

UNIVERSIDADE AUTÓNOMA DE LISBOA  
LUÍS DE CAMÕES

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS E DE CIÊNCIAS DA  
COMPUTAÇÃO  
LICENCIATURA EM ENGENHARIA INFORMÁTICA

**Desenvolvimento de um Sistema GPS para portadores de Cegueira  
na Universidade Autónoma de Lisboa**

Relatório de Projeto Final para a Obtenção do Grau de Licenciatura em Engenharia  
Informática

Autor/a: Tomás Fernandes Alexandre, Pedro Rafael Borlinhas Falcão, Nicolae Iachimovschi, Guilherme Monteiro Brito

Orientador/a: Professor Doutor Mário Marques da Silva

Número do/a candidato/a: 30011117, 30011093, 30011284, 30010959

**Julho de 2025**  
**Lisboa**

(Página em Branco)

## Agradecimentos

Este projeto é dedicado a todos aqueles que, de uma forma direta ou indireta, fizeram parte deste percurso e contribuíram para que este trabalho se tornasse possível.

Começamos por agradecer às nossas famílias, que nos acompanharam com carinho, paciência e compreensão. O seu apoio constante permitiu-nos superar os momentos mais desafiantes, e a confiança que depositaram em nós foi uma fonte de força ao longo de todo o percurso.

Aos nossos professores e orientadores, deixamos um profundo agradecimento pelo saber transmitido, pela orientação dedicada e pela exigência que nos impulsionou a evoluir, não só como estudantes, mas também como pessoas.

Agradecemos também ao Gabinete para a Inclusão e Resiliência Universitária da Universidade Autónoma de Lisboa e ao aluno portador de cegueira Armindo Mourão, pelo apoio prestado ao longo do desenvolvimento deste projeto. A vossa colaboração foi essencial para o esclarecimento de questões relevantes com o tema abordado, permitindo-nos avançar com maior segurança e rigor.

Gostaríamos ainda de expressar o nosso agradecimento à Universidade Autónoma de Lisboa pelo apoio institucional e pelos recursos disponibilizados ao longo de todo o desenvolvimento deste projeto. O ambiente académico proporcionado, bem como as condições logísticas e os meios técnicos facultados, foram fundamentais para a realização deste trabalho e para o enriquecimento da nossa formação pessoal e profissional.

Reconhecemos igualmente o contributo dos nossos colegas e amigos que, através do companheirismo e das partilhas constantes de ideias e experiências tornaram esta caminhada mais rica e significativa.

Por fim, esta dedicatória é para nós próprios, enquanto grupo, pelo compromisso, espírito de equipa e pela resiliência demonstrada em cada etapa. A conclusão deste trabalho representa não só uma meta alcançada, mas também o reflexo da nossa união e dedicação.

A todos os mencionados, o nosso sincero agradecimento!

## Resumo

Este projeto foi desenvolvido com o imprescindível apoio do Gabinete para a Inclusão e Resiliência Universitária (GIRU) da Universidade Autónoma de Lisboa (UAL), tendo como objetivo a criação de um sistema de navegação GPS indoor destinado a estudantes portadores de cegueira. Para atingir esse objetivo, foram utilizados Beacons Bluetooth Low Energy (BLE) e sensores inerciais, que contribuíram para a localização precisa em ambientes internos. Foi também desenvolvida uma aplicação móvel, compatível com Android e iOS (Iphone Operating System), responsável por receber todos os dados de localização e orientação, processá-los em tempo real e fornecer ao utilizador instruções sonoras. Os resultados demonstram um sistema eficaz, com impacto real na inclusão e autonomia dos estudantes com deficiência visual.

**Palavras-chave:** Navegação GPS; Beacons BLE; Aplicação móvel; Acessibilidade;



Figura 2 – Logotipo da UAL

Fonte: <https://autonoma.pt>



Figura 1 – Logotipo do GIRU

Fonte: <https://autonoma.pt/info-giru/>

## Abstract

This project was developed with the essential support of the Office for Inclusion and University Resilience (GIRU) of the Autonomous University of Lisbon (UAL), aiming to create an indoor GPS navigation system for blind students. To achieve this goal, Bluetooth Low Energy (BLE) beacons and inertial sensors were used, contributing to accurate indoor positioning. A mobile application, compatible with Android and iOS (iPhone Operating System), was also developed to receive all location and orientation data, process it in real time, and deliver audio instructions to the user. The results demonstrate an effective system with a tangible impact on the inclusion and autonomy of visually impaired students.

**Keywords:** GPS navigation; BLE beacons; Mobile application; Accessibility

UNIVERSIDADE  
AUTÔNOMA  
DE LISBOA



*Figura 3 – Logotype of UAL*

Source: <https://autonomia.pt>



*Figura 4 – Logotype of GIRU*

Source: <https://autonomia.pt/info-giru/>

# Índice

<b>Agradecimentos .....</b>	<b>3</b>
<b>Resumo .....</b>	<b>4</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>5</b>
<b>Índice .....</b>	<b>6</b>
<b>Lista de Fotografias/Ilustrações .....</b>	<b>9</b>
<b>Lista de Abreviaturas.....</b>	<b>11</b>
<b>Lista de Quadros/Gráficos.....</b>	<b>11</b>
<b>1    Introdução.....</b>	<b>12</b>
<b>2    Componente Teórica .....</b>	<b>13</b>
2.1.    Acessibilidade .....	13
2.2.    Navegação Indoor .....	14
2.2.1.    Navegação Indoor para Pessoas Portadoras de Cegueira.....	14
2.3.    Beacons Bluetooth Low Energy (BLE) .....	15
2.3.1.    Funcionamento dos Beacons BLE .....	15
2.3.2.    iBeacon.....	17
2.4.    Algoritmo de Dijkstra .....	18
2.4.1.    Aplicação do Algoritmo de Dijkstra na Navegação Indoor .....	19
<b>3    Tecnologias e Ferramentas Utilizadas.....</b>	<b>20</b>
3.1.    Ambiente de Programação .....	20
3.1.1    Visual Studio Code.....	21
3.1.2    Android Studio .....	22
3.2.    Extensões Utilizadas .....	23
3.2.1.    Flutter .....	23
3.3.    Controlo de Versões .....	24
3.3.1.    GitHub.....	24
3.4.    Linguagem de Programação.....	25

3.4.1. Dart.....	25
3.4.1.1. Implementação do Dart .....	26
3.5. Tecnologias Usadas.....	28
3.5.1. Beacon DUOWEISI .....	28
3.5.2. Beacon Holiot Y1 .....	29
<b>4 Análise Preparatória.....</b>	<b>31</b>
4.1. Reunião com o Aluno Portador de Cegueira da UAL.....	31
4.1.1 Entrevista Estruturada ao Estudante.....	32
4.2. Mapeamento .....	34
4.2.1. Mapeamento Online .....	34
4.2.2. Mapeamento Presencial.....	35
4.2.3. Posicionamento dos Beacons .....	35
4.2.3.1. Posicionamento por Pisos.....	38
4.2.3.2. Posicionamento Individual .....	43
<b>5 Componente Prática.....</b>	<b>63</b>
5.1. Autónoma GPS.....	63
5.2. Estrutura Geral da Aplicação .....	64
5.2.1. Página de Abertura .....	65
5.2.2. Página Principal.....	66
5.2.3. Definições.....	67
5.2.3.1. Definições de Som.....	68
5.2.3.2. Definições de Acessibilidade .....	70
5.2.3.3. Definições do Mapa.....	70
5.2.3.4. Definições de Personalização .....	71
5.2.3.5. Definições de Idioma.....	73
5.2.4. Preferências do Utilizador.....	75
5.2.5. Modo de Navegação.....	75

5.2.5.1.	Página de Seleção de Destino.....	76
5.2.5.2.	Página de Navegação Ativa.....	80
5.2.5.3.	Lógica de Funcionamento do Modo de Navegação .....	81
5.2.6.	Modo de Visita .....	84
5.2.6.1.	Página de Seleção de Visita.....	84
5.2.6.2.	Página da Visita Guiada .....	85
5.2.6.3.	Lógica de Funcionamento do Modo Visita Guiada.....	86
<b>6</b>	<b>Instalação dos Beacons .....</b>	<b>88</b>
<b>7</b>	<b>Demonstração do Sistema.....</b>	<b>89</b>
<b>8</b>	<b>Orçamento .....</b>	<b>90</b>
<b>9</b>	<b>Dificuldades e Estratégias de Resolução .....</b>	<b>91</b>
<b>10</b>	<b>Conclusões.....</b>	<b>94</b>
<b>11</b>	<b>Trabalho Futuro.....</b>	<b>95</b>
11.1.	Melhorias Internas.....	95
11.2.	Sensores Inerciais.....	95
11.3.	Base de Dados .....	97
11.4.	Inteligência Artificial .....	98
<b>12</b>	<b>Referências.....</b>	<b>100</b>
<b>13</b>	<b>Manual de Administração .....</b>	<b>102</b>

## **Lista de Fotografias/Illustrações**

Figura 1 – Logotipo do GIRU .....	4
Figura 2 – Logotipo da UAL.....	4
Figura 3 – Logotype of UAL .....	5
Figura 4 – Logotype of GIRU .....	5
Figura 5 – Símbolos de Acessibilidade Universal.....	13
Figura 6 – Tipos de Navegação: Exterior e Interior .....	14
Figura 7 – Exemplo de Estrutura de Beacons .....	16
Figura 8 – Estrutura de Dados de um iBeacon.....	17
Figura 9 - Grafo Ponderado do Algoritmo de Dijkstra .....	19
Figura 10 – Logotipo do VS Code .....	21
Figura 11 - Logotipo Android Studio.....	22
Figura 12 – Logotipo da Extensão Flutter.....	23
Figura 13 – Ciclo de Funcionamento do Git .....	24
Figura 14 – Toolchain da Linguagem Dart .....	26
Figura 15 – Beacon DUWEISI.....	28
Figura 16 – Beacon Holyiot Y1 .....	29
Figura 17 – APP “Holyiot-beacon”.....	30
Figura 18 – Mapa Digital da UAL .....	34
Figura 19 - Posicionamento dos Beacons no Piso -1 .....	38
Figura 20 - Posicionamento dos Beacons no Piso 0.....	39
Figura 21 - Posicionamento dos Beacons no Piso 1.....	40
Figura 22 - Posicionamento dos Beacons no Piso 2.....	41
Figura 23 - Posicionamento dos Beacons no Piso 3.....	42
Figura 24 - Posicionamento dos Beacons no Piso 4.....	43
Figura 25 - Posicionamento do Beacon 1.....	44
Figura 26 - Posicionamento do Beacon 2.....	44
Figura 27 - Posicionamento do Beacon 3.....	45
Figura 28 - Posicionamento do Beacon 4.....	45
Figura 29 - Posicionamento do Beacon 5.....	46
Figura 30 - Posicionamento do Beacon 6.....	46
Figura 31 - Posicionamento do Beacon 7.....	47
Figura 32 - Posicionamento do Beacon 8.....	47
Figura 33 - Posicionamento do Beacon 9.....	48
Figura 34 - Posicionamento do Beacon 10.....	48
Figura 35 - Posicionamento do Beacon 11.....	49
Figura 36 - Posicionamento do Beacon 12.....	49
Figura 37 - Posicionamento do Beacon 13.....	50
Figura 38 - Posicionamento do Beacon 14.....	50
Figura 39 - Posicionamento do Beacon 15.....	51
Figura 40 - Posicionamento do Beacon 16.....	51
Figura 41 - Posicionamento do Beacon 17.....	52
Figura 42 - Posicionamento do Beacon 18.....	52
Figura 43 - Posicionamento do Beacon 19.....	53
Figura 44 - Posicionamento do Beacon 20.....	53
Figura 45 - Posicionamento do Beacon 21.....	54
Figura 46 - Posicionamento do Beacon 22.....	54
Figura 47 - Posicionamento do Beacon 23.....	55
Figura 48 - Posicionamento do Beacon 24.....	55
Figura 49 - Posicionamento do Beacon 25.....	56
Figura 50 - Posicionamento do Beacon 26.....	56
Figura 51 - Posicionamento do Beacon 27.....	57
Figura 52 - Posicionamento do Beacon 28.....	57
Figura 53 - Posicionamento do Beacon 29.....	58
Figura 54 - Posicionamento do Beacon 30.....	58
Figura 55 - Posicionamento do Beacon 31.....	59
Figura 56 - Posicionamento do Beacon 32.....	59
Figura 57 - Posicionamento do Beacon 33.....	60
Figura 58 - Posicionamento do Beacon 34.....	60

Figura 59 - Posicionamento do Beacon 35.....	61
Figura 60 - Posicionamento do Beacon 36.....	61
Figura 61 - Posicionamento do Beacon 37.....	62
Figura 62 - Posicionamento do Beacon 38.....	62
Figura 63 - Logotipo Autónoma GPS .....	63
Figura 64 - Página “splash_screen.dart” .....	65
Figura 65 - Página "home_page.dart" .....	66
Figura 66 - Popup Política de Privacidade .....	67
Figura 67 - Página "settings_page.dart" .....	68
Figura 68 - Página "sound_settings_page.dart".....	69
Figura 69 - Ficheiros JSON no diretório "assets/tts".....	69
Figura 70 - Página "accessibility_settings_page.dart" .....	70
Figura 71 - Página "map_settings_page.dart" .....	71
Figura 72 - Página "personalization_settings.dart" .....	72
Figura 73 - Modo Claro e Modo Escuro na Aplicação .....	72
Figura 74 - Página "language_settings_page.dart" .....	73
Figura 75 - Tradução da Interface para Inglês e Francês .....	74
Figure 76 - Ficheiros JSON no diretório "assets/lang/" .....	74
Figura 77 - Página "navigation_page.dart" .....	76
Figura 78 - Popup de Seleção de Destino .....	77
Figura 79 - Ficheiros mp3 de Inicio e Fim de Gravação .....	77
Figure 80 - Comandos de Voz Disponíveis no Ficheiro JSON .....	78
Figura 81 - Autorização de Acesso ao Microfone.....	78
Figura 82 - Popup de Seleção de Favoritos.....	79
Figura 83 - Botão de Iniciar Navegação Ativo .....	80
Figura 84 – Página de Navegação Ativa .....	80
Figura 85 – Gestão e Armazenamento dos Beacons no Ficheiro "navigation_manager.dart" .....	82
Figura 86 - Instruções Sonoras do Beacon 18 .....	83
Figura 87 - Página "tour_page.dart".....	84
Figura 88 - Página "tour_page.dart".....	86
Figura 89 - Rota Planeada Visita Guiada .....	87
Figure 90 - Lógica dos Sensores Inerciais .....	96
Figure 91 - Logotipo Firebase.....	97
Figura 92 - QR Code APP Holyiot .....	102
Figura 94 - APP Holyiot .....	103
Figura 93 - Firmware Settings.....	103

## **Lista de Abreviaturas**

GIRU	Gabinete de Inclusão e Resiliência Universitária
UAL	Universidade Autónoma de Lisboa
GPS	Global Positioning System
BLE	Bluetooth Low Energy
iOS	iPhone Operating System
UUID	Universally Unique Identifier
RSSI	Received Signal Strength Indicator
ADV	Advertisement
BR	Basic Rate
EDR	Enhanced Data Rate
IDE	Integrated Development Environment
VS	Visual Studio
macOS	Macintosh Operating System
USB	Universal Serial Bus
ARM	Advanced RISC Machine
ABS	Acrylonitrile Butadiene Styrene
AAUAL	Associação Académica da Universidade Autónoma de Lisboa
ECC	Engenharias e Ciências da Computação
UI	User Interface
TTS	Text to Speech
JSON	JavaScript Object Notation
IATA	International Air Transport Association
ICAO	International Civil Aviation Organization
SDK	Software Development Kit
IA	Inteligência Artificial

## **Lista de Quadros/Gráficos**

Tabela 1 – Distribuição Geral dos Beacons ..... 36

## 1 Introdução

A mobilidade independente em ambientes internos continua a ser um grande desafio para as pessoas com deficiência visual, especialmente em espaços complexos e movimentados como o ambiente universitário. Garantir que estes estudantes possam deslocar-se com autonomia e segurança é essencial para promover a inclusão social e académica, um fator indispensável no contexto universitário.

Com este propósito em mente, surge o presente projeto, que visa desenvolver um sistema inovador de navegação GPS *indoor*, destinado a estudantes portadores de cegueira. Para alcançar este objetivo, são usadas tecnologias que integram *beacons* BLE, garantindo uma localização precisa em ambientes fechados.

A recolha e processamento dos dados são realizados por meio de uma aplicação móvel, compatível com dispositivos Android e iOS, que traduz as informações de posição através de orientações sonoras, permitindo ao utilizador movimentar-se de forma autónoma pela universidade.

Este relatório documenta todas as etapas do projeto, desde a componente teórica até à implementação prática, incluindo os conceitos tecnológicos utilizados, os métodos e ferramentas adotados, os desafios enfrentados, uma análise dos custos envolvidos e as decisões técnicas tomadas, concluindo com uma reflexão sobre os resultados obtidos.

Em suma, este projeto representa um avanço na mobilidade autónoma de estudantes portadores de cegueira, oferecendo uma solução prática e eficiente para a navegação *indoor* no contexto universitário.

## 2 Componente Teórica

O desenvolvimento de sistemas de navegação *indoor* para pessoas com deficiência visual requer uma compreensão aprofundada das tecnologias de localização e orientação, bem como os princípios fundamentais da acessibilidade. Este capítulo apresenta uma base teórica robusta, abordando os principais desafios e soluções relacionados ao projeto.

### 2.1. Acessibilidade

A acessibilidade é um conceito-chave no desenvolvimento de tecnologias que visam promover a inclusão social, especialmente no apoio a pessoas com deficiência visual ou auditiva. De forma geral, a acessibilidade refere-se à criação de condições que assegurem a todas as pessoas, independentemente das suas limitações físicas, sensoriais ou cognitivas, o acesso, a utilização e a compreensão de espaços, produtos e serviços de forma autónoma e inclusiva. [1]



Figura 5 – Símbolos de Acessibilidade Universal

Fonte: <https://www.ufsm.br/midias/experimental/agencia-da-hora/2021/09/01/comunicacao-tambem-precisa-de-acessibilidade>

A acessibilidade digital procura desenvolver soluções que atendam às necessidades de pessoas com diferentes tipos de deficiência, garantindo o acesso equitativo à informação e aos serviços. Para além da adaptação de interfaces e dispositivos, envolve a criação de sistemas intuitivos e responsivos que ofereçam suporte contínuo aos requisitos específicos dos utilizadores. [1]

Estes conceitos estão diretamente ligados ao desenvolvimento deste projeto, surgindo como um princípio orientador na criação de soluções tecnológicas que promovam a mobilidade autónoma e segura de estudantes portadores de cegueira nos espaços da UAL.

## 2.2. Navegação Indoor

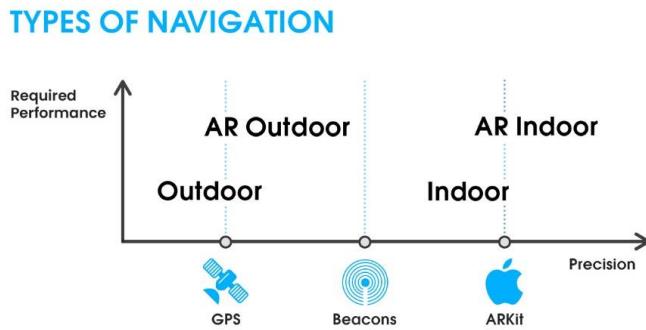


Figura 6 – Tipos de Navegação: Exterior e Interior

Fonte: <https://innovationessence.com/augmented-reality-navigation/>

A navegação indoor é um conceito fundamental no desenvolvimento de sistemas que permitem a orientação e deslocamento em ambientes fechados. Ao contrário da navegação *outdoor*, que utiliza principalmente sinais satélite, a navegação *indoor* requer tecnologias específicas para garantir a localização precisa e em tempo real dentro de edifícios e espaços complexos. [2][Figura 6]

Para garantir uma maior precisão na localização em ambientes internos, utiliza-se um conjunto diversificado de tecnologias, como BLE, sensores inerciais, Wi-Fi, entre outros. A combinação dessas tecnologias permite superar as limitações impostas pela ausência de sinais GPS em espaços fechados, proporcionando um rastreamento mais preciso e contínuo.

### 2.2.1. Navegação Indoor para Pessoas Portadoras de Cegueira

A navegação *indoor* para pessoas portadoras de cegueira apresenta um conjunto de desafios específicos, uma vez que os sistemas convencionais de orientação, baseados em sinais visuais, não são acessíveis para este público. [1]

Em ambientes dinâmicos, como universidades, onde há constante movimentação de pessoas e mudanças na disposição de objetos, a navegação para portadores de cegueira torna-se ainda mais desafiadora, enfrentando dificuldades adicionais que comprometem a mobilidade segura, tais como:

- **Ruído Ambiental** – Sons de fundo interferem na percepção das orientações sonoras emitidas pelo sistema.
- **Obstáculos Dinâmicos** – Objetos móveis, como cadeiras e pessoas em trânsito, aumentam o risco de colisão e desorientação.

- **Mudanças na Configuração Espacial** – Alterações temporárias, como obras ou eventos, podem modificar trajetos previamente conhecidos.
- **Limitações dos Dispositivos Móveis** – A maioria dos dispositivos utilizados por pessoas com cegueira não possui sensores específicos para detetar obstáculos próximos.

Para contornar estas dificuldades, é fundamental desenvolver soluções tecnológicas que integrem precisão na localização com acessibilidade.

### 2.3. Beacons Bluetooth Low Energy (BLE)

Os *beacons* BLE são dispositivos compactos e autónomos que utilizam tecnologia Bluetooth de baixo consumo energético para transmitir dados em intervalos regulares. Estes dispositivos funcionam como emissores unidireccionais, transmitindo sinais de rádio na frequência de 2,4GHz, que podem ser captados por dispositivos receptores compatíveis e habilitados com módulos BLE. [3]

Devido ao seu baixo consumo de energia, os *beacons* BLE podem operar durante longos períodos com uma única bateria, tornando-os ideais para cenários em que exigem autonomia prolongada e mínima manutenção. Além disso, a capacidade de comunicação em curtas distâncias torna estes dispositivos ideais para ambientes internos.

Entre os principais tipos de Beacons BLE, destacam-se o iBeacon, Eddystone, AltBeacon e o BeaconX

#### 2.3.1. Funcionamento dos Beacons BLE

Os *beacons* BLE funcionam como dispositivos de transmissão, emitindo periodicamente pacotes de dados que seguem um formato padrão definido pela tecnologia Bluetooth. Esses pacotes contêm informações estruturadas que permitem a identificação e o uso em sistemas de navegação, incluindo os seguintes elementos principais:

- **Identificador Universal Único (UUID)** – Um identificador único, com 128 bits, utilizado para distinguir um conjunto de beacons pertencentes a um mesmo projeto ou aplicação. [4][Figura 7]
- **Valor Principal (Major) e Valor Secundário (Minor)** – Identificadores complementares que subdividem o grupo de beacons, permitindo identificar zonas específicas dentro de um mesmo espaço. O valor *major* é caracterizado por representar uma área ou região ampla dentro de um ambiente controlado, enquanto

o valor *minor* é caracterizado por representar uma localização mais específica dentro de uma área previamente indicada pelo *major*. [4][Figura 7]

- **Potência de Transmissão (Tx Power)** – Define a intensidade com que o sinal Bluetooth é emitido pelo *beacon*. Este valor representa a força medida a uma distância de 1 metro do dispositivo e é utilizado como referência para o cálculo da proximidade, em conjunto com o RSSI (Received Signal Strength Indicator), permitindo estimar a distância entre o *beacon* e o dispositivo recetor.
- **Intervalo de Transmissão (Advertising Interval)** – Período entre a emissão de cada pacote. Intervalos menores garantem uma resposta mais rápida, mas aumentam o consumo de energia.

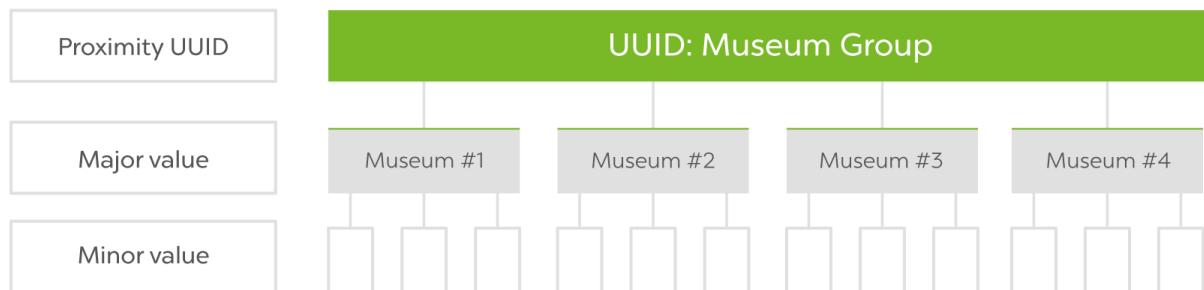


Figura 7 – Exemplo de Estrutura de Beacons

Fonte: <https://kontakt.io/blog/beacon-id-strategy-guide-quick-deployment/>

Os dispositivos móveis compatíveis com BLE atuam como scanners, captando os sinais transmitidos pelos beacons dentro do raio de alcance, cuja amplitude pode variar consoante a configuração e a potência de emissão. Após a captação do sinal, o dispositivo executa as seguintes etapas:

1. **Medição do RSSI** – O dispositivo mede a intensidade do sinal recebido e compara com o valor do *Tx Power* pré-configurado no *beacon*, permitindo estimar a distância entre o emissor e o recetor.
2. **Estimativa de Proximidade** – A distância é calculada com base na diferença entre o *Tx Power* e o RSSI, categorizando a proximidade em três níveis.
  - A. Imediato – até um metro.
  - B. Próximo – entre 1 e 5 metros.
  - C. Distante – acima de 5 metros.

3. **Análise e Identificação** – Para determinar a localização relativa no ambiente, o dispositivo identifica de qual *beacon* o sinal provém, utilizando as informações capturadas no UUID, *major* e *minor*.

### 2.3.2. iBeacon

O iBeacon, desenvolvido em 2013 pela Apple, foi o tipo de *beacon* BLE escolhido para o nosso sistema de navegação indoor. Este tipo de *beacon* é amplamente utilizado em aplicações de navegação *indoor* devido às suas características robustas e à facilidade de integração com dispositivos móveis.

Embora seja uma tecnologia criada pela Apple, o iBeacon é compatível tanto com o iOS quanto com o Android, garantindo que o sistema desenvolvido possa ser utilizado por todos os estudantes, independentemente da plataforma.

O funcionamento dos iBeacons segue a mesma lógica dos *beacons* BLE genéricos, utilizando transmissões e receções de sinais periódicos via BLE, que são captados por dispositivos móveis para calcular a distância e a localização relativa no ambiente. No entanto, os iBeacons apresentam algumas particularidades que os tornam especialmente vantajosos para projetos de navegação *indoor*, garantindo uma maior precisão, uma integração mais eficiente e uma gestão mais otimizada dos dispositivos. [5]

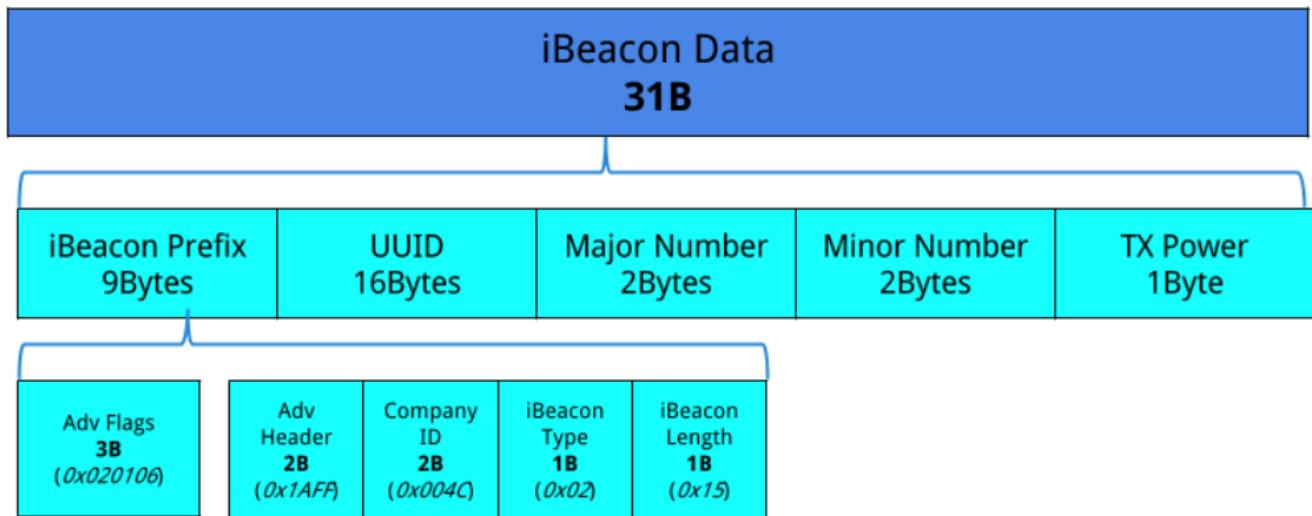


Figura 8 – Estrutura de Dados de um iBeacon

Fonte: <https://os.mbed.com/blog/entry/BLE-Beacons-URIBeacon->

A Figura 8 apresenta a estrutura de dados transmitida por um iBeacon, composta por um pacote de 31 *bytes* (31B), que contém todas as informações para identificar o *beacon* e calcular a distância entre o emissor e o receptor.

- **iBeacon Prefix (9 Bytes)** – O prefixo do iBeacon é composto por vários campos que garantem a identificação e configuração do dispositivo:
  - I. **ADV Flags (Advertisement Flags) (3 Bytes)** - Definem que a informação transmitida corresponde a um pacote de transmissão compatível com BLE, indicando que o dispositivo está no modo de descoberta geral e que não suporta conexões via BR/EDR (Basic Rate/Enhanced Data Rate). Assim, o *beacon* funciona exclusivamente como um emissor de sinais, sem estabelecer conexões diretas com dispositivos.
  - II. **ADV Header (Advertisement Header) (2 Bytes)** – Especifica que os dados seguintes contêm informações específicas do fabricante, com um comprimento de 26 *bytes*.
  - III. **Company ID (2 Bytes)** – Identifica a Apple como fabricante.
  - IV. **iBeacon Type (1 Byte)** – Define o dispositivo como um *beacon* de proximidade, configurado com os dados específicos de localização.
  - V. **iBeacon Length (1 Byte)** – Indica que os próximos 21 *bytes* contêm informações específicas do iBeacon, incluindo o UUID, o *major*, o *minor* e o *Tx Power*.
- **Informações Específicas do iBeacon (21 Bytes)** – Composto pelo UUID (16 *bytes*), *Major* (2 *bytes*), *Minor* (2 *bytes*) e *Tx Power* (1 *byte*).

Esta estrutura de dados, com identificadores únicos e parâmetros de proximidade bem definidos, foi um fator determinante para que escolhêssemos o iBeacon como o tipo de *beacon* no nosso sistema de navegação *indoor*.

## 2.4. Algoritmo de Dijkstra

Desenvolvido por Edsger W. Dijkstra em 1956 e amplamente estudado na área das Ciências da Computação, o algoritmo de Dijkstra é um método eficiente e determinístico para identificar o caminho mais curto entre dois pontos pertencentes a um grafo ponderado. Neste tipo de estrutura, os vértices representam pontos físicos ou unidades lógicas, enquanto as arestas

indicam as conexões entre eles, cada uma associada a um valor numérico que reflete o custo da transição, frequentemente representado como distância ou tempo.

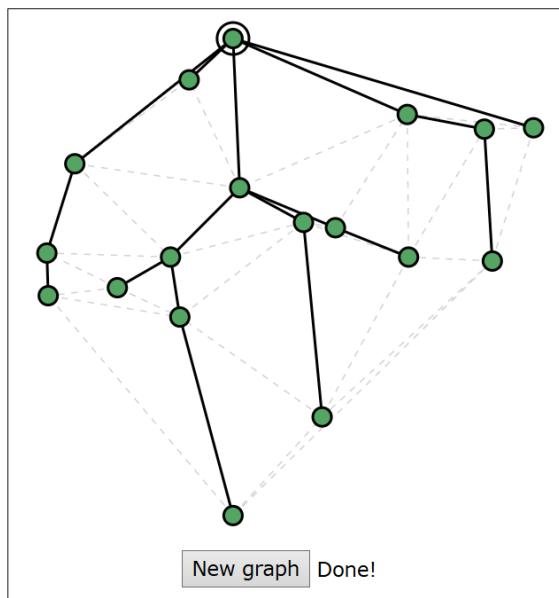


Figura 9 - Grafo Ponderado do Algoritmo de Dijkstra

Fonte: [https://www.w3schools.com/dsa/dsa\\_algo\\_graphs\\_dijkstra.php](https://www.w3schools.com/dsa/dsa_algo_graphs_dijkstra.php)

O algoritmo atua através de uma abordagem iterativa que avalia iterativamente o nó com menor custo acumulado a partir da origem e atualiza os custos dos seus vizinhos, continuando até que todos os nós tenham sido processados ou até que o destino seja alcançado. Durante este processo, os caminhos mais curtos são identificados progressivamente, permitindo a obtenção de uma rota eficiente e de baixo custo. [7][Figura 9]

#### 2.4.1. Aplicação do Algoritmo de Dijkstra na Navegação Indoor

No âmbito deste projeto, o algoritmo de Dijkstra foi implementado com o objetivo de calcular, de forma eficiente, os percursos ideais no interior da UAL, com base numa rede de *beacons* BLE mapeada estrategicamente.

Cada *beacon* corresponde a um nó no grafo, e as ligações entre beacons representam as arestas, com pesos definidos segundo critérios objetivos, tais como o número aproximado de passos entre dois beacons consecutivos, a presença de barreiras físicas ou obstáculos estruturais ou a acessibilidade do percurso.

No âmbito deste projeto, a aplicação deste algoritmo no sistema de navegação GPS *indoor* é desenvolvida da seguinte forma:

1. **Construção do Grafo** – Com base no mapeamento físico da universidade, é criado um grafo que reflete a rede de beacons e respetivas conexões.
2. **Seleção do Nó de Origem** – O *beacon* mais próximo do utilizador é identificado como ponto de partida.
3. **Cálculo da Rota Ideal** – O algoritmo executa a análise das possíveis rotas até ao *beacon* correspondente ao destino, selecionando aquela cujo custo acumulado é o mais reduzido.
4. **Construção do Percurso** – É extraída uma lista ordenada de *beacons* que define o trajeto a seguir.
5. **Orientações Sonoras** – Com base na rota definida, a aplicação fornece instruções verbais claras e adaptadas à percepção do utilizador, baseadas em passos, mudanças de direção e referências espaciais.
6. **Adaptação em Tempo Real** – Caso seja detetado um desvio de rota, o sistema reinicia o algoritmo a partir da nova posição, garantindo uma orientação contínua e precisa.

A aplicação deste algoritmo permitiu modelar o espaço físico da universidade como um ambiente virtualmente estruturado e navegável, garantindo que as instruções originadas sigam uma lógica de menor esforço e máxima clareza para o utilizador.

### 3 Tecnologias e Ferramentas Utilizadas

Para garantir o desenvolvimento eficiente e robusto de um sistema GPS *indoor* para pessoas portadoras de cegueira, é essencial selecionar cuidadosamente as tecnologias e os recursos utilizados. Neste capítulo, serão apresentadas as ferramentas e plataformas que deram forma ao projeto, incluindo o IDE (Integrated Development Environment), as linguagens de programação escolhidas, as bibliotecas utilizadas, os dispositivos de localização usados e os métodos de integração no sistema.

#### 3.1. Ambiente de Programação

O ambiente de programação é um dos pilares centrais no desenvolvimento de qualquer sistema, pois influencia diretamente a produtividade do grupo, a organização do código e a integração com ferramentas externas. Para este projeto, “Desenvolvimento de um sistema GPS

para portadores de cegueira”, optamos pela utilização do Visual Studio Code (VS Code) e do Android Studio, duas IDEs modernas, leves e altamente personalizáveis.

### 3.1.1 Visual Studio Code



Figura 10 – Logotipo do VS Code

Fonte: <https://code.visualstudio.com/brand>

O VS Code, desenvolvido pela Microsoft em 2015, é um editor gratuito de código aberto, compatível com Windows, macOS (Macintosh Operating System) e Linux. Destaca-se pela sua eficiência, interface intuitiva e suporte nativo a várias linguagens de programação, o que o torna uma escolha ideal para projetos que requerem compatibilidade com diversos tipos de tecnologia. [7][Figura 10]

Entre as principais características destacam-se:

- **Terminal Integrado** – Permite executar comandos diretamente no editor, sem a necessidade de recorrer a ferramentas externas.
- **Colaboração Remota** – Funcionalidades como o *Live Share* permitem programar de forma remota e colaborativa, em tempo real
- **Desempenho Leve** – Arranque rápido e baixo consumo de recursos, mesmo em sistemas com *hardware* limitado
- **Suporte a Plugins** – Acesso a milhares de extensões gratuitas que permitem expandir e adaptar o editor a diferentes linguagens, *frameworks* e necessidades.

Uma das principais vantagens do VS Code é a sua arquitetura baseada em extensões, que permite personalizar o ambiente de acordo com as necessidades específicas do projeto. No contexto do nosso sistema de navegação, esta flexibilidade revelou-se essencial, permitindo configurar um ambiente adequado ao desenvolvimento adaptado a aplicações móveis acessíveis, com suporte à comunicação via Bluetooth BLE.

O VS Code foi utilizado nas fases iniciais do nosso projeto, sendo fundamental para o seu progresso, pois a sua facilidade de utilização e flexibilidade ajudaram-nos bastante,

proporcionando um excelente ponto de partida para estruturar e iniciar o desenvolvimento de forma eficiente.

### 3.1.2 Android Studio



*Figura 11 - Logotipo Android Studio*

Fonte: [https://uk.m.wikipedia.org/wiki/Файл:Android\\_Studio\\_Logo\\_%282023%29.svg](https://uk.m.wikipedia.org/wiki/Файл:Android_Studio_Logo_%282023%29.svg)

O Android Studio, desenvolvido pela Google e lançado em 2013, é o IDE oficial para a criação de aplicações Android. Este ambiente de programação disponibiliza um conjunto abrangente de ferramentas avançadas que otimizam todo o ciclo de desenvolvimento de aplicações móveis, desde a conceção da interface até à execução e testes finais. [8][Figura 11]

No decorrer do projeto, o desenvolvimento da aplicação foi iniciado com o VS Code, no entanto, ao avançarmos para a fase de testes, decidimos realizar a transição para o Android Studio, ambiente de programação usado até ao final do desenvolvimento da aplicação. Esta mudança foi motivada pela necessidade de otimizar o acompanhamento do progresso da aplicação de forma prática e funcional.

A capacidade de conexão direta com dispositivos móveis, aliada à funcionalidade de *mirroring*, permitiu espelhar o dispositivo no computador, facilitando o teste e a visualização das alterações em tempo real. Por conseguinte, foi utilizado um dispositivo móvel Android ligado diretamente ao computador, o que permitiu o teste da aplicação de forma física e realista, facilitando a verificação da interação com os *beacons* durante todo o desenvolvimento do projeto.

Estas características tornaram o Android Studio uma ferramenta essencial no desenvolvimento da nossa aplicação, permitindo um trabalho mais produtivo e adequado às necessidades do projeto.

### 3.2. Extensões Utilizadas

Durante o desenvolvimento da aplicação, foi necessário recorrer a um conjunto específico de extensões para responder às exigências técnicas do projeto. Estas extensões facilitaram tarefas como a gestão de dependências, a interação com serviços externos, o controlo de versões e a organização do código.

#### 3.2.1. Flutter

A extensão Flutter foi uma das ferramentas mais importantes no desenvolvimento deste projeto, dado que todo o sistema foi construído com base neste *framework*. Desenvolvido pela Google em 2017, o Flutter permite criar aplicações móveis nativas para Android e iOS a partir de um único código-fonte, o que representa uma vantagem clara em termos de produtividade e manutenção. [9][Figura 12]



Figura 12 – Logotipo da Extensão Flutter

Fonte: <https://flutter.dev/brand>

Esta ferramenta disponibiliza um conjunto completo de recursos que simplificam a criação de interfaces gráficas, a navegação entre ecrãs e a integração com funcionalidades dos dispositivos móveis. Entre os principais recursos oferecidos pela extensão Flutter no VS Code destacam-se:

- **Hot Reload** – Permite visualizar alterações no código em tempo real, sem reiniciar a aplicação, acelerando o processo de desenvolvimento. [9]
- **Árvore de Widgets** – Permite analisar a hierarquia de *widgets* em tempo real, o que facilita a organização e o ajuste da interface.
- **Execução de Comandos** – Possibilita correr comandos Flutter diretamente no editor, como “*flutter run*”, “*flutter build*” ou “*flutter doctor*”, sem a necessidade de um terminal externo. [9]
- **Integração com Emuladores e Dispositivos Físicos** – Possibilita a execução e teste da aplicação diretamente em emuladores Android ou dispositivos conectados via USB.

No contexto do projeto, a utilização do Flutter permitiu desenvolver uma aplicação acessível, compatível com Android e iOS, com especial foco na clareza da interface, na leitura por voz e na capacidade de resposta aos sinais emitidos pelos beacons BLE.

### 3.3. Controlo de Versões

Durante o desenvolvimento do sistema GPS *indoor*, o controlo de versões revelou-se uma componente essencial para garantir a organização, a integridade e a colaboração eficiente entre os membros do grupo.

#### 3.3.1. GitHub

A utilização de uma ferramenta de controlo de versões permitiu acompanhar de forma rigorosa todas as alterações efetuadas no código, facilitando o trabalho em grupo, a deteção de erros e a gestão de diferentes versões da aplicação ao longo do tempo. Para isso foi utilizada a plataforma GitHub, que serviu como repositório remoto central do projeto.

O GitHub é uma plataforma de alojamento de código baseada no sistema de controlo de versões Git, amplamente utilizada para o desenvolvimento colaborativo de *software*. Permite que programadores e equipas de desenvolvimento armazenem, partilhem e administrem o histórico das alterações em projetos de forma segura e organizada.

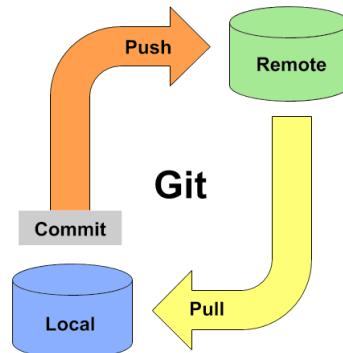


Figura 13 – Ciclo de Funcionamento do Git

Fonte: <https://medium.com/huawei-developers/git-usage-github-operations-beginner-81a03a2909f6>

A figura 13 representa o ciclo fundamental de funcionamento do Git, que permite o controlo de versões e a sincronização entre o repositório local e o repositório remoto. A sequência das operações realizadas é apresentada em seguida:

1. **Modificação no Código (Local)** – Cada membro do grupo trabalha localmente no seu ambiente de desenvolvimento, realizando alterações no código.

2. **Commit** – Após concluir um conjunto de alterações, é executado o *commit*, que regista essas modificações no histórico local do Git. A mensagem associada ao *commit* descreve claramente o que foi feito, facilitando o acompanhamento do progresso feito no sistema.
3. **Push** – Com o código atualizado localmente, é utilizado o comando *push* para enviar os *commits* para o repositório remoto no GitHub, partilhando assim as alterações com o restante grupo.
4. **Pull** – Antes de iniciar qualquer novo desenvolvimento, cada programador realiza um *pull* para garantir que possui a versão mais recente do projeto, evitando conflitos e garantindo que todos trabalham sobre a versão mais atual do projeto.

Este foi o modelo de trabalho adotado ao longo de todo o desenvolvimento do projeto, assegurando uma colaboração estruturada, segura e eficiente entre os membros do grupo.

### 3.4. Linguagem de Programação

A escolha das linguagens de programação é um fator determinante no sucesso de qualquer sistema, uma vez que influencia diretamente na lógica de funcionamento, no desempenho e na facilidade de manutenção da aplicação.

Neste projeto, destaca-se exclusivamente a utilização da linguagem Dart, utilizado no desenvolvimento integral da aplicação móvel, como na implementação de *scripts* e lógicas fundamentais para o funcionamento do sistema.

#### 3.4.1. Dart

O Dart é a linguagem de programação oficial do Flutter, sendo responsável por definir toda a lógica e comportamento das aplicações desenvolvidas com este *framework*.

Com uma sintaxe clara e moderna, o Dart adota uma abordagem orientada a objetos, permitindo desenvolver aplicações modernas, reativas e de elevado desempenho. A sua estrutura lógica funciona com duas fases principais: uma para o desenvolvimento e outra para a produção.

Durante o desenvolvimento, o Dart oferece uma compilação incremental e o suporte a *hot reload* e *hot restart*, permitindo ao programador aplicar alterações no código e visualizá-las em tempo real, sem perder o contexto atual da aplicação. Na fase de produção, o código é compilado com tempos de execução reduzidos e desempenho consistente, mesmo em dispositivos com recursos limitados. [10][Figura 14]

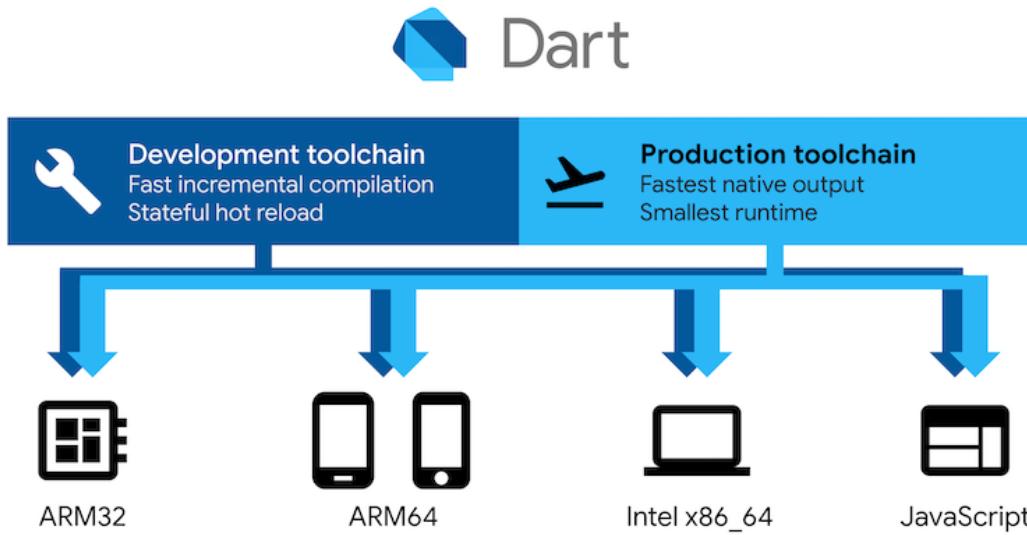


Figura 14 – Toolchain da Linguagem Dart

Fonte: <https://os-system.com/blog/what-is-flutter-how-does-it-work/>

Através da sua *toolchain*, esta linguagem é capaz de gerar executáveis otimizados para diferentes arquiteturas, como ARM32 e ARM64 (Advanced RISC Machine) , Intel x86\_64 e até JavaScript, para execução em navegadores *web*. Esta versatilidade garante uma elevada portabilidade da aplicação, permitindo que funcione de forma consistente em múltiplos dispositivos e sistemas operativos. [10][Figura 14].

### 3.4.1.1. Implementação do Dart

Neste projeto, a linguagem Dart foi utilizada para implementar as funcionalidades centrais da aplicação móvel, assegurando não só uma interface acessível, responsiva e adaptada às necessidades de todos os utilizadores, como também toda a lógica de funcionamento necessária para a deteção de *beacons* BLE, gestão da navegação *indoor*, configuração das preferências do utilizador e tratamento de exceções. [11]

- **Construção da Interface** – Através do sistema de *widgets* do Flutter, foi possível construir uma interface clara e intuitiva. A estrutura modular dos *widgets*

facilitou a organização da aplicação e a adaptação da interface para diferentes utilizadores.

- **Suporte Multilingue** – Com a integração da biblioteca *easy\_localization*, foi implementado um sistema de tradução que permite apresentar a interface e todas as mensagens da aplicação em diferentes idiomas, proporcionando um acesso mais abrangente e acessível a todos os utilizadores.
- **Gestão de Acessibilidade** – Foram implementadas funcionalidades específicas de acessibilidade, incluindo a configuração da vibração, a personalização da velocidade e do tom da voz, bem como a adaptação da interface para diferentes níveis de contraste, assegurando uma utilização confortável para públicos com necessidades diferenciadas.
- **Feedback em Tempo Real** – A aplicação fornece respostas imediatas ao utilizador através de mensagens de voz, feedback visual e vibração, promovendo uma interação acessível e eficiente, especialmente relevante para estudantes portadores de cegueira.
- **Deteção dos Beacons BLE** – Com o apoio da biblioteca “*flutter\_blue*”, foram implementadas funcionalidades para detetar a presença de *beacons*, identificar os seus parâmetros (UUID, Major e Minor) e reagir em tempo real à sua proximidade com o utilizador.
- **Gestão da Navegação Indoor** – O Dart permitiu implementar uma lógica reativa baseada em eventos, essencial para atualizar automaticamente o percurso ou o estado do utilizador à medida que este se desloca. Esta lógica foi concretizada através de estruturas como “*StreamBuilder*”, “*setState*”, “*valueNotifier*” e “*ChangeNotifier*”
- **Gestão das Preferências do Utilizador** – Através da utilização do Provider, a aplicação mantém e atualiza os estados globais, como o modo de navegação e as preferências de acessibilidade, assegurando que a experiência do utilizador permaneça personalizada e coerente ao longo da utilização.
- **Tratamento de Exceções** – O Dart foi fundamental na implementação de mecanismos de tratamento de exceções e na garantia da estabilidade da aplicação, prevenindo falhas durante a deteção de *beacons* e a execução das lógicas internas.

Acima encontram-se as principais implementações realizadas com o Dart, uma linguagem desempenhou um papel fundamental na ligação entre a interface do utilizador com a deteção dos *beacons* BLE, assegurando o bom funcionamento e a fluidez do sistema de navegação indoor.

### 3.5. Tecnologias Usadas

O funcionamento eficaz do sistema GPS *indoor* para portadores de cegueira depende diretamente da escolha adequada dos componentes do *hardware*, bem como a integração segura e eficiente entre estes e o *software* desenvolvido.

A decisão sobre os componentes a utilizar foi tomada com base em critérios técnicos específicos, como o alcance de sinal, a autonomia da bateria, a facilidade de instalação e programação e a capacidade de comunicação via BLE.

Entre os vários dispositivos analisados, os beacons assumiram o papel principal na arquitetura do sistema, sendo os responsáveis pela emissão dos sinais que permitem localizar o utilizar e ativar as instruções de orientação.

#### 3.5.1. Beacon DUOWEISI

Neste projeto, durante as fases de teste, foi utilizado o *beacon* DUOWEISI, modelo nRF51822, um dispositivo compacto, de baixo consumo energético, amplamente disponível no mercado e com um excelente equilíbrio entre custo e desempenho, características que o tornam particularmente adequado para a implementação no sistema de navegação GPS *indoor* desenvolvido.



Figura 15 – Beacon DUOWEISI

Fonte: <https://pt.aliexpress.com/item/32885909449.html>

O modelo nRF51822, equipado com um *chip* desenvolvido pela empresa Nordic Semiconductor, opera na frequência de 2,4 GHz, com suporte para Bluetooth Low Energy 4.0,

protocolo iBeacon, garantindo compatibilidade com a maioria dos dispositivos móveis atuais, incluindo smartphones Android e iOS.

Do ponto de vista técnico, o dispositivo apresenta as seguintes características:

- **Chip Principal:** nRF51822
- **Tensão de Alimentação:** 2,0 a 3,3 V
- **Corrente em Modo de Suspensão:** 3,1  $\mu$ A
- **Corrente em Modo de Transmissão:** 4 mA
- **Corrente Média de Funcionamento:** 15,1  $\mu$ A
- **Intervalo de Transmissão:** 2 segundos.
- **Dimensões:** 25 mm x 4,6 mm
- **Tipo de Bateria:** CR2032

Apesar do desempenho satisfatório nos testes, o *beacon* DUOWEISI apresentou limitações ao nível da configuração, da resistência física e da autonomia da bateria. Estas limitações comprometeram a sua viabilidade para uma implementação prática e estável, sendo esses os motivos pelos quais este modelo não foi selecionado como solução final para o sistema.

### 3.5.2. Beacon Holyiot Y1

Para a versão final do sistema, foi selecionado o *beacon* Holyiot Y1, modelo nRF51822-15044, desenvolvido pela empresa Shenzhen Holyiot Technology, um dispositivo compacto, robusto e otimizado para ambientes interiores, reunindo as condições ideias para a instalação duradoura no contexto universitário.



Figura 16 – Beacon Holyiot Y1

Fonte: <https://pt.aliexpress.com/item/1005006388122258.html>

O Holyiot Y1 integra o *chip* nRF51822-15044 que opera na frequência 2,4 GHz, com suporte para BLE 4.0, protocolo iBeacon, e compatibilidade com dispositivos móveis Android (a partir da versão 4.3) e iOS (a partir da versão 7.0).

Ao contrário do DUOWEISI, este *beacon* possui um invólucro de plástico ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene) resistente a água, que garante proteção adicional em locais sujeitos a pó ou humidade. Equipado com um microcontrolador ARM Cortex-M0, de 32 bits, o *beacon* é capaz de gerir a emissão periódica de sinais BLE com elevada estabilidade, mesmo em ambientes com múltiplas fontes de interferência.

Do ponto de vista técnico, o dispositivo apresenta as seguintes características:

- **Chip Principal:** nRF51822-15044
- **Tensão de Alimentação:** 2,0 a 3,3 V
- **Corrente em Modo de Suspensão:** 3,1 µA
- **Corrente em Modo de Transmissão:** 4 mA
- **Corrente Média de Funcionamento:** 15,1 µA
- **Intervalo de Transmissão:** 2 segundos.
- **Dimensões:** 46,22 mm x 17,2 mm
- **Tipo de Bateria:** CR2032

Para além de todas as características técnicas já referidas, o Holyiot Y1 destaca-se por disponibilizar uma interface de configuração intuitiva, acessível através de uma aplicação móvel, compatível com Android e iOS. [Figura 17]

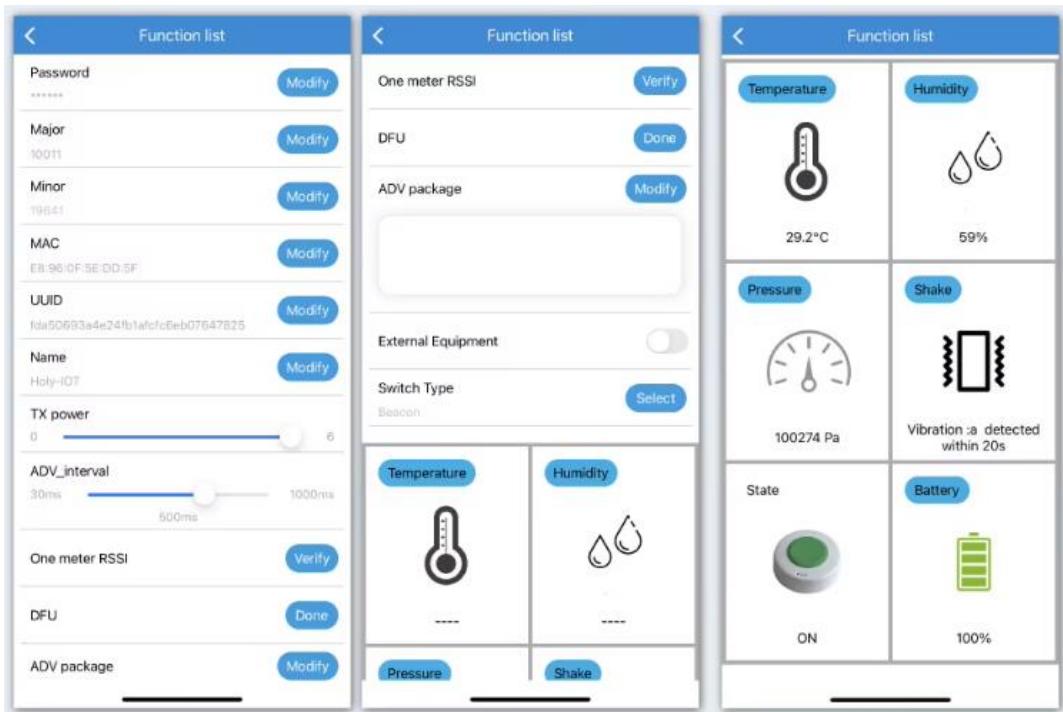


Figura 17 – APP “Holyiot-beacon”

Fonte: <https://pt.aliexpress.com/item/1005006388122258.html>

Esta aplicação permite alterar facilmente parâmetros essenciais como o UUID, os valores de *major*, *minor*, *Tx Power* e intervalos ADV. Para além da configuração, é possível monitorar em tempo real a intensidade do RSSI, do nível da bateria e do estado geral do dispositivo, o que facilita significativamente a manutenção e o acompanhamento do desempenho dos beacons instalados. [Figura 17]

Tendo em conta todos os fatores analisados, desde as especificações técnicas até à facilidade de configuração e robustez estrutural, o Holiot Y1 revelou-se a solução mais completa e fiável para responder às exigências do projeto.

## 4 Análise Preparatória

A fase de Análise Preparatória foi essencial para garantir que o sistema GPS indoor fosse desenvolvido de forma adequada às necessidades reais dos estudantes portadores de cegueira. Este processo envolveu o contacto direto com um estudante com cegueira para recolha de informações relevantes, bem como a realização de um mapeamento rigoroso dos espaços, que permitiu planear o posicionamento dos *beacons* BLE no ambiente universitário.

### 4.1. Reunião com o Aluno Portador de Cegueira da UAL

Uma das etapas mais importantes na criação de qualquer sistema é a compreensão profunda das necessidades dos seus utilizadores finais. No contexto deste projeto, essa compreensão revelou-se particularmente importante, uma vez que o público-alvo são estudantes portadores de cegueira, que enfrentam desafios muito específicos ao nível da navegação e orientação em ambientes internos.

Com esse objetivo em mente, foi realizada uma reunião com um estudante portador de cegueira da Universidade Autónoma de Lisboa, Armindo Mourão, que se mostrou disponível para partilhar a sua experiência no espaço universitário.

A reunião teve lugar no dia 28 de março de 2025, pelas 10:00h, através da plataforma Zoom, e contou com a presença das seguintes pessoas: o estudante Armindo Mourão, portador de cegueira; o Prof. Dr. Mário Marques da Silva, orientador do projeto; a Prof.<sup>a</sup> Cláudia Castro, representante do GIRU; a Dr.<sup>a</sup> Madalena Mira, convidada para apoiar a definição do percurso no modo de visita; e todos os elementos do grupo de desenvolvimento.

Durante a reunião, foi ainda possível validar a proposta de divisão do sistema em dois modos de operação: o modo de navegação, destinado à deslocação funcional entre espaços, e o

modo de visita, que integra conteúdos explicativos em pontos de interesse dentro da UAL.

#### 4.1.1 Entrevista Estruturada ao Estudante

Com o intuito de orientar a conversa e recolher informação relevante para o projeto, foi preparada previamente uma coletânea de perguntas específicas. Estas questões foram colocadas ao estudante de forma informal e acessível, permitindo obter respostas detalhadas sobre as suas experiências, dificuldades diárias e sugestões no contexto da navegação no espaço da universidade.

As respostas obtidas serviram de base para a definição das funcionalidades essenciais do sistema, bem como para a adaptação da aplicação às reais necessidades do utilizador final. Abaixo, apresentam-se as perguntas colocadas durante a entrevista, bem como as respetivas respostas fornecidas pelo estudante.

**1. Como tem sido a tua experiência no deslocamento pela Universidade Autónoma de Lisboa?**

- a. O estudante referiu que, apesar da sua limitação visual, acredita ter um melhor desempenho na deslocação do que muitos alunos do 1.º ano, uma vez que procura antecipadamente conhecer em detalhe os espaços por onde circula. Explicou que, antes de iniciar as aulas, visitou a universidade e explorou o edifício, criando um mapa mental da faculdade, o que lhe permitiu ganhar autonomia e confiança na sua mobilidade dentro da mesma.

**2. Como costumas localizar as salas de aula atualmente e quais os principais desafios que enfrentas nessa experiência?**

- a. Segundo o estudante, a forma como localiza as salas depende do seu conhecimento prévio do espaço, sendo que, quando se trata de um local já conhecido, não necessita de muitas indicações adicionais. No entanto, em espaços desconhecidos, é fundamental receber informações detalhadas e específicas para conseguir localizar corretamente a sala, o que representa um dos principais desafios na sua deslocação.

**3. Qual o nível de detalhe que a nossa aplicação tem de ter para explicar o espaço?**

- a. O estudante sugeriu que a aplicação disponibilize dois níveis de detalhe na descrição dos espaços, apresentando inicialmente uma informação mais curta e objetiva, centrada apenas no essencial. No entanto, caso o utilizador deseje obter mais pormenores, poderia ativar voluntariamente uma descrição mais completa através de um botão ou funcionalidade acessível via *VoiceOver*, sendo que o estudante destacou ainda a importância de focar apenas nas informações relevantes para a navegação, adaptando o nível de detalhe à situação específica e evitando descrições excessivas ou desnecessárias.

**4. Se a Universidade Autónoma de Lisboa tivesse uma aplicação para te guiar na navegação do seu espaço, quais funcionalidades seriam indispensáveis no seu sistema?**

- a. O estudante destacou a acessibilidade como uma funcionalidade indispensável, referindo que a aplicação deverá ser compatível com tecnologias de apoio como leitores de ecrã e comandos por voz, e que deve oferecer uma interface simples, clara e responsiva, adaptada às necessidades de utilizadores com deficiência visual.

**5. Achas útil que a aplicação te permita gravar rotas personalizadas e salvar locais favoritos dentro da universidade?**

- a. O estudante considerou que essa funcionalidade seria útil, permitindo-lhe registar rotas que utiliza com frequência e guardar pontos de referência importantes, facilitando a sua navegação autónoma no dia a dia.

**6. Que tipos de instruções sonoras seriam mais eficazes para a utilização do nosso sistema de GPS?**

- a. O estudante referiu que prefere instruções baseadas em passos em vez de metros, por considerar essa unidade mais intuitiva para a sua percepção espacial. Destacou também a importância de indicar o número de degraus em zonas com escadas, bem como mencionar mudanças de direção,

presença de portas e a transição entre espaços interiores e exteriores, de forma a garantir uma orientação mais clara e segura ao longo do percurso.

Com base nas respostas recolhidas durante a entrevista, foi possível concluir que a navegação autónoma de estudantes portadores de cegueira exige soluções centradas na clareza, simplicidade e personalização da informação. A importância de informações adaptáveis, como descrições em dois níveis de detalhe, bem como a preferência por instruções baseadas em passos e pontos de referência, evidenciam a necessidade de uma aplicação flexível, intuitiva e sensível ao contexto real do utilizador.

## 4.2. Mapeamento

O mapeamento dos *beacons* é uma etapa essencial no desenvolvimento de um sistema de navegação, pois garante que a aplicação seja capaz de fornecer orientações corretas e fiáveis aos seus utilizadores. No contexto deste projeto, o mapeamento permitiu associar de forma precisa cada *beacon* a um local específico dentro da UAL, assegurando que as instruções de navegação fossem adequadas ao espaço físico real.

### 4.2.1. Mapeamento Online

Antes da realização do mapeamento presencial na UAL, foi realizada uma análise prévia com recurso ao mapa digital da universidade, disponível em <https://mapa.autonoma.pt/>. Esta análise permitiu planejar os percursos e identificar antecipadamente os principais pontos de circulação, como entradas, saídas, corredores e zonas de interesse. [12][Figura 18]



Figura 18 – Mapa Digital da UAL

Fonte: <https://mapa.autonoma.pt/>

A preparação antecipada do plano de mapeamento foi fundamental para organizar o trabalho presencial de forma eficiente, permitindo definir previamente os percursos a seguir e garantir que todos os locais fossem devidamente incluídos, evitando deslocações desnecessárias. Além disso, este planeamento permitiu prever possíveis dificuldades logísticas e pensar estrategicamente na melhor localização para cada *beacon*.

#### 4.2.2. Mapeamento Presencial

O mapeamento presencial foi realizado entre os dias 23 a 25 de junho, durante o período de férias académicas, altura em que a universidade se encontrava praticamente vazia. Esta decisão foi estratégica, pois permitiu que o trabalho fosse executado com maior tranquilidade, sem o movimento habitual de alunos, possibilitando a realização do mapeamento com maior rigor e atenção ao detalhe, garantindo a qualidade e a precisão de todo o processo.

#### 4.2.3. Posicionamento dos Beacons

O posicionamento dos *beacons* foi planeado seguindo uma lógica simples e prática, com o objetivo de proporcionar uma navegação eficiente, evitando desorientações e auxiliando a navegação do utilizador.

Uma das principais preocupações foi garantir que os *beacons* estivessem colocados em pontos de decisão importantes, nomeadamente nas bifurcações e cruzamentos dentro da universidade, onde o utilizador precisa de escolher entre diferentes direções, como por exemplo, virar à direita para aceder a uma determinada sala ou virar à esquerda para seguir para outras zonas. Além disso, optámos pelo posicionamento de *beacons* ao longo dos corredores, especialmente em corredores mais extensos, com o objetivo de distribuir as indicações de forma equilibrada e reduzir o excesso de informação. Esta escolha permitiu criar um sistema mais claro e fácil de seguir, impedindo que o utilizador tivesse de memorizar um conjunto extenso de orientações de uma só vez.

As direções utilizadas no sistema de navegação foram definidas com base nas recomendações recolhidas durante a reunião realizada com o estudante portador de cegueira, garantindo que o sistema responde às necessidades reais dos seus utilizadores.

Seguindo as sugestões partilhadas durante a reunião, optámos por apresentar descrições curtas e objetivas, de modo a não haver informação excessiva ou irrelevante; contudo, caso o utilizador pretenda obter mais pormenores, poderá ativar, através de um botão ou via VoiceOver, uma descrição mais completa. De forma complementar, foram incluídas

informações como o número de passos a percorrer, a quantidade de degraus e pequenas referências espaciais, elementos que facilitam a percepção do ambiente e permitem ao utilizador validar o percurso de forma mais segura e autónoma.

*Tabela 1 – Distribuição Geral dos Beacons*

Número do Beacon	Piso	Destinos	Conexões
<u>Beacon 1</u>	<u>0</u>	Entrada Principal Perdidos e Achados Sala dos Atos	Beacon 2 Beacon 3
<u>Beacon 2</u>	-1	Sala 13 Sala 14 Sala 15	Beacon 1
<u>Beacon 3</u>	<u>0</u>	Pátio	Beacon 1 Beacon 4 Beacon 8 Beacon 15
<u>Beacon 4</u>	<u>0</u>	Auditório 02 Auditório 03 Sala 22 Sala 23	Beacon 3 Beacon 5 Beacon 8 Beacon 9
<u>Beacon 5</u>	<u>0</u>	Auditório 02 Gabinete de Erasmus Sala 24 Sala 27	Beacon 4 Beacon 6
<u>Beacon 6</u>	<u>0</u>	Sala 27 Sala 28 Sala 29	Beacon 5 Beacon 7
<u>Beacon 7</u>	-1	Sala 32 Sala 33	Beacon 6
<u>Beacon 8</u>	<u>0</u>	-	Beacon 3 Beacon 4 Beacon 9 Beacon 22
<u>Beacon 9</u>	<u>0</u>	Associação Académica Loja Académica	Beacon 4 Beacon 8 Beacon 10
<u>Beacon 10</u>	-1	Bar Cacifos	Beacon 9 Beacon 11 Beacon 12
<u>Beacon 11</u>	-1	-	Beacon 10 Beacon 13
<u>Beacon 12</u>	-1	Bar Refeitório	Beacon 10 Beacon 13
<u>Beacon 13</u>	-1	Esplanada Refeitório Sala dos Micro-ondas	Beacon 11 Beacon 12 Beacon 14
<u>Beacon 14</u>	-1	Esplanada Livraria WC Bar	Beacon 13
<u>Beacon 15</u>	<u>0</u>	Estátua do Camões	Beacon 3 Beacon 16 Beacon 22
<u>Beacon 16</u>	<u>0</u>	Livros de Ponto Sala 10	Beacon 15 Beacon 17 Beacon 19
<u>Beacon 17</u>	<u>0</u>	Sala 18	Beacon 16 Beacon 18
<u>Beacon 18</u>	-1	Sala 16	Beacon 17

<u>Beacon 19</u>	<u>1</u>	Biblioteca GIRU Sala 10 Sala de Computadores	Beacon 16 Beacon 20 Beacon 21
<u>Beacon 20</u>	<u>1</u>	GIRU Sala de Estudo Sala de Computadores	Beacon 19 Beacon 37
<u>Beacon 21</u>	<u>2</u>	Laboratórios de Psicologia Sala 80 Sala 81 Sala 82 Sala 83	Beacon 19
<u>Beacon 22</u>	<u>0</u>	-	Beacon 8 Beacon 15 Beacon 23
<u>Beacon 23</u>	<u>1</u>	-	Beacon 22 Beacon 24 Beacon 33
<u>Beacon 24</u>	<u>1</u>	Sala 58	Beacon 23 Beacon 25 Beacon 27
<u>Beacon 25</u>	<u>1</u>	UAL Media Sala 58	Beacon 24 Beacon 26 Beacon 28
<u>Beacon 26</u>	<u>2</u>	Sala 56	Beacon 25
<u>Beacon 27</u>	<u>1</u>	Sala 57 WC Piso 1	Beacon 24 Beacon 28
<u>Beacon 28</u>	<u>1</u>	Sala 54 Sala 58 Sala 59	Beacon 25 Beacon 27 Beacon 29
<u>Beacon 29</u>	<u>1</u>	Sala 59 Sala 60 Sala 61	Beacon 28 Beacon 30
<u>Beacon 30</u>	<u>1</u>	Sala 61 Sala 62 Sala 63	Beacon 29 Beacon 31
<u>Beacon 31</u>	<u>2</u>	-	Beacon 30 Beacon 32
<u>Beacon 32</u>	<u>2</u>	Centro de Informática Laboratórios ECC Sala 68 Sala 69 Sala 70	Beacon 31
<u>Beacon 33</u>	<u>2</u>	Sala 37 Sala 38 WC Piso 2	Beacon 23 Beacon 34 Beacon 36
<u>Beacon 34</u>	<u>3</u>	Sala 39 Sala 40 Sala 41	Beacon 33 Beacon 35
<u>Beacon 35</u>	<u>4</u>	Sala 42 Sala 44 Sala 45	Beacon 34
<u>Beacon 36</u>	<u>2</u>	Pátio de Enfermagem WC Piso 2	Beacon 33 Beacon 37 Beacon 38
<u>Beacon 37</u>	<u>2</u>	Sala 80	Beacon 20 Beacon 36
<u>Beacon 38</u>	<u>3</u>	Auditório 01 Sala 90	Beacon 36

A Tabela 1 apresenta a distribuição geral dos beacons pela UAL, identificando o piso, os destinos e as conexões dos mesmos. Os *beacons* assinalados a azul correspondem aos pontos

de interesse da Universidade que integram um percurso específico da visita guiada, permitindo ao utilizador conhecer de forma estruturada os espaços mais relevantes da instituição.

#### 4.2.3.1. Posicionamento por Pisos

Com a estratégia de posicionamento devidamente definida, procedeu-se à distribuição dos *beacons* pelos diferentes pisos da UAL, composta por 5 níveis, do piso -1 ao piso 4. Esta distribuição foi realizada tendo em conta a configuração espacial de cada piso, os principais pontos de decisão e os percursos mais frequentados.

A leitura dos mapas de cada piso é apoiada por uma legenda visual, onde se distinguem os destinos (a verde), as conexões entre *beacons* (a vermelho), os pontos da visita guiada (representados por losangos laranja) e os pontos de conexão (assinalados por círculos amarelos).

- **Piso -1**

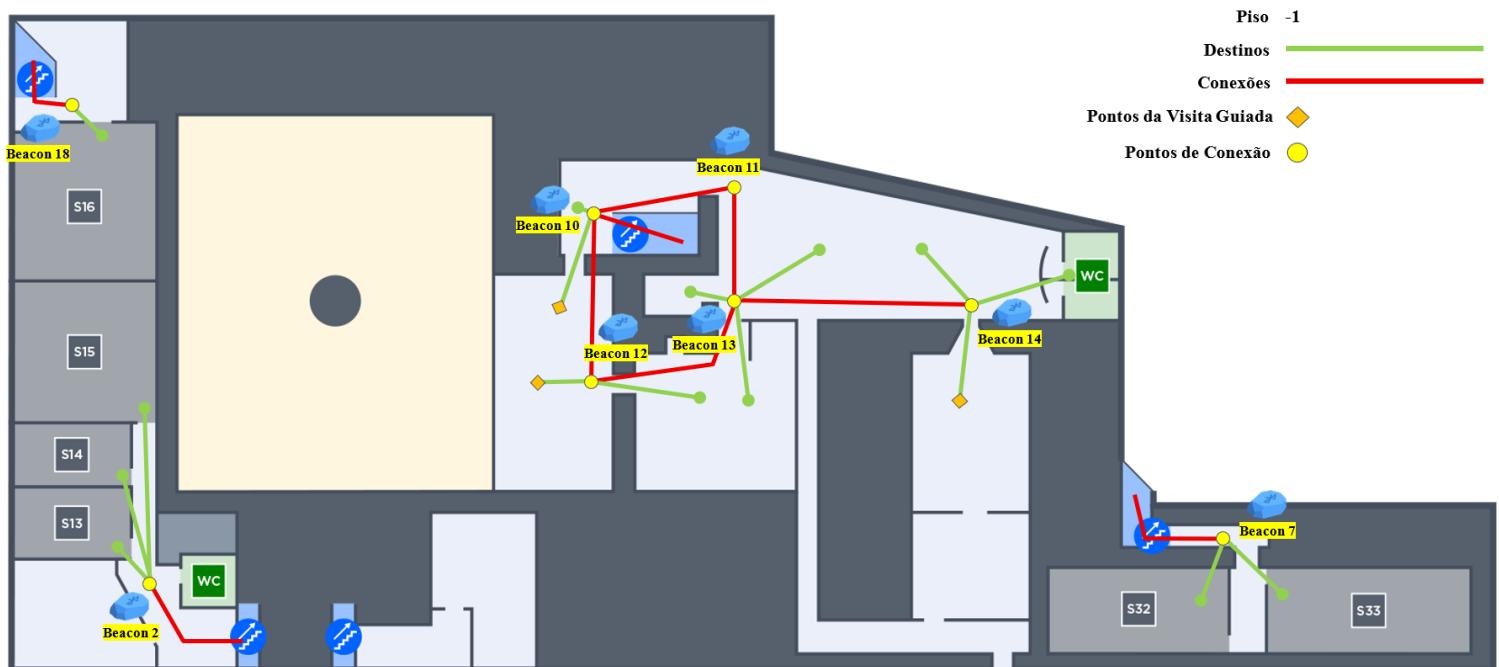
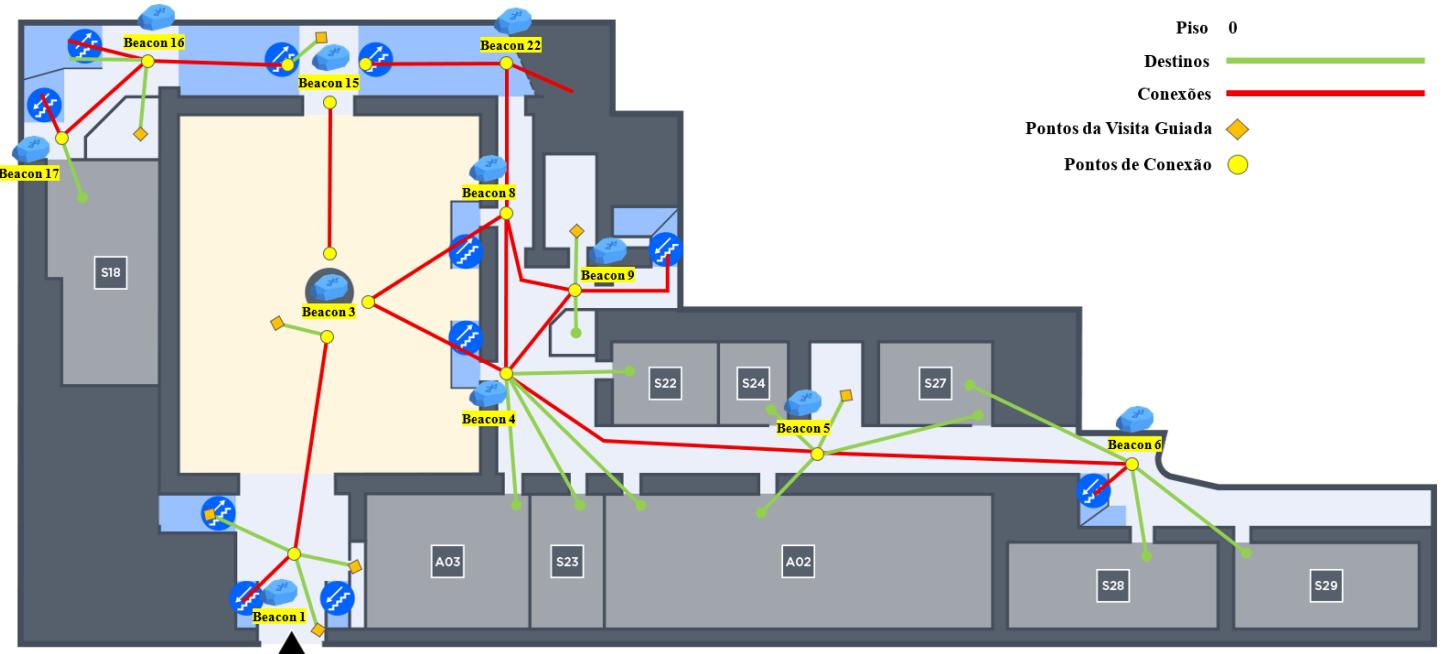


Figura 19 - Posicionamento dos Beacons no Piso -1

Fonte: <https://mapa.autonoma.pt/#intro> (Modificado pelos Autores)

A figura 19 representa o piso -1 onde foram posicionados 8 *beacons*, que permitem localizar várias salas de aula, bem como alguns espaços importantes, nomeadamente o Bar, o Refeitório, a Esplanada, os Cacifos, a Livraria e os WCs deste piso.

- Piso 0



*Figura 20 - Posicionamento dos Beacons no Piso 0*

Fonte: <https://mapa.autonoma.pt/#intro> (Modificado pelos Autores)

A figura 20, representa o piso 0 onde foram posicionados 11 *beacons*, que permitem localizar algumas salas de aula, bem como espaços importantes, nomeadamente a Entrada Principal, a Sala dos Atos, os Perdidos e Achados, o Pátio, o Auditório 02 e 03, o Gabinete de Erasmus+, a Loja Académica, a Associação Académica da Universidade Autónoma de Lisboa (AAUAL), a Estátua do Camões e os Livros de Ponto.

- Piso 1

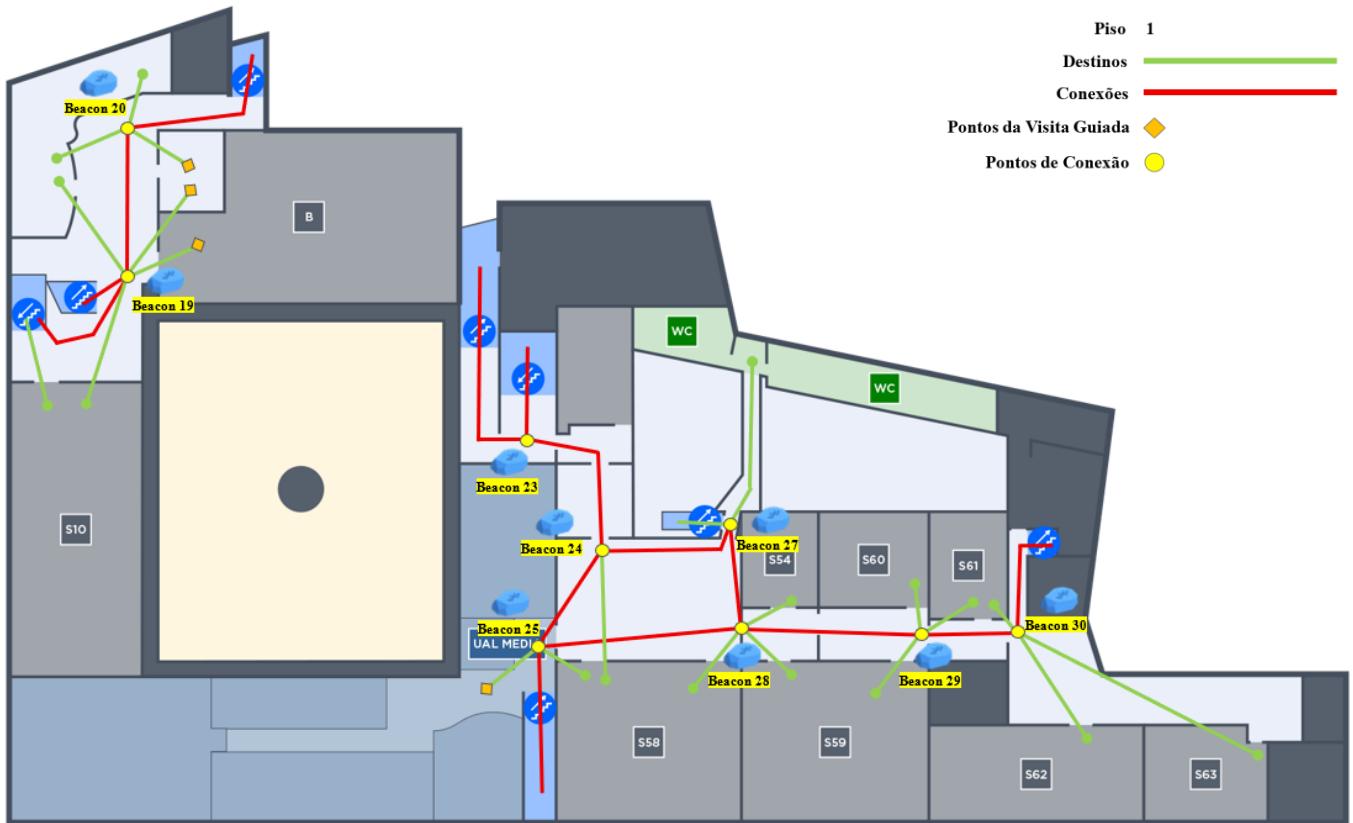


Figura 21 - Posicionamento dos Beacons no Piso 1

Fonte: <https://mapa.autonoma.pt/#intro> (Modificado pelos Autores)

A figura 21, representa o piso 1 onde foram posicionados 9 beacons, que permitem localizar algumas salas de aula, bem como espaços importantes, nomeadamente a UAL Media, a Biblioteca, a Sala de Computadores, a Sala de Estudo e os WCs deste piso.

- Piso 2

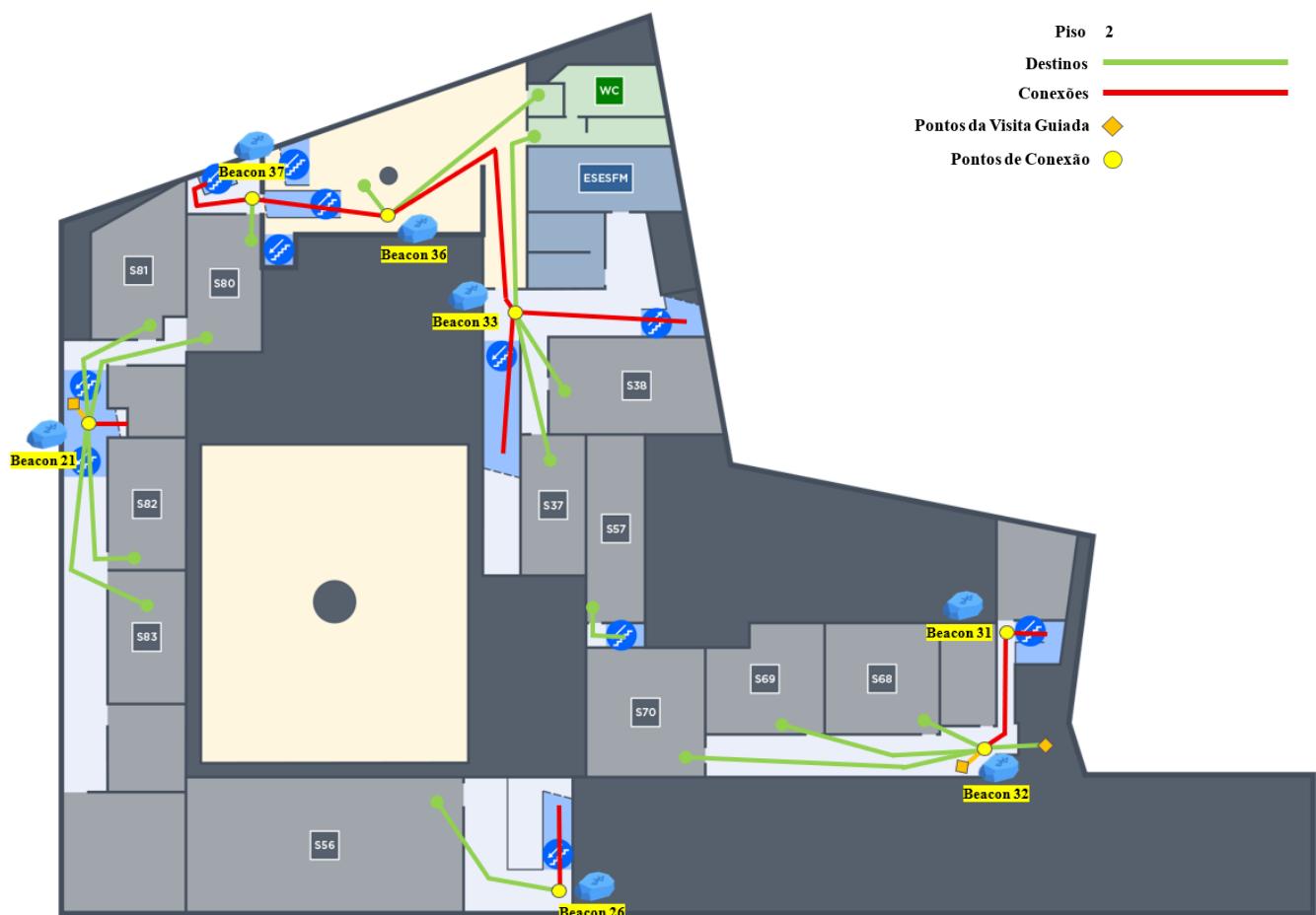


Figura 22 - Posicionamento dos Beacons no Piso 2

Fonte: <https://mapa.autonoma.pt/#intro> (Modificado pelos Autores)

A figura 22, representa o piso 2 onde foram posicionados 7 beacons, que permitem localizar algumas salas de aula, bem como espaços importantes, nomeadamente o Centro de Informática, os Laboratórios de Engenharias e Ciências da Computação (ECC), os Laboratórios de Psicologia, o Pátio de Enfermagem e os WCs deste piso.

- Piso 3

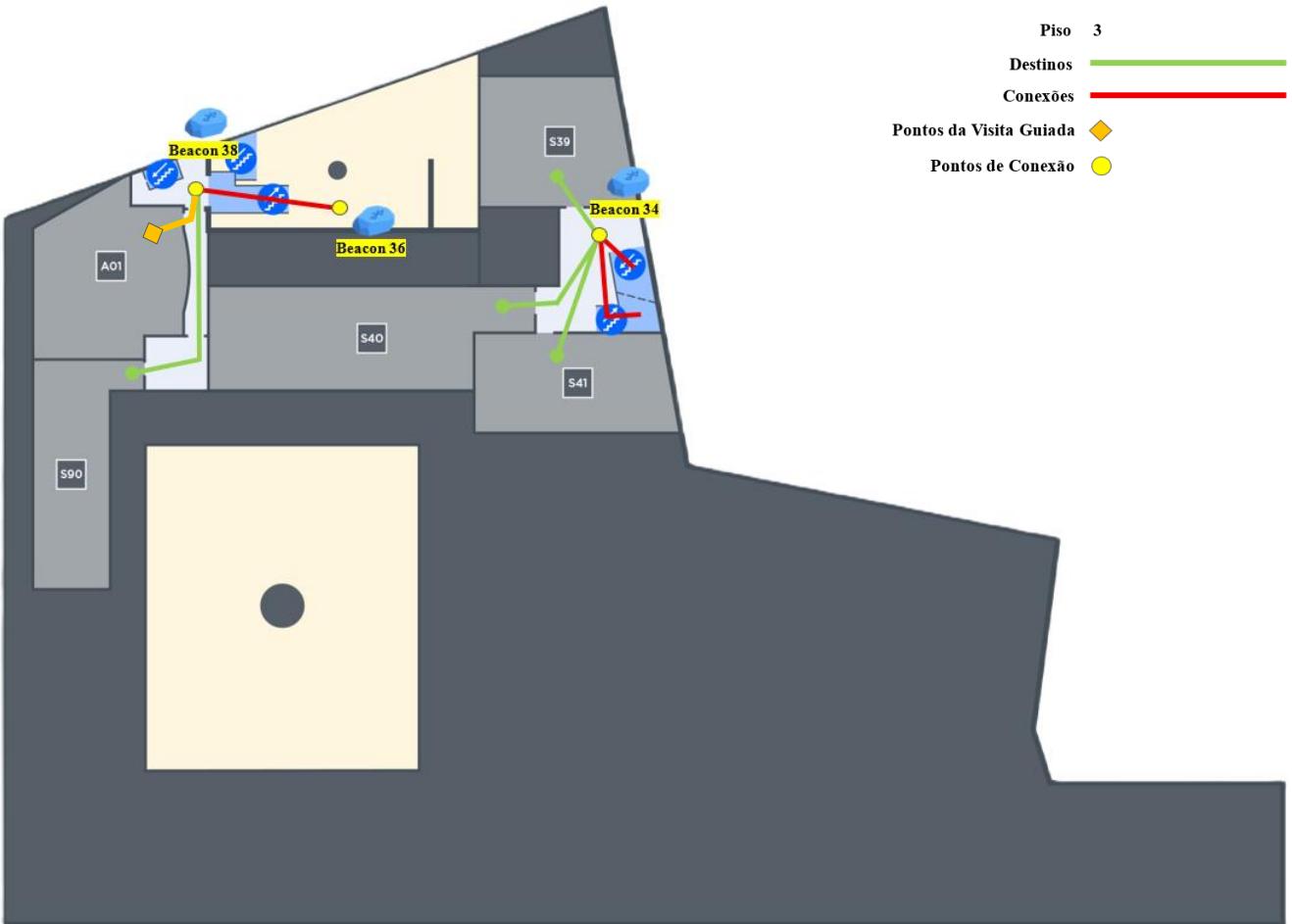
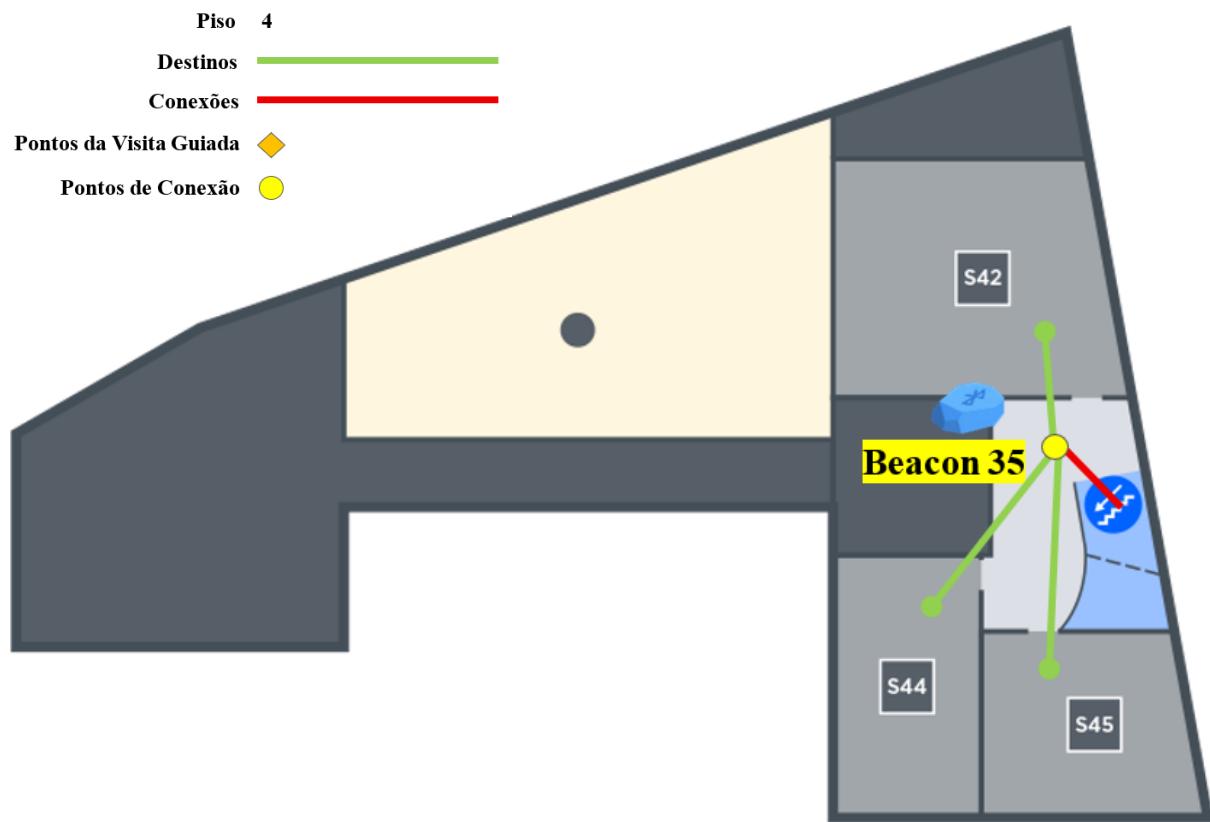


Figura 23 - Posicionamento dos Beacons no Piso 3

Fonte: <https://mapa.autonoma.pt/#intro> (Modificado pelos Autores)

A figura 23, representa o piso 3 onde foram posicionados apenas 3 beacon, que permitem localizar algumas salas de aula, bem como espaços importantes, nomeadamente o Auditório 01.

- Piso 4



*Figura 24 - Posicionamento dos Beacons no Piso 4*

Fonte: <https://mapa.autonoma.pt/#intro> (Modificado pelos Autores)

A figura 24, representa o piso 4 onde foi posicionado apenas 1 *beacon*, que permite localizar algumas salas de aula.

#### *4.2.3.2. Posicionamiento Individual*

Concluída a apresentação da distribuição geral dos beacons por piso, procede-se agora à análise individual de cada um dos dispositivos.

Nesta secção, apresenta-se de forma detalhada a localização exata de cada *beacon*, os espaços e percursos que abrangem, as respetivas conexões com outros beacons, bem como as suas características técnicas. São ainda descritas as conexões com outros *beacons* e apresentadas as respetivas características técnicas.

Esta análise detalhada permite compreender de forma precisa o contributo de cada *beacon* para o sistema de navegação implementado, bem como as suas características técnicas associadas.

- Beacon 1

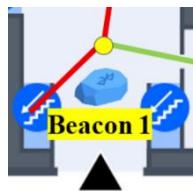


Figura 25 - Posicionamento do Beacon 1

Fonte: <https://mapa.autonoma.pt/#intro> (Modificado pelos Autores)

O *beacon* 1 está localizado na entrada da universidade. Ao chegar a esta área, o utilizador pode ser orientado para os destinos Entrada Principal, Perdidos e Achados e Sala dos Atos, bem como para as conexões com os *beacons* 2 e 3.

As suas características técnicas são compostas por:

- I. Major: 10001
- II. Minor: 1
- III. UUID: 107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2
- IV. ADV: 500ms
- V. MacAdress: FF:87:6D:60:E2:CE

- Beacon 2



Figura 26 - Posicionamento do Beacon 2

Fonte: <https://mapa.autonoma.pt/#intro> (Modificado pelos Autores)

O *beacon* 2 está localizado num corredor. Ao chegar a esta área, o utilizador pode ser orientado para os destinos Sala 13, Sala 14 e Sala 15, bem como para a conexão com o *beacon* 1.

As suas características técnicas são compostas por:

- I. Major: 10000
- II. Minor: 2
- III. UUID: 107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2
- IV. ADV: 500ms
- V. MacAdress: X

- Beacon 3



Figura 27 - Posicionamento do Beacon 3

Fonte: <https://mapa.autonoma.pt/#intro> (Modificado pelos Autores)

O beacon 3 está localizado no centro do pátio. Ao chegar a esta área, o utilizador pode ser orientado para o destino Pátio, bem como para as conexões com os beacons 1, 4, 8 e 15.

As suas características técnicas são compostas por:

- I. Major: 10001
- II. Minor: 3
- III. UUID: 107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2
- IV. ADV: 500ms
- V. MacAdress: F2:29:76:B1:E1:4D

- Beacon 4



Figura 28 - Posicionamento do Beacon 4

Fonte: <https://mapa.autonoma.pt/#intro> (Modificado pelos Autores)

O beacon 4 está localizado num corredor. Ao chegar a esta área, o utilizador pode ser orientado para os destinos Auditório 02, Auditório 03, Sala 22 e Sala 23, bem como para as conexões com os beacons 3, 5, 8 e 9.

As suas características técnicas são compostas por:

- I. Major: 10001
- II. Minor: 4
- III. UUID: 107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2
- IV. ADV: 500ms
- V. MacAdress: FD:F3:6B:A2:22:DD

- Beacon 5

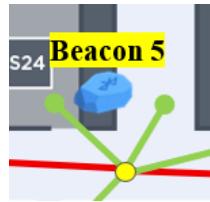


Figura 29 - Posicionamento do Beacon 5

Fonte: <https://mapa.autonoma.pt/#intro> (Modificado pelos Autores)

O *beacon 5* está localizado no centro de um corredor. Ao chegar a esta área, o utilizador pode ser orientado para os destinos Auditório 02, Gabinete de Erasmus, Sala 24 e Sala 27, bem como para as conexões com os *beacons 4* e *6*.

As suas características técnicas são compostas por:

- I. Major: 10001
- II. Miner: 5
- III. UUID: 107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2
- IV. ADV: 500ms
- V. MacAdress: EC:3B:82:29:F8:2D

- Beacon 6



Figura 30 - Posicionamento do Beacon 6

Fonte: <https://mapa.autonoma.pt/#intro> (Modificado pelos Autores)

O *beacon 6* está localizado no fim de um corredor. Ao chegar a esta área, o utilizador pode ser orientado para os destinos Sala 27, Sala 28 e Sala 29, bem como para as conexões com os *beacons 5* e *7*.

As suas características técnicas são compostas por:

- I. Major: 10001
- II. Miner: 6
- III. UUID: 107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2
- IV. ADV: 500ms
- V. MacAdress: FA:93:62:AF:62:66

- Beacon 7



Figura 31 - Posicionamento do Beacon 7

Fonte: <https://mapa.autonoma.pt/#intro> (Modificado pelos Autores)

O *beacon* 7 está localizado ao descer umas escadas. Ao chegar a esta área, o utilizador pode ser orientado para os destinos Sala 32 e Sala 33, bem como para a conexão com o *beacon* 6.

As suas características técnicas são compostas por:

- I. Major: 10000
- II. Miner: 7
- III. UUID: 107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2
- IV. ADV: 500ms
- V. MacAdress: E8:C5:D8:A6:E9:BA

- Beacon 8

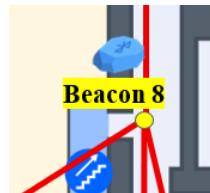


Figura 32 - Posicionamento do Beacon

Fonte: <https://mapa.autonoma.pt/#intro><sup>8</sup> (Modificado pelos Autores)

O *beacon* 8 encontra-se localizado no centro de um corredor. Ao chegar a esta área, o utilizador pode ser orientado para as conexões com os *beacons* 3, 4, 9 e 22.

As suas características técnicas são compostas por:

- I. Major: 10001
- II. Miner: 8
- III. UUID: 107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2
- IV. ADV: 500ms
- V. MacAdress: C3:8B:3B:92:A0:09

- Beacon 9

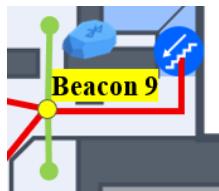


Figura 33 - Posicionamento do Beacon 9

Fonte: <https://mapa.autonoma.pt/#intro> (Modificado pelos Autores)

O beacon 9 está localizado junto a umas escadas. Ao chegar a esta área, o utilizador pode ser orientado para os destinos Associação Académica e Loja Académica, bem como para as conexões com os beacons 4, 8 e 10.

As suas características técnicas são compostas por:

- I. Major: 10001
- II. Miner: 9
- III. UUID: 107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2
- IV. ADV: 500ms
- V. MacAdress: DD:82:40:D0:83:6F

- Beacon 10

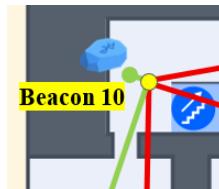


Figura 34 - Posicionamento do Beacon 10

Fonte: <https://mapa.autonoma.pt/#intro> (Modificado pelos Autores)

O beacon 10 está localizado junto a umas escadas. Ao chegar a esta área, o utilizador pode ser orientado para os destinos Bar e Cacifos, bem como para as conexões com os beacons 9, 11 e 12.

As suas características técnicas são compostas por:

- I. Major: 10000
- II. Miner: 10
- III. UUID: 107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2
- IV. ADV: 500ms
- V. MacAdress: DD:28:73:88:D8:D2

- Beacon 11

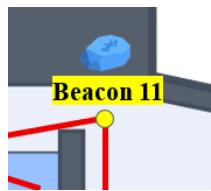


Figura 35 - Posicionamento do Beacon 11

Fonte: <https://mapa.autonoma.pt/#intro> (Modificado pelos Autores)

O *beacon* 11 está localizado na esplanada exterior. Ao chegar a esta área, o utilizador pode ser orientado para as conexões com os *beacons* 10 e 13.

As suas características técnicas são compostas por:

- I. Major: 10000
- II. Miner: 11
- III. UUID: 107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2
- IV. ADV: 500ms
- V. MacAdress: E5:12:43:87:BE:A5

- Beacon 12



Figura 36 - Posicionamento do Beacon 12

Fonte: <https://mapa.autonoma.pt/#intro> (Modificado pelos Autores)

O *beacon* 12 está localizado dentro do bar. Ao chegar a esta área, o utilizador pode ser orientado para os destinos Bar e Refeitório, bem como para as conexões com os *beacons* 10 e 13.

As suas características técnicas são compostas por:

- I. Major: 10000
- II. Miner: 12
- III. UUID: 107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2
- IV. ADV: 500ms
- V. MacAdress: C4:DF:3A:76:9C:CD

- Beacon 13

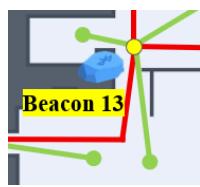


Figura 37 - Posicionamento do Beacon 13

Fonte: <https://mapa.autonoma.pt/#intro> (Modificado pelos Autores)

O *beacon* 13 encontra-se localizado junto ao refeitório. Ao chegar a esta área, o utilizador pode ser orientado para os destinos Esplanada, Refeitório e Sala dos Micro-ondas, bem como para as conexões com os *beacons* 11, 12 e 14.

As suas características técnicas são compostas por:

- I. Major: 10000
- II. Miner: 13
- III. UUID: 107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2
- IV. ADV: 500ms
- V. MacAdress: D6:71:FD:D8:53:A1

- Beacon 14



Figura 38 - Posicionamento do Beacon 14

Fonte: <https://mapa.autonoma.pt/#intro> (Modificado pelos Autores)

O *beacon* 14 encontra-se localizado entre a reprografia e as casas de banho do bar. Ao chegar a esta área, o utilizador pode ser orientado para os destinos Esplanada, Livraria e WC Bar, bem como para a conexão com o *beacon* 13.

As suas características técnicas são compostas por:

- I. Major: 10000
- II. Miner: 14
- III. UUID: 107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2
- IV. ADV: 500ms
- V. MacAdress: FE:FD:80:74:9B:00

- Beacon 15

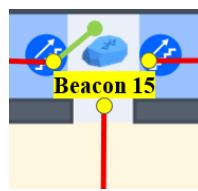


Figura 39 - Posicionamento do Beacon 15

Fonte: <https://mapa.autonoma.pt/#intro> (Modificado pelos Autores)

O *beacon* 15 encontra-se localizado junto à estátua de Camões. Ao chegar a esta área, o utilizador pode ser orientado para o destino Estátua de Camões, bem como para as conexões com os *beacons* 3, 16 e 22.

As suas características técnicas são compostas por:

- I. Major: 10001
- II. Miner: 15
- III. UUID: 107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2
- IV. ADV: 500ms
- V. MacAdress: C2:C7:83:CD:77:6E

- Beacon 16



Figura 40 - Posicionamento do Beacon 16

Fonte: <https://mapa.autonoma.pt/#intro> (Modificado pelos Autores)

O *beacon* 16 encontra-se localizado à esquerda do busto de Camões, entre duas escadas. Ao chegar a esta área, o utilizador pode ser orientado para os destinos Livros de Ponto e Sala 10, bem como para as conexões com os *beacons* 15, 17 e 19.

As suas características técnicas são compostas por:

- I. Major: 10001
- II. Miner: 16
- III. UUID: 107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2
- IV. ADV: 500ms
- V. MacAdress: F8:BE:75:76:4D:29

- Beacon 17



Figura 41 - Posicionamento do Beacon 17

Fonte: <https://mapa.autonoma.pt/#intro> (Modificado pelos Autores)

O beacon 17 encontra-se localizado junto a umas escadas. Ao chegar a esta área, o utilizador pode ser orientado para o destino Sala 18, bem como para as conexões com o beacon 16 e 18.

As suas características técnicas são compostas por:

- I. Major: 10001
- II. Miner: 17
- III. UUID: 107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2
- IV. ADV: 500ms
- V. MacAdress: C6:97:47:5A:8F:6C

- Beacon 18



Figura 42 - Posicionamento do Beacon 18

Fonte: <https://mapa.autonoma.pt/#intro> (Modificado pelos Autores)

O beacon 18 encontra-se localizado junto a umas escadas. Ao chegar a esta área, o utilizador pode ser orientado para o destino Sala 16, bem como para a conexão com o beacon 17.

As suas características técnicas são compostas por:

- I. Major: 10000
- II. Miner: 18
- III. UUID: 107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2
- IV. ADV: 500ms
- V. MacAdress: E3:1D:5F:D5:56:35

- Beacon 19

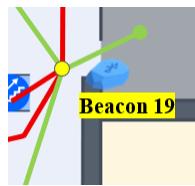


Figura 43 - Posicionamento do Beacon 19

Fonte: <https://mapa.autonoma.pt/#intro> (Modificado pelos Autores)

O *beacon* 19 encontra-se localizado junto a umas escadas. Ao chegar a esta área, o utilizador pode ser orientado para os destinos Biblioteca, GIRU, Sala 10 e Sala de Computadores, bem como para as conexões com os *beacons* 16, 20 e 21.

As suas características técnicas são compostas por:

- I. Major: 10002
- II. Miner: 19
- III. UUID: 107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2
- IV. ADV: 500ms
- V. MacAdress: F5:4B:CF:31:D5:A3

- Beacon 20



Figura 44 - Posicionamento do Beacon 20

Fonte: <https://mapa.autonoma.pt/#intro> (Modificado pelos Autores)

O *beacon* 20 encontra-se localizado num corredor. Ao chegar a esta área, o utilizador pode ser orientado para os destinos GIRU, Sala de Estudo e Sala de Computadores, bem como para as conexões com os *beacons* 19 e 37.

As suas características técnicas são compostas por:

- I. Major: 10002
- II. Miner: 20
- III. UUID: 107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2
- IV. ADV: 500ms
- V. MacAdress: F5:71:BD:7A:B9:A3

- Beacon 21



Figura 45 - Posicionamento do Beacon 21

Fonte: <https://mapa.autonoma.pt/#intro> (Modificado pelos Autores)

O *beacon* 21 encontra-se localizado entre duas escadas. Ao chegar a esta área, o utilizador pode ser orientado para os destinos Laboratórios de Psicologia, Sala 80, Sala 81, Sala 82 e Sala 83, bem como para a conexão com o *beacon* 19.

As suas características técnicas são compostas por:

- I. Major: 10003
- II. Minor: 21
- III. UUID: 107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2
- IV. ADV: 500ms
- V. MacAdress: C8:77:BE:A3:90:64

- Beacon 22



Figura 46 - Posicionamento do Beacon 22

Fonte: <https://mapa.autonoma.pt/#intro> (Modificado pelos Autores)

O *beacon* 22 encontra-se localizado à direita da estátua de Camões, entre duas escadas. Ao chegar a esta área, o utilizador pode ser orientado para as conexões com os *beacons* 8, 15 e 23.

As suas características técnicas são compostas por:

- I. Major: 10001
- II. Minor: 22
- III. UUID: 107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2
- IV. ADV: 500ms
- V. MacAdress: E2:56:6F:02:0A:DD

- Beacon 23



Figura 47 - Posicionamento do Beacon 23

Fonte: <https://mapa.autonoma.pt/#intro> (Modificado pelos Autores)

O beacon 23 encontra-se localizado junto a umas escadas. Ao chegar a esta área o utilizador pode ser orientado para as conexões com os beacons 22, 24 e 33.

As suas características técnicas são compostas por:

- I. Major: 10002
- II. Minor: 23
- III. UUID: 107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2
- IV. ADV: 500ms
- V. MacAdress: C7:68:90:86:BE:7B

- Beacon 24



Figura 48 - Posicionamento do Beacon 24

Fonte: <https://mapa.autonoma.pt/#intro> (Modificado pelos Autores)

O beacon 24 encontra-se localizado no canto de um corredor. Ao chegar a esta área, o utilizador pode ser orientado para o destino Sala 58 e para as conexões com os beacons 23, 25 e 27.

As suas características técnicas são compostas por:

- I. Major: 10002
- II. Minor: 24
- III. UUID: 107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2
- IV. ADV: 500ms
- V. MacAdress: C3:EE:4E:EC:04:FF

- Beacon 25



Figura 49 - Posicionamento do Beacon 25

Fonte: <https://mapa.autonoma.pt/#intro> (Modificado pelos Autores)

O *beacon* 25 encontra-se localizado no corredor da UAL media. Ao chegar a esta área o utilizador pode ser orientado para os destinos UAL Media e Sala 58, bem como para as conexões com os *beacons* 24, 26 e 28.

As suas características técnicas são compostas por:

- I. Major: 10002
- II. Minor: 25
- III. UUID: 107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2
- IV. ADV: 500ms
- V. MacAddress: DB:DB:2C:2A:42:D4

- Beacon 26

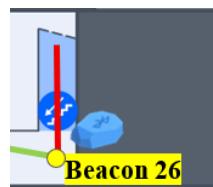


Figura 50 - Posicionamento do Beacon 26

Fonte: <https://mapa.autonoma.pt/#intro> (Modificado pelos Autores)

O *beacon* 26 está localizado junto a umas escadas. Ao chegar a esta área, o utilizador pode ser orientado para o destino Sala 56, bem como para a conexão com o *beacon* 25.

As suas características técnicas são compostas por:

- I. Major: 10003
- II. Minor: 26
- III. UUID: 107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2
- IV. ADV: 500ms
- V. MacAddress: CA:EA:BC:7D:9E:E8

- Beacon 27

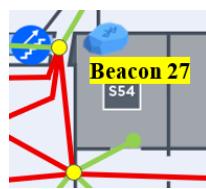


Figura 51 - Posicionamento do Beacon 27

Fonte: <https://mapa.autonoma.pt/#intro> (Modificado pelos Autores)

O *beacon* 27 está localizado no canto do corredor junto às casas de banho. Ao chegar a esta área, o utilizador pode ser orientado para os destinos Sala 57 e WC Piso 1, bem como para as conexões com os *beacons* 24 e 28.

As suas características técnicas são compostas por:

- I. Major: 10002
- II. Minor: 27
- III. UUID: 107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2
- IV. ADV: 500ms
- V. MacAdress: CB:DD:F2:E9:BD:53

- Beacon 28



Figura 52 - Posicionamento do Beacon 28

Fonte: <https://mapa.autonoma.pt/#intro> (Modificado pelos Autores)

O *beacon* 28 está localizado no início de um corredor. Ao chegar a esta área, o utilizador pode ser orientado para os destinos Sala 54, Sala 58 e Sala 59, bem como para as conexões com os *beacons* 25, 27 e 29.

As suas características técnicas são compostas por:

- I. Major: 10002
- II. Minor: 28
- III. UUID: 107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2
- IV. ADV: 500ms
- V. MacAdress: E0:62:65:E0:D4:FB

- Beacon 29



Figura 53 - Posicionamento do Beacon 29

Fonte: <https://mapa.autonoma.pt/#intro> (Modificado pelos Autores)

O beacon 29 está localizado a meio de um corredor. Ao chegar a esta área, o utilizador pode ser orientado para os destinos Sala 59, Sala 60 e Sala 61, bem como para as conexões com os beacons 28 e 30.

As suas características técnicas são compostas por:

- I. Major: 10002
- II. Minor: 29
- III. UUID: 107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2
- IV. ADV: 500ms
- V. MacAdress: FF:B2:A4:E8:07:2B

- Beacon 30

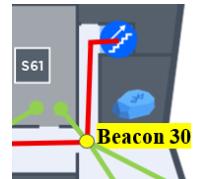


Figura 54 - Posicionamento do Beacon 30

Fonte: <https://mapa.autonoma.pt/#intro> (Modificado pelos Autores)

O beacon 30 está localizado no fim de um corredor. Ao chegar a esta área, o utilizador pode ser orientado para os destinos Sala 61, Sala 62 e Sala 63, bem como para as conexões com os beacons 29 e 31.

As suas características técnicas são compostas por:

- I. Major: 10002
- II. Minor: 30
- III. UUID: 107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2
- IV. ADV: 500ms
- V. MacAdress: EB:9E:2E:26:D8:54

- Beacon 31



Figura 55 - Posicionamento do Beacon 31

Fonte: <https://mapa.autonoma.pt/#intro> (Modificado pelos Autores)

O *beacon* 31 está localizado junto a umas escadas. Ao chegar a esta área, o utilizador pode ser orientado para as conexões com os *beacons* 30 e 32.

As suas características técnicas são compostas por:

- I. Major: 10003
- II. Minor: 31
- III. UUID: 107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2
- IV. ADV: 500ms
- V. MacAdress: F6:AD:B9:EA:40:63

- Beacon 32

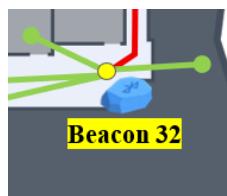


Figura 56 - Posicionamento do Beacon 32

Fonte: <https://mapa.autonoma.pt/#intro> (Modificado pelos Autores)

O *beacon* 32 está localizado no início de um corredor. Ao chegar a esta área, o utilizador pode ser orientado para os destinos Centro de Informática e Laboratórios ECC (Laboratórios de Engenharia e Ciências da Comunicação), Sala 68, Sala 69, Sala 70, bem como para a conexão com o *beacon* 31.

As suas características técnicas são compostas por:

- I. Major: 10003
- II. Minor: 32
- III. UUID: 107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2
- IV. ADV: 500ms
- V. MacAdress: FE:31:74:78:F8:C9

- Beacon 33



Figura 57 - Posicionamento do Beacon 33

Fonte: <https://mapa.autonoma.pt/#intro> (Modificado pelos Autores)

O beacon 33 está localizado num corredor junto a umas escadas. Ao chegar a esta área, o utilizador pode ser orientado para os destinos Sala 37, Sala 38, e WC Piso 2, bem como para as conexões com os beacons 23, 34 e 36.

As suas características técnicas são compostas por:

- I. Major: 10003
- II. Minor: 33
- III. UUID: 107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2
- IV. ADV: 500ms
- V. MacAdress: EB:C0:32:AE:59:7F

- Beacon 34

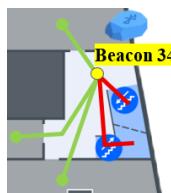


Figura 58 - Posicionamento do Beacon 34

Fonte: <https://mapa.autonoma.pt/#intro> (Modificado pelos Autores)

O beacon 34 está localizado num corredor, perto de umas escadas. Ao chegar a esta área, o utilizador pode ser orientado para os destinos Sala 39, Sala 40 e Sala 41, bem como para as conexões com os beacons 33 e 35.

As suas características técnicas são compostas por:

- I. Major: 10004
- II. Minor: 34
- III. UUID: 107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2
- IV. ADV: 500ms
- V. MacAdress: X

- Beacon 35



Figura 59 - Posicionamento do Beacon 35

Fonte: <https://mapa.autonoma.pt/#intro> (Modificado pelos Autores)

O beacon 35 está localizado num corredor, junto a umas escadas. Ao chegar a esta área, o utilizador pode ser orientado para os destinos Sala 42, Sala 44 e Sala 45, bem como para a conexão com o beacon 34.

As suas características técnicas são compostas por:

- I. Major: 10005
- II. Minor: 35
- III. UUID: 107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2
- IV. ADV: 500ms
- V. MacAdress: X

- Beacon 36



Figura 60 - Posicionamento do Beacon 36

Fonte: <https://mapa.autonoma.pt/#intro> (Modificado pelos Autores)

O beacon 36 está localizado no pátio de enfermagem. Ao chegar a esta área, o utilizador pode ser orientado para os destinos Pátio de Enfermagem e WC Piso 2, bem como para as conexões com os beacons 33, 37 e 38.

As suas características técnicas são compostas por:

- I. Major: 10003
- II. Minor: 36
- III. UUID: 107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2
- IV. ADV: 500ms
- V. MacAdress: DC:ED:EA:6E:0B:2D

- Beacon 37



Figura 61 - Posicionamento do Beacon 37

Fonte: <https://mapa.autonoma.pt/#intro> (Modificado pelos Autores)

O beacon 37 está localizado junto a umas escadas. Ao chegar a esta área, o utilizador pode ser orientado para o destino Sala 80, bem como para as conexões com os beacons 20, e 36.

As suas características técnicas são compostas por:

- I. Major: 10003
- II. Minor: 37
- III. UUID: 107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2
- IV. ADV: 500ms
- V. MacAdress: C5:14:B9:27:15:D0

- Beacon 38



Figura 62 - Posicionamento do Beacon 38

Fonte: <https://mapa.autonoma.pt/#intro> (Modificado pelos Autores)

O beacon 38 está localizado junto a umas escadas. Ao chegar a esta área, o utilizador pode ser orientado para os destinos Auditório 01 e Sala 90, bem como para a conexão com o beacon 36.

As suas características técnicas são compostas por:

- I. Major: 10004
- II. Minor: 38
- III. UUID: 107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2
- IV. ADV: 500ms
- V. MacAdress: E1:AD:34:83:56:08

## 5 Componente Prática

A fase prática deste projeto é caracterizada pelo uso de todas as bases teóricas, decisões técnicas e escolhas tecnológicas realizadas nas etapas anteriores, para a criação de um sistema funcional de navegação GPS *indoor*, adaptado às necessidades de estudantes portadores de cegueira. Ao longo deste capítulo, são descritas as principais etapas da implementação prática no sistema, os métodos aplicados em cada fase, bem como os testes realizados para validar o seu funcionamento e desempenho em ambiente real.

### 5.1. Autónoma GPS



Figura 63 - Logotipo Autónoma GPS

Fonte: Desenvolvido pelos Autores

A aplicação Autónoma GPS representa a concretização prática do sistema de navegação indoor desenvolvido neste projeto, tendo sido concebida com o propósito de apoiar estudantes portadores de cegueira na sua mobilidade dentro das instalações da UAL, disponibilizando um conjunto de funcionalidades que garantem uma orientação precisa, acessível e em tempo real. Embora tenha sido desenvolvida com foco na acessibilidade, a aplicação foi concebida de forma inclusiva, permitindo que qualquer estudante da universidade possa beneficiar das suas funcionalidades de orientação. [Figura 63]

Entre as principais funcionalidades disponibilizadas pela aplicação destacam-se a deteção automática de localização através de *beacons* BLE, o cálculo do percurso mais eficiente até ao destino selecionado, a emissão de instruções sonoras em tempo real, o fornecimento de feedback tátil e visual, a personalização de preferências de acessibilidade e idioma, bem como a disponibilização de um modo de visita guiada com conteúdos informativos sobre os espaços da universidade.

## 5.2. Estrutura Geral da Aplicação

A aplicação Autónoma GPS foi desenvolvida com base em uma arquitetura modular, organizada em camadas funcionais que asseguram a separação de responsabilidades, bem como a escalabilidade e a eficiência na manutenção do sistema.

Esta abordagem estrutural permite uma organização clara do código, promovendo a reutilização de componentes e facilitando a introdução de novas funcionalidades sem comprometer a integridade do projeto. A estrutura geral da aplicação pode ser descrita de acordo com as seguintes camadas:

1. **Camada de UI (User Interface)** – Localizada no diretório “*lib/pages/*”, esta camada é responsável por toda a apresentação visual e interação com o utilizador. Através das subpastas “*home/*”, “*navigation/*”, “*settings/*” e “*tour/*” são apresentados os ecrãs principais da aplicação e todos os elementos gráficos que compõem a experiência de navegação.
2. **Camada de Lógica do Sistema** – Representada por ficheiros como “*navigation\_manager.dart*” e “*tour\_manager.dart*”, esta camada é responsável pela gestão da navegação, controlo dos beacons, cálculo de rotas e emissão de instruções, funcionando em articulação com os dados recebidos e os eventos da interface, garantindo uma experiência dinâmica e adaptada em tempo real.
3. **Camada de Gestão de Preferências** – Incluída no diretório “*lib/helpers*”, esta camada é responsável pelo armazenamento e recuperação das preferências do utilizador, como idioma da voz, linguagem da interface e acessibilidade.
4. **Camada de Controlo de Estado** – Localizada no diretório “*lib/providers*”, esta camada é responsável pela gestão do estado global da aplicação, permitindo controlar o modo de operação e garantir a sincronização entre os diversos componentes da interface. O ficheiro “*app\_mode\_manager.dart*” atualiza a interface em tempo real sempre que ocorrem alterações no estado da aplicação.
5. **Camada de Recursos Estáticos** – Situada no diretório “*assets/*”, esta camada reúne todos os ficheiros de apoio multilingue e multisensorial utilizados pela aplicação, tais como imagens (“*images/*”), ficheiros de áudio (“*sounds/*”),

ficheiros de tradução da interface da aplicação (“*lang/*”) e os ficheiros de texto para voz (“*tts/*”).

6. **Camada de Inicialização** – Representada pelo ficheiro “*main.dart*”, esta camada é responsável pela configuração inicial da aplicação, incluindo o carregamento das preferências do utilizador, a definição do idioma padrão, a aplicação de temas e estilos globais e a definição da árvore de navegação entre páginas. Esta camada atua como ponto de entrada do sistema e garante que todos os módulos essenciais estejam corretamente preparados antes da interação com o utilizador.

Desta forma, a estrutura da aplicação foi cuidadosamente delineada para assegurar que cada componente desempenhe o seu papel específico no funcionamento global do sistema, contribuindo para uma operação eficiente, consistente e alinhada com os requisitos definidos no âmbito do projeto.

#### 5.2.1. Página de Abertura

A página de abertura, localizada no ficheiro “*splash\_screen.dart*”, corresponde ao ecrã inicial exibido durante o arranque da aplicação.

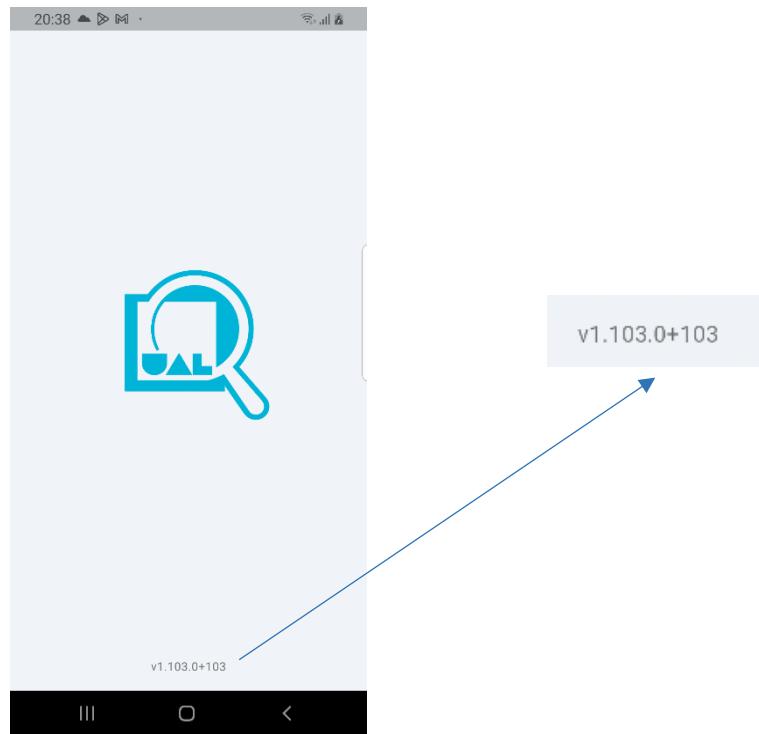


Figura 64 - Página “*splash\_screen.dart*”

Fonte: Aplicação Autónoma GPS

Durante a sua exibição, são realizadas operações de inicialização fundamentais, incluindo o carregamento da versão da aplicação, através do pacote “*package\_info\_plus*”, que obtém a versão e o número de *build* a partir da plataforma. Para as animações visuais de entrada, a aplicação recorre ao uso da classe *AnimationController*, que inclui efeitos de transição por opacidade e dimensionamento, com uma duração de cinco segundos, após os quais é executada a transição para a página principal da aplicação. [13][Figura 64]

### 5.2.2. Página Principal

A Página Principal, localizada no ficheiro “*home\_page.dart*”, constitui o ecrã central da aplicação após o arranque, funcionando como o ponto de entrada para as funcionalidades principais.

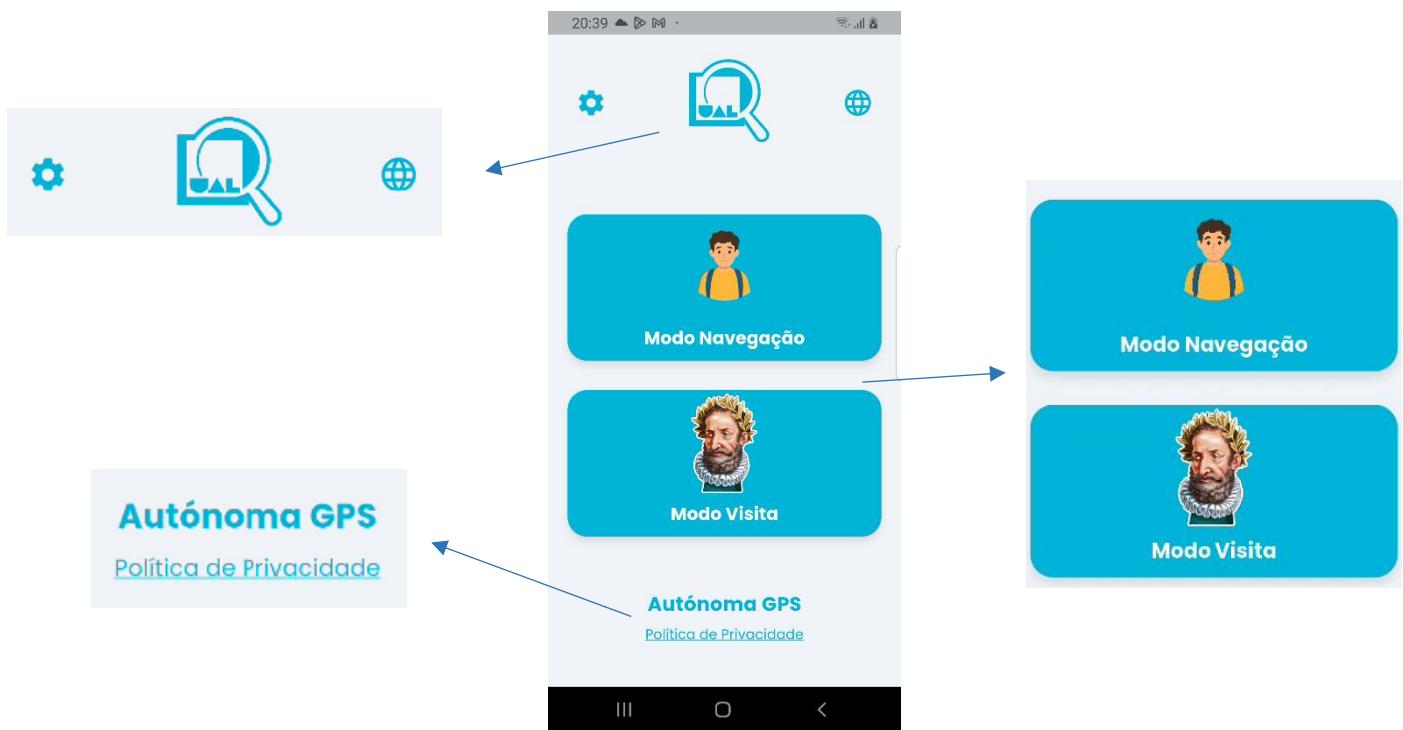


Figura 65 - Página "home\_page.dart"

Fonte: Aplicação Autónoma GPS

No topo do ecrã, encontra-se o logotipo da aplicação, tendo em cada lado dois ícones de acesso rápido: um para a página de definições (“*settings\_page.dart*”) e outro para a página de seleção de idiomas (“*language\_settings\_page*”). [Figura 65]

Na secção central do ecrã encontram-se dois botões principais, destacados por ícones ilustrativos e textos descritivos, que permitem ao utilizador selecionar entre o modo navegação

(“navigation\_page.dart”) e o modo visita. (“tour\_page.dart”), ativando previamente o modo correspondente através do *AppModeManager*.



Figura 66 - Popup Política de Privacidade

Fonte: Aplicação Autónoma GPS

Na parte inferior da página, está disponível um botão para consulta da Política de Privacidade, apresentada sob a forma de *popup*, onde são apresentados os principais termos, condições, informações de utilização e a data da última atualização. Para a elaboração desta política, foi consultado o site <https://chatbot.autonoma.pt>, tendo o conteúdo sido adaptado para responder às necessidades específicas da aplicação Autónoma GPS. [Figura 66]

Do ponto de vista técnico, os botões principais utilizam o *widget* personalizado *CustomCardButton*, que integra animações de entrada suaves através do método *TweenAnimationBuilder*, conferindo à interface uma experiência visual dinâmica e acessível.

### 5.2.3. Definições

A página das definições, implementada no ficheiro “settings\_page.dart”, engloba as opções de configuração disponíveis ao utilizador, permitindo personalizar o comportamento e a experiência da aplicação conforme as suas preferências.

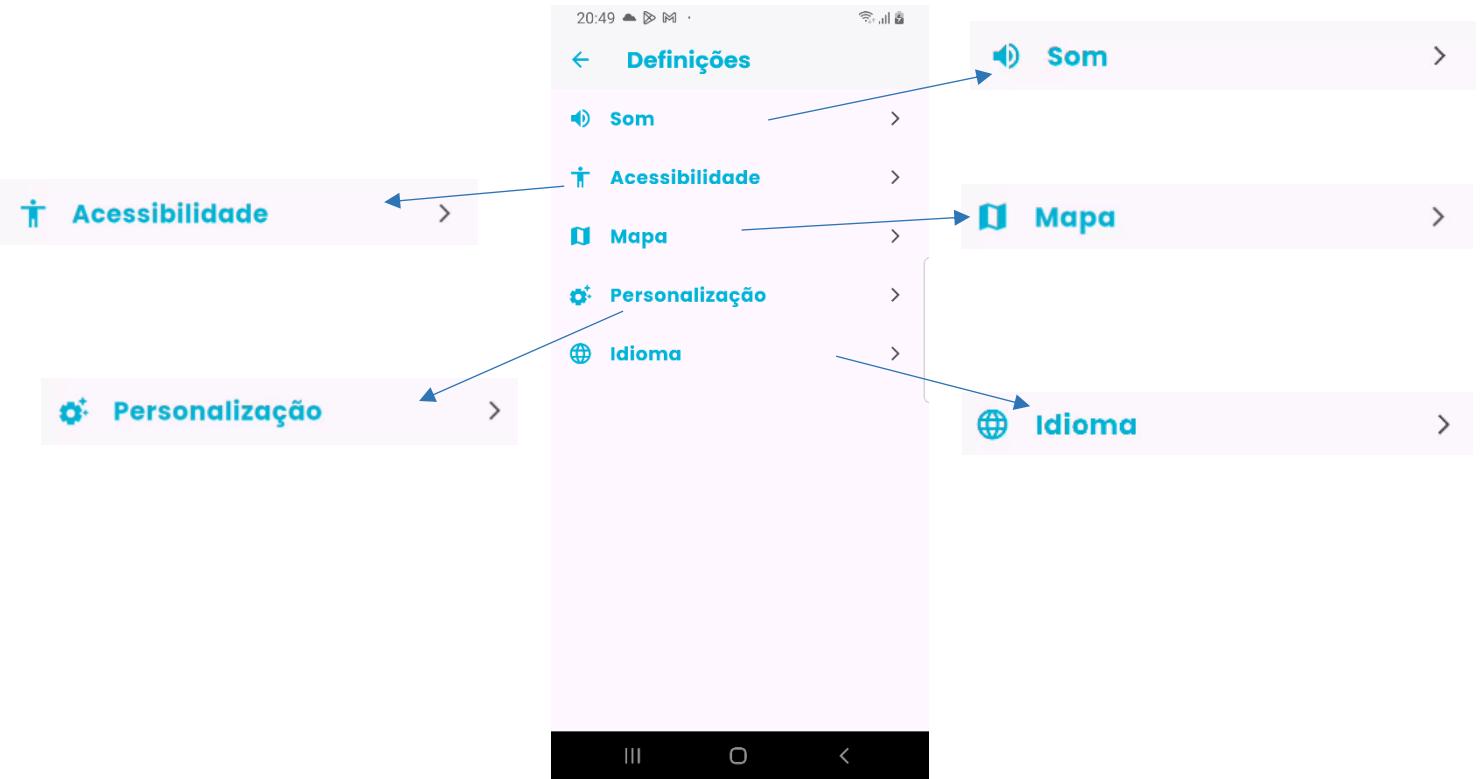


Figura 67 - Página "settings\_page.dart"

Fonte: Aplicação Autónoma GPS

Cada opção redireciona o utilizador para a respetiva subpágina, onde é possível ajustar definições específicas, como o volume e tom de voz, opções de acessibilidade, visualização do mapa, preferências visuais e o idioma da interface. Além disso, integra-se o método *AppModeManager* para assegurar a coerência do estado da aplicação durante a navegação entre as diferentes opções de configuração. [14][Figura 67]

#### 5.2.3.1. Definições de Som

A página de definições de som, implementada no ficheiro “sound\_settings\_page.dart”, permite ao utilizador configurar parâmetros sonoros e táteis da aplicação, proporcionando uma experiência personalizada e adaptada às suas necessidades. Entre as opções disponíveis encontram-se a ativação ou desativação do som e da vibração, o ajuste da velocidade e do tom de voz, bem como a seleção do idioma utilizado pelo motor de voz em TTS (Text to Speech).[4]

O idioma da voz é selecionado através de uma lista, apresentada sob a forma de *popup*, permitindo ao utilizador escolher entre os seguintes idiomas disponíveis: Português, Inglês, Espanhol, Francês, Alemão, Italiano, Holandês, Polaco, Russo e Turco. [Figura 68]

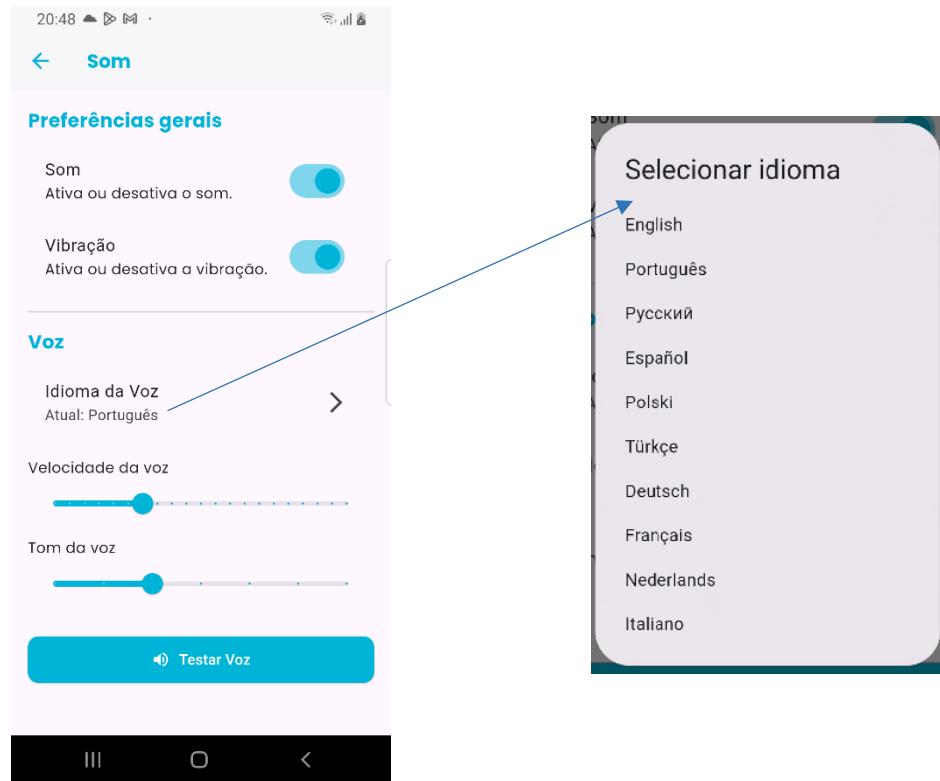


Figura 68 - Página "sound\_settings\_page.dart"

Fonte: Aplicação Autónoma GPS

As instruções e mensagens associadas a cada idioma são obtidas a partir dos ficheiros JSON (JavaScript Object Notation) armazenados no diretório “*assets/tts/*”, que incluem ficheiros como “*nav\_pt.json*”, “*nav\_en.json*”, “*nav\_es.json*”, “*nav\_fr.json*”, entre outros, assegurando que todas as interações verbais da aplicação são apresentadas na língua selecionada. [Figura 69]

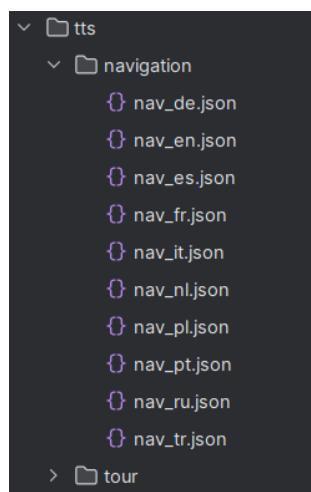


Figura 69 - Ficheiros JSON no diretório "assets/tts"

Fonte: Aplicação Autónoma GPS

### 5.2.3.2. Definições de Acessibilidade

A página de definições de acessibilidade, implementada no ficheiro “*accessibility\_settings\_page.dart*”, permite ao utilizador configurar opções relacionadas com a visão e a audição, assegurando que a aplicação se adapta a diferentes perfis de utilizadores e necessidades específicas.

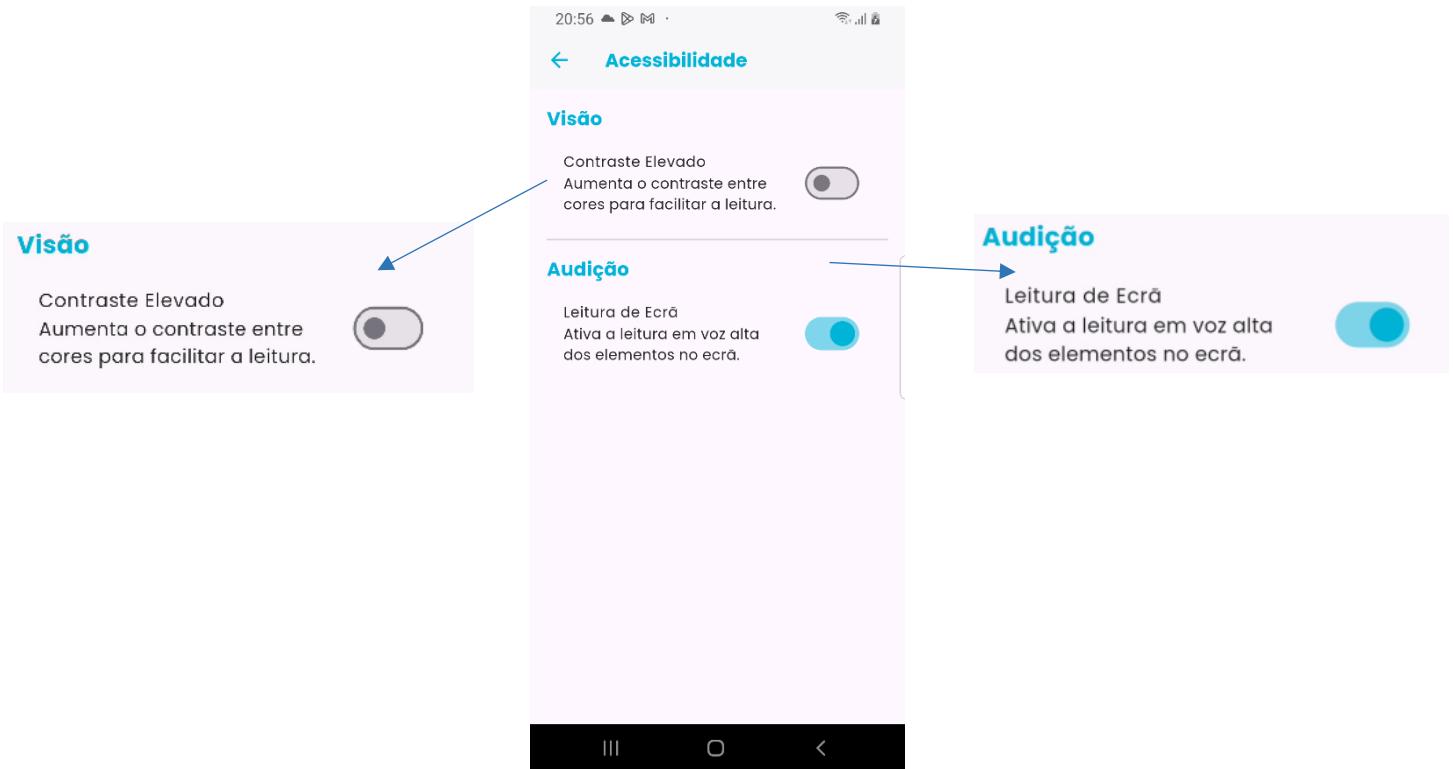


Figura 70 - Página "accessibility\_settings\_page.dart"

Fonte: Aplicação Autónoma GPS

Entre as opções disponíveis encontram-se o ajuste para contraste elevado, que aumenta a diferença entre as cores no ecrã para facilitar a leitura, e a funcionalidade de leitura de ecrã, que ativa a reprodução em voz alta dos elementos visuais, garantindo o acesso auditivo ao conteúdo textual para utilizadores com limitações visuais. [Figura 70]

### 5.2.3.3. Definições do Mapa

A página de definições de mapa, implementada no ficheiro “*map\_settings\_page.dart*”, permite ao utilizador personalizar a aparência visual do mapa apresentado na aplicação, ajustando-o às suas preferências e necessidades de acessibilidade.

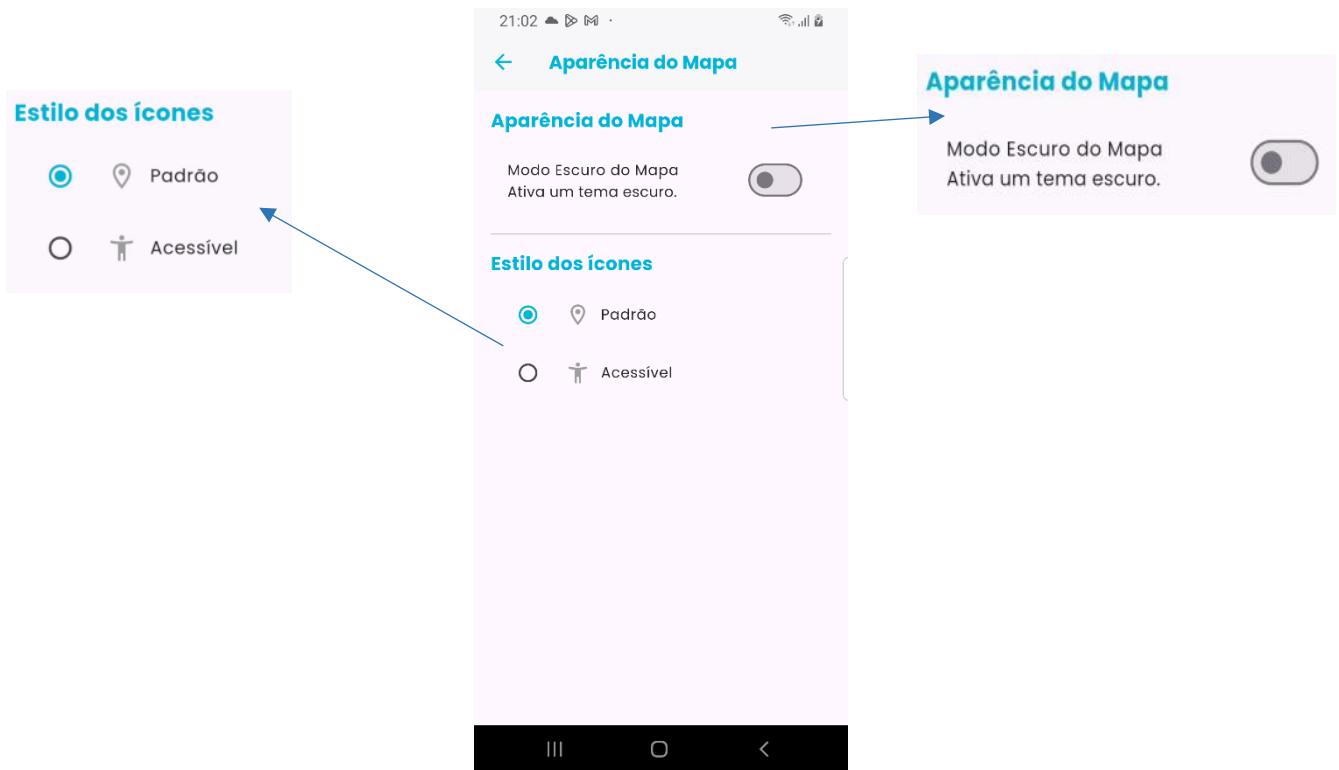


Figura 71 - Página "map\_settings\_page.dart"

Fonte: Aplicação Autónoma GPS

Entre as opções disponíveis encontra-se a ativação do modo escuro do mapa, que aplica um tema escuro para reduzir o cansaço visual e melhorar a visualização em ambientes de baixa luminosidade, bem como a seleção do estilo dos ícones, permitindo optar entre um estilo padrão, com ícones tradicionais de localização, ou um estilo acessível, com ícones mais simples e facilmente identificáveis por utilizadores com limitações visuais. [Figura 71]

#### 5.2.3.4. Definições de Personalização

A página de definições de personalização, implementada no ficheiro “personalization\_page.dart”, oferece ao utilizador a possibilidade de alternar entre o modo claro e o modo escuro da aplicação, permitindo ajustar o tema visual ao ambiente de utilização ou às suas preferências individuais. [Figura 72]

A interface apresenta um seletor intuitivo acompanhado de ícones ilustrativos que representam os modos disponíveis, garantindo que a escolha seja simples e acessível.

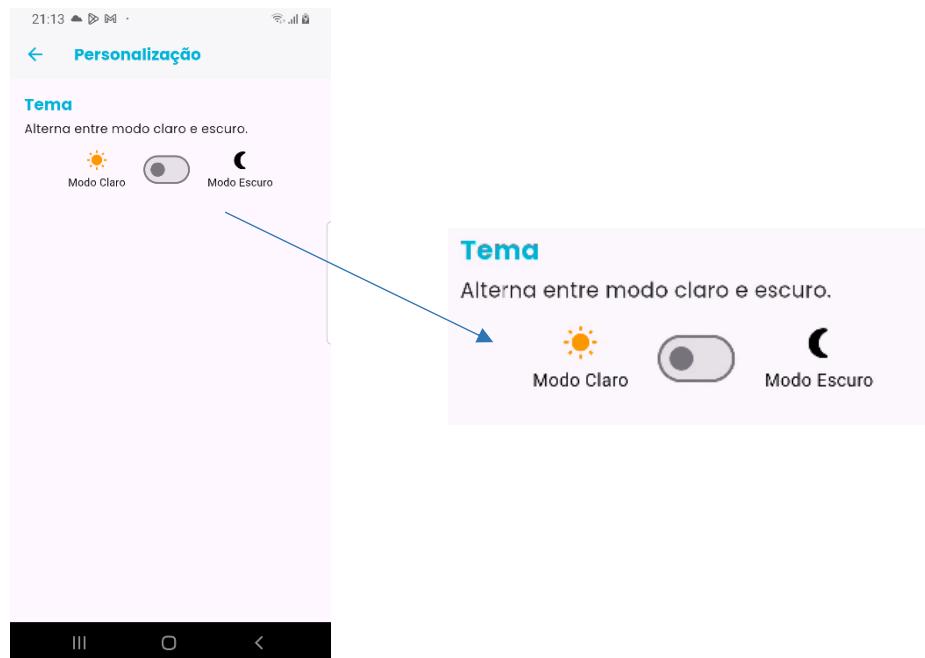


Figura 72 - Página "personalization\_settings.dart"

Fonte: Aplicação Autónoma GPS

Quando ativado, o modo escuro aplica um esquema de cores de baixo brilho, reduzindo a fadiga ocular e melhorando a experiência em condições de baixa luminosidade, enquanto o modo claro mantém um visual mais luminoso e tradicional. [Figura 73]

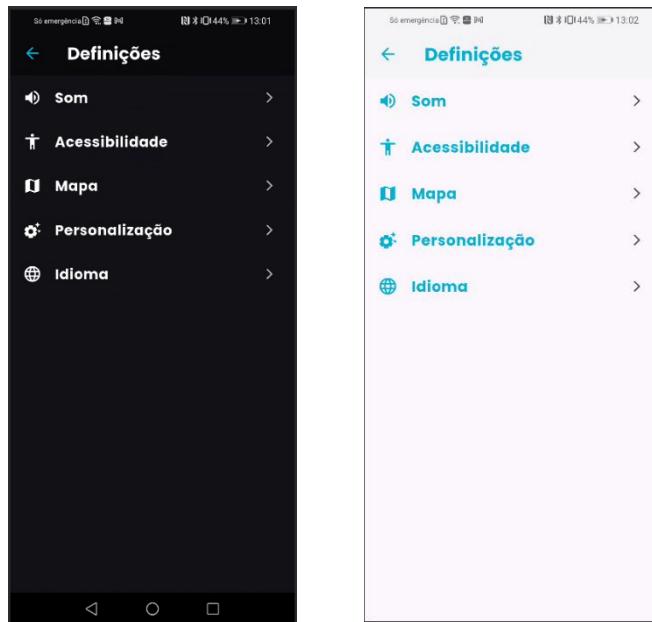


Figura 73 - Modo Claro e Modo Escuro na Aplicação

Fonte: Aplicação Autónoma GPS

A alternância entre modos é gerida pelo método `toggleTheme()` do `AppModeManager`, assegurando que a transição de tema ocorre de forma dinâmica e sem necessidade de reinício. [Figura 73]

#### 5.2.3.5. Definições de Idioma

A página de definições de idioma, implementada no ficheiro “`language_settings_page.dart`”, permite ao utilizador selecionar o idioma preferencial para a interface da aplicação, garantindo uma experiência totalmente adaptada às suas necessidades linguísticas.

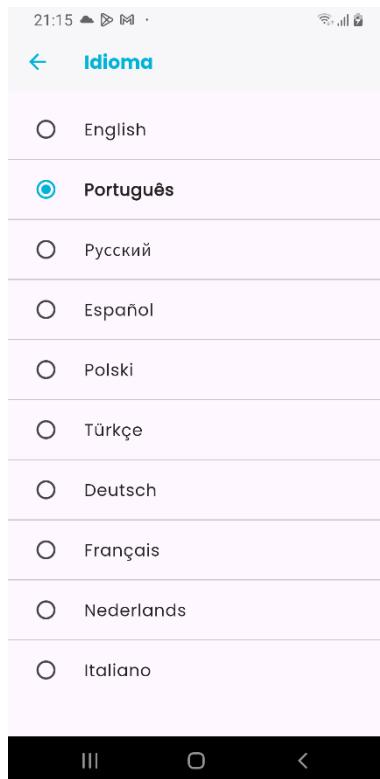


Figura 74 - Página "language\_settings\_page.dart"

Fonte: Aplicação Autónoma GPS

A interface apresenta uma lista de idiomas suportados, incluindo Português, Inglês, Espanhol, Francês, Alemão, Italiano, Russo, Holandês, Polaco e Turco, acessíveis através de botões do tipo `RadioListTile` que permitem alternar facilmente entre as opções disponíveis. [Figura 74]

Uma vez selecionado, o idioma é imediatamente aplicado em toda a aplicação, atualizando textos, botões, mensagens e instruções nos ecrãs principais, como os modos de navegação e de visita, sem necessidade de reinício.

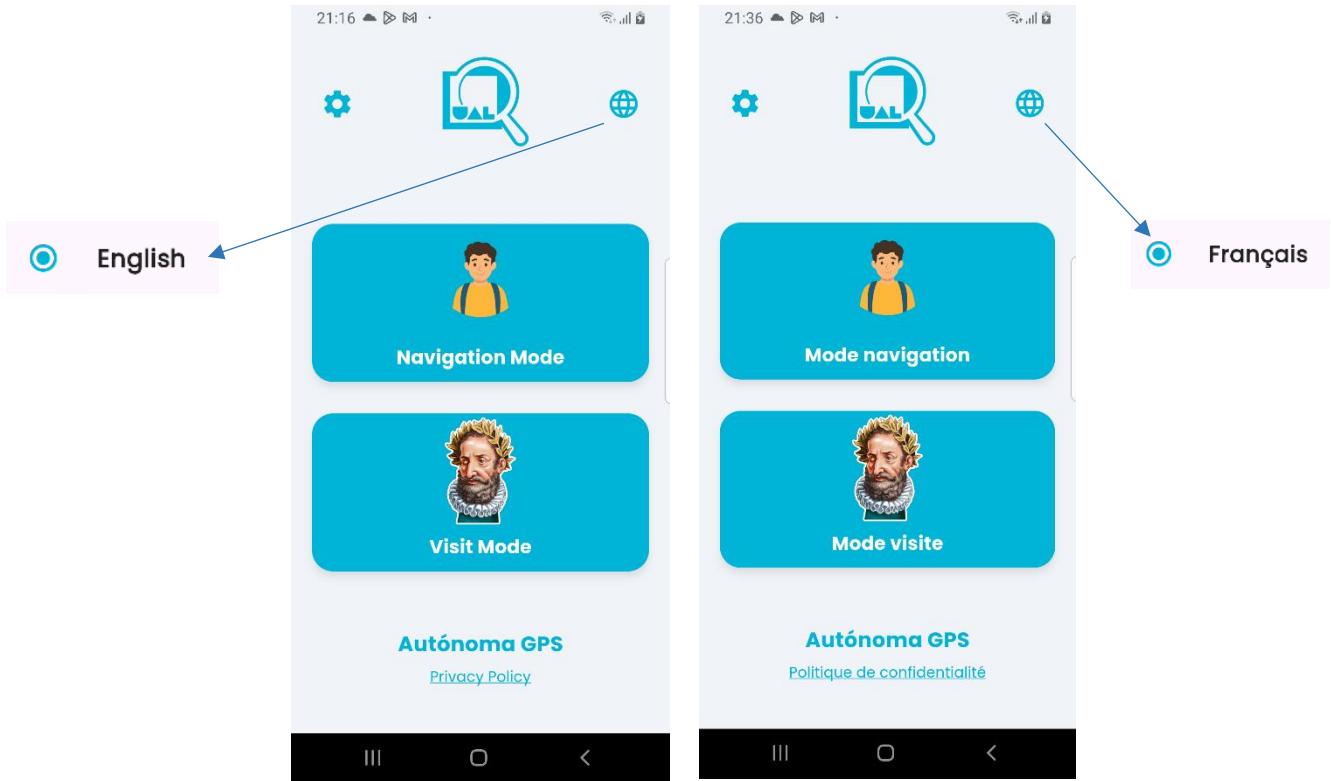


Figura 75 - Tradução da Interface para Inglês e Francês

Fonte: Aplicação Autónoma GPS

A implementação recorre ao uso do pacote “*easy\_localization*”, que assegura a gestão eficiente das traduções e garante que a escolha linguística feita pelo utilizador nesta página seja refletida de forma uniforme e automática em todas as restantes páginas e componentes do sistema. Todo o conteúdo traduzido encontra-se armazenado em ficheiros JSON localizados no diretório “*assets/lang/*”, nomeadamente “*de.json*”, “*en.json*”, “*es.json*”, “*fr.json*”, “*it.json*”, “*nl.json*”, “*pl.json*”, “*pt.json*”, “*ru.json*” e “*tr.json*”, que contêm as traduções específicas de cada texto da interface da aplicação. [16]

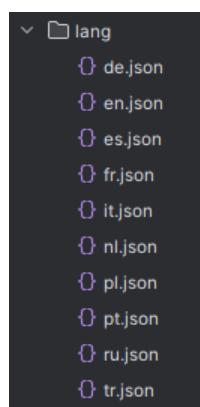


Figure 76 - Ficheiros JSON no diretório "assets/lang/"

Fonte: Aplicação Autónoma GPS

#### 5.2.4. Preferências do Utilizador

A gestão das preferências do utilizador na aplicação Autónoma GPS é realizada através da classe *PreferencesHelper*, que atua como uma camada de ligação ao pacote *SharedPreferences*, assegurando o armazenamento local e persistente das configurações personalizadas no dispositivo do utilizador.

Este processo organiza-se num ciclo de preferências composto pelas seguintes etapas:

1. **Gravação das Preferências** – Através dos métodos “*saveSoundSettings()*”, “*saveLanguageCode*” e “*saveFavorites()*”, são registadas as preferências do utilizador no menu das definições ou na seleção de favoritos.
2. **Armazenamento Local** – As preferências registadas são armazenadas localmente no dispositivo, garantindo que permanecem disponíveis mesmo após o encerramento ou reinício da aplicação, sem necessidade de ligação a servidores externos.
3. **Recuperação Automática** – No arranque da aplicação, os métodos “*saveSoundSettings()*”, “*saveLanguageCode*” e “*saveFavorites()*”, são invocados para recuperar as configurações guardadas, permitindo reconstituir automaticamente o estado personalizado da interface e do sistema.

Quando necessário, o utilizador pode redefinir seletivamente determinadas preferências, assegurando controlo total sobre os dados pessoais armazenados e permitindo ajustar a experiência às suas necessidades atuais.

#### 5.2.5. Modo de Navegação

O Modo de Navegação constitui uma das principais funcionalidades da aplicação Autónoma GPS, tendo como objetivo orientar o utilizador de forma eficiente e acessível entre os vários pontos do interior da UAL. Este modo foi concebido especificamente para responder às necessidades de estudantes portadores de cegueira, garantindo percursos claros, objetivos e devidamente assistidos por instruções sonoras, tendo sido igualmente adaptado para beneficiar todos os estudantes da universidade, independentemente das suas necessidades específicas.

A lógica de funcionamento combina a deteção de beacons BLE instalados no edifício com o cálculo dinâmico de rotas, aplicando algoritmos de otimização que consideram não apenas o menor percurso, mas também aspetos de acessibilidade, como a presença de degraus e alternativas planas.

#### 5.2.5.1. Página de Seleção de Destino

A Página de seleção de destino, implementada no ficheiro "navigation\_map\_selector\_page.dart", constitui o ponto de entrada para a utilização prática do modo de navegação na aplicação Autónoma GPS. Esta interface permite ao utilizador selecionar o destino desejado, iniciar a navegação e, opcionalmente, personalizar os seus destinos favoritos para acessos futuros mais rápidos. [Figura 77]

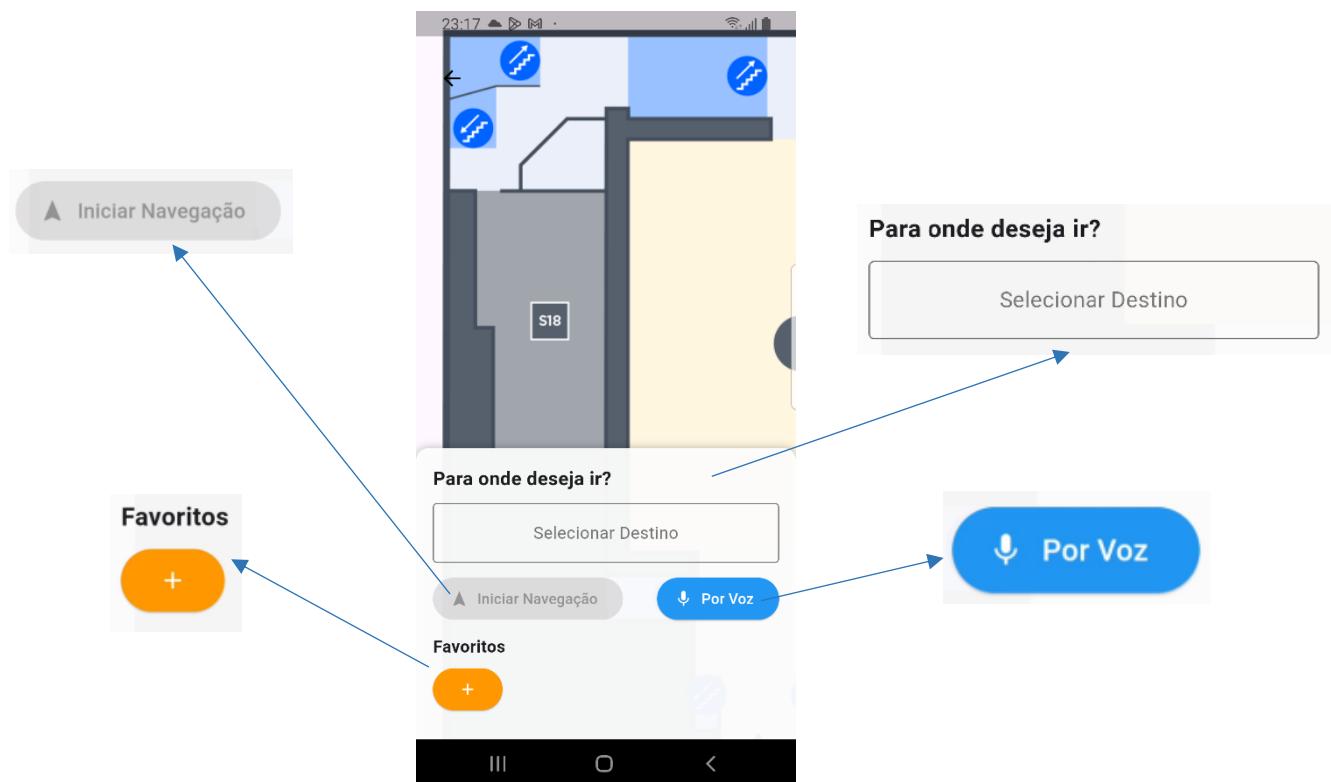


Figura 77 - Página "navigation\_page.dart"

Fonte: Aplicação Autónoma GPS

Ao aceder a esta página, o utilizador encontra:

- **Campo de Seleção de Destino** – Apresenta uma lista estruturada, em formato *popup*, onde os destinos disponíveis são agrupados e organizados dinamicamente por piso e em ordem alfabética, permitindo ao utilizador percorrer facilmente as opções e selecionar manualmente o local pretendido. Além disso, o sistema filtra automaticamente entradas inválidas ou repetidas, assegurando que apenas destinos válidos e relevantes sejam exibidos ao utilizador.

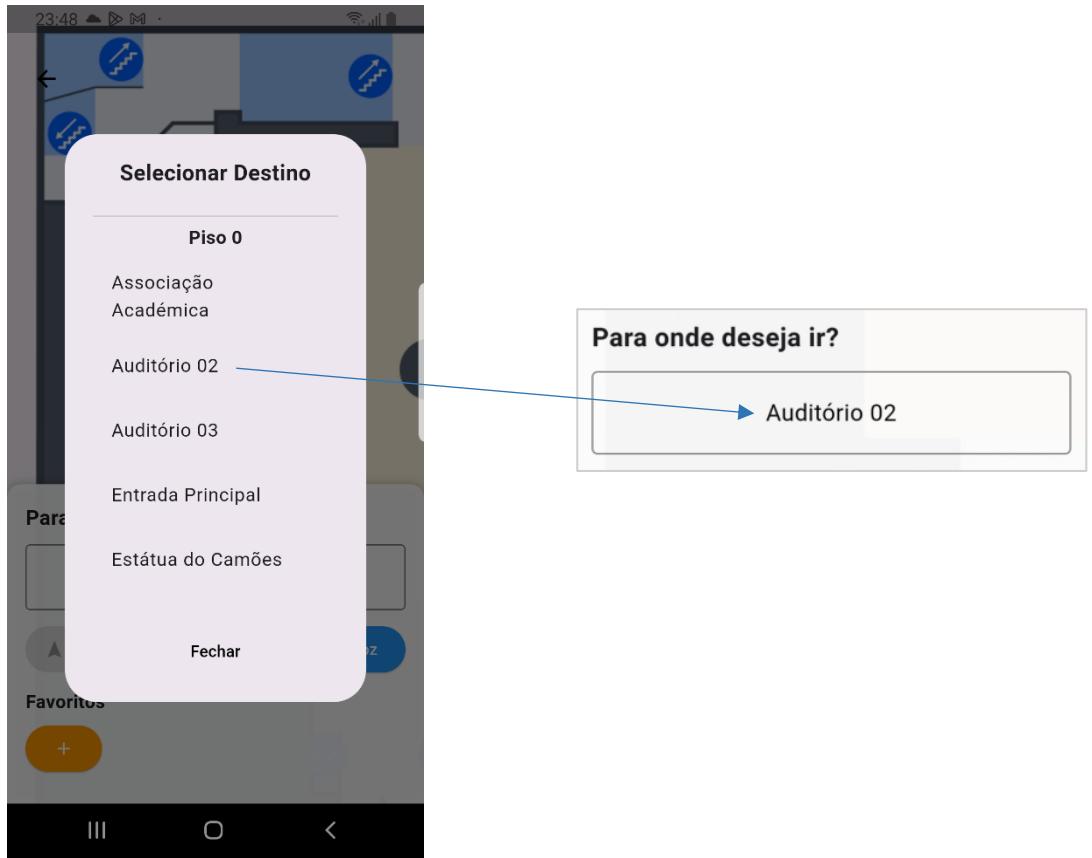


Figura 78 - Popup de Seleção de Destino

Fonte: Aplicação Autónoma GPS

Os dados apresentados neste campo são carregados diretamente dos ficheiros JSON da aplicação, onde são recolhidos todos os destinos pertencentes a cada *beacon*.

- **Botão de Navegação por Voz** - Permite ativar o reconhecimento de voz integrado, através do qual o utilizador pode indicar verbalmente o destino pretendido, recorrendo ao pacote "*speech\_to\_text*" que capta, processa e converte a fala em texto.

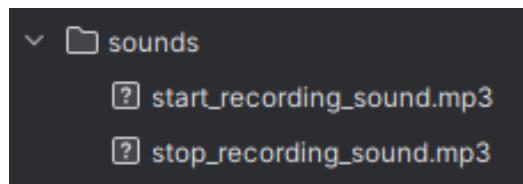


Figura 79 - Ficheiros mp3 de Inicio e Fim de Gravação

Fonte: Aplicação Autónoma GPS

Quando pressionado, o sistema inicia a escuta ativa, utilizando sons de início e fim de gravação, localizados no diretório "assets/sounds/", para sinalizar ao utilizador o momento exato em que deve falar. É realizada uma normalização do texto, retirando acentos e convertendo para minúsculas, e realizando a posterior comparação com os comandos disponíveis carregados a partir do ficheiro JSON. [Figura 79][Figura80]

```
"voice_commands": {  
    "auditório 01": "Auditório 01",  
    "auditório 02": "Auditório 02",  
    "auditório 03": "Auditório 03",  
    "associação académica": "Associação Académica",  
    "bar": "Bar",  
    "biblioteca": "Biblioteca",  
    "cacificos": "Cacificos",  
    "centro de informática": "Centro de Informática",  
    "entrada principal": "Entrada Principal",
```

Figure 80 - Comandos de Voz Disponíveis no Ficheiro JSON

Fonte: Aplicação Autónoma GPS

Além disso, quando esta funcionalidade é utilizada pela primeira vez, a aplicação solicita autorização de acesso ao microfone, garantindo conformidade com as normas de privacidade e reforçando a transparência no uso dos recursos do dispositivo. [Figura 81]

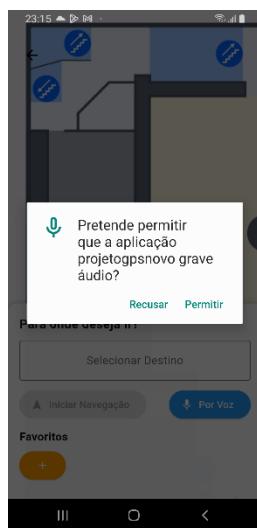


Figura 81 - Autorização de Acesso ao Microfone

Fonte: Aplicação Autónoma GPS

- **Painel de Favoritos** – Disponibiliza um painel, em formato de *popup*, dedicado à gestão de destinos favoritos, que permite ao utilizador adicionar rapidamente salas ou locais frequentemente utilizados, diretamente a partir da lista de destinos disponíveis. Uma vez adicionados, estes favoritos ficam destacados na interface principal como botões de acesso rápido, facilitando a seleção imediata sem necessidade de nova pesquisa e permitindo também a sua remoção com um simples toque no ícone associado. [Figura 82]

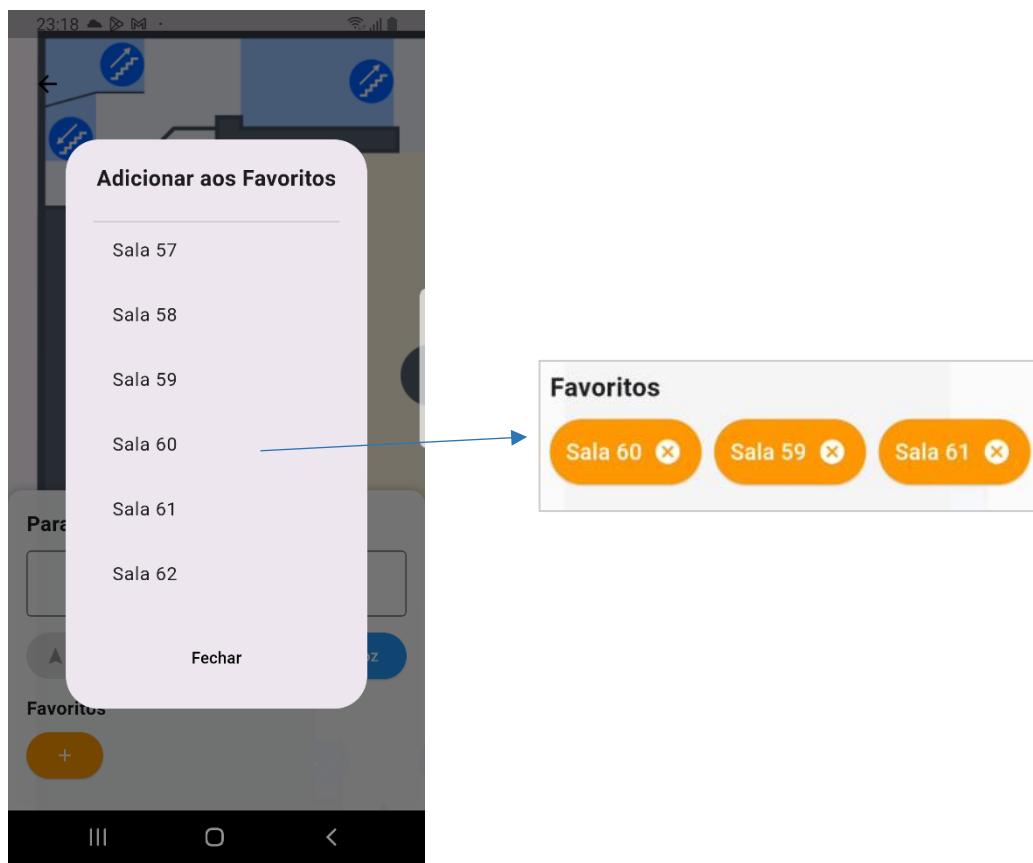


Figura 82 - Pop-up de Seleção de Favoritos

Fonte: Aplicação Autónoma GPS

- **Botão de Iniciar Navegação** – Após a seleção de um destino válido, seja manualmente ou por comando de voz, o botão de iniciar navegação é ativado, permitindo ao utilizador iniciar o percurso assistido, desencadeando o cálculo da rota mais curta. [Figura 83]

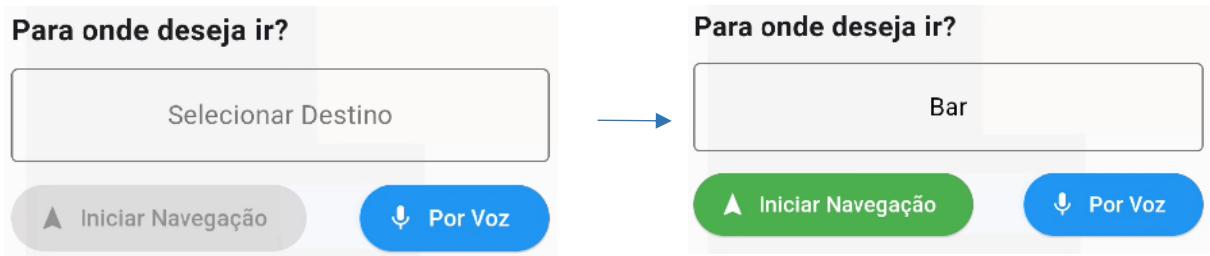


Figura 83 – Botão de Iniciar Navegação Ativo

Fonte: Aplicação Autónoma GPS

#### 5.2.5.2. Página de Navegação Ativa

Com o início da navegação, é apresentada a página de navegação ativa, que funciona como o painel principal de acompanhamento do percurso até ao destino selecionado. Esta página é constituída por uma combinação de elementos visuais e sonoros que orientam o utilizador em tempo real, garantindo uma experiência acessível, clara e intuitiva.

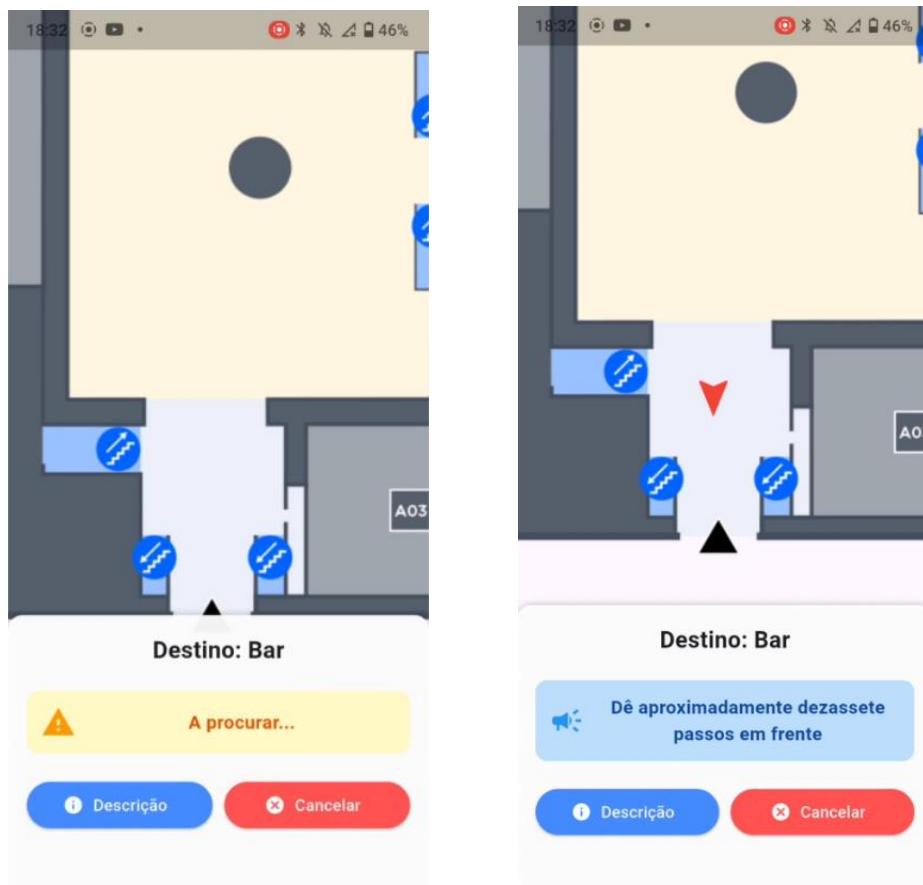


Figura 84 – Página de Navegação Ativa

Fonte: Aplicação Autónoma GPS

Entre os principais elementos visuais que compõem esta página destacam-se:

- **Mapa Interativo** – Exibe uma representação visual simplificada do percurso no espaço da universidade, permitindo ao utilizador acompanhar a sua posição atual e a rota até ao destino.
- **Seta de Orientação Dinâmica** - Indica de forma clara a direção a seguir, atualizando-se automaticamente em função dos sinais recebidos e do cálculo de rota em tempo real.
- **Botão de Descrição** – Botão que fornece uma descrição detalhada do local à volta do utilizador.
- **Botão de Cancelar** – Botão que serve para o cancelamento da navegação.

#### *5.2.5.3. Lógica de Funcionamento do Modo de Navegação*

Toda a lógica associada à página de navegação ativa foi organizada de forma modular, distribuída entre dois ficheiros principais: "*navigation\_manager.dart*" e "*navigation\_scan.dart*", com o objetivo de dividir as tarefas tornando o código mais organizado e limpo.

O ficheiro "*navigation\_manager.dart*" é responsável pela lógica central de navegação atuando como o "cérebro" do sistema, gerindo toda a informação necessária para calcular as rotas, processar os dados dos *beacons* e fornecer as instruções corretas ao utilizador. As suas principais responsabilidades incluem:

- **Gestão e Armazenamento dos Dados dos Beacons** – O ficheiro contém as listas e mapas que associam cada *beacon* através dos identificadores UUID, *major* e *minor* a um local físico específico dentro da universidade. [Figura 85]
- **Construção do Grafo de Rotas** – Com base no mapeamento realizado, é dada a criação de um grafo em que cada nó representa um *beacon* e cada aresta representa uma ligação possível entre beacons.
- **Implementação do Algoritmo de Dijkstra** – Este ficheiro implementa o algoritmo de Dijkstra para calcular o caminho mais curto entre o *beacon* de origem e o *beacon* de destino.

```

class NavigationManager {
    final Map<BeaconInfo, String> beaconLocations = {
        BeaconInfo('107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2', 10001, 1, 'FF:87:6D:60:E2:CE'): 'Beacon 1',
        BeaconInfo('107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2', 10001, 3, 'F2:29:76:B1:E1:4D'): 'Beacon 3',
        BeaconInfo('107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2', 10001, 4, 'FD:F3:6B:A2:22:DD'): 'Beacon 4',
        BeaconInfo('107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2', 10001, 5, 'EC:3B:82:29:F8:2D'): 'Beacon 5',
        BeaconInfo('107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2', 10001, 6, 'FA:93:62:AF:62:66'): 'Beacon 6',
        BeaconInfo('107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2', 10000, 7, 'E8:C5:D8:A6:E9:BA'): 'Beacon 7',
        BeaconInfo('107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2', 10001, 8, 'C3:8B:3B:92:A0:09'): 'Beacon 8',
        BeaconInfo('107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2', 10001, 9, 'DD:82:40:D0:83:6F'): 'Beacon 9',
        BeaconInfo('107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2', 10000, 10, 'DD:28:73:88:D8:D2'): 'Beacon 10',
        BeaconInfo('107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2', 10000, 11, 'E5:12:43:87:BE:A5'): 'Beacon 11',
        BeaconInfo('107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2', 10000, 12, 'C4:DF:3A:76:9C:CD'): 'Beacon 12',
        BeaconInfo('107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2', 10000, 13, 'D6:71:FD:D8:53:A1'): 'Beacon 13',
        BeaconInfo('107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2', 10000, 14, 'FE:FD:80:74:9B:00'): 'Beacon 14',
        BeaconInfo('107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2', 10001, 15, 'C2:C7:83:CD:77:6E'): 'Beacon 15',
        BeaconInfo('107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2', 10001, 16, 'F8:BE:75:76:4D:29'): 'Beacon 16',
        BeaconInfo('107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2', 10001, 17, 'C6:97:47:5A:8F:6C'): 'Beacon 17',
        BeaconInfo('107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2', 10000, 18, 'E3:1D:5F:D5:56:35'): 'Beacon 18',
        BeaconInfo('107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2', 10002, 19, 'F5:4B:CF:31:D5:A3'): 'Beacon 19',
        BeaconInfo('107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2', 10002, 20, 'F5:71:BD:7A:B9:A3'): 'Beacon 20',
        BeaconInfo('107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2', 10003, 21, 'C8:77:BE:A3:90:64'): 'Beacon 21',
        BeaconInfo('107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2', 10001, 22, 'E2:56:6F:02:0A:DD'): 'Beacon 22',
        BeaconInfo('107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2', 10002, 23, 'C7:68:90:86:BE:7B'): 'Beacon 23',
        BeaconInfo('107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2', 10002, 24, 'C3:EE:4E:EC:04:FF'): 'Beacon 24',
        BeaconInfo('107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2', 10002, 25, 'DB:DB:2C:2A:42:D4'): 'Beacon 25',
        BeaconInfo('107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2', 10003, 26, 'CA:EA:BC:7D:9E:E8'): 'Beacon 26',
        BeaconInfo('107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2', 10002, 27, 'CB:DD:F2:E9:BD:53'): 'Beacon 27',
        BeaconInfo('107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2', 10002, 28, 'E0:62:65:E0:D4:FB'): 'Beacon 28',
        BeaconInfo('107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2', 10002, 29, 'FF:B2:A4:E8:07:2B'): 'Beacon 29',
        BeaconInfo('107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2', 10002, 30, 'EB:9E:2E:26:D8:54'): 'Beacon 30',
        BeaconInfo('107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2', 10003, 31, 'F6:AD:B9:EA:40:63'): 'Beacon 31',
        BeaconInfo('107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2', 10003, 32, 'FE:31:74:78:F8:C9'): 'Beacon 32',
        BeaconInfo('107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2', 10003, 33, 'EB:C0:32:AE:59:7F'): 'Beacon 33',
        BeaconInfo('107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2', 10003, 36, 'DC:ED:EA:6E:0B:2D'): 'Beacon 36',
        BeaconInfo('107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2', 10003, 37, 'C5:14:B9:27:15:D0'): 'Beacon 37',
        BeaconInfo('107e0a13-90f3-42bf-b980-181d93c3ccd2', 10004, 38, 'E1:AD:34:83:56:08'): 'Beacon 38',
    };
}

```

Figura 85 – Gestão e Armazenamento dos Beacons no Ficheiro "navigation\_manager.dart"

Fonte: Aplicação Autónoma GPS

O ficheiro "*navigation\_scan.dart*" é responsável por toda a interação em tempo real com o utilizador durante a navegação, atuando como ligação entre a lógica central definida no "*navigation\_manager.dart*" e a interface gráfica e sonora que o utilizadorexpérience diretamente. As suas principais responsabilidades incluem:

- **Iniciação e Monitorização do Scanner BLE** - Este ficheiro utiliza a biblioteca *flutter\_blue* para ativar o Bluetooth do dispositivo e procurar sinais de beacons BLE próximos, comparando constantemente os sinais recebidos com os dados fornecidos pelo "*navigation\_manager.dart*" (UUID, major, minor) para identificar qual o *beacon* mais próximo do utilizador.
- **Emissão de Instruções Sonoras** - Com o apoio da biblioteca *flutter\_tts*, o "*navigation\_scan.dart*" carrega as instruções pertencentes aos ficheiros JSON dentro do diretório "*assets/tts/*" em mensagens de voz claras e audíveis, orientando o utilizador em cada etapa do percurso. [15][Figura 86]

```
"Beacon 18": {
    "beacon_floor": "-1",
    "beacon_description": "Nesta área encontra-se a sala 16 à sua frente.",
    "beacon_destinations": ["Sala 16"],
    "beacon_connections": ["Beacon 17"],
    "beacon_instructions": {

        "Beacon 17-Beacon 18-Sala 16": "Vire à direita, dê aproximadamente 5 passos e chegará ao seu destino: sala 16",
        "Beacon 18-Sala 16": "Dê aproximadamente 5 passos em direção à sala 16 e chegará ao seu destino: sala 16",

        "Beacon 18-Beacon 17": "Encontre umas escadas, suba quatros degraus seguidos de mais doze degraus"
    }
},
```

Figura 86 - Instruções Sonoras do Beacon 18

Fonte: Aplicação Autónoma GPS

- **Gestão do Estado de Navegação** - Este ficheiro monitoriza continuamente se o utilizador está a seguir corretamente o percurso e caso seja detetado que o utilizador se desviou, aciona o pedido de recálculo de rota.

Neste contexto, o modo de navegação segue um ciclo contínuo: após o utilizador selecionar o destino, o sistema inicia a procura ativa pelos beacons, identificando a posição inicial. Com o percurso calculado pelo "*navigation\_manager.dart*", o "*navigation\_scan.dart*" orienta o utilizador em tempo real através de instruções sonoras e visuais, monitorizando continuamente a proximidade a novos beacons e recalculando automaticamente a rota caso seja detetado um desvio. Ao chegar ao destino, o sistema emite uma mensagem final, encerra a navegação e desativa o *scanner* BLE, concluindo o ciclo.

## 5.2.6. Modo de Visita

O Modo de Visita Guiada constitui uma das principais funcionalidades da aplicação Autónoma GPS, tendo sido desenvolvido com o objetivo de proporcionar aos utilizadores uma experiência interativa e acessível pelos pontos mais emblemáticos da UAL. Este modo foi pensado não apenas como uma ferramenta de orientação espacial, mas também como um recurso educativo e cultural, permitindo que os utilizadores conheçam a história, os espaços e as curiosidades da instituição através de um percurso pré-definido.

### 5.2.6.1. Página de Seleção de Visita

Com o início do Modo Visita Guiada, é apresentada a página "*tour\_page.dart*" dedicada a esta funcionalidade, que funciona como o painel principal de acompanhamento do percurso pré-definido pela aplicação. Esta página introduz o utilizador à visita guiada através de uma interface clara e acessível, oferecendo duas opções principais.

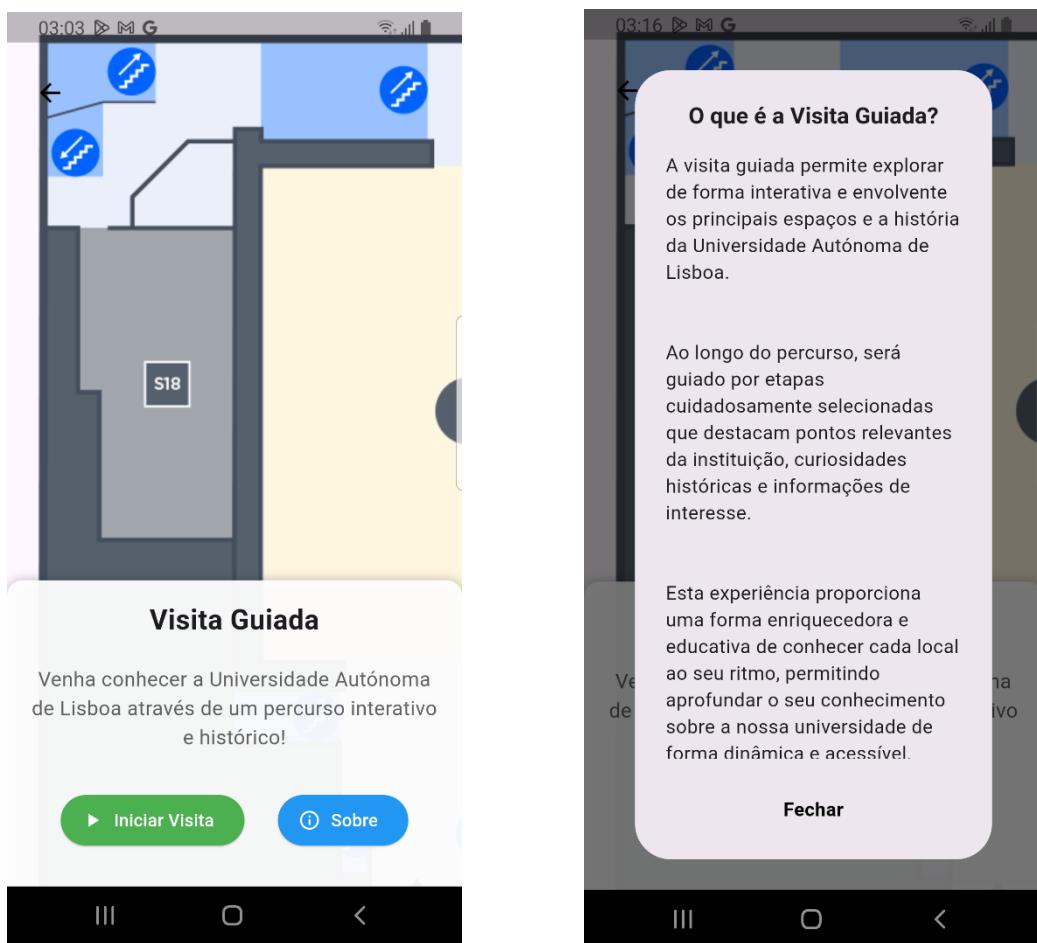


Figura 87 - Página "*tour\_page.dart*"

Fonte: Aplicação Autónoma GPS

- **Iniciar Visita** – Botão verde que dá início ao percurso guiado, ativando automaticamente a deteção de beacons e o fornecimento de informações históricas e descriptivas sobre cada ponto de interesse;
- **Sobre** – Botão azul que apresenta uma breve explicação sobre o objetivo e funcionamento da visita guiada, destacando a oportunidade de conhecer os espaços e a história da UAL de forma interativa e educativa.

A página inclui ainda uma breve descrição introdutória no ecrã, reforçando a proposta do modo: convidar o utilizador a explorar a universidade através de um percurso dinâmico e acessível.

#### *5.2.6.2. Página da Visita Guiada*

Após iniciar a visita, é apresentada a página ativa da Visita Guiada, que funciona como o painel principal de acompanhamento do percurso guiado. Esta página tem como objetivo fornecer informações em tempo real sobre o ponto onde o utilizador se encontra, as instruções para o próximo local e o estado geral do processo.

Os principais elementos desta página são:

- **Pontos da Visita Guiada** – Indicam o nome do local de interesse da facultade onde o utilizador se encontra no momento.
- **Mensagens Históricas** – Descrições informativas e culturais associadas a cada ponto de interesse visitado. Estas mensagens fornecem contexto histórico, curiosidades ou informações relevantes sobre o espaço, enriquecendo a experiência do utilizador.
- **Instruções entre Conexões** - São as indicações práticas para se deslocar entre os diferentes pontos do percurso.
- **Estado de procura** - Enquanto a aplicação tenta detetar o beacon seguinte, surge a mensagem “*A procurar...*” em fundo amarelo, alertando o utilizador de que está em curso a identificação do próximo ponto de interesse.
- **Botão Cancelar Visita** - Localizado na parte inferior, em vermelho, permite ao utilizador terminar a visita guiada a

qualquer momento, garantindo total controlo sobre a experiência.

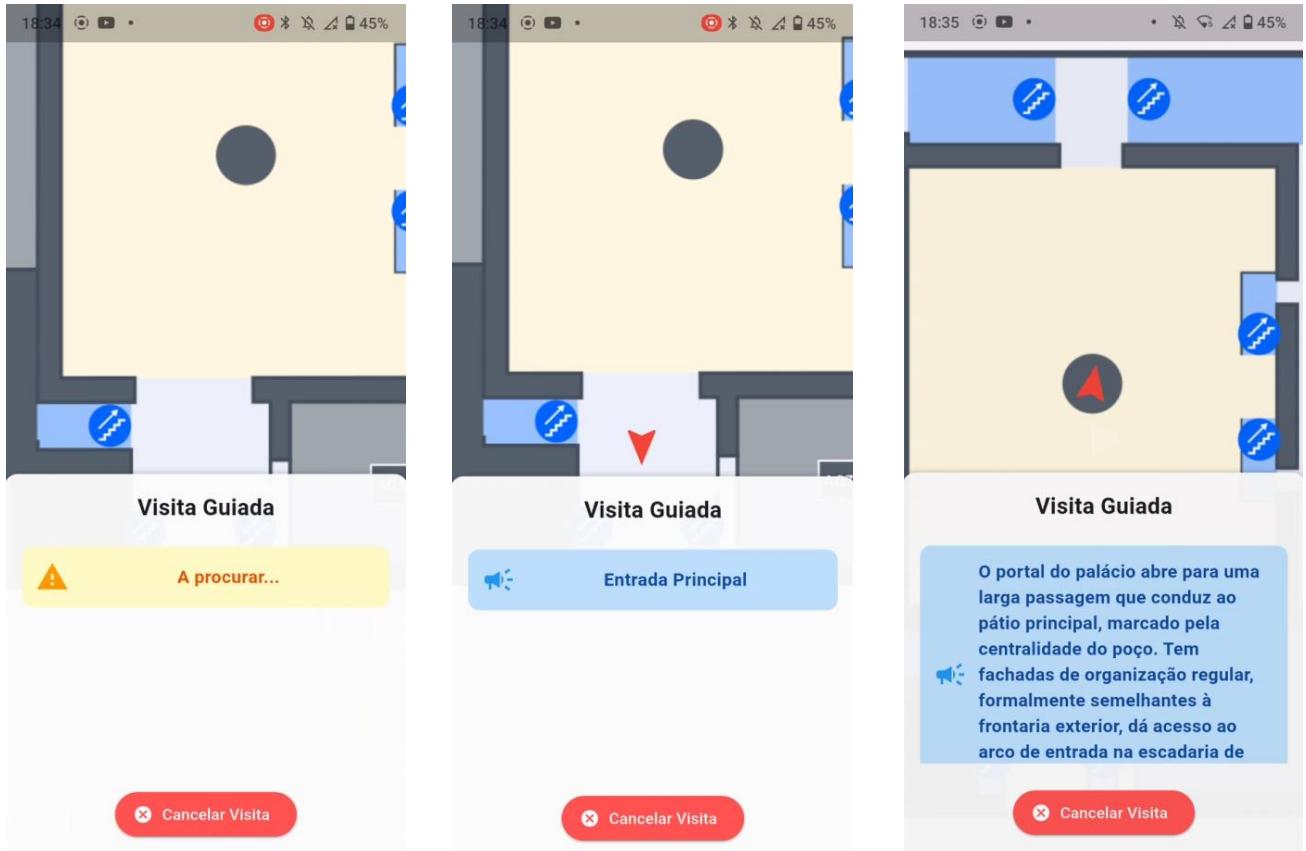


Figura 88 - Página "tour\_page.dart"

Fonte: Aplicação Autónoma GPS

#### 5.2.6.3. Lógica de Funcionamento do Modo Visita Guiada

Ao contrário do modo de navegação, que calcula dinamicamente o percurso mais curto entre dois pontos, o modo de visita guiada opera segundo uma rota pré-definida, carregada a partir de ficheiros JSON específicos, garantindo uma sequência lógica e enriquecida de conteúdos históricos e descriptivos.

```
"tour_route": [
    "Beacon 1", "Beacon 3", "Beacon 4", "Beacon 5", "Beacon 4",
    "Beacon 9", "Beacon 10", "Beacon 12", "Beacon 13", "Beacon 14",
    "Beacon 13", "Beacon 11", "Beacon 10", "Beacon 9", "Beacon 8",
    "Beacon 22", "Beacon 15", "Beacon 16", "Beacon 19", "Beacon 21",
    "Beacon 19", "Beacon 20", "Beacon 37", "Beacon 36", "Beacon 38",
    "Beacon 36", "Beacon 33", "Beacon 23", "Beacon 24", "Beacon 25",
    "Beacon 28", "Beacon 29", "Beacon 30", "Beacon 31", "Beacon 32"
]
```

Figura 89 - Rota Planeada Visita Guiada

Fonte: Aplicação Autónoma GPS

A lógica de deteção de beacons utilizada neste modo é idêntica à do modo de navegação, recorrendo ao módulo *FlutterBluePlus* para realizar a varredura contínua de dispositivos BLE e ao método *parseBeaconData()* para identificar o *beacon* mais próximo através do UUID, major e minor.

É importante referir que, neste modo, a aplicação não recalcula a rota em caso de desvio, mantendo sempre a sequência original planeada. No final da visita, a aplicação emite uma mensagem de conclusão e encerra automaticamente a sessão, desativando a deteção BLE e finalizando o ciclo de execução do modo visita guiada.

## 6 Instalação dos Beacons

A instalação dos *beacons* teve lugar no dia 15 de julho de 2025, pelas 14h30, nos diversos pontos previamente definidos com base no mapeamento realizado durante a fase preparatória do projeto. A operação foi acompanhada pelo Sr. Pedro Vélez, colaborador da área de manutenção da UAL, cuja presença assegurou o necessário apoio técnico e logístico ao longo de todo o processo.

Para a fixação dos dispositivos, recorreu-se ao uso de silicone de montagem, assegurando uma aderência sólida e duradoura às superfícies previamente identificadas, sem causar danos às estruturas envolventes. O procedimento decorreu de forma eficiente, sem quaisquer constrangimentos técnicos ou operacionais, permitindo a ativação funcional da rede de beacons no edifício, constituindo uma etapa fundamental para a operacionalização do sistema de navegação desenvolvido.

## 7 Demonstração do Sistema

No dia 16 de julho, foi realizada uma demonstração prática do sistema de navegação na UAL, com início às 16 horas. Esta sessão contou com a presença das seguintes pessoas: o estudante Armindo Mourão, portador de cegueira; o Prof. Dr. Mário Marques da Silva, orientador do projeto; a Prof.<sup>a</sup> Cláudia Castro representante do GIRU; a Dr.<sup>a</sup> Madalena Mira; o Prof. Laercio Corvinel; e o Prof. Adrian Dediu. A demonstração teve início com uma breve apresentação introdutória, na qual foram explicados os objetivos e funcionalidades principais da aplicação desenvolvida. Foram também apresentados os princípios básicos de funcionamento dos *beacons*, esclarecendo dúvidas colocadas pelos participantes sobre o modo como estes dispositivos interagem com a aplicação.

Concluída esta fase de enquadramento, procedeu-se à demonstração prática do modo de navegação. O ponto de partida foi a entrada principal da universidade, com destino a uma sala previamente selecionada pelos participantes. Durante o percurso, o utilizador Armindo foi o principal foco da demonstração, uma vez que representa o perfil de utilizador final para o qual a aplicação foi concebida.

Foram também identificadas algumas limitações e falhas na aplicação, nomeadamente na parte de captação do sinal por parte dos beacons, que impactaram a fluidez da navegação. Apesar dessas situações, foi possível concluir o trajeto e, de seguida, realizar a demonstração do modo de visita, no qual foram explorados diversos pontos de interesse relevantes da universidade. No final da sessão, realizou-se uma reflexão conjunta sobre o estado atual de desenvolvimento da aplicação onde o utilizador-teste, Armindo, partilhou os seus comentários, destacando pontos fortes e identificando aspetos a melhorar. Também os professores presentes, incluindo o orientador do projeto, contribuíram com sugestões e observações pertinentes.

Em conclusão, foi reconhecido por todos que o processo de desenvolvimento de uma aplicação deste tipo envolve ajustes progressivos e melhorias contínuas, exigindo sucessivas iterações até atingir um produto final totalmente funcional.

## 8 Orçamento

A implementação do sistema GPS *indoor* exigiu a aquisição de diversos componentes de *hardware* que foram imprescindíveis para o funcionamento da aplicação. Todos os custos associados à aquisição dos mesmos foram integralmente suportados pela UAL, conforme previsto na candidatura submetida para este projeto.

Componentes	Marca	Quantidade	Custo Unitário (€)	Subtotal (€)	Link
<u>Beacons de Teste</u>	DUOWEISI	3	4,92€	14,76€	<a href="#">Link</a>
<u>Beacons Finais</u>	Holyiot	35	5,58€	195,30€	<a href="#">Link</a>
Baterias CR2032	Duracell	3	2,63€	7,90€	<a href="#">Link</a>
Baterias CR2477	Panasonic	40	4,12€	202,70€	<a href="#">Link</a>
Taxas de Entrega	-	-	-	18,96€	-
Desalfandegamento	-	-	-	76,07€	-
<b>Total</b>				<b>515,69€</b>	

A Tabela 2 apresenta de forma detalhada todos os componentes adquiridos, as respetivas marcas, quantidades, custos unitários, subtotais e, sempre que aplicável, os links de referência para consulta dos produtos.

Considerando a elevada quantidade de *beacons* finais adquiridos, bem como o facto de a encomenda ter sido realizada através de uma plataforma internacional fora da União Europeia, a mesma ficou sujeita a procedimentos alfandegários obrigatórios, originando encargos adicionais.

Relativamente às baterias, a sua aquisição teve de ser realizada separadamente, uma vez que, de acordo com as normas internacionais de transporte de mercadorias perigosas, reguladas pela IATA (International Air Transport Association) e pela ICAO (International Civil Aviation Organization), existem restrições rigorosas ao envio de dispositivos eletrónicos que contenham baterias de lítio no interior, devido ao risco de explosão ou incêndio durante o transporte aéreo.

Assim, considerando todos os componentes adquiridos, o valor total investido no âmbito deste projeto totalizou 515,69€.

## 9 Dificuldades e Estratégias de Resolução

O desenvolvimento de qualquer projeto é, por natureza, acompanhado de desafios complexos que exigem resiliência, capacidade de adaptação e pensamento crítico por parte do grupo envolvido. Esses desafios não representam apenas obstáculos a ultrapassar, mas oportunidades de aprendizagem e crescimento que contribuem para o fortalecimento do projeto e para o desenvolvimento das competências dos seus autores.

No caso específico do desenvolvimento do sistema GPS *indoor* para portadores de cegueira, surgiram obstáculos de diferentes naturezas, desde dificuldades técnicas relacionadas com a integração de *hardware* e *software*, até aspectos relacionados com a acessibilidade e logística do projeto. Este capítulo descreve as principais dificuldades enfrentadas durante o processo de desenvolvimento do projeto e as estratégias adotadas para as superar, evidenciando o percurso de aprendizagem e evolução do grupo.

1. **Instalação do Flutter** - Durante a fase inicial do projeto, uma das principais dificuldades encontradas decorreu durante a instalação e configuração da extensão Flutter nos computadores de desenvolvimento dos membros do grupo. Surgiram diversos obstáculos, tais como incompatibilidades entre versões pré-existentes do Flutter e do Dart, dificuldades na configuração das variáveis de ambiente, e erros durante a instalação de dependências adicionais como o SDK (Software Development Kit), indispensável ao coreto funcionamento da *framework*. Para ultrapassar estas dificuldades, o grupo realizou uma reunião onde foi feita uma análise cuidadosa da documentação oficial do Flutter, complementada pela consulta a fóruns especializados apoio à comunidade. [17]
2. **Aprendizagem da Linguagem Dart** – Um dos desafios identificados durante o início do desenvolvimento do projeto foi a ausência de experiência prévia do grupo com a linguagem de programação Dart. Esta limitação originou dificuldades significativas na compreensão da sua *sintaxe* e das suas estruturas fundamentais associadas, resultando em atrasos nas fases iniciais de desenvolvimento da aplicação. Para ultrapassar esta dificuldade, o grupo iniciou a aprendizagem da linguagem, recorrendo à consulta de materiais oficiais, realização de cursos *online* e o acompanhamento de tutoriais especializados, o que permitiu adquirir progressivamente os conhecimentos necessários para dar continuidade ao desenvolvimento do sistema. [10][11]

3. **Escolha Inadequada dos Beacons** – Uma das dificuldades encontradas durante o desenvolvimento do projeto esteve relacionada com a seleção dos primeiros *beacons* adquiridos para os testes do sistema. O grupo optou pela encomenda de três dispositivos do modelo DUOWEISI, nRF51822, por considerar que apresentavam um bom equilíbrio entre custo e desempenho, acreditando serem adequados para a implementação do sistema GPS *indoor*. No entanto, durante os testes práticos, verificaram-se limitações significativas, nomeadamente ao nível da potência do sinal, da autonomia das baterias, da resistência física e da ausência de funcionalidades de configuração o que comprometeu a fiabilidade do sistema em condições reais de utilização. Para ultrapassar esta dificuldade, o grupo reavaliou as opções disponíveis no mercado, analisando cuidadosamente as especificações técnicas e as necessidades do projeto, tendo optado pelo modelo Holyiot Y1, nRF51822-15044, que demonstrou um desempenho superior, destacando-se pela robustez, autonomia, estabilidade de sinal e facilidade de configuração.
4. **Limitações no Ambiente de Programação** – Um dos desafios encontrados durante o desenvolvimento do projeto esteve relacionado com as limitações do ambiente de programação inicialmente utilizado, tendo sido adotado na fase inicial o VS Code, um ambiente já familiar a todos os membros do grupo e habitualmente utilizado nos seus projetos anteriores. No entanto, à medida que os testes com os *beacons* avançaram, tornou-se evidente que o VS Code apresentava limitações significativas para a execução de testes em dispositivos móveis físicos, etapa essencial para validar o funcionamento do sistema GPS *indoor* em condições reais. Para ultrapassar esta dificuldade, o grupo decidiu fazer a transição de ambiente de programação, optando pelo Android Studio, uma plataforma mais robusta e adequada às exigências do projeto, que permitiu uma integração mais eficiente com dispositivos móveis físicos e facilitou a realização dos testes necessários para validar o funcionamento do sistema em condições reais.
5. **Dificuldade na Conexão com os Beacons:** Durante os primeiros testes práticos, a aplicação não conseguia detetar nem comunicar com os *beacons*, o que comprometeu o funcionamento das funcionalidades do modo de navegação e visita. Esta dificuldade deveu-se, em grande parte, ao facto de nenhum membro do grupo possuir experiência prévia com este tipo de dispositivo, tornando o processo de compreensão e integração mais demorado e exigente. Para ultrapassar esta dificuldade, o grupo recorreu a um

estudo da lógica de funcionamento dos *beacons*, através da documentação técnica do fabricante, onde organizou sessões práticas intensivas, que permitiram aprofundar o conhecimento sobre o funcionamento dos mesmos e ajustar o sistema às suas propriedades específicas.

6. **Multidirecionalidade no Mapeamento** – Durante a fase de mapeamento do sistema, o grupo deparou-se com dificuldades relacionadas com a gestão de multidirecionalidade do utilizador. Inicialmente o modelo implementado assumia que uma única instrução por conexão ou destino seria suficiente, independentemente do ponto de origem; no entanto, durante os testes práticos, verificou-se que essa abordagem era insuficiente, uma vez que os utilizadores podiam aproximar-se do mesmo destino a partir de diferentes direções, implicando percursos diferentes e, consequentemente, exigindo instruções específicas a cada rota. Para ultrapassar esta dificuldade, o grupo reformulou a estrutura de dados do sistema, introduzindo novas variáveis e mapeamentos que permitissem associar instruções específicas não apenas ao destino final, mas também à origem e ao ponto intermédio do percurso, recorrendo ao uso de triplets com a lógica “*beacon* de origem – *beacon* intermédio – destino”.
7. **Interferências de Sinal dos Beacons** – Na fase final de implementação do sistema, o grupo procurou otimizar as funcionalidades associadas ao modo de navegação e ao modo de visita, com especial foco na gestão das ligações entre a aplicação e os *beacons*. Durante os testes, verificou-se que os dispositivos móveis detetavam os *beacons* mesmo a distâncias consideráveis, captando sinais com valores de RSSI muito baixos, o que gerava interferências no processo de deteção e comprometia a precisão das funcionalidades do sistema, provocando erros na avaliação da proximidade real entre o utilizador e o *beacon*. Para ultrapassar esta dificuldade, o grupo implementou uma lógica de filtragem baseada na intensidade do sinal, garantindo que apenas os *beacons* com potência de sinal adequada fossem considerados para conexão, enquanto os restantes, com sinais fracos, eram automaticamente ignorados.

## 10 Conclusões

O desenvolvimento deste projeto permitiu alcançar o objetivo principal: criar um sistema funcional de navegação GPS indoor adaptado às necessidades de estudantes portadores de cegueira, no contexto da Universidade Autónoma de Lisboa. A integração de tecnologias como os beacons BLE e a linguagem Dart, através do *framework* Flutter, tornou possível a criação de uma aplicação móvel acessível, capaz de fornecer orientações sonoras em tempo real e de facilitar a mobilidade autónoma em ambientes interiores complexos.

Durante as várias fases do projeto, foi necessário ultrapassar diversos desafios técnicos, desde a escolha dos dispositivos adequados até à aprendizagem de novas linguagens e ferramentas. Estas dificuldades, embora exigentes, contribuíram significativamente para o crescimento académico e técnico do grupo, reforçando competências em áreas como desenvolvimento de aplicações, acessibilidade digital, comunicação BLE e planeamento de sistemas interativos.

Os testes realizados no espaço da universidade, sustentados por um mapeamento real e um posicionamento estratégico dos *beacons*, permitiram validar a eficácia do sistema em contexto prático. A colaboração de um estudante portador de cegueira revelou-se essencial para adaptar a aplicação às necessidades reais dos utilizadores, garantindo que a solução desenvolvida fosse verdadeiramente útil, acessível e centrada no utilizador.

Em suma, este projeto representa não apenas uma solução tecnológica funcional, mas também um contributo importante para a inclusão académica e social no ensino superior. Podemos afirmar que, com a conclusão deste trabalho, foi dado um passo importante na promoção da mobilidade autónoma de estudantes com deficiência visual, demonstrando que a tecnologia pode e deve ser colocada ao serviço da acessibilidade. A sua implementação prática poderá ser expandida e aperfeiçoada no futuro, com a integração de novas funcionalidades, maior escalabilidade e adaptação a diferentes contextos.

## 11 Trabalho Futuro

Com base nos resultados alcançados, torna-se possível delinear uma estratégia orientada para a continuidade e evolução do projeto, com foco na sua consolidação, expansão e otimização técnica. Deste modo, a realização de ciclos contínuos de testes e a recolha sistemática de *feedback* são fundamentais para a avaliação da eficácia do sistema em diferentes contextos de utilização.

Este capítulo apresenta um conjunto de propostas para futuras implementações que visam integrar novas tecnologias, melhorar a acessibilidade da aplicação e assegurar a evolução contínua do sistema.

### 11.1. Melhorias Internas

Durante a fase de demonstração e testes do sistema, foram identificados alguns aspectos que poderão ser alvo de melhorias em versões futuras da aplicação. Estes pontos têm como objetivo aprimorar a experiência do utilizador e garantir uma navegação ainda mais precisa e acessível:

- **Aprimorar as Direções** – Necessidade de melhorar as direções fornecidas pela aplicação, introduzindo mais detalhe em algumas instruções e corrigindo eventuais imprecisões identificadas durante os testes.
- **Beacons Exteriores** – Encontrar alternativas para os beacons localizados em áreas exteriores, uma vez que foram estes que apresentaram maior dificuldade na captação de sinal pelos dispositivos móveis, afetando a consistência da navegação nessas zonas.
- **Modo de Visita** - Implementação da funcionalidade de iniciar o modo de visita em qualquer ponto da universidade, sem estar limitado à entrada principal. Adicionalmente, seria vantajoso permitir que o utilizador, ao interromper o modo de visita, possa retomar o percurso a partir do local onde se encontra, sem a necessidade de reiniciar o trajeto desde o início.

### 11.2. Sensores Inerciais

Os sensores inerciais, nomeadamente o acelerómetro, o giroscópio e o magnetómetro, são componentes integrados na maioria dos dispositivos móveis e permitem medir o movimento e a orientação espacial do utilizador. Estes sensores são fundamentais para complementar o

sistema GPS *indoor*, especialmente em ambientes interiores onde o sinal dos *beacons* apresentam instabilidades ou uma menor precisão.

Com isso em mente, uma das técnicas principais para aproveitar estes sensores é o *dead reckoning*, um método que calcula a posição atual do utilizador com base na última posição conhecida, estimando o percurso efetuado através da análise dos movimentos detetados pelos sensores inerciais. [18]

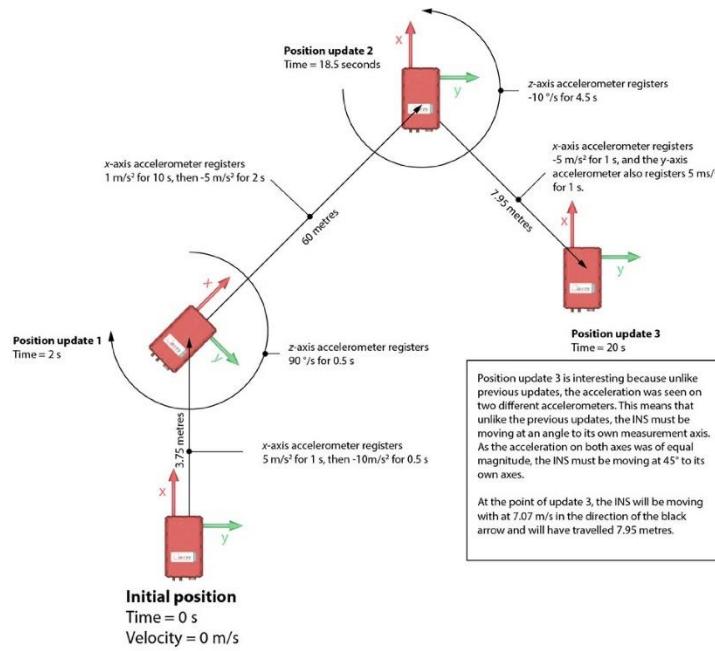


Figure 90 - Lógica dos Sensores Iniciais

Fonte: <https://www.oxts.com/inertial-navigation-dead-reckoning/>

A figura x apresenta as principais etapas deste processo:

1. **Posição Inicial** – O sistema obtém uma localização precisa a partir da deteção de um *beacon*.
2. **Medição do Movimento** – O acelerómetro regista as acelerações do dispositivo ao longo dos três eixos (X, Y e Z), permitindo calcular a distância percorrida.
3. **Deteção de Orientação** – O giroscópio mede as rotações e mudanças de direção, enquanto o magnetómetro ajuda a manter a orientação em relação ao norte magnético.

4. **Cálculo da Posição Atualizada** – Com base nas medições anteriores, o sistema integra as acelerações e direções para estimar a nova posição do utilizador.
5. **Atualização Contínua** – O processo repete-se em tempo real, garantindo que a posição estimada é constantemente atualizada mesmo na ausência de sinais dos *beacons*.

Caso implementado, o uso combinado dos sensores iniciais com os *beacons* reforçará a robustez e fiabilidade da navegação, assegurando uma experiência contínua e precisa mesmo em ambientes complexos, ao superar as limitações do sinal e aumentar a autonomia do utilizador no sistema GPS *indoor*. [18]

### 11.3. Base de Dados

A integração de uma base de dados pode surgir como uma solução para o fortalecimento da base operativa da aplicação, proporcionando gestão mais estruturada da informação, maior flexibilidade na atualização de conteúdos e suporte à implementação de funcionalidades adicionais que reforcem a escalabilidade do sistema.

A Firebase é uma plataforma desenvolvida pela Google que fornece uma infraestrutura completa de apoio ao desenvolvimento de aplicações, atuando como uma base de dados em tempo real. [Figura x]



**Firebase**

Figure 91 - Logotipo Firebase

Fonte: <https://firebase.google.com/brand-guidelines>

Um dos pontos fortes da Firebase é a sua integração nativa com o *Flutter*, o que permite uma comunicação direta entre o código da aplicação e os serviços de *backend*. Se implementado, a Firebase poderia disponibilizar diversas funcionalidades que beneficiariam o sistema de navegação. [19]

- **Cloud Firestore** – Poderia ser utilizado para armazenar informações como a localização dos *beacons*, nomes das salas, caminhos possíveis, instruções associadas a cada ponto do percurso e dados sobre locais de interesse da universidade.
- **Firebase Authentication** – Permitiria restringir o acesso a funcionalidades administrativas apenas a utilizadores autorizados, como técnicos ou administradores responsáveis pela gestão dos *beacons* e das rotas.
- **Firebase Cloud Messaging** – Possibilitaria o envio de notificações personalizadas aos utilizadores, incluindo alertas contextuais baseados na localização, como avisos de obstáculos ou alterações temporárias no percurso.
- **Firebase Analytics** – Através da recolha de dados de utilização, seria possível obter estatísticas relevantes, como os ecrãs mais visitados, o tempo de navegação ou a frequência de utilização de determinadas funcionalidades. Esta ferramenta também permitiria identificar erros recorrentes, facilitando futuras melhorias no sistema.

Para que todas estas funcionalidades pudessem ser integradas, seria essencial a utilização da biblioteca “*firebase\_core*”, responsável por inicializar e configurar corretamente a Firebase dentro de qualquer aplicação Flutter. Sem esta configuração inicial, as restantes bibliotecas não funcionariam adequadamente. [19]

#### 11.4. Inteligência Artificial

A integração de técnicas de Inteligência Artificial (IA) no sistema GPS indoor representa um passo estratégico para a sua evolução, permitindo o desenvolvimento de funcionalidades mais inteligentes, autónomas e adaptativas. Através da incorporação de modelos inteligentes, o sistema poderá aprender com a utilização real, adaptar-se a diferentes contextos e antecipar necessidades:

- **Identificação de Padrões de Navegação** - Com a utilização da biblioteca “*tflite\_flutter*”, que permite a execução de modelos de *machine learning* diretamente no dispositivo, seria possível identificar padrões nos percursos escolhidos, horários de maior utilização ou preferências recorrentes. Com base nesses dados, o sistema poderia sugerir automaticamente destinos ou trajetos frequentes, melhorando a eficiência da navegação.

- **Assistência Inteligente ao Utilizador** - A integração de assistente de voz, como o Google Assistant, permitiria a criar um sistema de apoio interativo e personalizado, no qual o utilizador poderia interagir com a aplicação através de comandos de voz, formulando questões como "Onde fica a sala de estudo?" ou "Que salas existem neste piso?". Esta implementação seria fundamental para promover a acessibilidade da aplicação, sobretudo para utilizadores com limitações visuais ou motoras.
- **Adaptação Dinâmica de Rotas** – Através de algoritmos de IA, seria possível o ajuste em tempo real dos percursos recomendados, considerando variáveis como a intensidade do sinal dos *beacons*, obstáculos temporários ou alterações no ambiente universitário. Esta capacidade de adaptação assegura uma navegação mais precisa e segura, respondendo às necessidades específicas de cada utilizador e às condições do espaço.

Neste contexto, a aplicação de IA no sistema GPS *indoor* seria crucial para o aumento da eficiência, adaptabilidade e acessibilidade, acompanhando o progresso global impulsionado pelo uso crescente de modelos inteligentes.

## 12 Referências

- [1] Agência para a Modernização Administrativa, “Enquadramento e definições,” \*Livro TAPD – Tecnologias de Apoio à Pessoa com Deficiência\*, acessibilidade.gov.pt, [Online]. Available: [https://www.acessibilidade.gov.pt/livros/tapd/html/2\\_enquadramento\\_e\\_definicoes.html](https://www.acessibilidade.gov.pt/livros/tapd/html/2_enquadramento_e_definicoes.html). [Accessed: 26-Mar-2025].
- [2] Innovation Essence, “Augmented Reality Navigation Systems,” Innovation Essence, 18 Sep. 2022. [Online]. Available: <https://innovationessence.com/augmented-reality-navigation/>. [Accessed: 28-Mar-2025].
- [3] MOKOSmart, “Bluetooth Beacons,” MOKOSmart, 12 Jun. 2025. [Online]. Available: <https://www.mokosmart.com/bluetooth-beacons/>. [Accessed: 5-Apr-2025].
- [4] Kontakt.io, “Beacon ID Strategy Guide – Quick Deployment,” Kontakt.io Blog, 03 May 2025. [Online]. Available: <https://kontakt.io/blog/beacon-id-strategy-guide-quick-deployment/>. [Accessed: 5-Apr-2025].
- [5] MOKOSmart, “How iBeacon Technology Works: The In-depth Breakdown,” MOKOSmart, 15 Jul. 2025. [Online]. Available: <https://www.mokosmart.com/pt/ibeacon-technology/>. [Accessed: 8-Apr-2025].
- [6] W3Schools, “Dijkstra’s Algorithm (Shortest Path),” W3Schools Data Structures & Algorithms, 10 Apr. 2025. [Online]. Available: [https://www.w3schools.com/dsa/dsa\\_algo\\_graphs\\_dijkstra.php](https://www.w3schools.com/dsa/dsa_algo_graphs_dijkstra.php). [Accessed: 15-Apr-2025].
- [7] Microsoft, “Visual Studio – IDE and Code Editor,” Visual Studio, 28 May 2025. [Online]. Available: <https://visualstudio.microsoft.com>. [Accessed: 23-Apr-2025].
- [8] Google, “Introduction to Android Studio,” Android Developers, 07 Jun. 2025. [Online]. Available: <https://developer.android.com/studio/intro>. [Accessed: 23-Apr-2025].
- [9] Flutter Team, “Learn Flutter,” Flutter, 22 Jun. 2025. [Online]. Available: <https://flutter.dev/learn>. [Accessed: 2-May-2025].
- [10] Flutter Team, “Dart fundamentals,” Flutter Docs, 30 May 2025. [Online]. Available: <https://docs.flutter.dev/get-started/fundamentals/dart>. [Accessed: 4-May-2025].
- [11] Dart Team, “Tutorials – Dart,” Dart, 15 May 2025. [Online]. Available: <https://dart.dev/tutorials>. [Accessed: 10-May-2025].

- [12]Universidade Autónoma de Lisboa, “Mapa Autónoma – Sei onde estou?”, Mapa Autónoma, 05 Jul. 2025. [Online]. Available: <https://mapa.autonoma.pt>. [Accessed: 15-Jun-2025].
- [13]Open Source Community, “package\_info\_plus,” Flutter & Dart Packages on Pub, 27 Jun. 2025. [Online]. Available: [https://pub.dev/packages/package\\_info\\_plus](https://pub.dev/packages/package_info_plus). [Accessed: 14-Jul-2025].
- [14]Universidade Autónoma de Lisboa, “Chatbot Autónoma,” Chatbot Autónoma, 18 Jun. 2025. [Online]. Available: <https://chatbot.autonoma.pt>. [Accessed: 30-Jun-2025].
- [15]Open Source Community, “flutter\_tts,” Flutter & Dart Packages on Pub, 08 Jun. 2025. [Online]. Available: [https://pub.dev/packages/flutter\\_tts](https://pub.dev/packages/flutter_tts). [Accessed: 14-May-2025].
- [16]Open Source Community, “easy\_localization,” Flutter & Dart Packages on Pub, 02 Jul. 2025. [Online]. Available: [https://pub.dev/packages/easy\\_localization](https://pub.dev/packages/easy_localization). [Accessed: 23-May-2025].
- [17] Flutter Team, “Install Flutter,” Flutter Docs, updated 14 May 2025. [Online]. Available: <https://docs.flutter.dev/install>. [Accessed: 24-Mar-2025].
- [18]OxTS, “Inertial navigation: dead reckoning,” Technical Articles, 5 Oct. 2020. [Online]. Available: <https://www.oxts.com/inertial-navigation-dead-reckoning/>. [Accessed: 17-Jul-2025].
- [19]OxTS, “Inertial navigation: dead reckoning,” Technical Articles, 5 Oct. 2020. [Online]. Available: <https://www.oxts.com/inertial-navigation-dead-reckoning/>. [Accessed: 17-Jul-2025].

## 13 Manual de Administração

Este capítulo apresenta o manual de administração, cujo objetivo é orientar os futuros administradores deste projeto, contextualizando-os no âmbito do mesmo.

O modelo final escolhido foi o Holyiot Y1, configurável através da app móvel Holyiot-beacon.

- **UUID** → identifica o projeto.
- **Major** → define área geral (ex.: piso).
- **Minor** → define local específico (ex.: sala, cruzamento).
- **Tx Power** → potência do sinal (afeta alcance).
- **ADV Interval** → frequência de emissão (afeta autonomia).

Passo a passo de como configurar um *beacon*:

1. **Instalar a App** - "Holyiot-beacon". [Figura 92]
2. **Ligar o Beacon** - Inserir bateria (tipo CR2032)
3. **Procurar e Selecionar Beacon na App**
4. **Introduzir Pasword** - Configurada: 123, se não: aa14061112
5. **Alterar os valores pretendidos** [Figura 94]

- 1. download APP:** search "Holyiot-beacon" or scan the QR code to download.



Figura 92 - QR Code APP Holyiot

Fonte:[https://pt.aliexpress.com/item/1005006388122258.html?aff\\_fcid=bc6a4778c9b54ec49b054024b336a6](https://pt.aliexpress.com/item/1005006388122258.html?aff_fcid=bc6a4778c9b54ec49b054024b336a6)



Figura 93 - APP Holyiot

Fonte:[https://pt.aliexpress.com/item/1005006388122258.html?aff\\_fcid=bc6a4778c9b54ec49b054024b336a6](https://pt.aliexpress.com/item/1005006388122258.html?aff_fcid=bc6a4778c9b54ec49b054024b336a6)

Name	Parameter	
Battery	CR2477	
Battery capacity	1000MA	
Voltage	3.0VDC	
TX power	4dBm	-30~4dBm
Frequency	500ms	100~2000ms
Sleep power	12uW	
Sleep current	2uA	
Support	iOS7.0+/Andriod 4.3+	
OTA	Yes	
Security	Password security	
Distance	0-100m(in the open air)	
Battery life	12-36 month	

Figura 94 - Firmware Settings

Fonte:[https://pt.aliexpress.com/item/1005006388122258.html?aff\\_fcid=bc6a4778c9b54ec49b054024b336a6](https://pt.aliexpress.com/item/1005006388122258.html?aff_fcid=bc6a4778c9b54ec49b054024b336a6)