA, que habilita a interface entre sensores, atuadores e aplicações diversas. A segunda atividade foca-se na programação do motor de automação, responsável por executar lógicas específicas para o envio de dados e comandos, sempre que certas condições predefinidas forem atendidas.

## Configuração

O HA utiliza um ficheiro de configuração em formato *YAML* como principal meio de parametrização. Este ficheiro, geralmente denominado *configuration.yaml*, permite a ativação e configuração de uma variedade de integrações. Cada integração é responsável por

estabelecer a comunicação com dispositivos ou serviços específicos, tais como *ZigBee*, *Z-Wave*, *MQTT*, entre outros protocolos e plataformas 2.1.



```
130 coap_port: 5683
131
132 # Text to speech
133 tts:
134   - platform: google_translate
135
136 group: !include groups.yaml
137 automation: !include automations.yaml
138 script: !include scripts.yaml
139 scene: !include scenes.yaml
140
141 #media_player:
142 #-- platform: mediaroom
143 #-- host: 192.168.1.66
144 #-- name: Vodafone sala
145
146 smartir:
147   check_updates: false
148
149 climate:
150   - platform: smartir
151     name: AC Sala Estar
152     unique_id: sala_estar_ac
153     device_code: 1380
154     controller_data: remote.broadlink_sala_de_estar_remote
155     temperature_sensor: sensor.broadlink_sala_de_estar_temperature
156     humidity_sensor: sensor.broadlink_sala_de_estar_humidity
157
158 notify:
159   - name: Family
160     platform: group
161     services:
162       - service: mobile_app_telemovel_alexandre
163       - service: mobile_app_210011160g
164       - service: mobile_app_redmi_note_8t
165       - service: mobile_app_sm_a336b
166
167 input_boolean:
168   alarm_trigger:
169     name: Ativa e desativa o alarme
170     icon: mdi:checkbox-blank-circle
```

Figura 2.1: Ficheiro de Configuração do HA

## Entidades e Estados

No contexto do HA, a entidade assume um papel central. Uma entidade pode representar um dispositivo físico (como um sensor de temperatura), um sensor virtual (como um sensor de presença baseado em geolocalização) ou até mesmo um serviço *web* (como uma *API* de previsão do tempo). Cada entidade está intrinsecamente ligada a um estado, que é dinamicamente atualizado para refletir qualquer alteração no ambiente ou no dispositivo que representa 2.2.

| Nome                                   | ID da Entidade                                 | Integração                | Área | Esta... |
|--|--|---------------------------|------|---------|
| AC Sala Estar                          | climate.ac_sala_estar                          | SmartIR                   | -    | -       |
| Action                                 | sensor.sensor_vidro_partido_lavandaria_action  | MQTT                      | -    | -       |
| Action                                 | sensor.ligar_desligar_alarme_action            | MQTT                      | -    | -       |
| activate_alexa_actionable_notification | script.activate_alexa_actionable_notification  | Script                    | -    | -       |
| AirCast Update                         | update.aircast_update                          | Home Assistant Supervisor | -    | -       |
| Alarm Off                              | script.alarm_off                               | Script                    | -    | -       |
| Alarm On                               | script.alarm_on                                | Script                    | -    | -       |
| Alarm Trigger Script                   | script.alarm_trigger_script                    | Script                    | -    | -       |
| Alexa Actionable Notification Holder   | input_text.alexa_actionable_notification       | Introduzir texto          | -    | -       |
| Alexa Guard d0119                      | alarm_control_panel.alexa_guard_d0119          | Alexa Media Player        | -    | -       |
| Alexandre Pinheiro                     | person.pedro_pinheiro                          | Pessoa                    | -    | -       |
| All Family is home?                    | sensor.all_family_is_home                      | Sensor                    | -    | ✕       |
| Angle x                                | sensor.sensor_vidro_partido_lavandaria_angle_x | MQTT                      | -    | -       |

Figura 2.2: Entidades manipuláveis do HA

## Automação

A automação é um pilar crucial no ecossistema do HA, uma plataforma de código aberto dedicada à automação residencial e à IoT. Esta secção visa elucidar a estrutura e o funcionamento das automações no HA, que são configuradas predominantemente através de ficheiros *YAML* e interpretadas pelo seu motor de automação.

### Componentes Fundamentais de uma Automação

**Gatilho (*Trigger*):** O gatilho é o elemento que inicia uma automação. Este pode ser ativado por diversos eventos, como uma mudança de estado numa entidade, um evento específico ou uma expressão temporal. Por exemplo, um sensor de movimento que deteta presença pode servir como gatilho.

**Condição:** Embora sejam opcionais, as condições são testes que podem ser aplicados após a ativação do gatilho para restringir ainda mais as circunstâncias sob as quais a automação será executada. Uma condição comum poderia ser a verificação do período do dia, como se é noite ou dia.

**Ação:** A ação é o conjunto de tarefas que serão executadas quando o gatilho for ativado e todas as condições forem satisfeitas. As ações podem variar desde tarefas simples, como ligar uma luz, até tarefas mais complexas, como ativar uma cena ou ajustar um termostato (HomeAssistant, 2023).

---

**Comunicação com Outros Módulos:** O HA oferece várias formas de comunicar com outros módulos ou sistemas. Uma das mais comuns é através de chamadas HTTP, utilizando métodos como GET, POST, PUT e DELETE. Estas chamadas podem ser definidas dentro das ações de uma automação, permitindo uma interação dinâmica e em tempo real com outros módulos do sistema.

## Integrações

As integrações no contexto do HA estabelecem uma ligação essencial entre a plataforma e os dispositivos ou serviços externos, permitindo uma comunicação fluída e eficaz entre os mesmos. Estas integrações traduzem os protocolos específicos utilizados pelos dispositivos ou serviços para uma linguagem compreensível pelo HA, facilitando assim a gestão e interação com uma vasta gama de tecnologias distintas a partir de um ponto centralizado. Cada integração é concebida para lidar com um tipo específico de dispositivo ou serviço, seja um protocolo de comunicação, um dispositivo de hardware, ou um serviço online. Através das integrações, o HA consegue abstrair a complexidade inerente à comunicação com diferentes tecnologias, proporcionando aos utilizadores uma interface unificada e coerente para a gestão de todos os elementos envolvidos na automação residencial. Esta abstração é crucial para garantir a flexibilidade e a expansibilidade da plataforma, permitindo a incorporação contínua de novas tecnologias e dispositivos sem exigir uma reconfiguração substancial do sistema.

## 2.2 Trabalho Relacionado em *Ambient Assisted Living*

Os sistemas de AAL podem ser definidos como o uso das Tecnologias de Informação e de Comunicação (TIC) na vida diária de uma pessoa (AAL Forum, 2019). No entanto, estes tipos de sistemas têm particular importância quando aplicados ao quotidiano de pessoas idosas, uma vez que, estes fornecem um suporte multidimensional que promete melhorar a qualidade de vida dos mesmos (Márquez and Taramasco, 2023). Ao longo da última década, tem havido um interesse considerável e crescente no desenvolvimento de sistemas AAL devido, principalmente, à evolução demográfica para uma população mais envelhecida (Cicirelli et al., 2021). Além disso, a preferência demonstrada por muitos idosos em permanecerem independentes nas suas próprias residências, bem como os altos custos dos cuidados domiciliários são também fatores que motivam ainda mais a evolução destes sistemas (Dasios et al., 2015).

Segundo o artigo (Aujla, 2019), realizado no ano de 2019 e com previsões até ao ano de 2050, estima-se que a percentagem global de pessoas com 65 anos ou mais aumente, tal como se pode constatar na figura 2.3. Em Portugal, a história repete-se, tal como corrobora o artigo (INE, 2020), realizado no ano de 2020 e com previsões até ao ano

de 2080, tal como se pode verificar na figura 2.4. O agravamento do envelhecimento da população portuguesa deve-se, sobretudo, à diminuição da natalidade e da mortalidade e ao aumento da emigração dos jovens (Rosa, 2018). Uma das principais consequências do envelhecimento da população é o aumento do nível de dependência dos idosos (Rosa, 2018). De acordo com o artigo (Rosa, 2018), realizado no ano de 2018, a população inativa tem vindo sempre a aumentar, tal como se pode comprovar na figura 2.5. Em comparação com o resto da Europa, segundo a *Eurostat*, Portugal é o segundo país da União Europeia com o valor mais elevado da idade média da população, ficando apenas abaixo da Itália. Além disso, ainda segundo a *Eurostat*, Portugal apresenta o terceiro rácio mais alto de dependência de idosos, de 37,2%, superado apenas pela Itália (37,5%) e pela Finlândia (37,4%).

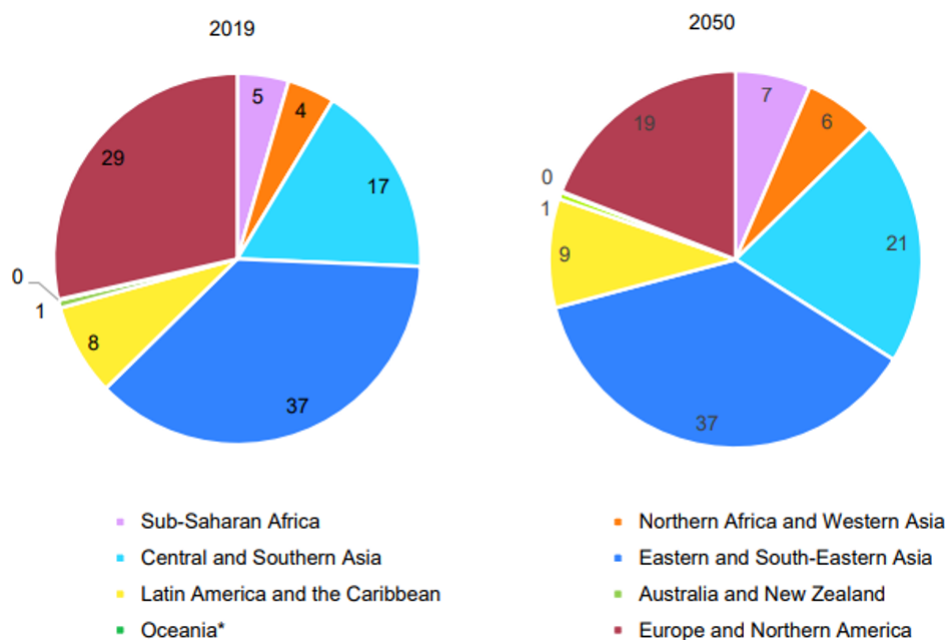


Figura 2.3: Distribuição da população com 65 ou mais anos por região, 2019 e 2050 (%)

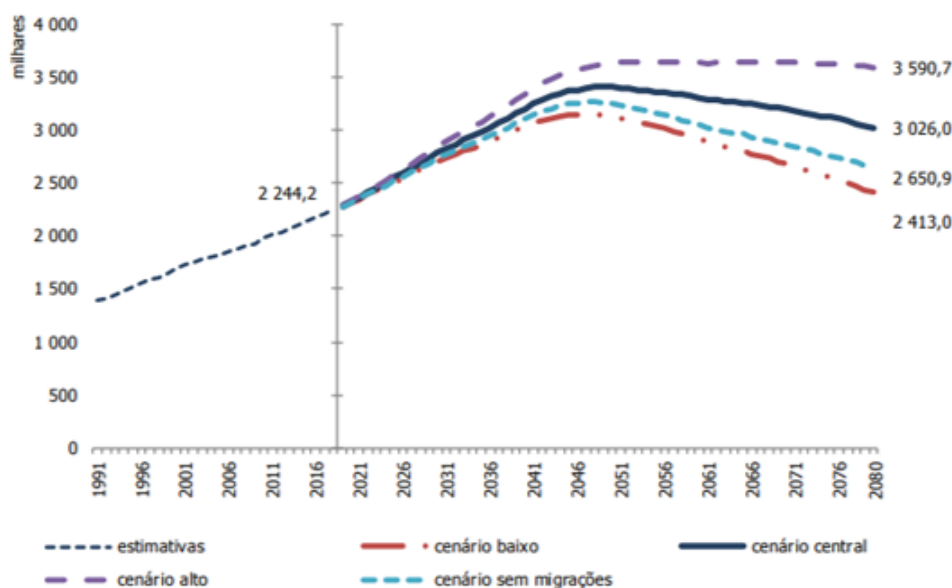


Figura 2.4: População residente em Portugal com 65 ou mais anos

|                 | 2001 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| <b>Portugal</b> | 24,4 | 27,2 | 27,9 | 28,5 | 29,1 | 29,9 | 30,7 | 31,4 | 32,1 |

Figura 2.5: Evolução do nível de dependência dos idosos em Portugal (%)

O envelhecimento da população e a necessidade de oferecer soluções que auxiliem os idosos na manutenção da sua qualidade de vida têm impulsionado uma série de estudos e experiências. Nesse contexto, a utilização da tecnologia desempenha um papel fundamental na criação de ferramentas que possibilitam um acompanhamento mais eficaz, resultando numa melhoria significativa na qualidade de vida durante a fase geriátrica.

### Sistemas IoT de *Ambient Assisted Living* (AAL)

Em (Cicirelli et al., 2021) é apresentado um levantamento da pesquisa e competências relacionadas com sistemas AAL. Apresenta uma análise abrangente das principais tendências no desenvolvimento de sistemas AAL. Tanto do ponto de vista tecnológico, no qual são abordadas diversas soluções existentes, tais como sensores inteligentes, dispositivos móveis e utilização de inteligência artificial. Como do ponto de vista metodológico, no qual é destacado a importância da análise das necessidades dos utilizadores, nomeadamente preferências individuais e condições de saúde. Fornece uma visão abrangente da pesquisa e das habilidades relacionadas aos sistemas AAL, destacando as principais questões que merecem investigação adicional.

---

Em (Diethe et al., 2018) os autores concentram-se no avanço da e-saúde no contexto de uma residência inteligente. O projeto desenvolvido tem como objetivo criar um serviço de saúde genérico com utilização de diversos tipos de sensores e análise de dados. Os autores abordam os desafios enfrentados ao levar o sistema para fora do laboratório e implantá-lo em mais de trinta residências em Bristol, Reino Unido. São descritas as infraestruturas e os processos desenvolvidos para apoiar a implantação do sistema, também é explicado como treinam e implantam sistemas de aprendizagem máquina no contexto do projeto, além disso, fornecem uma avaliação realista do estado dos sistemas implantados. O sistema incorpora três tipos de sensores: sensores ambientais, sensores de vídeo e sensores vestíveis. Os sensores ambientais capturam várias dados, tais como: humidade, temperatura, qualidade do ar, nível de ruído e ocupação. Os sensores de vídeo apesar de fornecerem informações detalhadas sobre os movimentos e atividades dos residentes, também resultam num alto grau de intrusão, o que requer medidas cuidadosas para preservar a privacidade e segurança dos indivíduos monitorizados. Os sensores vestíveis fornecem dados de acelerómetro e suportam serviços de localização. São discutidos os desafios envolvidos na recolha, anotação e pré-processamento de dados e, é abordado a implantação de modelos de aprendizagem máquina em diferentes estágios, incluindo antes da implantação, durante a recolha de dados e após receber os dados. Os autores abordam diferentes casos de uso para os dados recolhidos pelo sistema. Um dos casos de uso é a análise do padrão de vida diário dos residentes. Através dos sensores ambientais e dos sensores vestíveis, o sistema pode monitorizar a rotina dos moradores, identificando padrões comportamentais ao longo do dia, como atividades físicas realizadas, hábitos alimentares e padrões de sono. Essas informações podem ser valiosas para a compreensão da saúde geral dos residentes e para a deteção precoce de alterações nos padrões de vida que possam indicar problemas de saúde. Outro caso de uso importante é a deteção de comportamentos anormais ou eventos inesperados. Com a análise dos dados dos sensores de vídeo e dos sensores ambientais, o sistema pode identificar atividades incomuns ou situações de risco, como quedas ou comportamentos fora do padrão, permitindo uma resposta rápida em situações de emergência ou a necessidade de cuidados adicionais. Além disso, o sistema pode ser utilizado para monitorizar o ambiente residencial de forma mais ampla, incluindo a qualidade do ar, níveis de ruído e temperatura. Essas informações podem ser úteis para melhorar a qualidade de vida dos residentes, garantindo um ambiente saudável e confortável. No geral, o sistema fornece perspetivas sobre os desafios e desenvolvimentos na implantação do sistema, enfatizando o papel da análise de dados e da aprendizagem máquina na viabilização de um serviço de saúde genérico.

Em (Gochoo et al., 2019) é proposto um modelo de reconhecimento de atividades simples para idosos que vivem sozinhos, utilizando uma rede neural convolucional profunda e dois tipos de sensores: sensores de movimento infravermelho e sensores de porta. O objetivo do trabalho consiste em monitorizar as atividades diárias dos idosos de forma

---

não intrusiva, evitando o uso de câmaras e dispositivos vestíveis. O trabalho em questão utiliza um conjunto de dados anotados que foram recolhidos numa residência inteligente onde uma idosa viveu por oito meses. Os resultados da avaliação demonstram que o modelo proposto superou os modelos existentes até à data, obtendo resultados promissores, indicando que o modelo proposto no qual é utilizada uma rede neural convolucional profunda em conjunto com os sensores binários anónimos, é eficaz no reconhecimento de atividades discretas dos idosos que vivem sozinhos.

Em (Khalid et al., 2020) é apresentado um sistema de automação residencial projetado especificamente para idosos e pessoas com deficiência. O sistema visa atender às necessidades específicas deste conjunto de pessoas, que muitas vezes enfrentam dificuldades de comunicação e realização de tarefas domésticas. Descreve o uso de tecnologia *Near Field Communication* (NFC), comandos de voz e toque para controlar dispositivos domésticos, visando proporcionar segurança, conforto e facilidade de uso do sistema. Além disso, o sistema incorpora sensores de gás e sensores de movimento PIR, que alertam os utilizadores em situações de emergência ou intrusão. As tags NFC permitem o controlo do sistema sem a necessidade de interação direta com o smartphone, permitindo ativar funções específicas, como abrir e fechar portas, ligar e desligar luzes. Um aspeto relevante do sistema são os casos de uso destacados pelos autores, que incluem recursos como os botões de pânico para emergências específicas, como chamada de ajuda ou acesso rápido a remédios, bem como a monitorização residencial, possibilitando o controlo de luzes, o estado das portas e a temperatura ambiente. Os resultados obtidos demonstram a estabilidade do sistema, com uma taxa de falha aceitável de até 5%. Além disso, o consumo de energia é baixo, resultando em economia significativa de custos.

Em (Ghayvat et al., 2018) os autores abordam a implementação de um sistema de monitorização em tempo real e previsão de atividades diárias para idosos que vivem sozinhos nas suas residências. O objetivo é identificar comportamentos anormais e distinguir esses comportamentos das atividades normais do dia a dia, proporcionando assim um cuidado mais eficaz e seguro para os idosos. O estudo utiliza uma variedade de sensores e tecnologias para monitorizar as atividades diárias dos idosos, inclui sensores sem fio, como sensores de temperatura, sensores de movimento (sensor infravermelho passivo), sensores de contacto, sensores de fumo e botões de alerta manual. Além disso, alguns sensores são colocados em eletrodomésticos, como chaleiras, fogões, fornos, micro-ondas e televisões, para monitorizar o uso desses objetos. Os sensores são posicionados estrategicamente por toda a residência, a fim de captar informações sobre as atividades realizadas pelo idoso. Os dados recolhidos pelos sensores são processados e analisados por meio de algoritmos inteligentes e técnicas de aprendizagem máquina, permitindo a deteção de padrões comportamentais e a previsão de anomalias. O sistema de monitorização e previsão proposto no estudo apresenta resultados promissores. Os autores conseguiram estabelecer uma correlação significativa entre o estilo de vida dos idosos e seu estado de saúde o que per-

---

mitiu que identificassem comportamentos anormais e fornecessem alertas precisos para os cuidadores e médicos remotos.

O artigo (Mandaric et al., 2019) discute a aplicação de redes neurais artificiais (RNAs) para identificação de atividades e detecção de anomalias em AAL, especialmente para pessoas idosas, com deficiências ou com patologias agudas ou crônicas que vivem de forma independente nas suas residências. O artigo enfatizada o papel dos sistemas de AAL, que visam determinar o bem-estar das pessoas e iniciar ações de resposta de emergência quando necessário. O bem-estar das pessoas pode ser inferido através da monitorização das suas atividades diárias (ADLs) e da detecção de anomalias. O artigo propõe um método que combina leituras de sensores fixos e de sensores vestíveis para identificação de ADLs e detecção de anomalias. Os sensores fixos são utilizados para a localização dos utilizadores, enquanto os sensores vestíveis fornecem informações sobre a posição corporal do utilizador. Ao integrar dados dos sensores vestíveis e dos sensores fixos o sistema conseguiu detetar anomalias, como quedas ou mudanças repentinas nos padrões de atividade. Esses resultados mostram o potencial dessas tecnologias na melhoria da segurança e do bem-estar de pessoas mais idosas e com deficiências que vivem de forma independente.

O artigo (Forkan et al., 2019) aborda um trabalho relacionado à implementação de uma solução baseada em IoT chamada *HalleyAssist*, que visa auxiliar idosos. A proposta descrita no artigo é a de utilizar sensores IoT instalados nas residências dos idosos para monitorizar o seu comportamento e detetar anomalias que possam indicar mudanças significativas nos padrões de atividade. O sistema *HalleyAssist* utiliza algoritmos de aprendizagem máquina para aprender os padrões normais de comportamento dos idosos com base nos eventos registados pelos sensores IoT, permitindo que o sistema identifique desvios significativos e possíveis anomalias no comportamento dos idosos, como alterações nos padrões de movimento, uso de eletrodomésticos ou até mesmo variações na frequência cardíaca. Outro destaque consiste na validação da solução por meio de testes reais em residências de idosos. Os resultados obtidos demonstraram a eficácia da abordagem de detecção de anomalias, com o sistema sendo capaz de identificar desvios nos padrões de comportamento com uma alta taxa de precisão. Além disso, a resposta dos idosos aos testes foi muito positiva, evidenciando a melhoria do suporte social percebido e a sensação de conexão com cuidadores e familiares.

O artigo (Badgujar and Pillai, 2020) propõe um sistema de detecção de quedas baseado em algoritmos de aprendizagem máquina. O sistema tem como objetivo detetar quedas, classificando as diferentes atividades como quedas ou não quedas e alertar o familiar ou cuidador da pessoa idosa em caso de emergência. O estudo utiliza um conjunto de dados extraídos de um acelerómetro colocado no corpo do idoso. Os algoritmos de aprendizagem máquina *Support Vector Machine (SVM)* e árvore de decisão são implementados e comparados, sendo que a árvore de decisão apresentou maior precisão (96%) na detecção de quedas.

---

O artigo (Chowdhury et al., 2019) aborda a detecção precoce do *Mild Cognitive Impairment (MCI)* utilizando sensores em residências inteligentes. O principal objetivo é explorar a viabilidade do uso de sensores passivos para obter *insights* sobre o bem-estar cognitivo e físico de indivíduos idosos. O artigo descreve o uso de sensores passivos em residências inteligentes para recolher dados. Esses sensores incluem sensores de movimento, contacto e pressão, que são colocados de forma não intrusiva nos ambientes residenciais. O estudo propõe o uso de algoritmos de agrupamento para analisar o comportamento de movimento dos pacientes e investigar a detecção do MCI com base nos resultados do agrupamento. Detetar o MCI de forma precoce é crucial, pois permite uma melhor gestão e cuidado dessa condição neurodegenerativa, que é um precursor da demência e da doença de *Alzheimer*.

## 2.3 Análise Crítica

Nesta secção, é realizada uma análise crítica dos diversos projetos relacionados com a implementação de sistemas de monitorização e assistência em residências, com especial ênfase em contextos de cuidados de saúde e bem-estar. A Tabela 2.2 apresenta uma visão detalhada dos projetos analisados, destacando as seguintes informações-chave:

- **Projetos:** Identificação única dos projetos analisados, com referência bibliográfica.
- **Sensores:** Os tipos de sensores utilizados em cada projeto para a recolha de dados.
- **Grau de Invasão:** O nível de invasão ou perturbação introduzido pelo sistema na vida quotidiana dos utilizadores, sendo baixo quando minimamente invasivo e elevado quando mais intrusivo.
- **Dificuldade:** A complexidade percebida na implementação do sistema, classificada como baixa para tarefas simples e elevada para desafios técnicos mais complexos.
- **Tecnologias:** As tecnologias de comunicação e protocolos utilizados para interligar os dispositivos do sistema.
- **Voz:** Indicação se os sistemas incorporam interfaces de voz para interações com os utilizadores.
- **Usabilidade:** Avaliação da qualidade da experiência do utilizador, classificada como boa quando favorável e média quando sujeita a melhorias.
- **Casos de Uso Complexos:** A presença de casos de uso ou cenários complexos no projeto que exigem funcionalidades avançadas ou recursos específicos.

- **Framework:** As estruturas ou *frameworks* de software utilizadas na implementação.

Tabela 2.2: Análise Crítica

| Projetos                    | Sensores   | Grau Invasão | Dificuldade   | Tecnologias            | Voz | Usabilidade | Casos Uso Complexos | Framework  |
|-----------------------------|--|--------------|---------------|------------------------|-----|-------------|---------------------|--|
| (Gochoo et al., 2019)       | PIR, porta   | Baixo        | Baixa         | NA                     | Não | NA          | Não                 | Keras  |
| (Diethel et al., 2018)      | Temp., Humid., Luz, Mov., Pres., Portas, Gás, Qual. ar, Câm. | Elevado      | Elevada       | WiFi, BT, ZigBee, MQTT | Sim | Bom         | Sim                 | NA   |
| (Khalid et al., 2020)       | Gás, Mov. PIR  | Baixo        | Baixa         | NFC, BT, WiFi          | Sim | Bom         | Não                 | NA   |
| (Ghayvat et al., 2018)      | Temp., Mov., Porta, Fumo                                     | Baixo        | Elevada (API) | WiFi                   | Não | Médio       | Não                 | ASP.NET  |
| (Mandaric et al., 2019)     | Fixos, vestíveis   | Médio        | NA            | NA                     | Não | NA          | Sim                 | NA   |
| (Forkan et al., 2019)       | Mov., portas, luz  | Baixo        | Elevada (API) | MQTT, WiFi, BT         | Sim | NA          | Não                 | Node.js, Postgre, Ruby, Python, Keras, R, SQLite, HTML |
| (Badgujar and Pillai, 2020) | Acelerómetro   | Médio        | Baixa         | NA                     | Não | NA          | Não                 | NA   |
| (Chowdhury et al., 2019)    | Mov., contato, pressão                                       | Baixo        | Baixa         | WiFi                   | Não | NA          | Não                 | NA   |

A Tabela 2.2 proporciona uma visão abrangente sobre os diversos projetos analisados na esfera do AAL, cada qual com as suas peculiaridades e objetivos distintos. A multiplicidade de sensores, o grau de invasão, as tecnologias utilizadas e os casos de uso complexos, entre outros parâmetros, evidenciam a variedade de abordagens e soluções propostas na literatura científica.

Projetos como (Gochoo et al., 2019), optam por uma abordagem que privilegia um baixo grau de invasão, utilizando sensores PIR e de porta, enquanto outros projetos, como (Diethel et al., 2018), exploram uma panóplia mais ampla de sensores, ainda que com um grau de invasão consideravelmente mais elevado. A diversidade de tecnologias e

---

*frameworks*, tal como observado nos projetos (Forkan et al., 2019) e (Ghayvat et al., 2018), demonstram uma procura por soluções que equilibram eficácia e usabilidade, ainda que com diferentes níveis de complexidade técnica e aplicabilidade prática.

## **Comparação com o Projeto Proposto**

Ao correlacionar o projeto em desenvolvimento com os previamente analisados, verifica-se que a atual proposta procura combinar as vantagens identificadas em cada um dos projetos anteriores. Procurou-se incorporar várias funcionalidades cruciais para apoiar a vida autónoma e segura de pessoas dependentes, destacando-se ainda a inerente aplicabilidade prática, razoabilidade dos custos envolvidos e proteção dos dados.

Uma das principais vantagens do projeto desta tese relaciona-se com a ênfase na privacidade dos dados. Atualmente a informação é considerada um bem precioso e a troca de informação sensível torna-se uma preocupação premente. O sistema proposto apresenta uma solução robusta a este desafio, integrando todos os dados localmente, ao contrário de muitos sistemas que armazenam os dados em *Cloud*, expondo os dados a potenciais riscos e vulnerabilidades. Esta abordagem não só melhora a privacidade dos dados dos utilizadores, mas também fortalece a confiança na tecnologia, um aspeto fulcral para a sua aceitação e adoção.

Outro pilar fundamental deste projeto é o foco na melhoria da usabilidade. Independentemente da sofisticação ou capacidade de um sistema, se este apresentar uma curva de aprendizagem íngreme ou exigir um esforço cognitivo significativo, a sua adoção será limitada, principalmente, quando o público alvo são pessoas idosas ou com baixa literacia tecnológica. O projeto proposto foi concebido para ser intuitivo e de fácil utilização, mesmo para indivíduos sem conhecimentos técnicos. Esta abordagem centrada no utilizador assegura que o sistema possa ser adotado por uma ampla gama de pessoas, maximizando o seu impacto e relevância.

A facilidade de implementação em qualquer residência, sem a necessidade de adaptações estruturais significativas ou investimento em tecnologias dispendiosas, proporciona vantagens em relação aos demais. Adicionalmente, a segurança dos dados e a privacidade do utilizador são aspetos fulcrais para a aceitação e confiança na tecnologia.

A integração neste projeto, de uma multitude diversificada de funcionalidades analisadas, potencia a sua abrangência e eficácia e reforça a sua relevância no contexto atual. A capacidade de proporcionar um ambiente seguro, monitorizado e adaptado às necessidades das pessoas dependentes, sem ser excessivamente invasivo ou economicamente inacessível, confere ao projeto uma importância significativa no panorama dos sistemas de AAL atuais.

Neste contexto, o projeto não só se alinha com as necessidades emergentes da população dependente, como também proporciona uma solução integrada, que consegue reunir

---

vários pontos fortes, minimizando as limitações existentes em projetos semelhantes e oferecendo uma resposta abrangente e acessível aos desafios da promoção da vida autónoma e saudável de um vasto grupo demográfico.

## Capítulo 3

# Especificação do Sistema *SmartHoming*

O sistema *SmartHoming* foi desenvolvido para monitorizar e assistir nas atividades diárias em residências, combinando vários dispositivos e tecnologias para garantir segurança e conforto aos utilizadores. Este capítulo começa com a descrição dos cenários de aplicação, dando uma perspetiva das situações em que o sistema se torna útil. Para cada cenário, descrevem-se os casos de uso, mostrando as interações comuns entre os utilizadores e o sistema, e as suas funcionalidades esperadas. Segue-se uma análise dos requisitos, tanto funcionais como não funcionais, que orientaram o desenvolvimento do sistema. O capítulo termina com uma visão geral da Arquitetura do Sistema, descrevendo a sua estrutura e componentes.

### 3.1 Cenários de Aplicação

O sistema ambiciona proporcionar uma gestão mais eficiente e personalizada do cuidador e dos indivíduos dependentes nas suas residências, mediante a recolha de uma variedade de informações, que abrange desde os sinais vitais (e.g. frequência cardíaca), até padrões de atividade diária (e.g. mobilidade). Os cenários de aplicação e respetivos casos de uso são detalhados nesta secção e proporcionam uma visão clara das funcionalidades e operações do sistema em diferentes contextos.

#### 3.1.1 Assistência a Indivíduos Dependentes

Este cenário engloba vários casos de uso como a assistência a idosos, cuidados a pessoas com condições crónicas e monitorização de pacientes após alta hospitalar. O sistema proporciona uma gestão eficaz e personalizada, monitorizando continuamente os sinais vitais e atividades diárias dos indivíduos, garantindo que determinadas anomalias possam ser detetadas e comunicadas aos cuidadores. Os casos de uso associados a este cenário incluem:

---

## Controlo da Toma de Medicacões

**Enquadramento:** O controlo eficaz da toma de medicações é essencial para a saúde do utilizador, especialmente no caso de idosos e pessoas que necessitam de cuidados. Falhas na administração de medicamentos podem ter consequências sérias. Portanto, este caso de uso é fundamental para garantir que o utilizador siga o seu regime de medicação conforme prescrito e que o cuidador seja notificado em caso de problemas.

**Descrição:** O sistema é capaz de alertar o utilizador sobre os momentos agendados para a toma de medicações, além de reportar ao cuidador quando ocorre uma falha na administração dos mesmos.

## Sistema de Alarme Personalizado

**Enquadramento:** A segurança é uma preocupação primordial, especialmente para pessoas que necessitam de cuidados e que vivem sozinhas. Este caso de uso estabelece um sistema de alarme personalizado que protege a residência, notifica os ocupantes e cuidadores sobre atividades suspeitas e oferece tranquilidade aos utilizadores.

**Descrição:** O sistema proporciona uma camada adicional de segurança, garantindo que qualquer evento de segurança seja detetado e comunicado rapidamente aos utilizadores e cuidadores, permitindo uma resposta adequada.

## Monitorização de Segurança na residência

**Enquadramento:** A segurança residencial é uma prioridade fundamental, especialmente para os idosos que podem ser vulneráveis. Este caso de uso oferece uma camada adicional de segurança, garantindo que qualquer evento seja detetado e comunicado rapidamente aos utilizadores e cuidadores, permitindo uma resposta adequada.

**Descrição:** No cenário onde atores como o utilizador e o cuidador interagem com a aplicação HA, o sistema proporciona segurança adicional à residência. O sistema é capaz de monitorizar continuamente a segurança da residência, detetando intrusões ou fugas de água. Quando ocorre um evento de segurança, o sistema alerta imediatamente os utilizadores e os cuidadores, permitindo uma resposta rápida e eficaz.

### 3.1.2 Melhoria do Bem-Estar e Qualidade de Vida

Este cenário foca-se em fornecer *insights* sobre o estado de saúde e padrões de atividade dos indivíduos, permitindo que estes tomem decisões informadas sobre um estilo de vida mais saudável e ativo. Os casos de uso associados a este cenário incluem:

#### Gestão de Dispositivos Inteligentes

---

**Enquadramento:** Com o aumento da automação residencial, este caso de uso permite que os utilizadores controlem com facilidade os dispositivos inteligentes nas suas residências. A interface foi desenhada para ser intuitiva, garantindo que, independentemente da experiência tecnológica do utilizador, a interação com o sistema seja simples e direta. Este foco na usabilidade do sistema assegura uma adaptação rápida e uma experiência de utilização fluida, permitindo ao utilizador ajustar o ambiente doméstico às suas necessidades com mínimo esforço, melhorando a comodidade do utilizador sendo benéfico para o mesmo, permitindo controlar o ambiente da residência de acordo com suas necessidades.

**Descrição:** Neste cenário, tanto o utilizador quanto o cuidador interagem com a aplicação HA para gerir dispositivos da residência inteligente de maneira personalizada e conveniente. Através da integração de componentes como *Shelly* e *Broadlink*, os dispositivos são acessíveis por meio da aplicação HA. Isso inclui:

- Controlo das Persianas e Luzes: Utilizadores podem acionar as persianas ou as luzes pela aplicação, desencadeando comandos *Wi-Fi* que os dispositivos *Shelly* executam.
- Controlo de Temperatura: Comandos *Wi-Fi* enviados pelo HA, via *Broadlink*, são usados para ajustar a temperatura da residência.
- Gestão de Alarme: Ativar/desativar o alarme.

### **Análise de Dados de Saúde e Bem-Estar**

**Enquadramento:** A monitorização contínua e a análise de dados relacionados à saúde e ao bem-estar dos indivíduos são cruciais para compreender e antecipar necessidades, bem como para identificar padrões que possam ser indicativos de alterações na saúde ou no comportamento dos indivíduos. Esta análise, quando realizada de forma sistemática e precisa, pode ser uma ferramenta valiosa na promoção de um estilo de vida mais saudável.

**Descrição:** Este caso de uso dedica-se à rigorosa recolha, processamento e exposição de dados associados à saúde e bem-estar do utilizador. Através da integração com dispositivos, nomeadamente relógios inteligentes, o sistema consegue gerar relatórios detalhados que disponibilizam de forma clara e objetiva os dados recolhidos. Paralelamente à exposição destes dados, o sistema opera de forma autónoma na identificação de determinadas anomalias, tais como ritmos cardíacos irregulares, níveis baixos de bateria no dispositivo ou extensos períodos de inatividade. Ao detetar tais situações, são gerados alertas que são imediatamente enviados tanto ao utilizador como ao cuidador. Esta funcionalidade assegura uma intervenção informada e oportuna, contribuindo para uma gestão pró-ativa e eficaz da saúde e bem-estar do utilizador.

---

## 3.2 Requisitos do Sistema

A identificação precisa dos Requisitos do Sistema é uma etapa crucial no processo de desenvolvimento de qualquer sistema. Estes requisitos derivam, em grande parte, dos Cenários de Aplicação e dos Casos de Uso previamente definidos, os quais fornecem um entendimento claro do contexto operacional e das interações desejadas entre os utilizadores e o sistema. Os Requisitos do Sistema são categorizados em Requisitos Funcionais e Requisitos Não Funcionais, cada um com um papel distinto no delineamento das características e comportamentos do sistema.

### Requisitos funcionais

A tabela 3.1 apresenta os requisitos funcionais (RF) do sistema, indicando o componente associado e uma descrição concisa de cada requisito.

Tabela 3.1: Requisitos Funcionais (RF)

| ID    | Componente                           | Descrição  |
|-------|--------------------------------------|--|
| RF1.1 | Servidor                             | Deve ser capaz de estabelecer comunicação bidirecional com todos os módulos do sistema   |
| RF1.2 | Servidor                             | Deve ser capaz de guardar os dados recebidos em base de dados  |
| RF1.3 | Servidor                             | Deve realizar cópias de segurança dos dados armazenados regularmente para garantir a segurança dos dados   |
| RF1.4 | Servidor                             | Deve permitir que os dados recolhidos sejam disponibilizados, de preferência através de uma interface amigável   |
| RF2.1 | Módulo Automação                     | Deve ser capaz de interagir com dispositivos existentes na rede, de modo a poder receber informações de sensores e enviar comandos a atuadores. Para isto suporta protocolos de comunicação comuns em IoT como <i>ZigBee</i> , <i>bluetooth</i> e <i>Wi-Fi</i> |
| RF2.2 | Módulo Automação                     | Deve ser capaz de reagir de forma autónoma a modificações do estado de dispositivos da rede seja para enviar comandos a atuadores ou para enviar dados aos demais módulos do sistema. É capaz, também, de reagir a modificações oriundas dos outros módulos    |
| RF3.1 | Módulo Representação do Conhecimento | Deve ser capaz de deduzir factos novos a partir dos já existentes. Para esta tarefa o sistema reage a regras lógicas estabelecidas previamente   |
| RF3.2 | Módulo Representação do Conhecimento | O sistema possui gatilhos que são ativados quando ocorre uma nova dedução, permitindo automatizar tarefas baseadas nestas novas deduções   |
| RF4.1 | Módulo de Notificações               | O sistema deve ser capaz de enviar notificações automáticas para os utilizadores em caso de eventos específicos.   |

## Requisitos Não Funcionais

A Tabela 3.2 apresenta os Requisitos Não Funcionais (RNF) do sistema, indicando o componente associado e uma descrição concisa de cada requisito.

Tabela 3.2: Requisitos Não Funcionais (RNF)

| ID     | Componente  | Descrição   |
|--------|-------------|---|
| RNF1.1 | Sistema     | Todas as aplicações e <i>frameworks</i> utilizadas são gratuitas e os equipamentos necessários são de baixo custo.    |
| RNF1.2 | Sistema     | O sistema permite a inclusão de novos dispositivos e funcionalidades de forma fácil e segura.                         |
| RNF1.3 | Sistema     | O sistema deve garantir a segurança dos dados, incluindo criptografia de comunicações e armazenamento seguro.         |
| RNF1.4 | Sistema     | O sistema deve estar disponível 24 horas por dia, 7 dias por semana, com tempo de inatividade mínimo para manutenção. |
| RNF1.5 | Sistema     | O sistema deve ser escalável para acomodar o crescimento do número de utilizadores e/ou dados.                        |
| RNF2.1 | Usabilidade | A interface de usuário deve ser intuitiva e de fácil utilização para diferentes tipos de usuários.                    |

### 3.3 Arquitetura do Sistema

A construção de sistemas inteligentes, centrados no utilizador e aptos para melhorar a qualidade de vida, sobretudo em ambientes domésticos, tornou-se uma agenda prioritária no seio da comunidade científica e tecnológica. O Sistema IoT de Assistência à Vida Doméstica concebido, desdobra-se numa arquitetura eficiente que promove não só a automatização residencial mas também a assistência na saúde e bem-estar dos utilizadores. A arquitetura deste sistema, delineada de forma meticulosa, integra diversas tecnologias e protocolos de comunicação, assegurando uma interação segura, eficiente e fluida entre os utilizadores e o ambiente doméstico.

#### 3.3.1 Arquitetura de alto nível do Sistema

A arquitetura de alto nível do sistema, ilustrada na figura 3.1, foi concebida e implementada para proporcionar um ambiente de monitorização e assistência residencial eficaz, com foco especial em contextos de cuidados de saúde e bem-estar. O sistema tem como objetivo primordial promover uma maior qualidade de vida e segurança para os utiliza-

---

dores. A integridade e confidencialidade das informações são pilares fundamentais deste projeto, garantindo que todos os dados recolhidos permanecem localmente, sem serem expostos a servidores externos ou *Cloud*, minimizando assim os riscos associados a potenciais vulnerabilidades.

O elemento central desta arquitetura é o servidor HA, um componente inteligente responsável por coordenar e gerir as diversas funcionalidades do sistema. O servidor HA oferece uma plataforma de código aberto amplamente reconhecida pelo seu desempenho e versatilidade no domínio da automação residencial.

Para garantir uma comunicação eficaz e fiável com o servidor, o sistema utiliza sensores estrategicamente posicionados na residência. Estes sensores desempenham um papel crucial na recolha de informações ambientais e de segurança.

Além disso, o sistema integra interfaces de voz, através das colunas, permitindo interações com os utilizadores por meio de comandos de voz. Esta funcionalidade é possível graças ao suporte para interfaces de voz nos dispositivos inteligentes, facilitando o controlo e a gestão do sistema de forma intuitiva e acessível.

Neste contexto, o sistema estabelece uma conexão *Wi-Fi* com os dispositivos móveis (e.g. *smartphones* ou *tablets*), permitindo aos utilizadores acederem ao sistema de monitorização e assistência residencial a partir de qualquer local. Dessa forma, os utilizadores podem monitorizar e controlar dispositivos e sensores, receber notificações e interagir com o sistema remotamente. Além disso, o sistema integra-se com um relógio inteligente, através de tecnologia *bluetooth*. Esta integração permite o envio de dados relativos à saúde do utilizador, melhorando a sua experiência global.

Resumidamente, a arquitetura do sistema representa uma estrutura sólida e coerente que incorpora tecnologia avançada para fornecer monitorização e assistência residencial de qualidade. Esta abordagem visa não só promover a segurança, conforto e bem-estar dos utilizadores, mas também garantir a confiança, sabendo que os dados são mantidos localmente, representando dessa forma um contributo significativo para a melhoria da qualidade de vida em contextos de cuidados de saúde e bem-estar.

A combinação de sensores inteligentes, interfaces de voz, conectividade móvel e personalização através do HA representa uma abordagem moderna e eficaz na criação de sistemas de monitorização residencial avançados e centrados no utilizador.

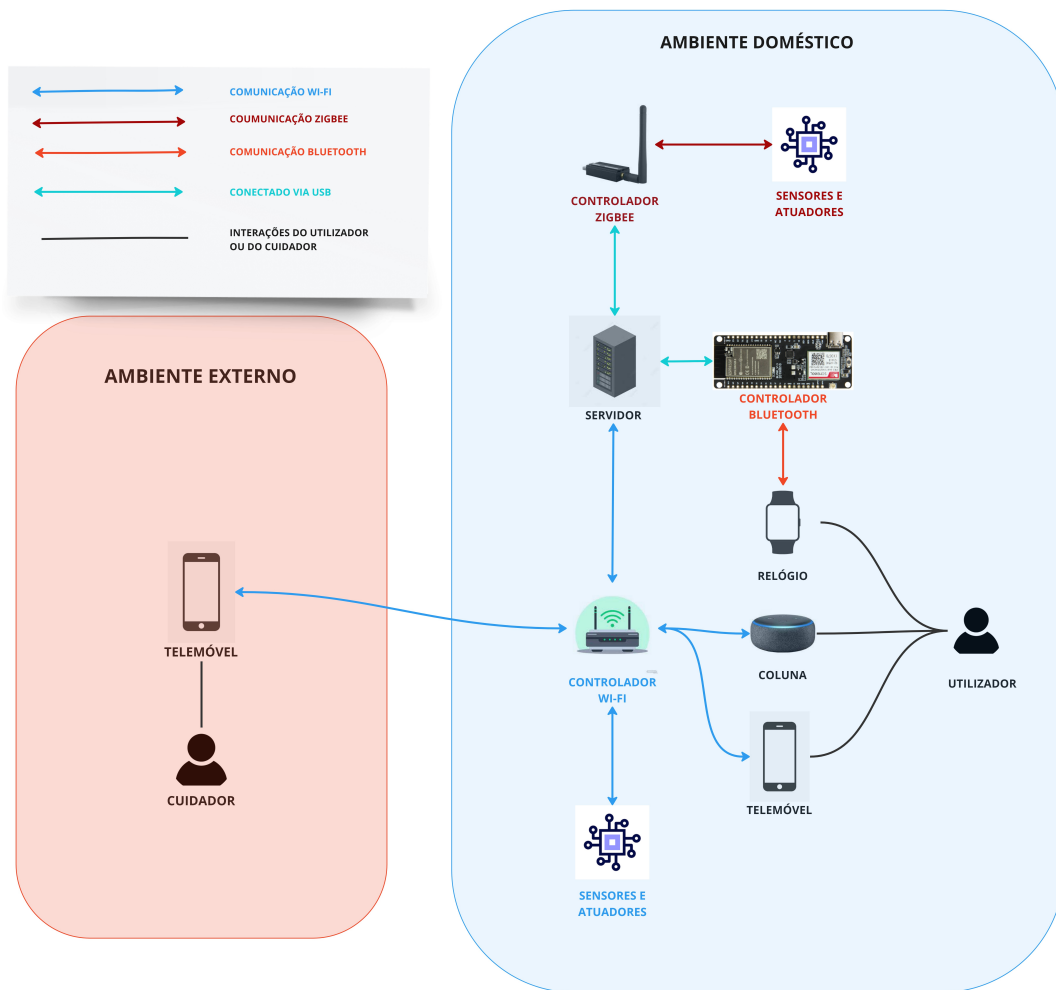


Figura 3.1: Arquitetura de alto nível do sistema *SmartHoming*

A figura 3.1 oferece uma visão abrangente da arquitetura do sistema, evidenciando uma estrutura modular e escalável. Esta arquitetura é composta por múltiplos módulos que interagem de forma coesa para proporcionar uma experiência de utilizador rica e com funcionalidades abrangentes. Os módulos, cada um com funções específicas e integrados através de protocolos de comunicação eficientes, garantem uma operacionalidade fluída e uma implementação eficaz das funcionalidades do sistema.

Os tópicos subsequentes irão explorar, com maior detalhe, os componentes individuais da arquitetura, nomeadamente o Servidor, os Sensores e Atuadores, e as Interfaces de Utilizador, bem como a interação entre os utilizadores e o sistema, proporcionando uma compreensão aprofundada da funcionalidade e operacionalidade do sistema proposto.

### Servidor

O Servidor atua como o cérebro do sistema, sendo responsável por coordenar e gerir as diversas funcionalidades e módulos integrados. Este componente processa os dados recolhidos pelos sensores, executa lógicas de automação e interage com os utilizadores

---

através das interfaces disponíveis.

### **Sensores e Atuadores**

Os Sensores e Atuadores estão distribuídos pelo ambiente doméstico, sendo cruciais para a recolha de dados ambientais e execução de ações automáticas. Os sensores monitorizam variáveis como temperatura, humidade e presença, enquanto os atuadores realizam ações, como controlar luzes e outros dispositivos, com base nas informações e lógicas processadas pelo servidor.

### **Interfaces de Utilizador**

As Interfaces de Utilizador proporcionam um meio pelo qual os utilizadores, sejam eles os residentes ou os cuidadores, interagem com o sistema. Estas interfaces, podem ser a aplicação móvel do sistema ou interfaces de voz (colunas inteligentes), no qual permitem o controlo e monitorização do ambiente doméstico, bem como a receção de alertas e notificações.

### **3.3.2 Interação dos Utilizadores com o Sistema**

A interação dos utilizadores com o sistema é realizada predominantemente através das Interfaces de Utilizador, permitindo uma comunicação bidirecional entre os utilizadores e o sistema.

#### **O Utilizador Residencial**

O utilizador residencial, ou seja, o indivíduo que habita o ambiente monitorizado, interage com o sistema principalmente através de interfaces de voz, do telemóvel e do relógio inteligente. Através destas interfaces, o utilizador pode controlar dispositivos no ambiente doméstico, receber alertas e notificações, e, de forma geral, gerir as configurações do sistema de acordo com as suas preferências e necessidades.

#### **O Cuidador**

O cuidador, por outro lado, tem a capacidade de monitorizar remotamente o estado do ambiente doméstico e o bem-estar do utilizador residencial. Através de uma interface de utilizador dedicada, o cuidador pode receber notificações e alertas, visualizar dados históricos e em tempo real sobre o ambiente e sobre o utilizador, e até mesmo interagir com o sistema para executar ações específicas, como ajustar configurações ou enviar mensagens.

## Capítulo 4

# Implementação do Sistema

## *SmartHoming*

Neste capítulo, explora-se a implementação do sistema *SmartHoming* recorrendo aos casos de uso descritos do capítulo anterior. Começa-se por descrever a arquitetura de baixo nível do sistema, detalhando as tecnologias e métodos utilizados na base da implementação dos casos de uso.

De seguida, a atenção recai sobre a concretização dos cenários de aplicação, analisando as estratégias e soluções tecnológicas de cada situação. Para os cenários descritos, procuram-se detalhar todos os casos de uso realizados, descrevendo como os módulos do sistema envolvidos se integram e como os dados circulam entre os componentes do sistema.

A interface foi desenhada para ser simples e intuitiva. A facilidade de uso foi uma prioridade, pois acredita-se que o valor de um sistema está na sua usabilidade. Assim, apesar da complexidade tecnológica do sistema *SmartHoming*, ao utilizador procura-se apresentar uma plataforma amigável e de fácil utilização.

Ao longo do capítulo, procura-se ainda justificar todas as decisões tomadas durante a implementação.

### 4.1 Arquitetura de Baixo Nível

A arquitetura de baixo nível do sistema *SmartHoming*, ilustrada na figura 4.1, é essencial para perceber a implementação e funcionamento do mesmo. Esta secção descreve a estrutura e funcionamento desta arquitetura, abordando cada componente e as suas interações, para oferecer uma visão clara da implementação efetuada.

A arquitetura do *SmartHoming* é delineada por uma série de componentes e subcomponentes. Cada um tem funções específicas, mas todos operam de forma integrada para assegurar a eficiência e eficácia do sistema. Durante o desenvolvimento, uma das prio-

ridades centrais foi a segurança dos dados do utilizador. Nesse sentido, optou-se por armazenar a maior parte das informações localmente, reforçando a proteção de dados mais sensíveis e pessoais. Esta abordagem estratégica foi adotada para reduzir vulnerabilidades e riscos associados à exposição de dados em plataformas externas. Contudo, visando enriquecer a experiência do utilizador, o sistema também se integra com serviços externos, nomeadamente o *Google Calendar* e a *Alexa*. É crucial sublinhar que, devido à natureza das integrações com o *Google Calendar* e a *Alexa* e à sua importância na implementação deste projeto, certos dados necessitam de ser partilhados com estas plataformas externas. A operacionalidade do *SmartHoming* é sustentada pela interação entre o servidor HA, os módulos de comunicação e as mencionadas integrações com serviços externos. Estes elementos serão detalhadamente abordados nas secções seguintes, oferecendo uma perspetiva abrangente da implementação e funcionalidades do sistema.

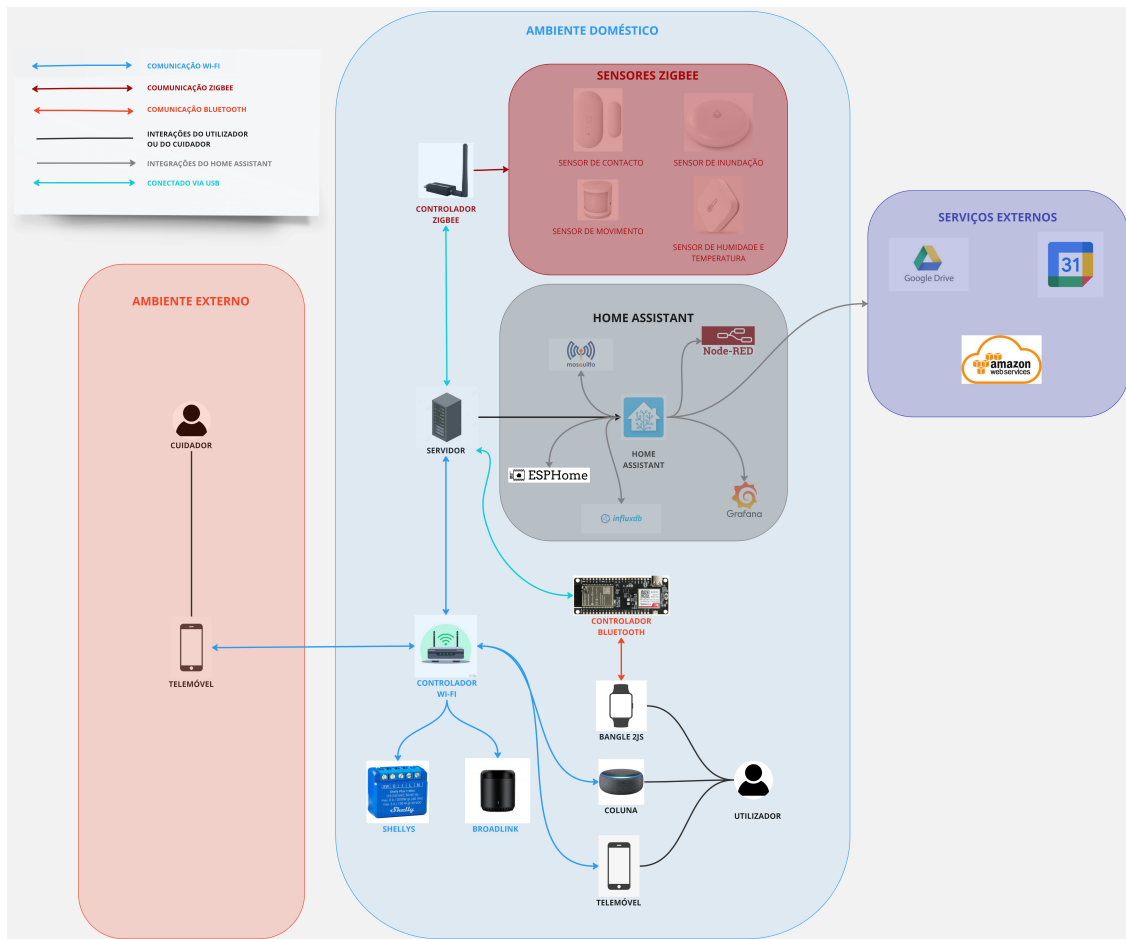


Figura 4.1: Arquitetura de baixo nível do sistema *SmartHoming*

#### 4.1.1 Servidor e Lógica de Automação

O servidor, situado como o núcleo central do *SmartHoming*, não só coordena a lógica de automação, mas também serve como um ponto focal para controlar e monitorizar o

---

sistema. A implementação no *Node-RED*, uma plataforma de programação visual, facilita a criação de lógicas de automação e fluxos de trabalho, enquanto as bases de dados e a interface *Grafana* permitem uma gestão e visualização eficazes dos dados.

- ***Node-RED:***

A implementação da lógica de automação através do *Node-RED* revela-se fundamental para a administração eficaz dos fluxos de trabalho e automações no sistema *SmartHoming*. O *Node-RED*, caracterizado como uma ferramenta de programação visual, facilita a elaboração de fluxos de trabalho e lógicas de automação de uma forma intuitiva e eficaz, permitindo a integração de vários dispositivos e serviços de uma maneira centralizada e estruturada. Os fluxos, concebidos através do *Node-RED*, gerem interações entre os diferentes componentes do sistema, assegurando uma operacionalidade coesa e coerente (Node-RED, 2023).

No contexto do *SmartHoming*, o *Node-RED* não apenas coordena a lógica de automação, mas também se estabelece como um ponto central para o controlo e monitorização do sistema, integrando-se com diversos dispositivos e serviços de uma forma centralizada e estruturada. Esta integração e gestão centralizada são cruciais para garantir uma operacionalidade fluida e coerente do sistema, possibilitando uma interação eficiente entre os vários componentes e subcomponentes do *SmartHoming*.

- ***Base de Dados InfluxDB:***

A base de dados *InfluxDB*, orientada para a gestão de séries temporais, desempenha um papel fundamental no armazenamento de dados históricos recolhidos pelos sensores no sistema *SmartHoming*. Esta base de dados, otimizada para a leitura e escrita de dados temporais, é crucial para a análise de tendências e a deteção de anomalias ao longo do tempo (InfluxDB, 2023). A escolha desta tecnologia deve-se à sua eficiência e eficácia na gestão de dados temporais, permitindo uma rápida recuperação e armazenamento de dados, que é vital para um sistema de automação residencial.

No contexto do *SmartHoming*, a utilização do *InfluxDB* não só proporciona um armazenamento eficiente de dados temporais, mas também facilita a criação de sensores que podem ser utilizados para monitorizar e analisar diferentes métricas e estados ao longo do tempo, contribuindo para uma gestão e análise de dados mais robusta e informada.

- ***Interface Grafana:***

A interface *Grafana* é utilizada no sistema *SmartHoming* como uma plataforma aberta para a análise e monitorização de dados, proporcionando uma visualização

---

apelativa e informativa dos dados recolhidos pelos sensores e armazenados na base de dados *InfluxDB*. A integração da *Grafana* com o *InfluxDB* permite criar, explorar e partilhar painéis de controlo e visualizações gráficas dos dados, facilitando a interpretação e a tomada de decisões baseada em dados (Grafana, 2023).

A *Grafana* permite não só a consulta e visualização de métricas, independentemente de onde estão armazenadas, mas também a criação de alertas e a compreensão profunda dos dados recolhidos. Esta plataforma é capaz de transformar os dados recolhidos em gráficos atrativos e outras visualizações de dados, proporcionando *insights* poderosos sobre o sistema de automação residencial. A utilização do *Grafana* no contexto do *SmartHoming* não só permite monitorizar em tempo real os dados recolhidos pelos diversos sensores, mas também analisar historicamente a evolução e tendências dos parâmetros monitorizados, contribuindo para uma gestão e análise de dados mais robusta e informada.

- ***EspHome*:**

O *EspHome* emerge como uma plataforma de código aberto, meticulosamente projetada para simplificar a integração e o controlo de microcontroladores, nomeadamente o ESP32 SIM 8001, que desempenha um papel crucial no sistema *SmartHoming*. Esta plataforma destaca-se pela sua capacidade de facilitar a configuração dos microcontroladores através de ficheiros *YAML*. Esta abordagem permite que, com um número reduzido de linhas de código, seja possível configurar e personalizar o comportamento de diversos sensores, eliminando a necessidade de programar os dispositivos desde o início.

Uma das características mais notáveis do *EspHome* é a sua capacidade de realizar atualizações *over-the-air* (*OTA*). Esta funcionalidade é de extrema relevância, pois facilita a manutenção e atualização do sistema sem a necessidade de intervenções físicas diretas nos dispositivos, otimizando assim o tempo e os recursos.

No contexto do *SmartHoming*, o *EspHome* não só simplifica a integração do ESP32 SIM 8001, mas também garante uma comunicação fluida e eficiente com o servidor central. A primeira configuração do microcontrolador é realizada via cabo. No entanto, após este processo inicial, todas as subseqüentes alterações e atualizações podem ser efetuadas de forma remota, através da funcionalidade *OTA*, assegurando uma maior flexibilidade e adaptabilidade do sistema (EspHome, 2023).

#### **4.1.2 Módulos de Comunicação**

Os módulos de comunicação assumem uma importância extrema no sistema *SmartHoming*, assegurando uma comunicação eficaz e fidedigna entre os diversos componentes, nomeadamente, sensores, atuadores e o servidor central.

---

## Módulo WiFi

O módulo *WiFi* é imprescindível no sistema *SmartHoming*, facultando uma conexão remota e móvel ao sistema e permitindo o controlo e monitorização por meio de dispositivos móveis. Este módulo integra interfaces de voz, nomeadamente através das colunas *Alexa*, proporcionando uma interação por voz e uma experiência de utilizador enriquecida. A rede *WiFi* conecta vários componentes ao sistema, como telemóveis, dispositivos *Shelly* e *Broadlink*, cada um desempenha funções específicas, contribuindo para a automação e controlo inteligente da residência.

- **Shelly:**

A *Shelly*, ao entrar no mercado de domótica, propõe tornar a automação residencial acessível a todos, oferecendo soluções aplicáveis tanto em novas construções quanto em estruturas já existentes, com um investimento mínimo. Os dispositivos *Shelly* disponibilizam uma vasta gama de soluções de domótica, desde o controlo de iluminação e equipamentos até à implementação de sensores, que podem ser utilizados para criar cenários inteligentes e automatizados na residência (Shelly, 2023). No âmbito do sistema *SmartHoming*, os dispositivos *Shelly* são empregues para controlar as luzes e as persianas da residência, integrando-se de forma coesa ao sistema através da sua conexão *WiFi* direta e da compatibilidade com diversas plataformas de domótica, permitindo um controlo eficiente e centralizado dos elementos elétricos da residência.

- **Alexa:**

A *Alexa*, desenvolvida pela *Amazon*, proporciona uma interface de voz intuitiva e eficiente, permitindo uma interação fluida entre o utilizador e o sistema domótico. Através da integração com o sistema *SmartHoming*, a *Alexa* facilita o controlo e monitorização dos diversos dispositivos e cenários da residência através de comandos de voz, proporcionando uma experiência de utilizador enriquecida e interativa (Amazon, 2023).

- **Broadlink:**

O *Broadlink* oferece uma diversidade de dispositivos que permitem o controlo e monitorização de comandos universais, tomadas inteligentes, extensões, interruptores e sensores, proporcionando uma solução integrada para a automação residencial (Broadlink, 2023). No contexto do sistema *SmartHoming*, o *Broadlink* é utilizado, de forma específica, para interagir com os sistemas de ar condicionado da residência. Através do processo de aprendizagem e transmissão de códigos infravermelhos (IR) e de radiofrequência (RF), os dispositivos *Broadlink* têm a capacidade de emitir

---

comandos aos sistemas de ar condicionado, possibilitando que o sistema *SmartHoming* mantenha uma temperatura ambiente aprazível e confortável no interior da residência. Este controlo é realizado mediante o ajuste automático das configurações do ar condicionado, que se baseia tanto nas preferências do utilizador como nas condições ambientais detetadas pelos sensores integrados no sistema.

### **Módulo *Bluetooth***

No contexto do *SmartHoming*, o módulo *bluetooth* é crucial, especialmente devido à sua ligação com o relógio inteligente *Bangle.js 2*. Esta ligação vai além de uma simples conexão técnica, sendo uma estratégia para melhorar a recolha e envio de dados de saúde do utilizador. Com este módulo, é possível captar e transmitir informações de forma eficaz e segura, melhorando a experiência do utilizador, adaptando-se às suas necessidades e condições de saúde.

A operacionalidade deste módulo é caracterizada por uma lógica de comunicação unidirecional entre o relógio inteligente *Bangle.js 2* e o sistema *SmartHoming*. Esta comunicação é intermediada pelo esp32 SIM 8001, um módulo que, em conjunto com o *EspHome*, estabelece uma ponte de transmissão robusta e confiável. Esta estratégia de comunicação garante que os dados captados pelo *Bangle.js 2*, sejam eles referentes à frequência cardíaca, padrões de sono ou outros indicadores de saúde, sejam encaminhados ao sistema de forma íntegra e sem interrupções. Assim, o *SmartHoming* tem ao seu dispor informações atualizadas e precisas, permitindo-lhe adaptar e otimizar as suas operações e cenários automatizados, sempre com o objetivo de proporcionar ao utilizador um ambiente doméstico que esteja em sintonia com o seu estado de saúde e bem-estar.

- **Controlador *Bluetooth* - ESP32 SIM 8001:** O ESP32 SIM 8001, ao ser integrado como controlador *bluetooth* no sistema *SmartHoming*, desempenha um papel essencial na infraestrutura de comunicação do sistema. Este dispositivo, ao conectar-se ao servidor, facilita a transmissão de dados entre o relógio inteligente *Bangle.js 2* e o sistema central. A sua capacidade de processamento e a sua versatilidade de conexão garantem uma comunicação *bluetooth* contínua e confiável. O ESP32 SIM 8001 destaca-se pela sua robustez e pela sua capacidade de se integrar de forma harmoniosa com outros componentes do sistema. A sua principal função é garantir a transmissão fiável dos dados recebidos do *Bangle.js 2* para o sistema *SmartHoming*. Embora a interpretação e o processamento dos dados sejam realizados no sistema central, a eficácia do ESP32 SIM 8001 na receção e transmissão de dados é fundamental para assegurar que o *SmartHoming* tenha acesso a informações atualizadas dos dados de saúde do utilizador, contribuindo assim para uma experiência de automação residencial mais rica e personalizada.
- ***Bangle.js 2*:** O *Bangle.js 2*, um *smartwatch* desenvolvido pela *Espruino*, oferece

---

uma plataforma aberta e programável, permitindo a instalação e desenvolvimento de aplicações através de *JavaScript* ou uma linguagem de programação gráfica, como o *Blockly*, utilizando apenas um navegador *web* compatível (Espruino, 2023). No contexto do sistema *SmartHoming*, o *Bangle.js 2* é explorado de uma forma específica e direcionada para a transmissão de dados de saúde do utilizador.

A integração deste dispositivo no sistema *SmartHoming* permite que dados pertinentes relativos à saúde do utilizador, como a frequência cardíaca, número de passos e qualidade do sono sejam enviados diretamente para o sistema, proporcionando assim uma capacidade adicional de monitorização e resposta às necessidades do utilizador. Esta interação, centrada na saúde, possibilita que o sistema *SmartHoming* responda de forma mais personalizada e adaptada às condições do utilizador, potenciando a experiência doméstica.

### **Módulo *ZigBee***

O módulo *ZigBee*, ao ser integrado no sistema *SmartHoming*, desempenha uma função fundamental, assegurando uma comunicação eficaz e energeticamente eficiente entre os vários dispositivos e sensores que compõem o ecossistema doméstico. Este módulo, opera com base na tecnologia *ZigBee*, uma rede de comunicação *mesh* robusta e confiável, destacando-se pela sua capacidade de auto-organização e pela sua eficácia na transmissão de dados em ambientes domésticos. A implementação de uma rede *mesh*, utilizando a tecnologia *ZigBee* no sistema *SmartHoming*, proporciona uma solução de comunicação notável pela sua robustez e fiabilidade, particularmente em cenários onde a comunicação entre dispositivos é imperativa para a eficácia do sistema de automação residencial. A rede *mesh*, ao possibilitar a comunicação entre os dispositivos e formar uma rede interligada, assegura que os dados possam ser transmitidos através de diferentes percursos na rede, garantindo que a informação atinja o seu destino mesmo na eventualidade de um dos nós da rede estar inoperante ou comprometido. A integração de sensores e atuadores, que operam sob a tecnologia *ZigBee*, é vital para a funcionalidade e eficiência do sistema *SmartHoming*. A seguir, serão explorados alguns dos sensores e atuadores que podem ser integrados ao sistema, proporcionando uma operacionalidade mais rica e diversificada.

- **Controlador *ZigBee* - SONOFF *ZigBee* 3.0:** O controlador *ZigBee*, desempenha um papel crucial na infraestrutura de comunicação do sistema *SmartHoming*. Este dispositivo, conectado ao servidor via USB, serve como um *gateway* universal para a tecnologia *ZigBee*, facilitando a comunicação eficiente entre o servidor e os dispositivos e sensores *ZigBee* integrados no ecossistema doméstico. O *SONOFF ZigBee 3.0* distingue-se pela sua compatibilidade com uma ampla variedade de dispositivos e pela sua capacidade de ser utilizado como um *gateway ZigBee* em diversas plataformas de automação de código aberto, como o [HA](#), através dos

---

protocolos *ZigBee2MQTT*. Desta forma, o servidor pode gerir localmente todos os sub-dispositivos *ZigBee*, evitando a necessidade de investir em *hubs ZigBee* de diferentes marcas e oferecendo uma solução de comunicação unificada e eficiente para o sistema *SmartHoming* (Sonoff, 2023).

- **Sensor de Temperatura e Humidade - Aqara:** A medição da temperatura e humidade são elementos essenciais para a manutenção de um ambiente residencial confortável e saudável. O sensor de temperatura e humidade da *Aqara* é fundamental para a monitorização das condições ambientais dentro da residência, fornecendo dados precisos e em tempo real sobre a temperatura e a humidade do ambiente. Este sensor não só permite ao sistema *SmartHoming* adaptar-se e responder de forma inteligente às variações nas condições ambientais, como também possibilita a criação de cenários e automações que visam otimizar o conforto e a eficiência energética da residência. Por exemplo, os dados recolhidos por este sensor podem ser utilizados para ajustar automaticamente os sistemas de climatização, garantindo um ambiente confortável enquanto otimiza o consumo de energia (Aqara, 2023).
- **Sensor de Movimento - Aqara Motion Sensor P1:** O *Aqara Motion Sensor P1*, que opera através de deteção de mudanças de calor no ambiente, como as provocadas pelo movimento de pessoas ou animais, desempenha uma função essencial na deteção de presença e movimento dentro da residência. Este sensor permite ao sistema *SmartHoming* identificar a presença de ocupantes em diferentes zonas da residência, possibilitando a ativação de cenários específicos, como o acendimento automático de luzes ou a alteração da temperatura ambiente. A integração deste sensor contribui para uma experiência de utilizador mais intuitiva e automatizada, onde o sistema se adapta e responde de forma proativa às ações e presença dos utilizadores (Aqara, 2023).
- **Sensor de Porta/Janela - Mi Window and Door Sensor:** O sensor de porta/janela da *Mi* é composto por dois elementos: um pequeno dispositivo magnético e um sensor de proximidade magnético. A instalação é realizada da seguinte forma: o dispositivo magnético é fixado na própria porta ou janela, enquanto o sensor de proximidade magnético é instalado na respetiva moldura. Quando a porta ou janela está fechada, o dispositivo magnético encontra-se próximo do sensor de proximidade magnético, mantendo-o num estado fechado. No entanto, ao abrir a porta ou janela, o dispositivo magnético desloca-se, o que provoca a abertura do sensor de proximidade magnético, este estado de abertura é detetado pelo sensor. Este sensor permite ao sistema *SmartHoming* receber informações sobre a segurança e a integridade do ambiente doméstico, podendo atuar de forma pro-ativa em resposta a eventos específicos, como a abertura inesperada de uma janela. Além disso, os dados deste sensor podem ser utilizados para otimizar outros sistemas,

---

como a climatização, ao desativar ou a ajustar automaticamente o ar condicionado quando uma janela ou porta está aberta (Xiaomi, 2023).

- **Sensor de Inundação - Aqara Water Leak Sensor:** O sensor de inundação da *Aqara*, que opera através da detecção de humidade e envia alertas em caso de contacto com água, proporciona uma monitorização essencial das áreas propensas a inundações ou fugas de água, como cozinhas e casas de banho. Este sensor alerta o sistema *SmartHoming* em caso de detecção de água, permitindo que sejam acionados cenários de emergência, como o envio de notificações para os utilizadores (Aqara, 2023).

### 4.1.3 Integrações Externas

As integrações externas são essenciais para expandir as funcionalidades e melhorar a compatibilidade do HA com outros serviços e plataformas. Ao ligar o HA a serviços conhecidos (cf. *Google Drive*, *Google Calendar* e *Amazon Service*), a experiência do utilizador é enriquecida com base nas garantias de eficiência e segurança das empresas que estão na base destes serviços. Estas integrações permitem ao HA comunicar com outros serviços e dispositivos, tornando a residência mais integrada e automatizada. Nesta secção, discutiremos algumas destas integrações, abordando as suas funcionalidades e benefícios no contexto do HA.

#### *Google Drive Backup*

A integração com o *Google Drive Backup* emerge como uma estratégia determinante para assegurar a segurança e integridade dos dados geridos pelo HA. Esta integração possibilita a realização de *backups* regulares dos dados e configurações do sistema, garantindo uma recuperação eficiente em situações de falhas ou perda de dados. A implementação desta integração foi concebida com o intuito de automatizar o processo de *backup*, minimizando a necessidade de intervenção manual e assegurando que os dados mais recentes se encontram sempre salvaguardados. Os *backups* são armazenados de forma segura no *Google Drive*, oferecendo não apenas um meio de armazenamento robusto, mas também facilitando o acesso aos dados de *backup* quando necessário.

#### *Google Calendar*

A integração com o *Google Calendar* é implementada visando proporcionar uma interação coesa entre o HA e os calendários do utilizador. Esta integração permite que o sistema aceda a informações de eventos, bem como modifique ou crie novos eventos diretamente no *Google Calendar* do utilizador. Através desta integração, o sistema é capaz de fornecer

---

lembretes e notificações acerca de eventos futuros, bem como ajustar automaticamente os parâmetros da residência com base nos eventos agendados.

### *Amazon Service*

A integração com o Amazon Service é fundamental para permitir uma comunicação eficaz entre o HA e os dispositivos *Alexa* presentes na residência. Esta integração assegura que as instruções e os dados possam ser transmitidos de forma fluida entre o sistema e os dispositivos *Alexa*, permitindo uma interação vocal e controlo intuitivo dos dispositivos domésticos inteligentes. É importante salientar que a comunicação com os dispositivos *Alexa* é sempre mediada pelo serviço da *Amazon*.

## **Cenários de Aplicação**

Nesta secção, descrevem-se os cenários de aplicação delineados no Capítulo 3, servindo como uma perspetiva através do qual se aborda a implementação do sistema *SmartHoming*. A exploração de cada cenário proporcionará uma visão detalhada de como os casos de uso interligados foram concretizados para moldar os referidos cenários.

### **4.2 Cenário de aplicação de Assistência a Indivíduos Dependentes**

Como discutido no Capítulo 3, o apoio a indivíduos dependentes é crucial nas sociedades atuais. Este contexto inclui não só o suporte a idosos, mas também o cuidado com pessoas com doenças crónicas e a supervisão de pacientes após alta hospitalar. Um sistema que monitorize de forma contínua os sinais vitais e atividades diárias destes indivíduos é essencial. Desta forma, garante-se que qualquer problema é rapidamente detetado e comunicado aos cuidadores, permitindo uma resposta rápida e apropriada. Nos próximos segmentos, serão detalhados os casos de uso relacionados com este cenário.

#### **4.2.1 Caso de Uso: Controlo da Toma de Medicções**

A integração e implementação do sistema de controlo da Toma de Medicções foi realizada através de uma abordagem prática e abrangente, combinando diferentes tecnologias e plataformas. O objetivo é assegurar que os utilizadores sejam lembrados de tomar a sua medicação e possam interagir facilmente com assistentes de voz. O sistema tem várias camadas, cada uma com suas funções, que juntas oferecem uma experiência de utilizador consistente e fiável.

## Fluxo do Sistema

O funcionamento do sistema começa com o cuidador a definir os horários de medicação no *Google Calendar* ou diretamente no HA na aba calendar, graças à integração existente com o *Google Calendar*. À medida que se aproxima a hora designada para a toma de medicação, o sistema, através do HA, aciona a *Alexa* para notificar o utilizador com um comando de voz, indicando a necessidade de tomar a medicação.

A figura 4.2 ilustra a aba calendar no HA, onde o cuidador pode inserir os horários de medicação.

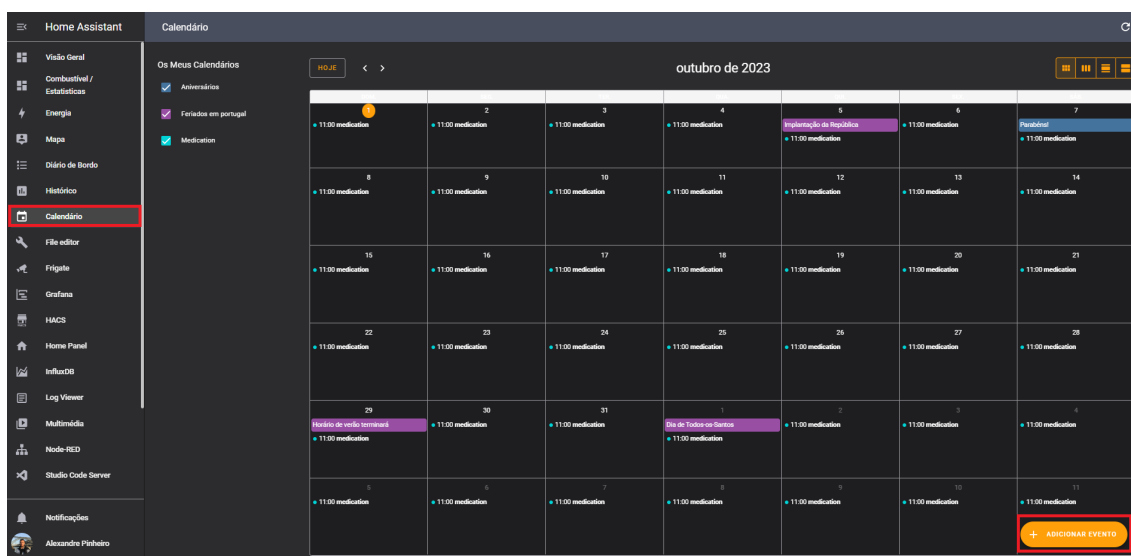


Figura 4.2: Aba calendar no Home Assistant.

Durante o intervalo de tempo estabelecido para a toma de medicação, o sistema permanece em estado de alerta, aguardando a deteção de movimento pelo sensor PIR instalado na gaveta onde a medicação é armazenada. A interação do utilizador com a gaveta, bem como as respostas fornecidas à *Alexa*, são cruciais para o registo da conformidade com o regime de medicação e, conseqüentemente, para a notificação ao cuidador, quando necessário, através da aplicação do HA no seu dispositivo móvel.

## Condições de Notificação

As notificações são disparadas para o cuidador e/ou para o idoso consoante as seguintes circunstâncias:

1. **Ausência de Movimento:** Se o sensor PIR não registar movimento no tempo definido para a toma de medicação, o sistema alerta o utilizador pela *Alexa* e avisa o cuidador com uma notificação na aplicação do HA no seu telemóvel.
2. **Deteção de Movimento:** Se o sensor PIR registar movimento após o tempo de toma de medicação, a *Alexa* pergunta ao utilizador se tomou a medicação.

- **Confirmação de Toma de Medicação:** Se o utilizador confirmar que tomou a medicação, a *Alexa* regista a resposta e agradece ao utilizador.
- **Negação de Toma de Medicação:** Se o utilizador indicar que não tomou a medicação, apesar de ter aberto a gaveta, o sistema alerta o utilizador sobre a discrepância e envia uma notificação ao cuidador através da aplicação do *HA*.

A figura 4.3 apresenta o diagrama de sequência de mensagens que ilustra o fluxo do sistema de controlo da toma de medicação.

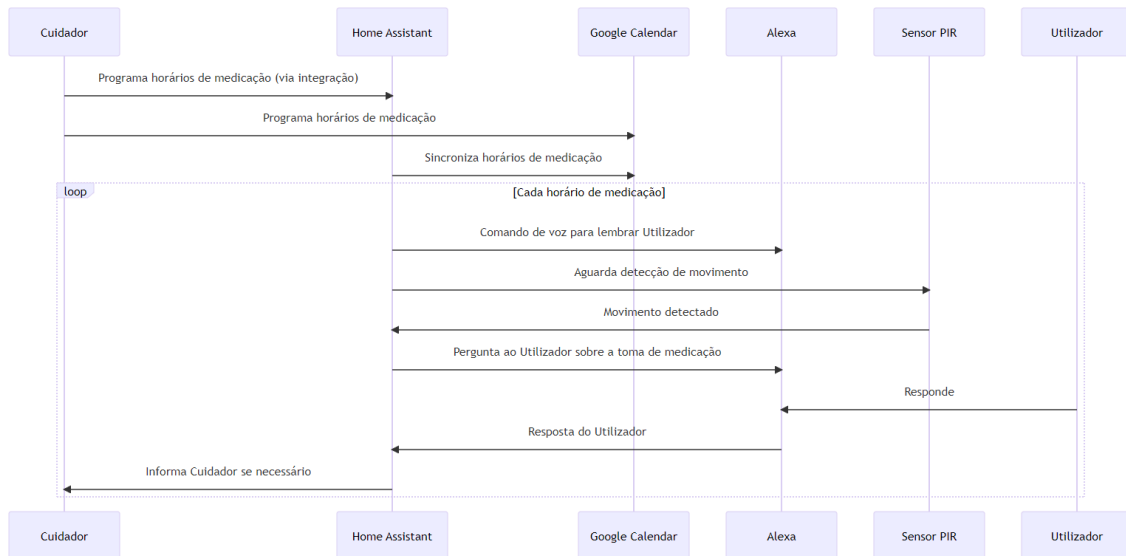


Figura 4.3: Diagrama de sequência de mensagens de Controlo da Toma de Medicação.

## Montagem do Sistema de Controlo da Toma de Medicções

Nesta secção, será abordada a montagem do Sistema de Controlo da Toma de Medicções, focando nas configurações específicas, sensores e integrações empregadas. Serão detalhados os procedimentos para a configuração da integração com a *Alexa* e o *Google Calendar*, bem como a implementação do sensor PIR para monitorização da interação do utilizador com a gaveta de medicação. Esta descrição permitirá uma compreensão clara da estrutura necessária para a operacionalidade eficaz deste sistema.

### Integração com o *Google Calendar*

A integração com o *Google Calendar* foi realizada através do *HA*, permitindo que o cuidador insira os horários de medicação diretamente na interface do *HA* ou no *Google Calendar*. Esta integração foi alcançada através da configuração do componente *Google Calendar* no *HA*, que requer a criação de um projeto no *Google Cloud Platform* e a

---

ativação da API do *Google Calendar*. Após a configuração inicial, o HA sincroniza automaticamente com o *Google Calendar*, permitindo que as entradas do calendário sejam utilizadas para acionar as automações relacionadas com os lembretes de medicação.

### **Implementação do Sensor PIR**

A monitorização da interação do utilizador com a gaveta de medicação é realizada através de um sensor PIR que deteta movimento. O sensor PIR foi instalado dentro da gaveta onde a medicação é armazenada. Posteriormente, a implementação de automações no HA foi realizada, tendo como objetivo processar os sinais emitidos pelo sensor PIR na deteção de movimento. Este tratamento é importante para ativar as notificações e verificações, assegurando que o sistema reage corretamente às ações do utilizador. A lógica por detrás desta implementação foi desenvolvida através do *Node-RED* no HA, uma ferramenta visual que, neste caso, coordena todas as partes e aplica a lógica necessária para o correto funcionamento do sistema.

### **Integração e Configuração da Alexa**

A integração da *Alexa* no sistema foi realizada em duas fases: primeiro, integração com as colunas *Alexa* e, subsequentemente, a configuração de uma *skill* personalizada. Esta secção explica ambos os passos, mostrando como se estabeleceu a comunicação entre o HA e a *Alexa*.

#### **Integração com as Colunas Alexa**

A primeira fase da integração envolveu a configuração das colunas *Alexa* com o HA. Este procedimento foi crucial para estabelecer uma comunicação inicial entre as plataformas, permitindo que o HA enviasse comandos básicos para a *Alexa*. Na fase inicial, a criação de um *trigger Alexa Smart Home* revelou-se essencial, sendo efetuada através dos serviços da *Amazon*, mais especificamente na consola da *Alexa*. Foi criada uma nova *skill* e, conseqüentemente, um *Skill ID*, esse identificador desempenhou um papel significativo ao associar a *skill* criada aos serviços da *Amazon*, garantindo uma comunicação entre ambas as plataformas.

A figura 4.4 mostra o código utilizado na consola dos Serviços *Amazon*. Este código, desenvolvido sob a Licença Apache 2.0, foi implementado para gerir os pedidos diretos da *Alexa* e para assegurar uma comunicação segura e eficiente entre a *Alexa* e o HA.

Por último, a associação do HA com os serviços da *Amazon* foi realizada através da criação de um *token* no HA, atuando como um identificador único e seguro para permitir a comunicação entre o HA e os serviços da *Amazon*. Este *token* foi incorporado no código dos Serviços *Amazon*, assegurando que os serviços pudessem comunicar e interagir de forma segura e eficaz (Amazon, 2023).

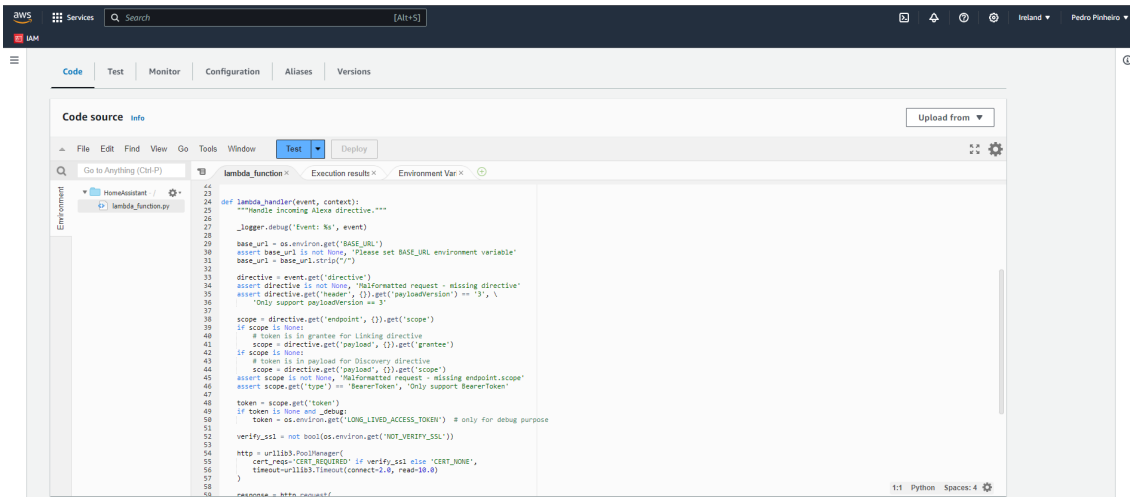


Figura 4.4: Configuração do código nos Serviços Amazon.

## Configuração da *Skill* Personalizada

A configuração de uma *skill* personalizada na *Alexa* surge como componentes cruciais para a concretização de um sistema interativo e eficiente de lembretes de medicação para os utilizadores nas suas residências.

A comunicação entre o **HA** e a *Alexa* permite trocas de informações e ações em ambos os sentidos. Este processo pode ser dividido nas seguintes etapas:

## Deteção de Estado e Ativação de Eventos

O **HA** supervisiona o estado de várias entidades definidas no *configuration.yaml*. Quando um evento específico é identificado (por exemplo, uma alteração no estado de um sensor), um *trigger* é ativado, iniciando um fluxo de trabalho previamente definido no *Node-RED* ou em automações *YAML*.

## Envio de Notificações Acionáveis para a *Alexa*

Após detetar um evento e ativar um *trigger*, é enviada uma notificação à *Alexa*, através do serviço de notificação da *Alexa Media Player*. A notificação acionável pode solicitar uma resposta do utilizador, tal como uma confirmação de uma ação.

## Receção e Processamento de Respostas da *Alexa*

Quando um utilizador interage com a notificação acionável na *Alexa* (por exemplo, respondendo a uma pergunta), essa interação é comunicada de volta ao **HA**. O sistema, por sua vez, processa a resposta do utilizador e executa ações adicionais conforme necessário.

## Ações Baseadas na Resposta do Utilizador

Consoante a resposta do utilizador à notificação acionável, o sistema pode executar diversas ações, tais como ajustar dispositivos conectados, enviar informações adicionais ao utilizador, ou até mesmo iniciar novos fluxos de trabalho.

### Aplicação Prática: Toma de Medicação

No contexto da administração de medicação, este fluxo de dados e interação pode ser exemplificado da seguinte forma:

1. O HA monitoriza o estado do sensor de uma gaveta de medicação.
2. Quando a gaveta é aberta, um *trigger* é ativado, e uma notificação acionável é enviada para a *Alexa*, inquirindo o idoso acerca da toma da medicação.
3. A resposta do utilizador ("sim" ou "não") é comunicada de volta ao HA.
4. Dependendo da resposta, o sistema pode, por exemplo, registar a ação, enviar um lembrete de voz de agradecimento ou alertar um membro da família.

O *Node-RED* controla este processo, verificando o estado do sensor da gaveta de medicação e comunicando com a *Alexa* para confirmar se o utilizador tomou a medicação. A figura 4.5 mostra o processo no *Node-RED*, que começa quando o sensor da gaveta de medicação deteta uma alteração de estado.

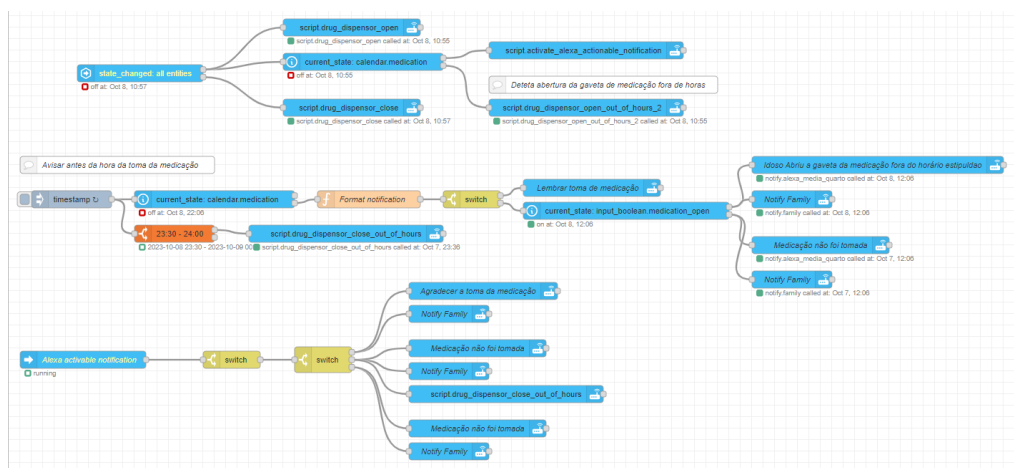


Figura 4.5: Fluxo de trabalho no Node-RED para monitorização da toma de medicação.

Este fluxo de trabalho, quando ativado, envia uma notificação acionável para a *Alexa*, pedindo ao utilizador para confirmar se a medicação foi tomada. Dependendo da resposta do utilizador, diferentes ações são executadas, como enviar uma notificação para a família ou agradecer ao utilizador pela toma da medicação.

A integração cuidada da *Alexa* com o HA é a base para os lembretes de voz no sistema, facilitando a interação do utilizador.

---

## 4.2.2 Caso de Uso: Sistema de Alarme Personalizado

O Sistema de Alarme Personalizado é concebido como uma estratégia de segurança domiciliar, proporcionando uma proteção meticulosa e adaptada às necessidades dos utilizadores e cuidadores. Este mecanismo, incorporado na residência do utilizador, é composto por sensores de contacto *ZigBee*, estrategicamente posicionados, e uma configuração de alertas personalizável, oferecendo uma resposta dinâmica e personalizada a potenciais ameaças no ambiente doméstico.

### Fluxo do Sistema

A operacionalidade do sistema é caracterizada pela sua dualidade de controlo, permitindo uma gestão tanto automática quanto manual do estado de alerta da residência. A configuração automática é estabelecida através de horários definidos pelo cuidador no HA, enquanto a manual é facultada ao utilizador através de um botão estrategicamente localizado na residência, permitindo ativar e desativar imediatamente o alarme. Este fluxo operacional, apesar de simples na sua utilização, é meticulosamente desenvolvido para garantir uma segurança robusta e uma supervisão eficaz por parte dos cuidadores, respondendo de forma imediata e personalizada a riscos que possa surgir no ambiente doméstico.

### Condições para Alarme Tocar

O disparo do alarme pode ser condicionado por dois cenários distintos, que são:

1. **Condição Temporal:** O sistema é automaticamente colocado em modo de alerta com base num horário previamente estabelecido pelo cuidador, através da manipulação de uma variável booleana no *configuration.yaml* do HA.
2. **Condição Manual:** O utilizador idoso tem a capacidade de ativar ou desativar o sistema de alarme a qualquer momento, mediante a utilização de um botão manual, alterando o estado da variável booleana e, conseqüentemente, o estado do sistema de alarme.

Em ambas as condições, uma vez que o sistema esteja em modo de alerta, a abertura de uma porta ou janela, detetada pelos sensores de contacto *ZigBee*, resultará no disparo do alarme.

### Diagrama de Sequência de Mensagens

A figura 4.6 ilustra o diagrama de sequência de mensagens, proporcionando uma representação visual e detalhada das interações e fluxo operacional do Sistema de Alarme Personalizado, elucidando a dinâmica e interação entre os diferentes componentes e entidades do sistema.

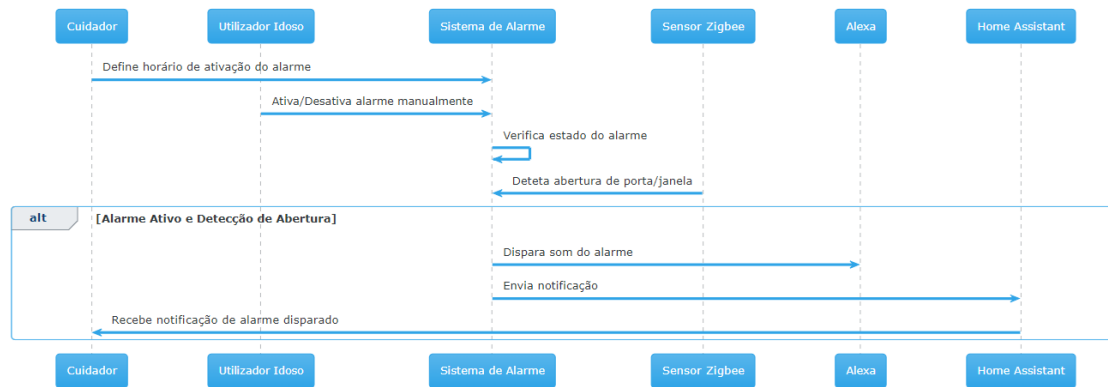


Figura 4.6: Diagrama de sequência de mensagens do Alarme Personalizado.

## Montagem do Sistema

A montagem do Sistema de Alarme Personalizado é realizada através da colocação estratégica de sensores de contacto *ZigBee* em portas e janelas da residência do utilizador. Posteriormente, o cuidador procede à configuração do sistema via *HA*, estabelecendo os horários para a ativação automática do alarme. A lógica operacional, bem como a gestão de notificações e alertas, é implementada através do *Node-RED*, garantindo uma comunicação eficiente e coesa entre os diferentes componentes do sistema, e assegurando uma operacionalidade fluída e confiável.

### 4.2.3 Caso de Uso: Monitorização de Segurança na Residência

A Monitorização de Segurança na Residência emerge como uma estratégia para proteger tanto a residência como os seus ocupantes. Este sistema, ao proporcionar uma vigilância constante e ao comunicar de forma imediata e eficaz com os utilizadores e cuidadores em situações de emergência, assume uma relevância crucial na prevenção e resposta a eventos que possam comprometer a segurança e bem-estar do utilizador. A contínua monitorização e a comunicação imediata em situações de emergência ajudam a responder prontamente, reduzindo riscos e danos.

## Fluxo do Sistema

O sistema, integra diversos dispositivos de monitorização, tais como sensores de movimento, inundação e contacto, que em conjunto, formam uma rede coesa de vigilância na residência. Se ocorrer um problema de segurança, como uma intrusão ou inundação, o sistema rapidamente envia alertas aos utilizadores e cuidadores. Esta comunicação rápida e organizada ajuda a responder de forma adequada, reduzindo riscos e melhorando a segurança da residência e dos seus habitantes.

## Diagrama de Sequência de Mensagens

A figura 4.7 ilustra o diagrama de sequência de mensagens, proporcionando uma representação visual e detalhada das interações e fluxo operacional do sistema de monitorização de segurança na residência. Este diagrama, visa elucidar a dinâmica e interação entre os diferentes componentes e entidades do sistema, oferecendo uma perspetiva clara e compreensiva do seu funcionamento e interações.

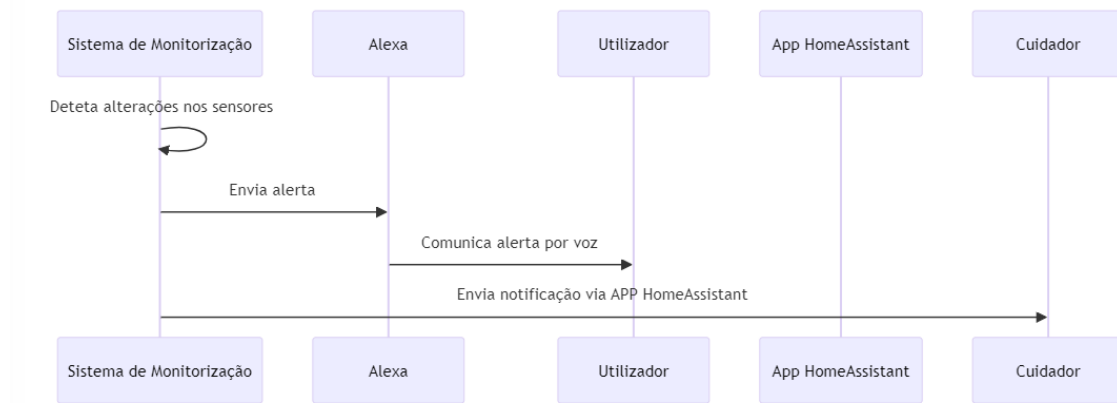


Figura 4.7: Diagrama de sequência de mensagens de Monitorização de Segurança na Residência.

## Montagem do Sistema

A montagem do sistema de Monitorização de Segurança na Residência implica a integração de diversos dispositivos de monitorização, como sensores de movimento, sensores de inundação, sensores de contacto, estrategicamente posicionados pela residência. Os dispositivos comunicam com o HA, permitindo uma monitorização em tempo real e a personalização de notificações e alertas pelo cuidador.

## 4.3 Cenário de aplicação de Melhoria do Bem-Estar e Qualidade de Vida

O cenário Melhoria do Bem-Estar e Qualidade de Vida, previamente introduzido no capítulo 3, foca-se em proporcionar uma gestão integrada de dispositivos inteligentes e na exibição dos dados de saúde do utilizador, estabelecendo-se como uma ferramenta vital na melhoria contínua do seu bem-estar. Os casos de uso relacionados a este cenário serão detalhados nas próximas secções.

---

### 4.3.1 Caso de Uso: Gestão de Dispositivos Inteligentes

O sistema de Gestão de Dispositivos Inteligentes foi concebido para proporcionar uma experiência de utilizador intuitiva e eficaz no controlo e monitorização de dispositivos inteligentes numa residência. Integrando tecnologias como *Alexa* e [HA](#), o sistema permite que os utilizadores façam a gestão e monitorização dos dispositivos na sua residência através de comandos de voz ou de uma interface de utilizador, garantindo uma interação suave e um *feedback* em tempo real sobre o estado dos dispositivos.

#### Fluxo do Sistema

O sistema de Controlo de Dispositivos Inteligentes é ativado tanto pelo cuidador como pelo utilizador, proporcionando uma gestão eficiente e intuitiva dos dispositivos inteligentes na residência. Este fluxo funcional é iniciado através de duas principais vias de interação: comandos de voz direcionados à *Alexa* e ações realizadas na interface do [HA](#).

- **Ação do Utilizador/Cuidador via Interface:** Tanto o utilizador como o cuidador podem interagir com o sistema através da interface do [HA](#). Ao realizar uma ação na interface, como ligar uma luz ou ajustar a temperatura do ar condicionado, o comando é processado e transmitido diretamente aos dispositivos inteligentes relevantes.
- **Comando de Voz via *Alexa*:** O utilizador, estando na residência, pode também emitir comandos de voz à *Alexa*, que processa estes comandos e traduz em ações, transmitindo-os diretamente aos dispositivos inteligentes, como luzes, persianas e outros dispositivos [IoT](#).
- **Monitorização e Atualização de Estado:** Os estados dos dispositivos são continuamente monitorizados e atualizados no [HA](#), permitindo que o utilizador e o cuidador recebam *feedback* em tempo real sobre o estado dos dispositivos na residência.

A figura [4.8](#) ilustra o diagrama de sequência de mensagens, proporcionando uma representação visual e detalhada das interações e fluxo operacional do Sistema de Gestão de Dispositivos Inteligentes, elucidando a dinâmica e interação entre os diferentes componentes e entidades do sistema.

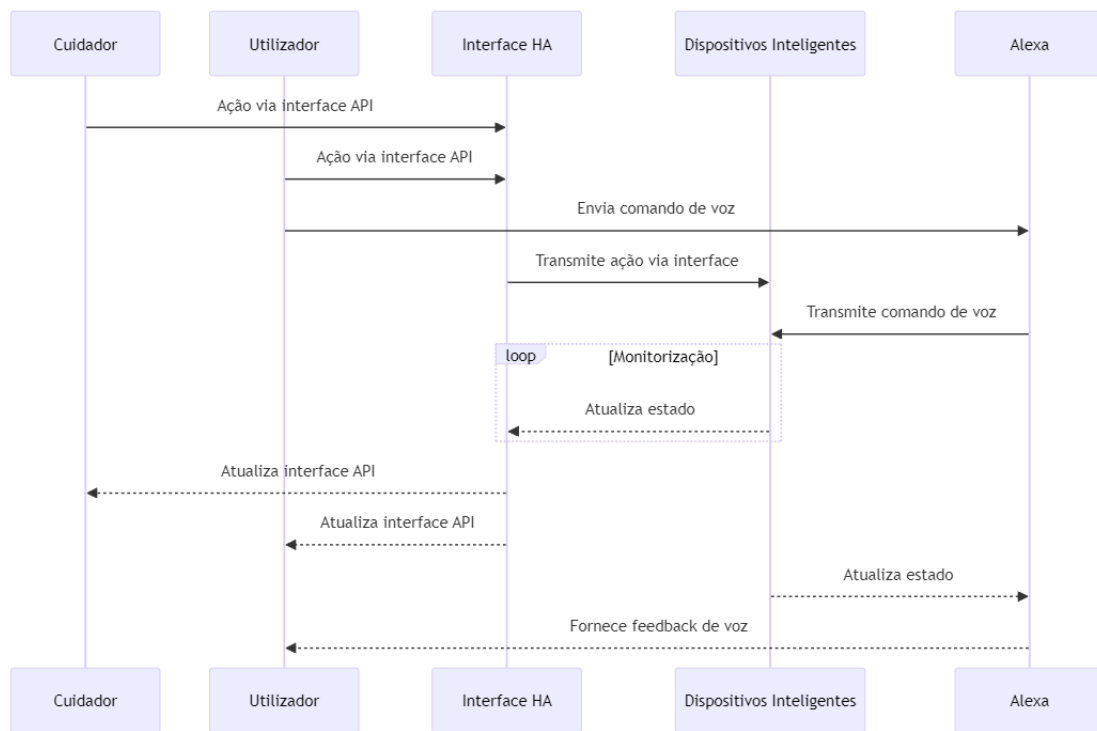


Figura 4.8: Diagrama de sequência de mensagens de Gestão de Dispositivos Inteligentes.

### Fluxo de Dados e Interação

A interação entre o HA, a Alexa e os dispositivos inteligentes permite que o utilizador controle e monitorize os dispositivos na sua residência através de comandos de voz e através da interface do HA.

1. O utilizador emite um comando de voz para a Alexa ou realiza uma ação na interface do HA.
2. O comando ou ação é processado e transmitido aos dispositivos inteligentes relevantes.
3. Os dispositivos executam a ação e reportam o seu novo estado ao HA.
4. O HA atualiza a interface do utilizador e pode enviar *feedback* de voz através da Alexa, se necessário.

### Montagem do Sistema

A montagem do Sistema de Controlo de Dispositivos Inteligentes foi executada com uma meticolosa atenção ao detalhe, garantindo uma integração harmoniosa e funcional entre todos os componentes envolvidos. Esta secção delinea o processo de montagem e configuração do sistema, elucidando as etapas cruciais e as considerações técnicas subjacentes.

---

## Integração e Configuração da *Alexa*

A integração e configuração da *Alexa*, previamente descrita na secção "Controlo da Toma de Medicções", foi também aplicada neste contexto para permitir o controlo de voz dos dispositivos inteligentes, proporcionando uma interface de utilizador intuitiva e acessível.

## Implementação de Automações e Cenários

A implementação de automações e cenários no HA foi realizada para permitir que sequências de ações sejam executadas automaticamente com base em condições específicas, tais como a hora do dia, ou o estado de um dispositivo. Estas automações e cenários são configuradas no HA e podem ser ativadas manualmente pelo utilizador ou automaticamente com base nas condições definidas.

### 4.3.2 Caso de Uso: Análise de Dados de Saúde e Bem-Estar

Monitorizar e analisar métricas de saúde em tempo real é um progresso importante na combinação de tecnologia e saúde. O que torna o sistema *SmartHoming* distinto é a sua ligação com dispositivos *wearable*, em particular com o relógio inteligente *Bangle.js 2*.

Muitos dispositivos *wearable*, como relógios inteligentes, limitam o acesso e partilha de dados. Esta restrição leva muitas vezes a soluções alternativas, menos integradas. No entanto, o *SmartHoming* consegue aceder, processar e mostrar dados do *Bangle.js 2*, através do desenvolvimento de uma aplicação própria.

Os dados obtidos são processados e mostrados em gráficos claros, dando ao utilizador uma visão sua saúde e atividade. Estas visualizações não são meramente informativas, elas são fundamentais para a tomada de decisões informadas sobre o bem-estar do utilizador.

Para além da visualização, o sistema está equipado com mecanismos de alerta inteligentes. Estes alertas são ativados em situações críticas, como quando são detetados batimentos cardíacos irregulares, períodos de inatividade prolongada ou níveis baixos de bateria no dispositivo. Estes alertas são enviados ao utilizador e ao cuidador, sendo cruciais em emergências, mostrando a relevância deste caso de uso na dissertação.

## Fluxo do Sistema

O fluxo operacional do sistema é iniciado pelo relógio inteligente *Bangle.js 2*, que monitoriza e recolhe diversas métricas de saúde do utilizador. Estes dados são então transmitidos via *Bluetooth Low Energy (BLE)* para o controlador ESP32 SIM 8001. Através da integração com o *EspHome*, o controlador encaminha os dados para o sistema *SmartHoming*. Uma vez no sistema, os dados são processados e transformados em gráficos informativos.

---

Se determinadas condições forem atendidas, o sistema também é capaz de enviar alertas ao utilizador ou aos cuidadores.

### **Condições para Apresentação de Dados**

A apresentação de dados é realizada com base nas seguintes condições:

1. **Recolha de Dados:** O *Bangle.js 2* monitoriza continuamente o utilizador, recolhendo dados pertinentes relacionados à saúde e atividades diárias.
2. **Transmissão de Dados:** Os dados são enviados em tempo real para o controlador ESP32 SIM 8001 via [BLE](#). Posteriormente, com a ajuda da integração do *EspHome*, os dados são encaminhados para o sistema.
3. **Apresentação de Dados:** O sistema exibe os dados recolhidos, permitindo que o utilizador e os cuidadores visualizem os dados no sistema.
4. **Notificações e Alertas:** Dependendo das métricas recebidas, o sistema pode gerar notificações ou alertas para informar o utilizador ou os cuidadores sobre situações específicas.

### **Diagrama de Sequência de Mensagens**

A figura 4.9 ilustra o diagrama de sequência de mensagens que representa o fluxo operacional do caso de uso de Análise de Dados de Saúde e Bem-Estar, destacando as interações entre o utilizador, o dispositivo *Bangle.js*, a ESP32 SIM 8001 e o sistema.

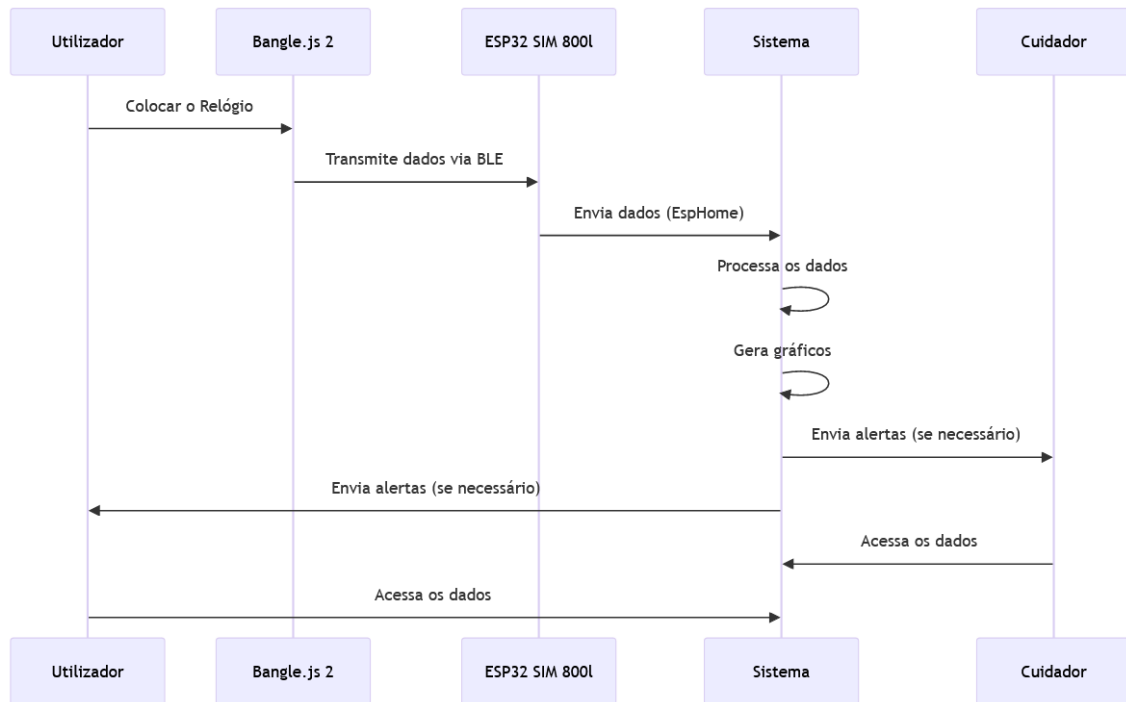


Figura 4.9: Diagrama de seqüência de mensagens de Análise de Dados de Saúde e Bem-Estar.

### Montagem do Sistema de Análise de Dados de Saúde e Bem-Estar

Nesta secção, será abordada a montagem do Sistema de Análise de Dados de Saúde e Bem-Estar, focando nos dispositivos utilizados, nas integrações feitas e na aplicação desenvolvida para o envio dos dados. Serão detalhados os procedimentos para a configuração do *Bangle.js 2*, a transmissão de dados para o controlador ESP32 SIM 8001 e a integração com o sistema *SmartHoming*.



Figura 4.10: Representação esquemática da montagem do Sistema de Análise de Dados de Saúde e Bem-Estar.

Na figura 4.10, é possível observar os três componentes principais do sistema:

- **NUC:** O *Next Unit of Computing (NUC)* serve como o núcleo do sistema, responsável por processar, armazenar e visualizar os dados recolhidos.
- **ESP32 SIM 8001:** O Controlador *bluetooth*, é utilizado para receber os dados do *Bangle.js 2* e transmiti-los para o sistema.
- **Bangle.js 2:** O relógio inteligente que monitoriza diversas métricas de saúde e bem-estar do utilizador e envia esses dados para o controlador ESP32 SIM 8001.

A montagem é caracterizada pela interconexão destes dispositivos, garantindo uma comunicação eficiente e contínua entre eles, permitindo assim uma monitorização em tempo real da saúde e bem-estar do utilizador.

### **Desenvolvimento da Aplicação *SmartHoming* no relógio**

A aplicação *SmartHoming* foi concebida com o intuito de recolher diversas métricas de saúde, nomeadamente padrões de sono, número de passos, batimentos cardíacos e o nível da bateria do relógio. Esta aplicação opera em segundo plano, garantindo assim uma recolha contínua de dados sem perturbar as funcionalidades padrão do relógio. Em intervalos regulares de 10 segundos, os dados são transmitidos para o sistema através de uma conexão **BLE**. O utilizador tem a possibilidade de controlar esta transmissão, podendo ativar ou desativar através de duas ações: uma sequência rápida de cinco pressões no botão do

relógio num espaço de cinco segundos ou, alternativamente, acedendo ao menu e selecionando a aplicação. Esta opção revela-se particularmente útil para prevenir o envio de dados potencialmente imprecisos, por exemplo durante o carregamento do relógio. A figura 4.11 apresenta a interface desta aplicação, evidenciando a sua execução no *Bangle.js 2*.



Figura 4.11: Interface da aplicação *SmartHoming* no relógio *Bangle.js 2*.

Conforme ilustrado na figura 4.11, destaca-se a aplicação desenvolvida para a transmissão dos dados via **BLE** para o sistema. Na parte superior da imagem, observa-se o

---

ícone da aplicação que se encontra em execução em segundo plano no relógio. Na parte inferior, é apresentada a aplicação em si, que, quando acionada, permite ao utilizador a opção de ativar ou desativar a transmissão de dados.

### **Transmissão de Dados para o Sistema**

A transmissão de dados é vital para o funcionamento do sistema. Após a recolha de dados pelo *Bangle.js 2*, estes são enviados de forma contínua e em tempo real pela aplicação desenvolvida via **BLE** para o controlador ESP32 SIM 8001. Este controlador, integrado com o *EspHome*, é responsável por encaminhar os dados recolhidos para o sistema *SmartHoming*. A integração com o *EspHome* garante que a transmissão de dados seja realizada de forma contínua e sem interrupções, assegurando que o sistema esteja sempre atualizado com as métricas mais recentes. Esta transmissão é realizada através de uma conexão segura e eficiente, minimizando possíveis latências e garantindo a integridade dos dados transmitidos.

### **Apresentação de Dados em Gráficos**

Após a recolha e armazenamento dos dados no *influxDB*, o sistema apresenta-os em gráficos detalhados, graças à integração com o *Grafana*. Esta visualização permite uma interpretação clara e direta das métricas de saúde e bem-estar.

### **Notificações e Alertas**

O sistema *SmartHoming* vai além da mera visualização de dados. Uma das suas características mais distintas é a habilidade de gerar notificações e alertas com base nas métricas recolhidas. Estes alertas são estabelecidos consoante parâmetros previamente definidos, levando em conta os valores considerados normais e anormais para cada métrica. Este mecanismo é concretizado através do *Node-RED*, uma ferramenta de programação visual orientada para fluxos de dados.

#### **a) Verificação da Frequência Cardíaca**

A implementação das notificações de alerta de frequência cardíaca é realizada através da função do *Node-RED* "Verificar BPM" que, analisa a média da frequência cardíaca do utilizador nas últimas 2 horas. Se a média for superior a 100 batimentos por minuto (BPM) ou inferior a 60 BPM (ignorando valores nulos), o sistema gera um alerta. Mais concretamente:

- Se a média da frequência cardíaca ultrapassar os 100 BPM, o sistema emite uma notificação: "Alerta, frequência cardíaca acima de 100 BPM nas últimas 2 horas."

- 
- Se a média da frequência cardíaca for inferior a 60 BPM, o sistema emite uma notificação: "Alerta, frequência cardíaca abaixo de 60 BPM nas últimas 2 horas."

b) **Estímulo à Atividade Física** O sistema *SmartHoming* foi concebido não apenas para monitorizar a saúde do utilizador, mas também para encorajá-lo a manter um estilo de vida ativo. No entanto, uma das principais preocupações durante o seu desenvolvimento foi garantir que o utilizador não fosse incomodado durante os seus períodos de descanso, seja durante a noite ou nas sextas diárias. Assim, o sistema só intervém quando deteta períodos prolongados de inatividade durante as horas em que o utilizador está normalmente ativo. Especificamente, se os dados mostrarem que o utilizador teve um sono profundo inferior a 30 minutos, deu menos de 400 passos e teve uma frequência cardíaca média inferior a 65 BPM nas últimas 2 horas, o sistema reconhece isso como um período de inatividade. Em resposta, é gerado um alerta para motivar o utilizador a mover-se. O alerta é transmitido da seguinte forma:

- Uma mensagem é enviada ao dispositivo *Alexa*, sugerindo: "Notámos que esteve inativo nas últimas 2 horas. Que tal fazer uma pequena caminhada?"

c) **Monitorização da Bateria** Para além da frequência cardíaca, o sistema monitoriza também o nível de bateria do relógio. Caso a bateria desça abaixo dos 20%, é enviada uma mensagem da seguinte forma:

- Uma mensagem é enviada ao dispositivo *Alexa*, aconselhando o utilizador a carregar o relógio: "A bateria do seu relógio está fraca. Por favor, coloque-o à carga"

## Capítulo 5

# Avaliação do Sistema *SmartHoming*

Neste capítulo foca-se na avaliação funcional do sistema *SmartHoming*. Esta etapa é vital para confirmar a eficácia do sistema, conforme descrito nos capítulos anteriores. Inicialmente, apresenta-se o panorama geral da estratégia de avaliação, explicando os critérios e métricas que serão utilizados para analisar o desempenho e a robustez do sistema em diversos cenários de aplicação. Procura-se demonstrar que, para cada cenário, o sistema cumpre os requisitos estabelecidos e responde também de forma eficaz aos desafios práticos que emergem em ambientes reais de operação.

Posteriormente, a avaliação é conduzida de forma sistemática, explorando para cada cenário de aplicação, os respetivos casos de uso. Pretende-se demonstrar a funcionalidade e desempenho dos sistema, mas também identificar potenciais áreas de melhoria. Cada caso de uso foi submetido a um conjunto de testes, cujos resultados são analisados e discutidos detalhadamente, proporcionando uma verificação completa do funcionamento do sistema.

### 5.1 Cenário de aplicação de Assistência a Indivíduos Dependentes

Nos capítulos anteriores, procedeu-se à especificação e implementação do sistema, começando pela caracterização dos cenários de aplicação e progredindo para a explicação pormenorizada dos casos de uso. Este cenário é construído com base em casos de uso específicos, nomeadamente: "Controlo da Toma de Medicamentos", "Sistema de Alarme Personalizado" e "Monitorização de Segurança na Residência". Nesta secção, será realizada uma avaliação pormenorizada de cada um destes elementos, garantindo que o sistema responde eficazmente às necessidades identificadas.

---

### 5.1.1 Caso de Uso: Controlo da Toma de Medicacões

O desenvolvimento de um sistema de medicaçao eficaz e preciso é fundamental para garantir a correta adesão dos utilizadores à sua medicaçao. Para validar a eficácia do sistema proposto, realizou-se uma série de testes que simulam cenários reais de interaçao do utilizador. Estes testes foram concebidos para simular diferentes cenários que o utilizador poderia enfrentar no seu dia-a-dia ao interagir com o sistema. O objetivo principal é o de validar se o sistema responde adequadamente a cada situaçao, enviando as notificações corretas tanto para o utilizador como para o cuidador.

#### Objetivos dos Testes

Os testes foram concebidos com o intuito de:

- Simular diferentes cenários de interaçao do utilizador com a gaveta da medicaçao.
- Avaliar a capacidade do sistema em detetar e responder adequadamente a cada situaçao.
- Confirmar a correta emissão de notificações para o utilizador e cuidador.

#### Metodologia de Teste

O teste consistiu em simular a interaçao do utilizador com a gaveta da medicaçao em diferentes contextos. Utilizou-se o *debug* do *Node-RED* para capturar os *outputs* do sistema em resposta a cada açao do utilizador. Estes *outputs* servem como uma representaçao direta da resposta do sistema, permitindo uma avaliaçao objetiva do seu comportamento.

#### Cenários de Teste e Resultados

Os cenários de teste foram definidos com base em possíveis interaçoes do utilizador com o sistema de medicaçao.

A figura 5.1 ilustra o fluxo de implementaçao e os testes realizados no *Node-RED*, testes esses que são detalhados nas próximas secções.

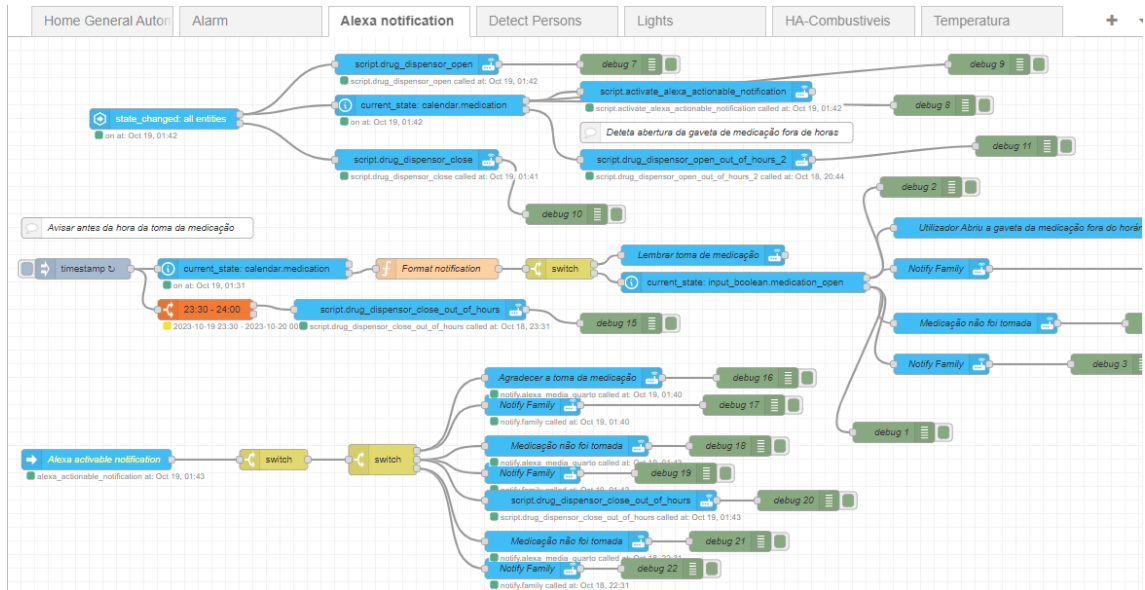


Figura 5.1: Fluxo de Implementação e testes no Node-RED.

### 1. Acesso à gaveta da medicação fora do horário estipulado:

A figura 5.2 demonstra a deteção do sistema quando o utilizador acede à gaveta fora do horário definido.

```

19/10/2023, 22:09:51 node: debug 5
msg.payload : Object
  ▼object
    domain: "notify"
    service: "family"
    ▼data: object
      message: "Utilizador abriu a gaveta
da medicação fora do horário
estipuldao"
  
```

Figura 5.2: *Output* que indica o acesso à gaveta fora do horário estabelecido.

### 2. Inatividade na gaveta da medicação:

A figura 5.3 evidencia o *output* gerado quando não há interação com a gaveta da medicação.

```

19/10/2023, 22:55:28 node: debug 3
msg.payload : Object
  ▾ object
    domain: "notify"
    service: "family"
  ▾ data: object
    message: "Utilizador não tomou a
medicação"

```

Figura 5.3: *Outputs* que destaca a inatividade e a não ingestão da medicação.

### 3. Acesso à gaveta no horário estipulado sem confirmação da toma da medicação:

A figura 5.4 apresenta a resposta do utilizador após aceder à gaveta e não confirmar a toma da medicação.

```

19/10/2023, 01:43:04 node: debug 20
alexa_actionable_notification : msg.payload : Object
  ▾ object
    event_type: "alexa_actionable_notification"
    entity_id: undefined
  ▾ event: object
    event_id: "alexa_actionable_notification_test"
    event_response: "ResponseNo"
    event_response_type: "ResponseNo"
    origin: "REMOTE"
    time_fired: "2023-10-19T00:43:03.585032+00:00"
  ▸ context: object

```

Figura 5.4: Resposta do utilizador após acesso à gaveta sem confirmação da toma.

Consequentemente, a figura 5.5 mostra a notificação enviada ao utilizador e ao cuidador.

```

19/10/2023, 01:43:04 node: debug 19
alexa_actionable_notification : msg.payload : Object
  ▾ object
    domain: "notify"
    service: "family"
  ▾ data: object
    message: "Gaveta de medicação aberta no horário
correto no entanto utilizador respondeu que não tomou
medicação"

```

Figura 5.5: Notificação alertando o utilizador e o cuidador.

### 4. Acesso à gaveta no horário adequado sem resposta sobre a medicação:

A figura 5.6 mostra a ausência de resposta do utilizador após aceder à gaveta.

```
19/10/2023, 01:46:42 node: debug 21
alexa_actionable_notification : msg.payload : Object
  ▼ object
    event_type: "alexa_actionable_notification"
    entity_id: undefined
  ▼ event: object
    event_id: "alexa_actionable_notification_test"
    event_response: "ResponseNone"
    event_response_type: "ResponseNone"
    origin: "REMOTE"
    time_fired: "2023-10-19T00:46:42.203046+00:00"
  ▶ context: object
```

Figura 5.6: Ausência de resposta após acesso à gaveta.

Em resposta, a figura 5.7 ilustra a notificação enviada.

```
19/10/2023, 01:46:42 node: debug 22
alexa_actionable_notification : msg.payload : Object
  ▼ object
    domain: "notify"
    service: "family"
  ▼ data: object
    message: "Gaveta de medicação aberta no horário
    correto, no entanto o utilizador não respondeu se
    tomou ou não a medicação"
```

Figura 5.7: Notificação enviada ao utilizador e ao cuidador.

## 5. Confirmação da toma da medicação:

A figura 5.8 evidencia a confirmação do utilizador sobre a toma da medicação.

```
19/10/2023, 01:40:12 node: debug 16
alexa_actionable_notification : msg.payload : Object
  ▼ object
    event_type: "alexa_actionable_notification"
    entity_id: undefined
  ▼ event: object
    event_id: "alexa_actionable_notification_test"
    event_response: "ResponseYes"
    event_response_type: "ResponseYes"
    origin: "REMOTE"
    time_fired: "2023-10-19T00:40:11.959517+00:00"
  ▶ context: object
```

Figura 5.8: Confirmação da toma da medicação pelo utilizador.

Posteriormente, a figura 5.9 mostra a notificação enviada.

```
19/10/2023, 01:40:12 node: debug 17
alexa_actionable_notification : msg.payload : Object
  ▾ object
    domain: "notify"
    service: "family"
  ▾ data: object
    message: "Utilizador tomou a medicação"
```

Figura 5.9: Notificação após confirmação da toma.

Através da análise detalhada dos *outputs* obtidos em cada cenário de teste, foi possível confirmar que o sistema de medicação responde de forma adequada e precisa às interações do utilizador. Em todos os cenários simulados, o sistema demonstrou uma elevada fiabilidade, emitindo as notificações corretas tanto para o utilizador como para o cuidador. Estes resultados validam a robustez do sistema proposto e reforçam a sua aplicabilidade prática. As notificações, enviadas por voz ao utilizador e através da aplicação do HA ao cuidador, asseguram uma comunicação eficaz entre todas as partes envolvidas, promovendo uma correta adesão à medicação.

### 5.1.2 Caso de Uso: Sistema de Alarme Personalizado

A conceção de um sistema de alarme personalizado, robusto e adaptável, é fundamental para garantir a segurança domiciliar dos utilizadores, sobretudo em contextos onde a autonomia e a proteção são de extrema importância. De modo a validar a eficácia e precisão do sistema proposto, realizou-se uma série de testes que simulam cenários reais de interação e resposta do sistema face a potenciais ameaças no ambiente doméstico. Estes testes foram concebidos para simular variadas situações que um utilizador poderá enfrentar no seu dia-a-dia ao interagir com o sistema. O principal objetivo é assegurar que o sistema responde adequadamente a cada situação, emitindo os alertas e notificações pertinentes tanto para o utilizador como para o cuidador.

#### Objetivos dos Testes

Os testes foram delineados com o propósito de:

- Avaliar a precisão e fiabilidade dos sensores de contacto ZigBee na deteção de aberturas de portas e janelas.
- Garantir a correta ativação e desativação do alarme, seja em condições temporais ou manuais.
- Verificar a eficácia das notificações e alertas enviados ao cuidador e ao utilizador.

## Metodologia de Teste

A metodologia de teste baseia-se na simulação de vários cenários de interação com o sistema de alarme, desde a ativação manual até à deteção de aberturas não autorizadas. As respostas do sistema, nomeadamente notificações e alertas, serão registadas e analisadas para avaliar a reação do sistema em cada situação.

## Cenários de Teste e Resultados

Os cenários de teste foram definidos considerando as interações e situações mais comuns no uso diário do sistema:

1. **Ativação Automática do Alarme:** Este cenário foca-se na capacidade do sistema de ativar automaticamente o alarme com base em determinados critérios, como o horário ou a deteção da ausência do utilizador. A figura 5.10 ilustra o fluxo de implementação e os testes realizados.

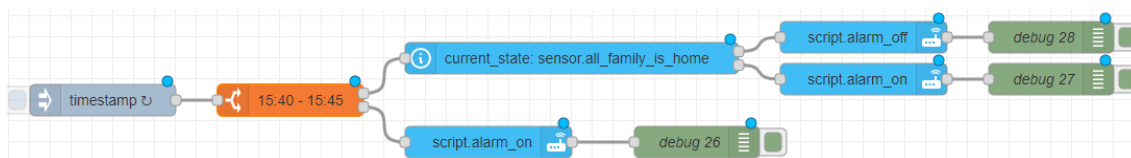


Figura 5.10: Fluxo de implementação e de teste da Ativação Automática do Alarme.

- *Consoante o Horário:* Simulação da ativação automática do alarme com base no horário estabelecido pelo cuidador, figura 5.11.

```
31/10/2023, 13:10:08 node: debug 26
msg : Object
  object
    payload: "Alarme ativado, envio da notificação para a coluna inteligente para alertar o estado do alarme"
    topic: ""
    _msgid: "621cdc253efda0b6"
```

Figura 5.11: Simulação da ativação automática do alarme segundo o horário estabelecido pelo cuidador.

- *Deteção de Ausência do Utilizador:* Simulação da ativação automática do alarme quando o sistema identifica a ausência do utilizador. A figura 5.12 ilustra esta simulação.

```
21/10/2023, 16:53:11 node: debug 27
msg : Object
  ▼object
    payload: "not_home"
    topic: ""
    _msgid: "741cc4eefed8ced5"
  ▼data: object
    entity_id:
      "sensor.all_family_is_home"
    state: "not_home"
    ▶ attributes: object
      last_changed: "2023-10-
21T15:53:05.097Z"
      last_updated: "2023-10-
21T15:53:05.097Z"
    ▶ context: object
      timeSinceChangedMs: 6583
```

Figura 5.12: Simulação da ativação automática do alarme mediante a detecção da ausência do utilizador.

- *Retorno do Utilizador:* Simulação do regresso do utilizador à residência e a subsequente desativação do alarme, caso esteja dentro do horário predefinido para o alarme estar desativado. A figura 5.13 evidencia esta simulação.

```

21/10/2023, 15:40:48  node: debug 28
msg : Object
  ▼object
    payload: "home"
    topic: ""
    _msgid: "eaa56a50a2a91f7b"
  ▼data: object
    entity_id:
      "sensor.all_family_is_home"
    state: "home"
    ▶ attributes: object
    ▶ context: object
    last_changed: "2023-10-21T12:55:41.394Z"
    last_updated: "2023-10-21T12:55:41.394Z"
    timeSinceChangedMs: 6306477

```

Figura 5.13: Simulação do regresso do utilizador e a correspondente desativação do alarme.

2. **Ativação/Desativação Manual do Alarme:** Os testes utilizam o script que ativa ou desativa o alarme. Este script altera o estado do sensor, colocando a residência em estado de alerta ou não protegida. A simulação envolve a ativação seguida da desativação manual do alarme pelo utilizador. A figura 5.14 apresenta o fluxo de implementação e os testes realizados.

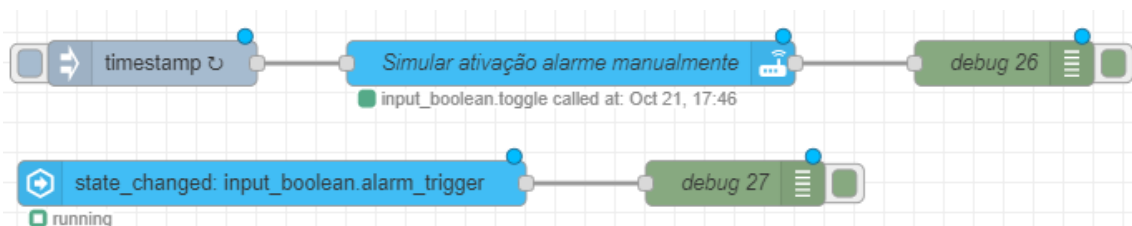


Figura 5.14: Fluxo de implementação e de teste da Ativação/Desativação Manual do Alarme.

Como se pode verificar na figura 5.15, o alarme é inicialmente ativado e posteriormente desativado, simulando o botão que o utilizador utiliza para tal fim.

```

21/10/2023, 17:46:45 node: debug 27
input_boolean.alarm_trigger : msg : Object
  ▼object
    payload: "on"
    ▶ data: object
      topic: "input_boolean.alarm_trigger"
      _msgid: "0e93dfa90c13e48d"
21/10/2023, 17:46:45 node: debug 28
msg : Object
  ▶ { payload: 1697906805026, topic: "",
    _msgid: "e705f2176c6ed451" }
21/10/2023, 17:46:55 node: debug 27
input_boolean.alarm_trigger : msg : Object
  ▼object
    payload: "off"
  ▼data: object
    entity_id:
      "input_boolean.alarm_trigger"
    ▶ old_state: object
    ▶ new_state: object
    topic: "input_boolean.alarm_trigger"
    _msgid: "8a6546b059cdd198"
21/10/2023, 17:46:55 node: debug 28
msg : Object
  ▶ { payload: 1697906815025, topic: "",
    _msgid: "b6fe677e38e10f3b" }

```

Figura 5.15: Simulação da ativação e desativação manual do alarme pelo utilizador.

3. **Deteção de Abertura Inesperada:** Simulação da abertura e fecho de portas com o alarme ativo. A figura 5.16 ilustra o fluxo de implementação e os testes realizados.

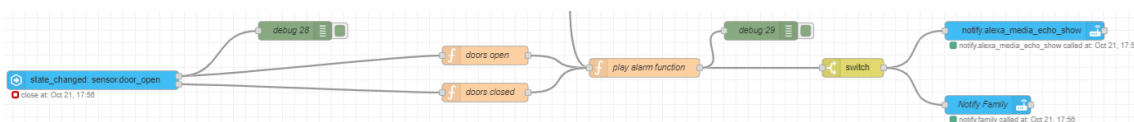


Figura 5.16: Fluxo de implementação e de teste de Deteção de Abertura Inesperada.

A figura 5.17 mostra a simulação da deteção de abertura inesperada com o alarme ativado.

```
21/10/2023, 17:56:34 node: debug 27
input_boolean.alarm_trigger : msg : Object
  ▼object
    payload: "off"
    ▼data: object
      entity_id:
        "input_boolean.alarm_trigger"
      ▶old_state: object
      ▶new_state: object
      topic: "input_boolean.alarm_trigger"
      _msgid: "f3ea334abcd1314a"

21/10/2023, 17:56:39 node: debug 28
sensors_state : msg : Object
  ▼object
    payload: "open"
    ▼data: object
      entity_id: "sensor.door_open"
      ▶old_state: object
      ▼new_state: object
        entity_id: "sensor.door_open"
        state: "open"
        ▶attributes: object
          last_changed: "2023-10-
            21T16:56:38.951872+00:00"
          last_updated: "2023-10-
            21T16:56:38.951872+00:00"
        ▶context: object
          timeSinceChangedMs: 30
      topic: "sensors_state"
      msgid: "f850a2874c01ef312"
```

Figura 5.17: Simulação da detecção de abertura inesperada com o alarme ativado.

A figura 5.18 apresenta a notificação recebida pelo cuidador após a detecção de abertura inesperada.

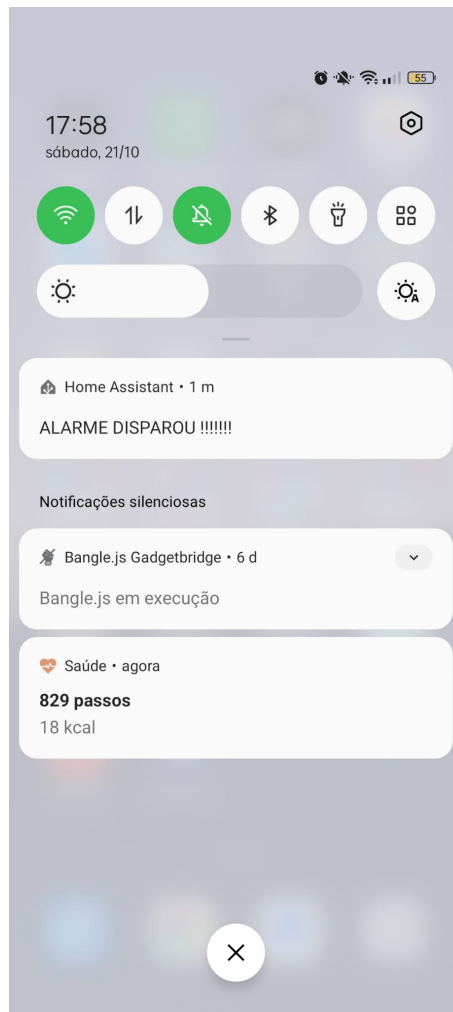


Figura 5.18: Notificação recebida pelo cuidador após detecção de abertura inesperada.

Após a análise dos resultados de cada cenário de teste, confirmou-se que o Sistema de Alarme Personalizado funciona de forma eficiente e rigorosa, reagindo de forma adequada às diferentes situações. As notificações e alertas são enviados, assegurando uma comunicação eficaz entre o sistema, o utilizador e o cuidador.

### 5.1.3 Caso de Uso: Monitorização de Segurança na Residência

A monitorização de segurança na residência constitui-se como um elemento fundamental no âmbito da automação residencial inteligente, sobretudo quando se visa assegurar a segurança e o bem-estar de utilizadores seniores. Este sistema, ao oferecer uma vigilância contínua e uma comunicação eficiente em situações de emergência, assume uma importância primordial na prevenção e resposta a ocorrências que possam colocar em risco a segurança do utilizador e da residência. Mediante a integração de variados dispositivos de monitorização, o sistema demonstra capacidade para detetar e reagir atempadamente a situações adversas, estabelecendo uma comunicação imediata com os utilizadores e respetivos cuidadores.

---

## Objetivos dos Testes

Os testes foram concebidos com o intuito de:

- Avaliar a precisão e fiabilidade dos dispositivos de monitorização incorporados, tais como sensores de movimento, inundação e contacto.
- Verificar a eficácia da comunicação entre o sistema e os utilizadores/cuidadores em contextos de emergência.
- Analisar o funcionamento do sistema em diferentes cenários de segurança, garantindo uma resposta adequada em cada caso.

## Metodologia de Teste

A metodologia de teste baseia-se na simulação de vários cenários de segurança, desde a deteção de movimentos não previstos até ocorrências de inundação. As reações do sistema, nomeadamente alertas e notificações, serão documentadas e avaliadas para compreender o comportamento do sistema face a cada situação.

## Cenários de Teste e Resultados

Os cenários de teste foram estabelecidos considerando as interações e situações mais comuns no uso diário do sistema:

1. **Abertura de Porta/Janela Inesperada:** Com o sistema de segurança ativo, simula-se a abertura não autorizada de uma porta ou janela, já testada e analisada no caso de uso do sistema de alarme personalizado.
2. **Deteção de Inundação:** Simula-se uma ocorrência de inundação, onde se testa a capacidade do sensor de inundação em reportar o evento ao sistema. A figura 5.19 ilustra a simulação de uma ocorrência de inundação.

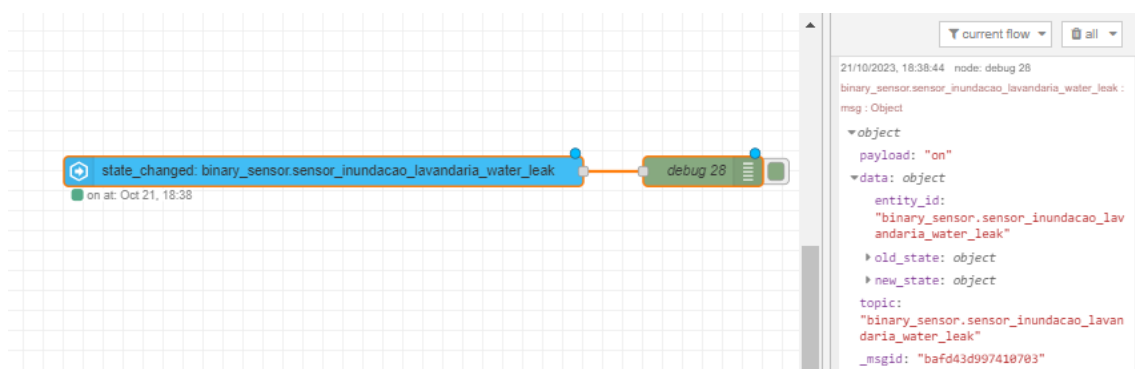


Figura 5.19: Simulação de uma ocorrência de inundação.

3. **Receção de Notificações:** A figura 5.20 mostra a notificação recebida pelo cuidador após a deteção de uma inundação.

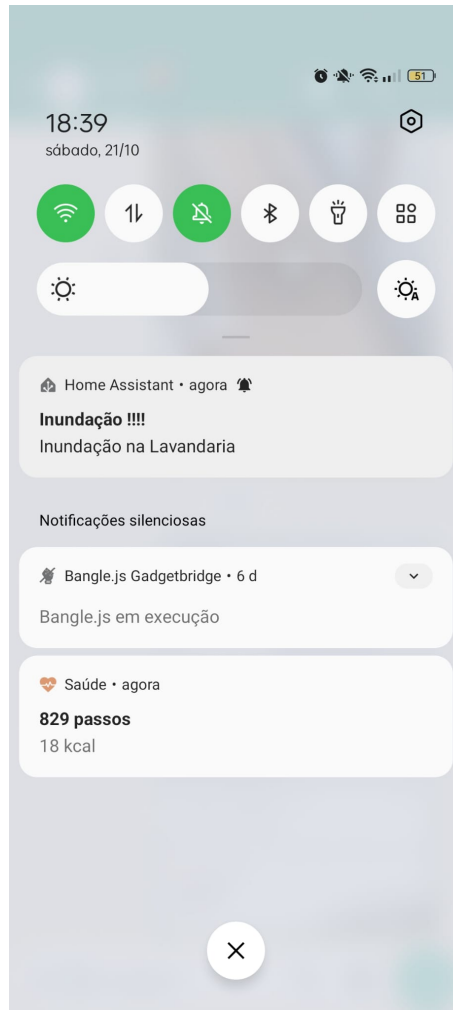


Figura 5.20: Notificação recebida pelo cuidador após deteção de inundação.

Após a análise dos resultados de cada cenário de teste, confirmou-se que o Sistema de Monitorização de Segurança na Residência atua de forma eficaz e rigorosa, respondendo adequadamente às variadas situações. As notificações e alertas são transmitidos prontamente, assegurando uma comunicação eficiente entre o sistema, o utilizador e o cuidador. Estes resultados sublinham a robustez do sistema em análise e a sua relevância prática no campo da automação residencial inteligente.

## 5.2 Cenário de aplicação de Melhoria do Bem-Estar e Qualidade de Vida

Este cenário baseia-se em dois casos de uso principais: "Gestão de Dispositivos Inteligentes" e "Análise de Dados de Saúde e Bem-Estar". Estes casos de uso são fundamentais para

---

definir e diferenciar o cenário em questão. Nesta secção, será feita uma análise detalhada destes casos, garantindo que o sistema funciona de acordo com os objetivos propostos.

### 5.2.1 Caso de Uso: Gestão de Dispositivos Inteligentes

A automação residencial tem-se destacado devido à crescente adoção de dispositivos inteligentes nas habitações modernas. O sistema de Gestão de Dispositivos Inteligentes, que utiliza tecnologias como o HA, foi desenvolvido para proporcionar uma experiência de utilizador otimizada. Para avaliar a eficácia e precisão deste sistema, foram realizados testes que simulam cenários reais de interação do utilizador, com o objetivo de verificar se o sistema reage corretamente e fornece informações atualizadas sobre o estado dos dispositivos.

#### Objetivos dos Testes

Os testes foram delineados com o propósito de:

- Simular diferentes cenários de interação do utilizador com os dispositivos inteligentes.
- Avaliar a capacidade do sistema em detetar e responder adequadamente a cada situação.

#### Metodologia de Teste

A metodologia usada centrou-se na simulação de interações habituais do utilizador com o sistema. Recorreu-se a ferramentas de *debug* para registar os *outputs* do sistema em resposta a cada intervenção do utilizador. Estes *outputs* permitem avaliar de forma objetiva o desempenho do sistema.

#### Cenários de Teste e Resultados

Os cenários de teste foram estabelecidos considerando as interações típicas no uso diário do sistema:

1. **Ação do Utilizador/Cuidador via Interface:** Simulação de ações na interface do HA, como por exemplo, acender uma luz. A validação é realizada através da exibição de imagens da interface antes e após a ação, demonstrando a alteração de estado do dispositivo. A figura 5.21 ilustra a interface antes da ação de acender a luz, enquanto a figura 5.22 mostra o estado da interface após a luz ser acesa, validando assim a alteração de estado do dispositivo.



Figura 5.21: Simulação de acender uma luz através do sistema.



Figura 5.22: Resultado do sistema após a luz ser acesa.

- Ajuste Automático da Temperatura:** O sistema, ao identificar certas condições, ajusta automaticamente a temperatura por meio do ar condicionado. A validação é realizada através da exibição de uma imagem do *output* do *broadlink*, que transmite um comando para o ar condicionado regular a temperatura. A figura 5.23 apresenta a simulação do ajuste de temperatura, evidenciando o *output* do *broadlink* que transmite um comando para o ar condicionado regular a temperatura.

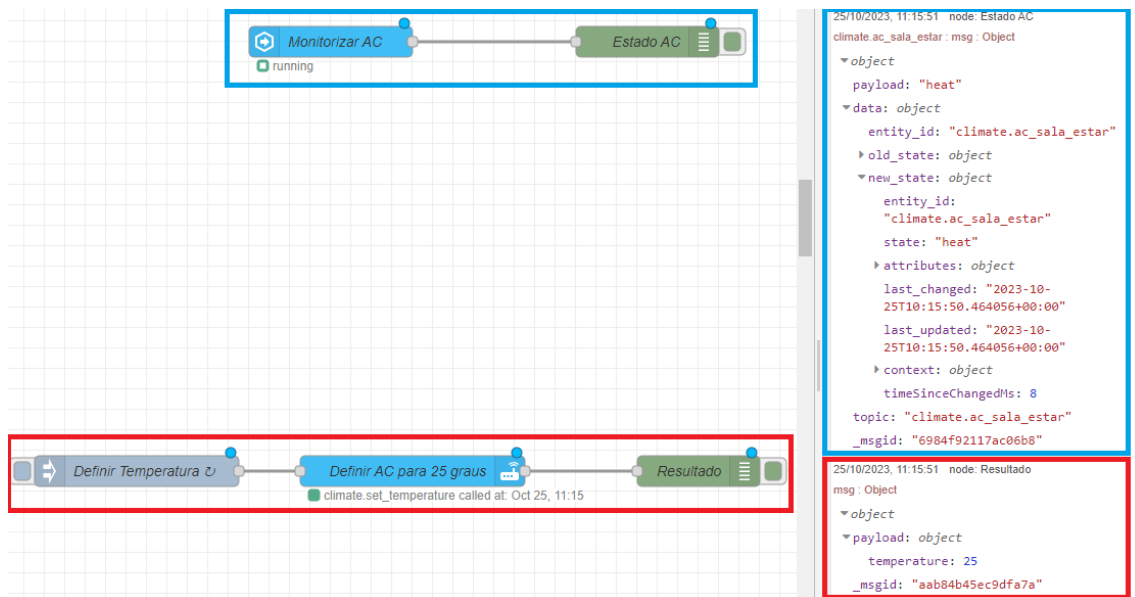


Figura 5.23: Simulação do ajuste de temperatura.

- Abertura Automática de Persianas:** Consoante o horário predefinido, o sistema procede à elevação automática das persianas. A validação é efetuada através da exibição de uma imagem do teste do *output* que é transmitido quando o sistema eleva as persianas no horário determinado. A figura 5.24 demonstra a simulação da abertura da persiana, mostrando o teste do *output* transmitido quando o sistema eleva as persianas no horário estipulado.



Figura 5.24: Simulação da abertura da Persiana.

Após a análise dos resultados, foi possível concluir que o Sistema de Gestão de Dispositivos Inteligentes opera de forma coesa e eficiente. A interação com o HA demonstrou ser intuitiva e precisa, com os dispositivos a responderem adequadamente aos coman-

---

dos emitidos. Estes resultados validam a robustez do sistema proposto e reforçam a sua aplicabilidade prática no contexto da automação residencial moderna.

## 5.2.2 Caso de Uso: Análise de Dados de Saúde e Bem-Estar

A monitorização e análise de métricas de saúde e bem-estar em tempo real é uma inovação crucial na intersecção entre tecnologia e cuidados de saúde. Para assegurar a precisão e eficácia do sistema proposto, foram realizados vários testes que simulam cenários reais de interação do utilizador. Estes testes foram concebidos para simular diferentes cenários que o utilizador poderia enfrentar no seu dia-a-dia ao interagir com o sistema. O principal objetivo é validar se o sistema responde adequadamente a cada situação, apresentando os dados corretos e enviando as notificações e alertas pertinentes.

### Objetivos dos Testes

Os testes foram concebidos com o propósito de:

- Simular diferentes cenários de interação do utilizador com o sistema *SmartHoming*.
- Avaliar a capacidade do sistema em detetar e responder adequadamente a cada situação.
- Confirmar a correta apresentação de dados e emissão de notificações e alertas.

### Metodologia de Teste

O teste consistiu em simular a interação do utilizador com o sistema *SmartHoming* em diferentes contextos. Utilizou-se o *debug* do *Node-RED* para capturar os *outputs* do sistema em resposta a cada ação do utilizador. Estes *outputs* servem como uma representação direta da resposta do sistema, permitindo uma avaliação objetiva do seu comportamento.

### Cenários de Teste e Resultados

Os cenários de teste foram definidos com base em possíveis interações do utilizador com o sistema de análise de dados de saúde e bem-estar. A seguir, apresentam-se os cenários testados e os *outputs* correspondentes.

1. **Recolha e Transmissão de Dados em Tempo Real:** A figura [5.25](#) demonstra a deteção do sistema quando o *Bangle.js 2* recolhe e transmite dados para o sistema *SmartHoming* em tempo real.

```

Logs esp-32.yaml
[11:49:12][D][esp32_ble_client:048]: [0] [E6:2F:A1:6D:5B:33] Found device
[11:49:12][D][esp32_ble_tracker:214]: Pausing scan to make connection..
[11:49:12][I][esp32_ble_client:064]: [0] [E6:2F:A1:6D:5B:33] 0x01 Attempting BLE connection
[11:49:12][I][ble_sensor:031]: [Bangle.js2 Heart Rate] Connected successfully!
[11:49:12][I][ble_sensor:031]: [Bangle.js2 Steps] Connected successfully!
[11:49:12][I][ble_sensor:031]: [Bangle.js2 Deep Sleep] Connected successfully!
[11:49:12][I][ble_sensor:031]: [Bangle.js2 Light Sleep] Connected successfully!
[11:49:12][I][ble_sensor:031]: [Bangle.js2 Battery Level] Connected successfully!
[11:49:13][I][esp32_ble_client:196]: [0] [E6:2F:A1:6D:5B:33] Connected
[11:49:13][D][esp32_ble_tracker:246]: Starting scan...
[11:49:26][D][sensor:094]: 'Bangle.js2 Heart Rate': Sending state 79.00000 bpm with 0 decimals of accuracy
[11:49:35][D][sensor:094]: 'Bangle.js2 Steps': Sending state 54.00000 steps with 0 decimals of accuracy
[11:49:45][D][sensor:094]: 'Bangle.js2 Deep Sleep': Sending state 20.00000 deep_sleep with 0 decimals of accuracy
[11:49:46][D][sensor:094]: 'Bangle.js2 Battery Level': Sending state 48.00000 % with 0 decimals of accuracy
[11:49:46][D][binary_sensor:036]: 'Heartbeat Received': Sending state ON
[11:49:46][D][binary_sensor:036]: 'Heartbeat Received': Sending state OFF

```

Figura 5.25: Log da troca de dados em tempo real entre o *Bangle.js 2* e o *SmartHoming*

## 2. Visualização de Dados em Gráficos:

A figura 5.26 evidencia o *output* gerado quando os dados são apresentados em gráficos no sistema.

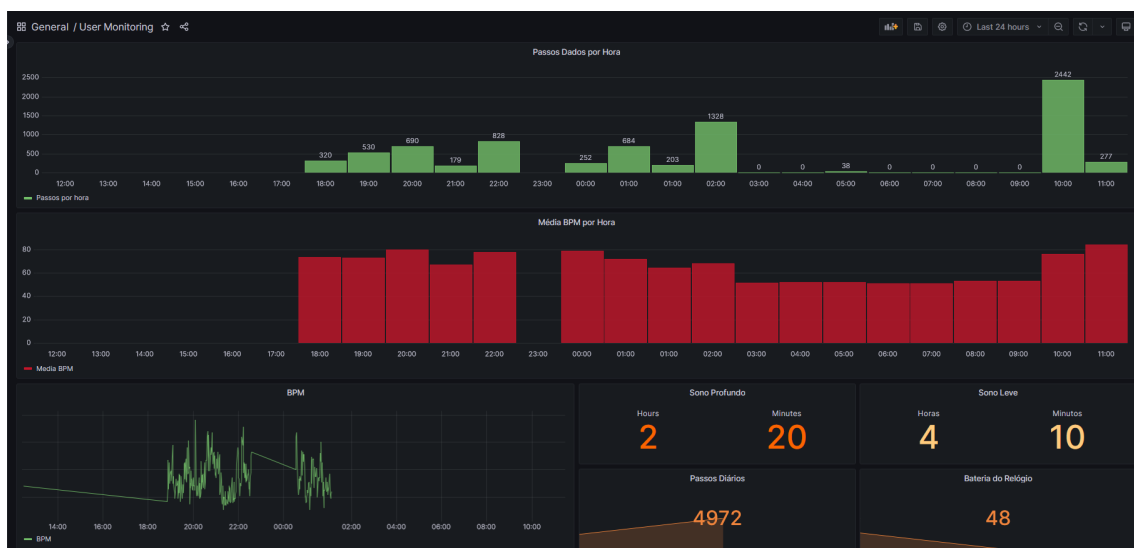


Figura 5.26: Visualização dos dados de saúde e bem-estar no sistema

## 3. Notificações e Alertas:

A figura 5.27 ilustra o fluxo de implementação e os testes realizados no *Node-RED*.

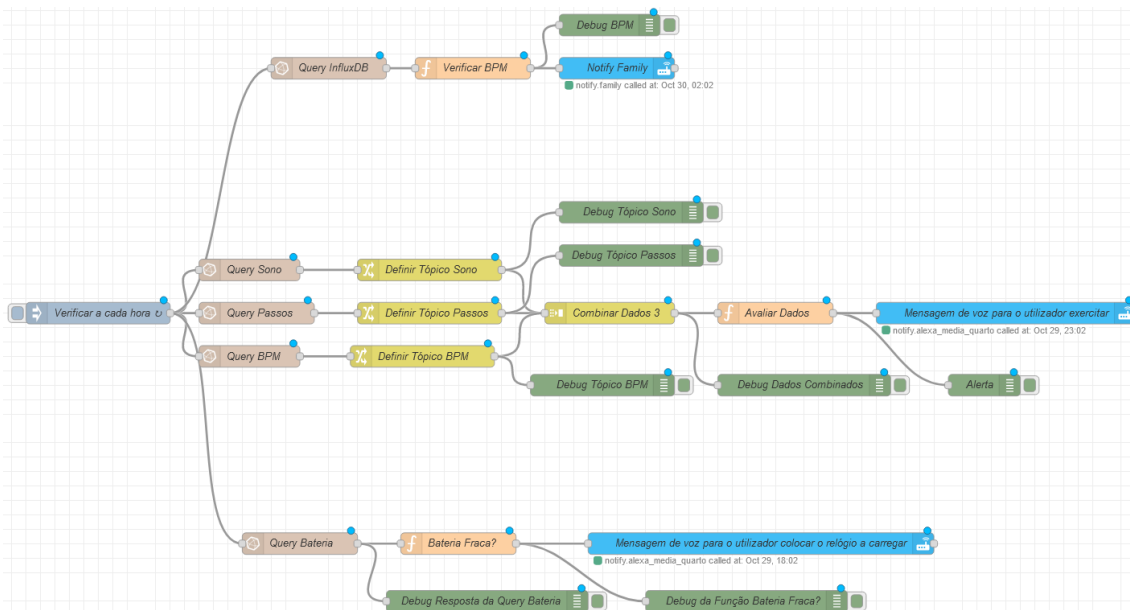


Figura 5.27: Fluxo de implementação e testes no *Node-RED* para análise de dados de Saúde e Bem-estar.

O sistema *SmartHoming* foi projetado para monitorizar e analisar métricas de saúde e bem-estar em tempo real. Uma das funcionalidades mais cruciais é a capacidade de fornecer notificações e alertas com base nas métricas recolhidas. Estes alertas são essenciais para informar tanto o utilizador como o cuidador sobre possíveis situações que requerem atenção imediata.

(a) **Verificar BPM:**

**Descrição:** Este teste visa verificar a capacidade do sistema monitorizar os batimentos cardíacos do utilizador e alertar o cuidador caso a frequência cardíaca esteja acima de 100 BPM ou abaixo de 60 BPM nas últimas 2 horas.

**Procedimento:**

- i. O *Bangle.js 2* recolhe dados dos batimentos cardíacos do utilizador em intervalos regulares.
- ii. Estes dados são processados para determinar a média dos batimentos por minuto nas últimas 2 horas.
- iii. Se a média for superior a 100 BPM ou inferior a 60 BPM, é enviado um alerta ao utilizador.

**Resultados:** A capacidade do sistema em alertar o cuidador é demonstrada nas figuras 5.28 e 5.29, que mostram os alertas enviados pelo sistema ao cuidador e recebidos na aplicação móvel, respetivamente.

```
30/10/2023, 03:41:05 node: Debug BPM
msg : Object
  ▾ object
    payload: "Alerta, frequência cardíaca acima de 100 bpm
    nas últimas 2 horas."
    topic: ""
    _msgid: "a73c10deb6d41567"
```

Figura 5.28: Alerta de BPM enviado pelo sistema para o cuidador

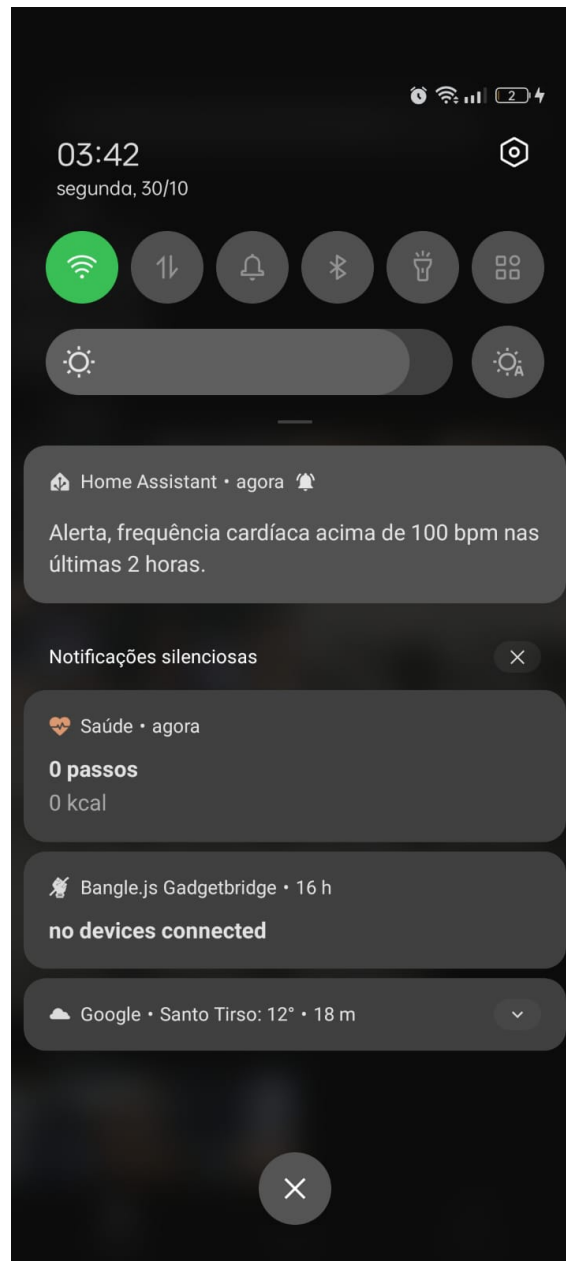


Figura 5.29: Alerta recebido pela aplicação do cuidador

O sistema foi capaz de detetar e alertar o cuidador quando a frequência cardíaca estava fora dos limites estabelecidos. O alerta foi claro e informativo,

---

indicando a necessidade de atenção à saúde do utilizador.

(b) **Mensagem para o Utilizador se Exercitar:**

**Descrição:** Este teste verifica a capacidade do sistema detetar períodos de inatividade do utilizador, com base nos dados de sono profundo, passos e BPM, e enviar uma mensagem para se exercitar.

**Procedimento:**

- i. O sistema monitoriza o sono profundo, os passos e os BPM do utilizador.
- ii. Se o utilizador tiver menos de 60 minutos de sono profundo, menos de 400 passos e uma média de BPM inferior a 65 nas últimas 2 horas, é enviada uma mensagem para que o utilizador se exercite.

**Resultado:** O envio do alerta para o utilizador se exercitar é ilustrado na figura 5.30.

```
30/10/2023, 03:52:25 node: Alerta
bpm : msg : Object
  ▼ object
    payload: "Você esteve inativo nas últimas
             2 horas. Que tal uma pequena caminhada?"
    topic: "bpm"
    _msgid: "72d344196b3ba286"
```

Figura 5.30: Mensagem para sugerir exercitação enviada para as colunas

O sistema identificou com sucesso um período de inatividade e enviou uma mensagem para o utilizador, através das colunas *Alexa*, incentivando-o a exercitar-se e melhorar a sua saúde.

(c) **Verificar Bateria do *Bangle.js* 2:**

**Descrição:** Este teste verifica a capacidade do sistema monitorizar o nível da sua bateria e alertar o utilizador quando a bateria estiver abaixo de 20%.

**Procedimento:**

- i. O sistema monitoriza continuamente o nível da sua bateria.
- ii. Quando a bateria atinge um nível inferior a 20%, é enviado um alerta ao utilizador para carregar o dispositivo.

**Resultado:** A capacidade do sistema em alertar sobre o nível da bateria é demonstrada na figura 5.31.

```
30/10/2023, 04:00:30 node: Envio da notificação para a coluna Ale
msg : Object
  ▼ object
    payload: "A bateria do seu relógio está
             fraca. Por favor, coloque-o à carga."
    topic: ""
    _msgid: "0219823b881cd8b7"
```

Figura 5.31: Alerta de bateria enviada para as colunas

O sistema monitorizou com sucesso o nível da sua bateria e alertou o utilizador, através das colunas *Alexa*, de forma clara e atempada para carregar o dispositivo, garantindo assim a sua funcionalidade contínua.

Através da análise detalhada dos *logs* obtidos em cada cenário de teste, foi possível confirmar que o sistema *SmartHoming*, para análise de dados de saúde e bem-estar, responde de forma adequada e precisa às interações do utilizador. Em todos os cenários simulados, o sistema demonstrou uma elevada fiabilidade, apresentando os dados corretos e emitindo as notificações e alertas pertinentes. Estes resultados validam a funcionalidade do sistema proposto e reforçam a sua aplicabilidade prática. As notificações e alertas asseguram uma comunicação eficaz entre todas as partes envolvidas, promovendo uma monitorização eficiente da saúde e do bem-estar do utilizador.

# Capítulo 6

## Conclusão

O trabalho desenvolvido para esta dissertação permitiu alcançar todos os objetivos estabelecidos. Ao longo dos dois anos de realização do mestrado e durante a implementação da solução proposta, duas instâncias do sistema *SmartHoming* foram implementadas em duas moradias na região de Santo Tirso, na zona norte do país. Estas instâncias permitiram não só testar e aprimorar os conceitos e cenários descritos neste documento, como também receber, ao longo do tempo, *feedback* dos utilizadores e moldar as soluções de acordo com as expectativas dos mesmos. Embora reconhecendo que há sempre margem para evolução e refinamento, de facto as soluções implementadas foram postas à prova em dois cenários reais que permitiram aferir a sua real relevância e eficácia, constituindo portanto um contributo empírico valioso nas áreas dos sistemas [IoT](#) e [AAL](#).

O ponto de partida deste trabalho centrou-se na análise da necessidade e importância dos sistemas de assistência à vida doméstica, com especial ênfase na integração de tecnologias [IoT](#) e [AAL](#). Esta análise preliminar foi fundamental para compreender o cenário atual e identificar áreas de potencial inovação, culminando na conceção do sistema *SmartHoming*.

A investigação focou-se na área da assistência à vida doméstica, mas estendeu-se também a áreas relacionadas com as tecnologias de sensorização, comunicação, coordenação e interação. O conhecimento adquirido nestas vertentes durante a componente letiva do mestrado, revelou-se crucial para o desenvolvimento subsequente da dissertação, proporcionando uma visão integrada sobre as possibilidades e desafios associados. Esta abordagem multidisciplinar permitiu melhor compreensão das nuances e complexidades associadas à integração de diferentes tecnologias num sistema coeso, funcional e de fácil utilização.

Relativamente ao desenvolvimento do sistema *SmartHoming*, houve uma preocupação constante em selecionar as tecnologias e ferramentas mais adequadas, visando uma solução escalável e robusta. A escolha criteriosa de sensores e a análise de diferentes componentes de hardware foram etapas vitais para garantir a eficácia e fiabilidade do sistema proposto. A fase de desenvolvimento envolveu não apenas a seleção de componentes,

---

mas também a sua integração e configuração, assegurando uma operação harmoniosa e eficiente.

Um dos aspetos distintivos do sistema *SmartHoming* é a utilização de colunas e a interação por voz, permitindo uma comunicação intuitiva e natural com os utilizadores. Esta abordagem proporciona uma experiência mais imersiva e centrada no utilizador, melhorando assim a usabilidade do sistema. A capacidade de interagir com o sistema através da voz torna-o acessível a um público mais amplo, incluindo aqueles que possam ter limitações físicas ou tecnológicas.

Outro aspeto importante integrado no sistema *SmartHoming*, foi o desenvolvimento da aplicação no *Bangle.js 2*, que possibilita o envio de dados vitais do utilizador para o sistema. Este desenvolvimento permite monitorizar parâmetros essenciais como passos, ritmo cardíaco, padrões de sono e estado da bateria do relógio, possibilitando a emissão de alertas pertinentes em casos limite.

No entanto, a crescente integração de tecnologias e recolha de dados pessoais, levanta questões importantes de privacidade. O *SmartHoming* foi desenvolvido com ênfase particular na proteção da privacidade dos dados dos utilizadores. Uma das principais características que reforça esta privacidade é o facto de as trocas de informação serem maioritariamente locais e os dados serem armazenados localmente. Desta forma, evita-se a troca de dados através da Internet e a exposição desnecessária em sistemas *Cloud* fora do nosso controlo.

Na fase de avaliação do sistema *SmartHoming* procurou-se validar a sua aplicabilidade e eficácia em cenários reais, sublinhando o potencial generalizado para melhorar a qualidade de vida e promover a assistência a indivíduos em ambientes domésticos. Os testes funcionais conduzidos aferiram a pertinência das escolhas tecnológicas efetuadas ao longo do desenvolvimento e evidenciaram a robustez e adaptabilidade do sistema em diferentes contextos.

Em síntese, o sistema *SmartHoming* apresenta-se como uma solução integrada e inovadora para assistência à vida doméstica, conjugando várias tecnologias avançadas para automatizar e enriquecer a vida dos utilizadores. A sua implementação potencia benefícios tangíveis, não só para os utilizadores diretos, mas também para os cuidadores, ao promover ambientes domésticos mais seguros e assistidos.

Reconhecemos e identificamos os avanços alcançados na implementação deste sistema, mas sabemos que existe sempre espaço para melhoramentos. Uma das áreas promissoras a explorar futuramente é a integração de inteligência artificial para combinar a utilização dos vários sensores e informação recolhida. Poderá, por exemplo, permitir prever a localização de um idoso dentro de residência. Estas previsões poderiam otimizar o envio de notificações, direcionadas para a coluna mais próxima do idoso. Adicionalmente, a utilização de inteligência artificial com informação recolhida poderia reconhecer padrões de atividade, alertando o cuidador para cenários específicos, como a deteção de

---

quedas do utilizador ou ações do mesmo. Outro aspeto significativo seria a criação de uma coluna própria, eliminando a dependência de colunas inteligentes externas, como a *Alexa*. Esta abordagem garantiria que todos os dados permanecessem locais, reforçando a privacidade do utilizador e evitando a exposição desnecessária da *Cloud*.

Em conclusão, esta dissertação representa um passo significativo na direção de tornar a assistência à vida doméstica mais inteligente, integrada e centrada no utilizador. Através da combinação de tecnologias avançadas e focadas na interação com o utilizador, o sistema *SmartHoming* demonstra o potencial de transformar a forma como pensamos e interagimos com os nossos ambientes domésticos, tornando-os verdadeiramente inteligentes e responsivos às nossas necessidades.

# Referências

- AAL Forum (2019). AAL Forum 2019. 12
- Akhmetzhanov, B. K., Gazizuly, O. A., Nurlan, Z. and Zhakiyev, N. (2022). Integration of a video surveillance system into a smart home using the home assistant platform, *SIST 2022 - 2022 International Conference on Smart Information Systems and Technologies, Proceedings* pp. 2, 4. 8, 9
- Amazon (2023). Amazon alexa.  
**URL:** <https://www.home-assistant.io/integrations/alexa/> 35, 43
- Aqara (2023). Aqara.  
**URL:** <https://www.aqara.com> 38, 39
- Aujla, N. (2019). Quality of care in later life in low-and middle-income countries. 12
- Badgajar, S. and Pillai, A. (2020). Fall detection for elderly people using machine learning, pp. 1–4. 17, 19
- Broadlink (2023). Broadlink.  
**URL:** <https://www.home-assistant.io/integrations/broadlink/> 35
- Chowdhury, A., Bhattacharya, S., Ghose, A. and Krishnan, B. (2019). Early detection of mild cognitive impairment using pervasive sensing, pp. 5456–5459. 18, 19
- Cicirelli, G., Marani, R., Petitti, A., Milella, A. and D’orazio, T. (2021). Ambient assisted living: A review of technologies, methodologies and future perspectives for healthy aging of population, *MPDI* 21.  
**URL:** <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34069727/> 12, 14
- Conti, M., Dehghantanha, A., Franke, K. and Watson, S. (2018). Internet of things security and forensics: Challenges and opportunities, *Futur. Gener. Comput. Syst.* 78: 544–546. 7
- Dasios, A., Gavalas, D., Pantziou, G. and Konstantopoulos, C. (2015). Hands-On Experiences in Deploying Cost-Effective Ambient-Assisted Living Systems, *Sensors (Basel,*

---

Switzerland) **15**: 1–26.

**URL:** <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26094631/> **12**

Diethe, T., Nieto, M. P., Tonkin, E., Holmes, M., Sokol, K., Twomey, N., Kull, M., Song, H. and Flach, P. (2018). Releasing ehealth analytics into the wild: Lessons learnt from the sphere project, *Proceedings of the ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining* .

**URL:** <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3219819.3219883> **15, 19**

Domoticz (2023). Domoticz.

**URL:** <https://www.domoticz.com/wiki/Mainpage> **8**

EspHome (2023). Esphome, <https://esphome.io/index.html>. Accessed: 2023-09-22. **34**

Espruino (2023). Bangle.js 2.

**URL:** <https://www.espruino.com/Bangle.js2> **37**

Forkan, A. R. M., Branch, P., Jayaraman, P. P. and Ferretto, A. (2019). An Internet-of-Things Solution to Assist Independent Living and Social Connectedness in Elderly, **2**: 1–24.

**URL:** <https://doi.org/10.1145/3363563> **17, 19, 20**

Ghayvat, H., Mukhopadhyay, S., Shenjie, B., Chouhan, A. and Chen, W. (2018). Smart home based ambient assisted living: Recognition of anomaly in the activity of daily living for an elderly living alone, *I2MTC 2018 - 2018 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference: Discovering New Horizons in Instrumentation and Measurement, Proceedings* pp. 1–5. **16, 19, 20**

Gochoo, M., Tan, T. H., Liu, S. H., Jean, F. R., Alnajjar, F. S. and Huang, S. C. (2019). Unobtrusive Activity Recognition of Elderly People Living Alone Using Anonymous Binary Sensors and DCNN, *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics* **23**: 693–702. **15, 19**

Grafana (2023). Grafana.

**URL:** <https://www.home-assistant.io/addons/grafana/> **34**

HomeAssistant (2023). Home assistant.

**URL:** <https://www.home-assistant.io/docs/> **9, 11**

INE, I. N. d. E. (2020). Projeções de População Residente, pp. 1–21. **12**

InfluxDB (2023). Influxdb - home assistant.

**URL:** <https://www.home-assistant.io/integrations/influxdb> **33**

- 
- Khalid, T. B., Chowdhury, M. A. and Faieq, K. A. (2020). Near-field Communication enabled Voice and Touch integrated Home Automation for Elderly and Disabled, *2020 IEEE Region 10 Symposium, TENSymp 2020* pp. 1193–1196. [16](#), [19](#)
- Longo, A. e. a. (2018). *Cloud Infrastructures, Services, and IoT Systems for Smart Cities*, Vol. 189. [6](#)
- Mandarić, K., Skočir, P., Vuković, M. and Ježić, G. (2019). Anomaly detection based on fixed and wearable sensors in assisted living environments, *2019 27th International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks, SoftCOM 2019* . [17](#), [19](#)
- Márquez, G. and Taramasco, C. (2023). Barriers and Facilitators of Ambient Assisted Living Systems: A Systematic Literature Review, *International journal of environmental research and public health* **20**.  
**URL:** <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36981929/> [12](#)
- Node-RED (2023). Node-red.  
**URL:** <https://nodered.org/> [33](#)
- OpenHAB (2023). openhab.  
**URL:** <https://www.openhab.org/docs/> [8](#)
- Pirbhulal, S. e. a. (2016). A novel secure iot-based smart home automation system using a wireless sensor network, *Sensors* **17**(1): 69. [6](#)
- Rosa, M. J. V. (2018). *O envelhecimento da População Portuguesa*.  
**URL:** <https://medium.com/@isegjbc/o-envelhecimento-da-populacao-portuguesa-8426628cf14c> [13](#)
- Shelly (2023). Shelly.  
**URL:** <https://shelly.pt/> [35](#)
- Sonoff (2023). Sonoff zigbee 3.0 usb dongle plus.  
**URL:** <https://sonoff.tech/product/gateway-and-sensors/sonoff-zigbee-3-0-usb-dongle-plus-p/> [38](#)
- Xiaomi (2023). mi-window-and-door-sensor - mi global home.  
**URL:** <https://www.mi.com/global/product/mi-window-and-door-sensor/> [39](#)
- Zhu, Z., Tang, J., Lambbotharan, S., Chin, W. H. and Fan, Z. (2012). An integer linear programming based optimization for home demand-side management in smart grid, *Innov. Smart Grid Technol. (ISGT), 2012 IEEE PES*, pp. 1–5. [6](#)
- Şuvar et al.

---

Șuvar, M.-C., Munteanu, L. and Cioară, C. (2022). Optimal monitoring of server rooms with home assistant platform, *MATEC Web of Conferences* pp. 3, 4, 6, 9, 10. [8](#), [9](#)