

SafeSteps

David Teixeira (PG55929)¹, Eduardo Cunha (PG55939)², Jorge Rodrigues (PG55966)³, Tiago Rodrigues (PG56013)⁴

Grupo 1.
1,2,3,4Universidade do Minho.

Abstract

Este relatório apresenta a investigação e fundamentação para o desenvolvimento da aplicação SafeSteps, um sistema baseado em *geofencing* que permite monitorizar o trajeto de crianças, idosos, pessoas com deficiência até um destino, assim como delimitar espaços, que podem ser classificados como seguros ou inseguros. A aplicação utiliza o GPS dos dispositivos móveis, podendo ainda recorrer a outros sensores do dispositivo, para controlar a localização do observado, criar barreiras virtuais e notificar os responsáveis caso a pessoa vulnerável se desvie do percurso habitual ou esteja num local inseguro. O objetivo é proporcionar uma solução eficaz para aumentar a segurança em deslocações diárias.

Keywords: Barreiras, *Geofencing*, GPS, Percurso, Segurança, Sensores

1 Introdução

A segurança de indivíduos pertencentes a grupos vulneráveis como crianças, pessoas idosas ou com deficiência, durante as suas deslocações quotidianas continua a representar um desafio relevante a nível social e tecnológico. Com a crescente urbanização, o aumento do tráfego rodoviário e a complexidade dos ambientes urbanos, torna-se imperativo adotar soluções inovadoras que garantam não apenas a proteção física destas pessoas, mas também a tranquilidade e confiança dos seus cuidadores.

De acordo com diversos relatórios nacionais, a incidência de acidentes envolvendo peões, particularmente em faixas etárias mais jovens e em populações com necessidades especiais, continua a ser uma das principais causas de morte por fatores externos. Este contexto evidencia a necessidade de desenvolver ferramentas de monitorização em tempo real, capazes de responder a situações de risco de forma preventiva e eficaz.

Paralelamente, o avanço das tecnologias móveis e de localização global, como o GPS, aliado à ubiquidade dos *smartphones*, abriu novas possibilidades para a criação de soluções tecnológicas orientadas para a segurança pessoal. Uma dessas soluções é a tecnologia de *geofencing*, que permite a definição de perímetros geográficos virtuais associados a eventos automáticos, como notificações ou alarmes, sempre que um utilizador entra ou sai dessas zonas delimitadas. Esta abordagem tem sido explorada em diversas áreas, nomeadamente no *marketing*, na logística e, mais recentemente, na segurança de pessoas em contextos urbanos e familiares.

É neste enquadramento que surge a *SafeSteps*, uma aplicação móvel concebida para apoiar o acompanhamento de indivíduos vulneráveis por parte de cuidadores. A aplicação permite a criação de contas associadas a cuidadores e cuidados, oferecendo funcionalidades como a definição de áreas seguras e perigosas, o estabelecimento de percursos recomendados e a monitorização contínua da localização do cuidado. Sempre que ocorra uma movimentação fora dos limites definidos, o sistema gera alertas imediatos, promovendo uma resposta célere por parte do cuidador.

Apesar de o público-alvo da aplicação ser constituído por crianças, a sua arquitetura foi pensada de forma flexível, permitindo a sua adaptação a outros perfis de utilizadores, como idosos com mobilidade reduzida ou pessoas com dificuldades cognitivas. Para além da monitorização por *geofencing*, a aplicação integra funcionalidades complementares como o registo de histórico de movimentos, elementos de gamificação para incentivo à utilização, e interfaces intuitivas acessíveis a diferentes faixas etárias e níveis de literacia digital.

O presente relatório é desenvolvido no âmbito da unidade curricular de Sensorização e Ambiente e visa não apenas apresentar o conceito e a implementação da aplicação *SafeSteps*, mas também discutir os desafios técnicos, éticos e legais inerentes à monitorização de indivíduos com base em dados de geolocalização.

A estrutura do documento organiza-se da seguinte forma: inicia-se com uma introdução ao tema e aos objetivos do projeto; a motivação por detrás do projeto; Um definição que explica a estrutura da arquitetura e respetivas *features* mais detalhadamente; testes de validações que confirmam a eficiência da aplicação; trabalhos e expectativas sobre o futuro do tema e uma conclusão final.

2 Motivação

A motivação para o desenvolvimento da aplicação *SafeSteps* surge da crescente necessidade de garantir mecanismos eficazes de proteção e acompanhamento de indivíduos em situações de maior vulnerabilidade, nomeadamente crianças, pessoas idosas e indivíduos com deficiência. Estes grupos enfrentam desafios acrescidos no seu quotidiano, tanto no contexto da mobilidade autónoma como no contacto com ambientes urbanos que, muitas vezes, não estão preparados para assegurar a sua segurança.

Dados recentes revelam que os acidentes envolvendo peões continuam a representar uma parcela significativa da sinistralidade em Portugal[1], afetando de forma desproporcionada os grupos etários mais jovens e mais envelhecidos. Aliado a isso, a crescente preocupação das famílias com a exposição a riscos urbanos, como extravio, desorientação, raptos ou quedas, evidencia uma lacuna na oferta de soluções acessíveis, intuitivas e eficazes para o acompanhamento em tempo real destes indivíduos.

Por outro lado, apesar do avanço tecnológico e da disseminação de dispositivos móveis com capacidades de geolocalização, muitas das soluções atualmente disponíveis no mercado apresentam interfaces complexas, funcionalidades limitadas ou custos elevados, tornando-as pouco acessíveis a um público mais vasto. Assim, torna-se premente o desenvolvimento de uma ferramenta que alie segurança, usabilidade e acessibilidade, adaptada às necessidades reais de cuidadores e cuidados.

A *SafeSteps* surge como uma resposta a esta necessidade, propondo uma aplicação centrada na utilização da tecnologia de *geofencing* como meio de monitorização preventiva e não-invasiva. O projeto visa não só aumentar a segurança dos utilizadores, mas também fomentar a sua autonomia, contribuindo para um maior equilíbrio entre a proteção e a liberdade de movimentos, tanto em contextos familiares como institucionais (escolas, lares, centros de apoio).

Desenvolver a *SafeSteps* representa, assim, uma oportunidade de explorar o potencial das tecnologias móveis aplicadas à segurança pessoal, enquanto se promove uma abordagem ética e consciente ao tratamento de dados sensíveis, como a localização em tempo real. O projeto pretende ainda sensibilizar para a importância da inclusão digital, propondo uma solução adaptável a diferentes contextos sociais e económicos.

3 Definição da Arquitetura e Explicação das Funcionalidades

A *SafeSteps* está organizado em várias atividades (desenvolvidas em *Kotlin* no *Android Studio*) que colaboram entre si para fornecer uma interface simples e intuitiva aos utilizadores. Estas atividades estão divididas entre funcionalidades destinadas aos cuidadores (*caregiver*) e aos cuidados (*cared*), sendo a separação realizada no momento da criação da conta, quando o utilizador escolhe o seu tipo de perfil.

3.1 Business Model Canvas

Para garantir a viabilidade e sustentabilidade da aplicação, é fundamental definir um modelo de negócio claro que oriente o seu desenvolvimento, posicionamento no mercado e estratégia de crescimento. O *Business Model Canvas* é uma ferramenta que permite visualizar, de forma concisa e estruturada, os componentes principais envolvidos na criação, entrega e captura de valor de um produto ou serviço.

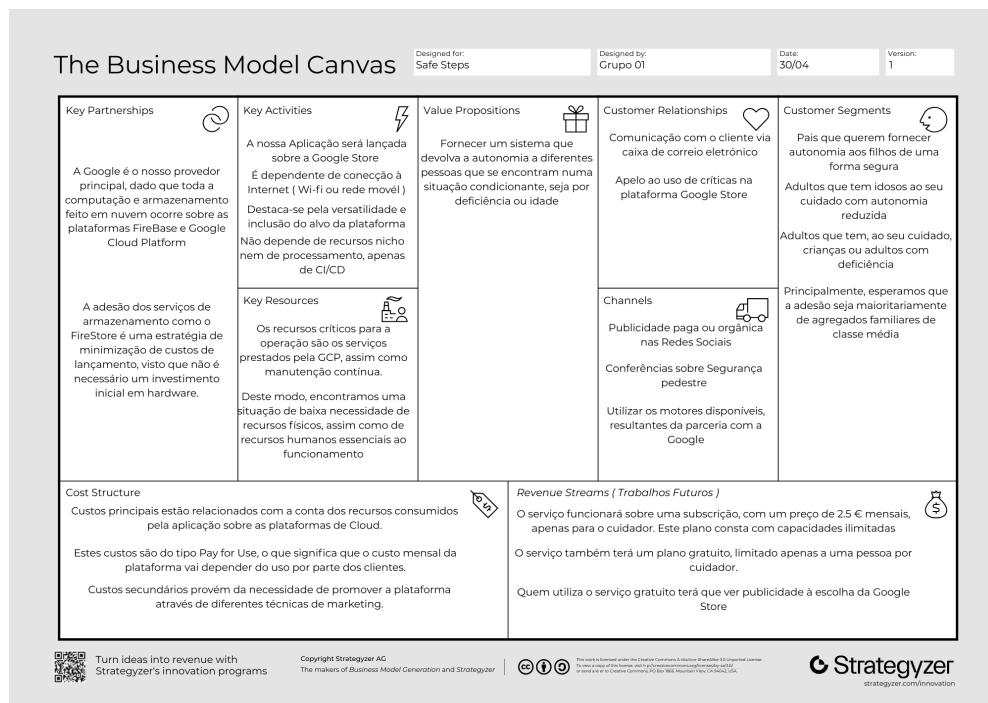


Fig. 1 Business Model Canvas

3.2 Criação de Conta e Login

Ao iniciar a aplicação, os utilizadores são encaminhados para a página inicial da *SafeSteps*, onde podem optar por fazer *login* ou criar uma nova conta. Durante o processo de registo, são solicitadas informações como: nome, idade, *username*, *email*, *password* e, fundamentalmente, o tipo de utilizador (cuidador ou cuidado). Quando se trata de um perfil do tipo cuidado, é ainda pedido o preenchimento de informações adicionais sobre possíveis deficiências ou necessidades especiais, de modo a garantir a acessibilidade adequada durante a utilização da aplicação. É também gerado, nesse momento, um código único que deverá ser partilhado posteriormente com o cuidador para que este possa adicionar o cuidado à sua conta.

Com base na seleção do tipo de utilizador, o sistema redireciona o utilizador para a página principal correspondente. Cada utilizador recebe um identificador único, que permite ao sistema distinguir entre diferentes contas. Todos os dados de registo são armazenados no *Firebase* e posteriormente utilizados para validar o *login* (o qual requer *email* e *password*).

3.3 Cuidador

Na página principal, o cuidador pode aceder ao seu perfil (visualizar o seu nome, *username*, *email* e realizar *logout*) ou associar novos cuidados para monitorizar. Para associar um cuidado, é necessário introduzir o *username* do cuidado correspondente assim como o código que foi gerado no momento do registo. Sem pelo menos um cuidado associado, as funcionalidades de monitorização não ficam disponíveis.

Após associar pelo menos um cuidado, o cuidador passa a ter acesso às seguintes funcionalidades:

- Monitorização da localização em tempo real do cuidado;
- Definição de áreas seguras e perigosas (*geofences*);
- Definição de caminhos que o cuidado deverá seguir;
- Acesso à câmara do dispositivo do cuidado;
- Consulta do histórico de localizações e percursos realizados pelo cuidado.

Estas funcionalidades são acedidas ao clicar no utilizador que se pretende monitorizar. Assim, todos os dados que sejam criados nessas opções são associados a esse cuidado.

3.3.1 Monitorização da Localização

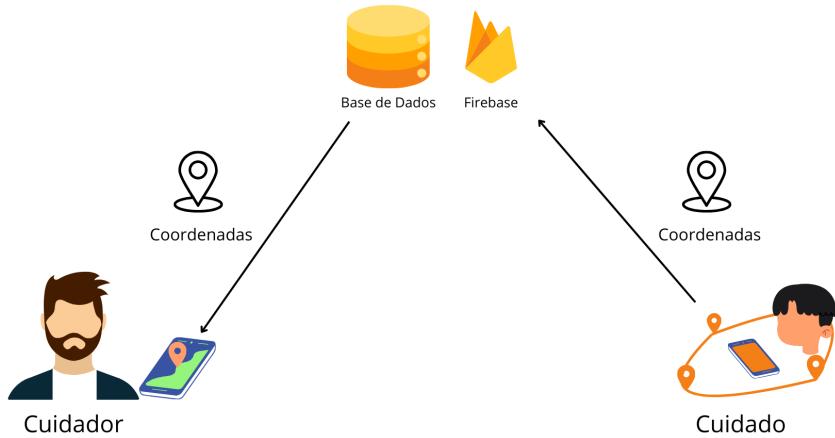


Fig. 2 Monitorização da Localização

A funcionalidade de monitorização da localização permite ao cuidador acompanhar em tempo real a posição do cuidado num mapa interativo.

Quando o cuidador seleciona a opção de monitorização, a aplicação inicializa os serviços de localização, assegurando uma obtenção precisa e eficiente da localização atual do dispositivo do cuidador.

Paralelamente, para monitorizar o cuidado, a aplicação liga-se ao *Firebase* e escuta alterações no caminho `user_locations/{caredId}`. A localização do cuidado é enviada ao servidor de 5 em 5 segundos ou sempre que este se desloque pelo menos 5 metros (com um intervalo mínimo de 2 segundos para otimizar o consumo de bateria). Sempre que o cuidado atualiza a sua latitude e longitude na *Firebase*, a aplicação recebe esses dados e atualiza dinamicamente a posição do marcador no mapa (*Google Maps API*). Isto permite que o cuidador visualize em tempo real a movimentação do cuidado.

Adicionalmente, o mapa oferece funcionalidades como:

- Centralização automática na localização do cuidado;
- Atualização contínua da localização;
- Integração com as áreas seguras e perigosas (*geofences*) desenhadas manualmente;
- Notificações visuais quando o cuidado entra ou sai de zonas previamente definidas.

O sistema também distingue a localização do cuidador (em azul) da localização do cuidado (em laranja), facilitando a interpretação rápida das informações.

Esta abordagem garante que o cuidador possui sempre informações atualizadas, melhorando a segurança e permitindo intervenções rápidas em situações de risco.

3.3.2 Áreas Seguras e Perigosas

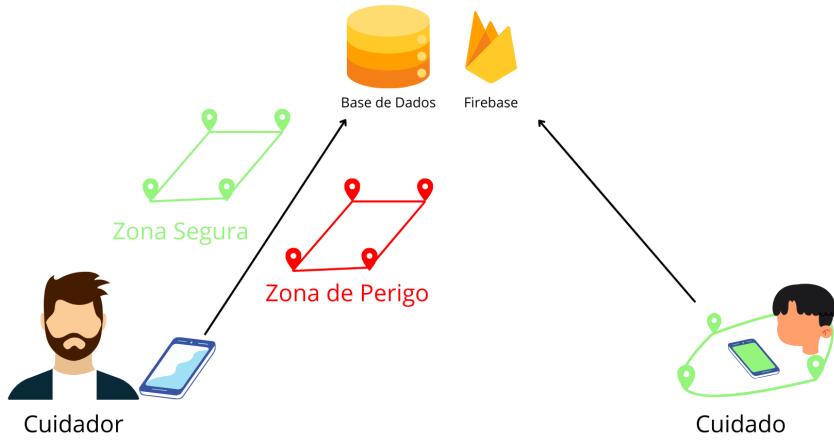


Fig. 3 Áreas Seguras e Perigosas

As áreas seguras (*Safe Zones*) e áreas perigosas (*Danger Zones*) são implementadas utilizando *geofences* definidas no mapa.

O cuidador pode, através da interface da aplicação, definir zonas desenhando polígonos diretamente sobre o mapa. Cada zona criada é associada a um nome, a um tipo (segura ou perigosa) e a um conjunto de coordenadas que delimitam o seu perímetro.

Após a definição, a informação sobre as zonas é armazenada no *Firebase*, permitindo que tanto a aplicação do cuidado como do cuidador mantenham o acesso a essas configurações.

No lado do cuidado, a sua posição é periodicamente comparada com as zonas pré-definidas. Esta comparação é realizada através da verificação se o ponto atual do cuidado pertence ou não ao interior dos polígonos definidos. Sempre que ocorre um evento de *geofence*, a aplicação do cuidado envia uma notificação ao cuidador através do *Firebase Cloud Messaging* (FCM). Desta forma, o cuidador recebe os alertas mesmo se a aplicação estiver em segundo plano ou desligada, o que é crucial para garantir a segurança do cuidado.

- **Saída de uma *Safe Zone*:** Quando o cuidado sai de uma zona segura, inicia-se um temporizador de 10 segundos. Só após permanecer continuamente fora da zona durante este período é que é enviada uma notificação ao cuidador evitando assim alertas desnecessários, por exemplo, quando o cuidado ultrapassa ligeiramente o

limite da zona e regressa de imediato. Simultaneamente, o fundo da interface do cuidador muda para laranja e surge uma mensagem de aviso.

- **Entrada numa *Danger Zone*:** Caso o cuidado entre numa zona perigosa, é imediatamente enviado um alerta ao cuidador, o *layout* da aplicação passa a ter fundo vermelho e é exibida uma mensagem de alerta.
- **Regresso a uma *Safe Zone*:** Se o cuidado voltar a entrar numa zona segura, é enviada uma nova notificação ao cuidador e o *layout* da aplicação regressa ao estado normal (fundo azul).

Quando um cuidador tem vários cuidados associados e surgem alertas simultâneos (saída de *Safe Zone* ou entrada em *Danger Zone*), o fundo da aplicação adota a cor do alerta de maior prioridade. Por exemplo, se um cuidado estiver fora de uma *Safe Zone* (laranja) e outro dentro de uma *Danger Zone* (vermelho), o fundo ficará vermelho, garantindo que o alerta mais grave seja imediatamente visível. As mensagens de alerta alternam-se para apresentar todas as ocorrências em curso.

A utilização de zonas permite ao cuidador ser notificado rapidamente de situações de potencial risco, como o abandono de uma área segura ou a entrada em locais previamente marcados como perigosos. Esta funcionalidade é essencial para aumentar a segurança e prevenir situações indesejadas.

3.3.3 Definição de Caminhos

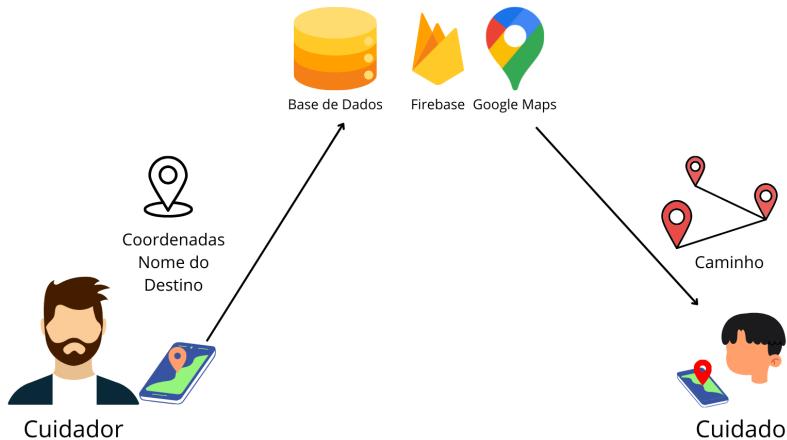


Fig. 4 Definição de Caminhos

A funcionalidade de definição de caminhos permite ao cuidador indicar destinos específicos que o cuidado deve alcançar.

Na interface da aplicação, o cuidador pode interagir diretamente com o mapa, selecionando um ponto geográfico como destino. Após escolher a localização, o cuidador atribui-lhe um nome descritivo (por exemplo, *Farmácia*, *Casa do Familiar*, *Centro Comercial*, etc.). Esta informação é então guardada no *Firebase* no ramo `navigation_destinations/{caredId}`.

Cada destino armazenado inclui:

- Nome do destino;
- Coordenadas geográficas (latitude e longitude);
- Identificador do cuidador que definiu o destino;
- Data de criação;
- Estado do destino (inicialmente marcado como *pending*).

Posteriormente, o cuidado pode visualizar a lista de destinos disponíveis e selecionar aquele que pretende seguir. Quando um destino é escolhido, a aplicação gera uma rota dinâmica utilizando a *Google Directions API*, exibindo um percurso otimizado no mapa.

Além disso, o sistema é capaz de:

- Acompanhar a progressão do cuidado ao longo do percurso;
- Atualizar o caminho dinamicamente à medida que o cuidado se desloca;
- Apresentar o tempo e a distância restantes até ao destino;
- Registar automaticamente o sucesso da viagem, atualizando o estado do destino para *completed* e guardando os dados da viagem no histórico.

3.3.4 Câmara

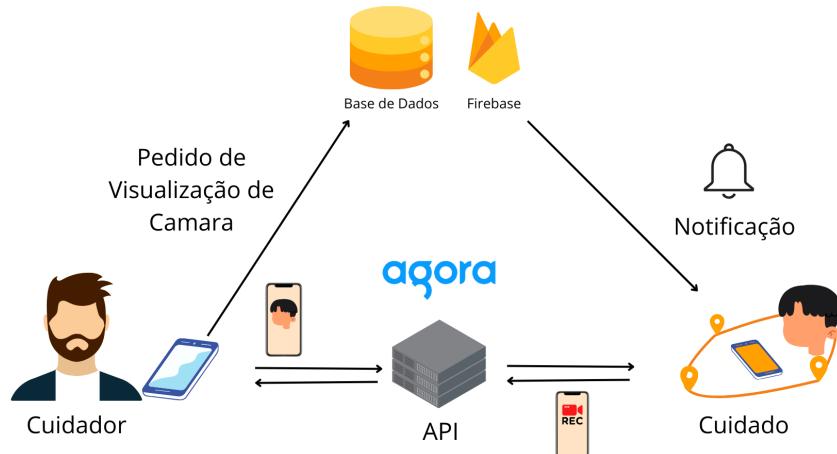


Fig. 5 Funcionamento da monitorização da câmara

Os cuidadores podem, a qualquer momento, solicitar acesso à câmara do dispositivo do cuidado, por exemplo, para verificar o que se passa caso este se encontre numa zona de perigo.

Ao selecionar esta opção, a aplicação regista o pedido no *Firebase* e envia uma notificação ao cuidado, que pode aceitar ou recusar. Se o cuidado não responder ou rejeitar o pedido, o cuidador é imediatamente informado. Caso o cuidado aceite, inicia-se uma sessão de vídeo em direto através da API da *Agora IO*: o dispositivo do cuidado transmite o fluxo de vídeo para os servidores da *Agora IO* e o dispositivo do cuidador liga-se a esse canal para visualizar a transmissão. A ligação é cifrada ponta a ponta e mantém-se ativa enquanto ambos permanecerem na sessão. Tanto o cuidado como o cuidador podem terminar a transmissão a qualquer momento.

3.3.5 Histórico de Localizações



Fig. 6 Histórico de Localizações

O histórico de localizações permite ao cuidador consultar todos os registos de localizações do cuidado ao longo de um intervalo de tempo configurável.

No dispositivo do cuidado, o serviço de localização obtém as coordenadas GPS e guarda-as na *Firebase* em `location_history/careId`, juntamente com a classificação da zona (por exemplo, dentro de uma *Safe Zone*, numa *Danger Zone* ou fora de quaisquer zonas), a cada três minutos. Para evitar sobrecarga de dados, o sistema elimina automaticamente os registos com mais de 30 dias.

Na aplicação do cuidador, este pode escolher o período a consultar (últimas 24 horas, últimos 7 dias ou últimos 30 dias). Em seguida, são apresentados:

- Um mapa de calor (*heatmap*) que destaca as áreas onde o cuidado permaneceu mais tempo;
- Um painel de estatísticas com a percentagem de tempo em que o cuidado esteve numa *Safe Zone*, numa *Danger Zone* ou fora de zonas definidas.

Desta forma, o cuidador consegue identificar os locais onde o cuidado passa mais tempo e detetar eventuais padrões.

3.3.6 Histórico de Percursos



Fig. 7 Histórico de Percursos

O histórico de percursos permite ao cuidador visualizar todos os trajetos que o cuidado concluiu com sucesso.

Sempre que o cuidado termina a navegação para um destino previamente definido, o sistema regista automaticamente um resumo da viagem no *Firebase*, no ramo *navigation_history/{caredId}*. As informações registadas para cada percurso incluem:

- Nome do destino alcançado;
- Coordenadas de partida (local onde o cuidado iniciou o percurso);
- Duração total da viagem (em minutos);
- Distância percorrida (em quilómetros);
- Data e hora de conclusão.

O cuidador pode aceder ao histórico através da interface da aplicação, onde os dados são apresentados de forma organizada, listando todos os percursos em ordem cronológica. Cada entrada no histórico mostra:

- O nome do destino;
- A data e hora em que o cuidado chegou ao destino;
- O tempo de viagem e a distância percorrida.

3.4 Cuidado

A página inicial do cuidado, já contém as informações pessoais do utilizador à vista, ou seja, nome, *username* e código de associação do cuidado. Além de ser possível consultar o mapa para ver a sua localização atual ou realizar uma navegação até a um dos destinos. Na página inicial, também está presente um fundo colorido que varia consoante a localização do cuidado, indicando diferentes níveis de perigo.

3.4.1 Geofencing



Fig. 8 Geofencing

Ao aceder ao mapa, a aplicação determina a localização atual do cuidado e armazena-a no *Firebase*, permitindo que o cuidador monitorize em tempo real a sua posição.

Além disso, o programa recupera do *Firebase* as zonas seguras e perigosas previamente definidas pelo cuidador. Estas zonas, desenhadas diretamente no mapa, são carregadas e apresentadas nos respetivos locais, possibilitando uma visualização clara do ambiente geográfico em que o cuidado se encontra.

A *SafeSteps* avalia continuamente a localização do cuidado em relação às zonas definidas e, consoante a situação, emite indicações visuais, sonoras e notificações (incluindo as notificações aos cuidadores, conforme descrito anteriormente). O comportamento do sistema adapta-se da seguinte forma:

- **Dentro de uma zona segura:** Se o cuidado estiver dentro de uma zona segura, a aplicação mantém uma interface com fundo verde, indicando que tudo está dentro da normalidade. Não são emitidos alertas nesta situação.
- **Fora de qualquer zona segura:** Quando o cuidado está fora de uma zona segura, a interface muda para um fundo laranja, sinalizando potencial risco. A aplicação emite um alerta sonoro contínuo (até ser silenciado pelo próprio utilizador), aconselhando o regresso à zona segura.
- **Dentro de uma zona perigosa:** Se o cuidado entrar numa zona marcada como perigosa, o fundo da interface torna-se vermelho. A aplicação emite um alerta sonoro mais intenso e distinto, reforçando o grau de perigo.

Este mecanismo de *geofencing* permite à *SafeSteps* comunicar de forma clara e acessível o estado geográfico do cuidado, tendo sido concebido com princípios de acessibilidade que contemplam utilizadores com limitações visuais ou auditivas. Para assegurar que a informação crítica é corretamente percebida em qualquer contexto, a aplicação recorre a alertas vibratórios e sonoros diferentes consoante se trate da saída de uma zona segura ou da entrada numa zona perigosa, recebendo-os mesmo quando está em segundo plano ou encerrada. Adicionalmente, foram implementados esquemas de cores ajustados para daltónicos, de modo a garantir uma distinção nítida entre os diferentes estados (verde, laranja e vermelho) consoante o tipo de daltonismo.

3.4.2 Navegação

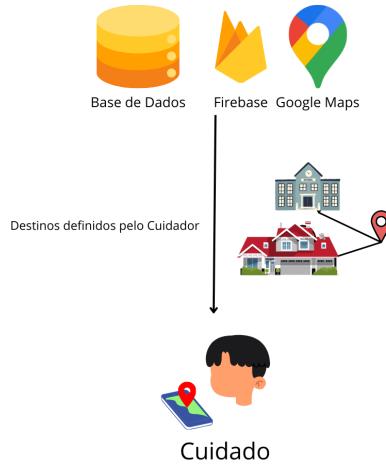


Fig. 9 Navegação

A funcionalidade de navegação permite ao cuidado selecionar e seguir trajetos previamente definidos pelo seu cuidador. Ao clicar no botão dedicado aos destinos, o cuidado visualiza uma lista de locais criados pelo cuidador, podendo escolher o destino que pretende alcançar.

Após a seleção de um destino, a aplicação pergunta se o cuidado vai percorrer o destino a pé ou de carro, e traça automaticamente uma rota entre a localização atual do cuidado e o ponto de destino, representada no mapa por uma linha azul (o caminho é ajustado de acordo com a opção selecionada anteriormente, a *SafeSteps* também notifica o cuidado com um aviso sonoro para que saiba que está a cometer um desvio). Esta rota é gerada através da *Google Directions API*, que também fornece informações adicionais como o tempo estimado de viagem e a distância em quilómetros. Estes dados são apresentados ao cuidado de forma clara durante todo o percurso.

Ao longo da deslocação, a *SafeSteps* monitoriza continuamente a posição do cuidado. Caso este se desvie do caminho, a rota é recalculada dinamicamente, garantindo que o utilizador é redirecionado para o destino de forma eficiente. O tempo e a distância restantes são igualmente atualizados em tempo real.

Quando o cuidado se aproxima do destino (a menos de 20 metros), a aplicação considera o percurso concluído (mostrando uma mensagem de finalização ao cuidado). Nesse momento, a navegação é terminada automaticamente e os dados da viagem, incluindo o nome do destino, tempo total, distância percorrida e ponto de partida, são guardados no *Firebase*, ficando disponíveis para posterior consulta no histórico.

A navegação pode também ser cancelada manualmente a qualquer momento, através de um botão que se torna visível assim que um destino é selecionado. Esta opção dá maior controlo ao cuidado, permitindo interromper a rota em caso de necessidade.

3.4.3 Câmara

Como mencionado anteriormente o cuidador têm a opção de monitorizar a câmara dos seus cuidados. Na aplicação do cuidado, sempre que o cuidador solicita acesso à câmara, é apresentado um *pop-up* com o nome do cuidador e as opções “Aceitar” ou “Recusar”. Se o utilizador recusar ou não responder, o pedido é automaticamente cancelado e o cuidador é informado da decisão. Caso aceite, inicia-se uma sessão de vídeo em direto através da API da Agora IO, sendo exibido um ícone de câmara no ecrã do utilizador para indicar que a transmissão está ativa. Ao tocar nesse ícone, o utilizador pode interromper a transmissão a qualquer momento, encerrando simultaneamente a sessão no dispositivo do cuidador.

3.5 Ludificação e Gamificação

Uma das componentes mais distintivas da *SafeSteps* é o sistema de *gamificação*, desenvolvido com o objetivo de reforçar o envolvimento e a motivação do utilizador, neste caso, o cuidado, durante a sua utilização da aplicação. Através de elementos visuais simples, como barras de vida e pontuações, o sistema promove comportamentos seguros, encoraja a atenção ao percurso definido e proporciona uma sensação de progresso contínuo.

Foram concebidos dois sistemas distintos de *gamificação*, cada um associado a um contexto diferente de uso: a navegação até destinos definidos e a monitorização contínua por *geofencing*. Ambos os sistemas utilizam uma *barra de vida* com pontuação entre 0 e 100, mas com regras de penalização e recuperação distintas, adaptadas ao tipo de atividade em curso.

3.5.1 Navegação

Durante o processo de navegação, é apresentado ao cuidado uma *barra de vida* (Life Bar), com uma pontuação entre 0 e 100. Esta barra representa o desempenho do utilizador ao longo do trajeto e serve como um elemento de motivação comportamental.

A barra de vida inicia com o valor máximo (100) e é decrementada sempre que o cuidado se desvia do percurso originalmente definido. Apesar da *SafeSteps* recalcular automaticamente a rota com base na nova posição do utilizador, cada desvio acarreta uma penalização de 10 pontos na pontuação total.

No final da navegação, a pontuação obtida é registada juntamente com os restantes dados do percurso no histórico. Para reforçar visualmente o resultado, cada entrada do histórico é apresentada com uma cor distinta, consoante o *score* final:

- **Verde:** Representa um desempenho excelente (pontuação entre 80 e 100);
- **Amarelo:** Indica um desempenho aceitável (pontuação entre 40 e 79);
- **Vermelho:** Assinala um desempenho fraco (pontuação inferior a 40).

Este sistema de gamificação foi concebido para incentivar o cuidado a seguir corretamente o trajeto proposto, promovendo maior foco, segurança e envolvimento com a aplicação.

3.5.2 Geofencing

Durante a monitorização contínua da localização do cuidado, é apresentada ao mesmo uma *barra de vida (Life Bar)*, representando uma pontuação entre 0 e 100. Esta barra reflete o comportamento espacial do cuidado face às zonas definidas pelo cuidador e tem como objetivo promover a permanência em ambientes considerados seguros.

A barra de vida inicia no valor máximo (100) e é atualizada periodicamente, de acordo com a localização atual do utilizador. Caso o cuidado se encontre fora de qualquer zona segura, a pontuação é decrementada a um ritmo de 3 pontos a cada 2 segundos. Se, em vez disso, o cuidado estiver numa zona classificada como perigosa, a penalização é mais severa: 7 pontos a cada 2 segundos. Para recuperar pontos, basta que o cuidado reentre numa zona segura, sendo-lhe então atribuídos 2 pontos por cada 2 segundos passados nesse local.

Durante o período em que a navegação está ativa, este sistema de ludificação é temporariamente suspenso, permitindo que o foco recaia exclusivamente na barra de navegação. Assim que a navegação é concluída ou cancelada, o sistema de *geofencing* retoma automaticamente a sua monitorização e atualização da pontuação.

Caso a barra de vida atinja o valor mínimo (0), a *SafeSteps* regista essa ocorrência no histórico, permitindo ao cuidador identificar situações em que o cuidado passou tempo excessivo fora de zonas seguras, o que pode indicar risco ou desatenção ao percurso definido.

4 Testes e Validação

Nesta secção, apresenta-se de forma sucinta os testes realizados à aplicação SafeSteps e a respetiva validação das suas funcionalidades. Será simulada a experiência de registo e de login, bem como a interacção com as interfaces dos cuidadores e dos cuidados, de modo a comprovar o seu correto funcionamento. Por fim, descrevem-se brevemente os processos de recolha e tratamento de dados, alinhados com os princípios de ética, privacidade e segurança.

4.1 Funcionamento da Aplicação

De forma a demonstrar o funcionamento da aplicação *SafeSteps* e validar a eficácia das funcionalidades desenvolvidas, será apresentada uma simulação da sua utilização por parte de cuidadores e cuidados.

4.1.1 Registo e Login



Fig. 10 Registo

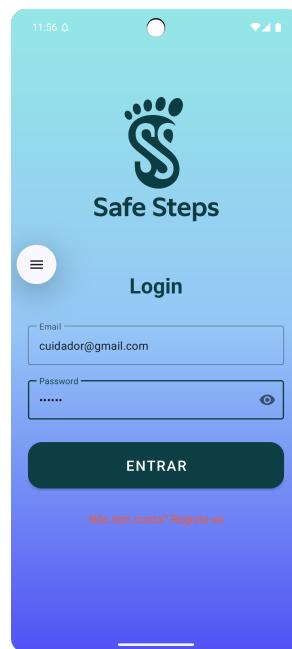


Fig. 11 Login do Utilizador

A primeira etapa consiste na autenticação do utilizador. Ele pode escolher criar uma conta como cuidador ou cuidado, ou então caso já possua uma conta pode fazer o *login* através de um formulário simples, onde apenas é necessário fornecer o email e a palavra-passe. Caso os dados estejam corretos e coincidam com uma conta existente no *Firebase*, o utilizador será autenticado e redirecionado para a interface correspondente, de acordo com o seu tipo de conta (cuidador ou cuidado).

4.1.2 Interfaces do Cuidador

Página principal do cuidador

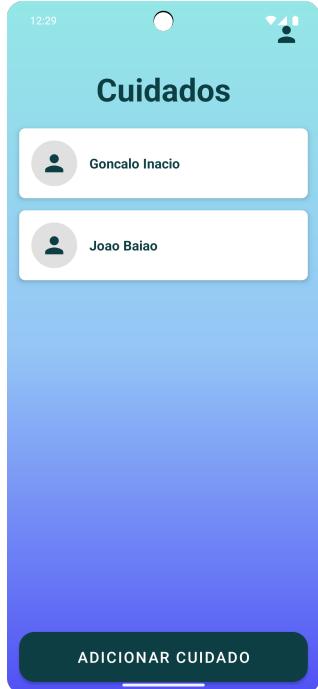


Fig. 12 Página principal do cuidador



Fig. 13 Área de Monitorização do cuidado

Após o *login*, o cuidador é direcionado para a sua página principal, onde pode adicionar novos cuidados utilizando o *username* e o código de associação do respetivo cuidado, consultar o seu perfil ou aceder à área de monitorização dos cuidados já associados. Esta área centraliza o acesso às funcionalidades mais relevantes, tais como visualização da localização, definição de zonas de segurança e navegação.

Monitorizar a Localização



Fig. 14 Monitorizar a Localização

Na área de monitorização, o cuidador pode visualizar em tempo real a posição atual do cuidado (marcada com um pin azul), bem como as zonas seguras (a verde) e perigosas (a vermelho), previamente definidas. Esta funcionalidade permite uma supervisão contínua e precisa.

Desenhar Geofences

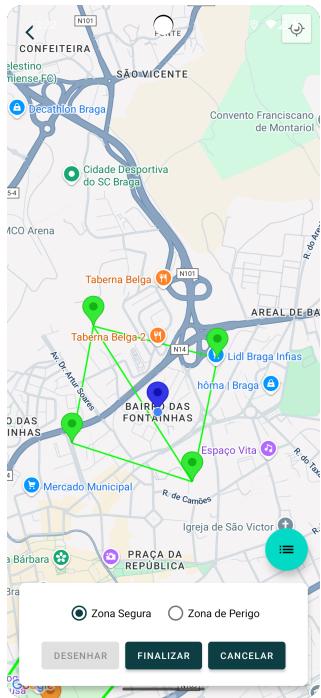


Fig. 15 Desenhar Geofence

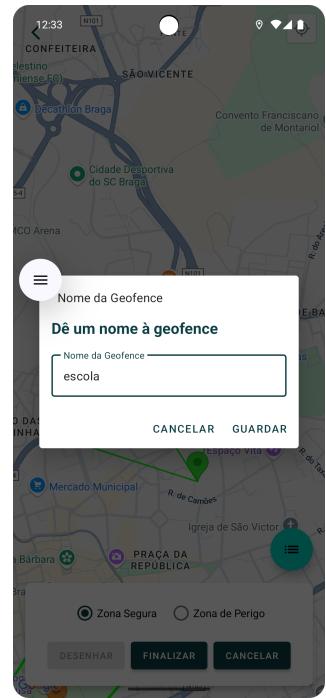


Fig. 16 Criar a geofence com um nome

A definição de zonas seguras ou perigosas (geofences) pode ser feita diretamente no mapa, através de um sistema de desenho livre. O cuidador pode escolher se pretende criar uma zona segura ou de perigo e, após delimitar a área desejada, pode atribuir-lhe um nome e guardá-la no sistema. Estas zonas são posteriormente utilizadas na monitorização da localização e no sistema de alertas. Adicionalmente, existe a possibilidade de remover geofences já criadas caso estas deixem de ser necessárias.

Navegação (definir destinos)



Fig. 17 Mapa da localização do cuidado

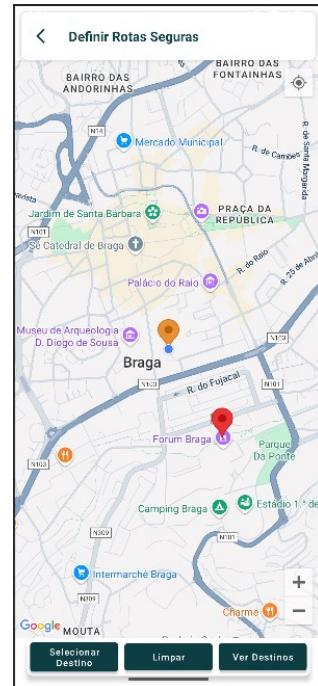


Fig. 18 Geofence com Destino selecionado

Na opção de navegação, o cuidador pode visualizar a localização atual do cuidado (pin laranja) e definir destinos específicos clicando no mapa (pin vermelho). Ao contrário da área de monitorização, as zonas de segurança e perigo não são exibidas aqui para evitar sobrecarga visual. A interface apresenta-se centrada na definição e gestão de percursos.

Navegação (marcar destino)

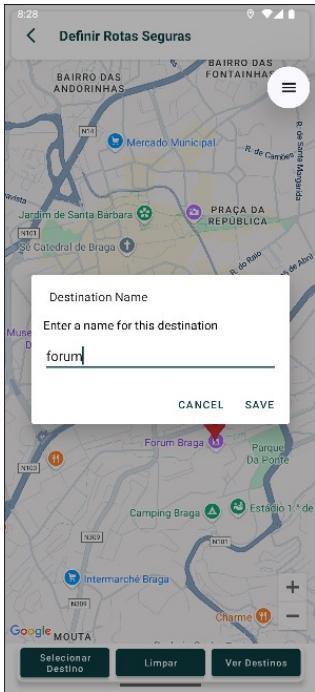


Fig. 19 Escrever o nome do destino

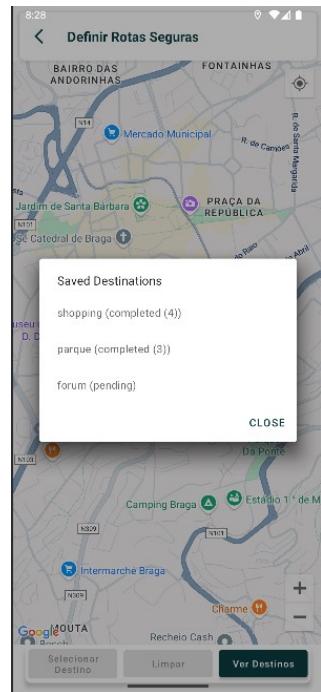


Fig. 20 Lista de destinos criados

Após selecionar um ponto no mapa, o cuidador pode atribuir um nome ao destino e guardá-lo. Todos os destinos guardados ficam disponíveis numa lista, onde é possível consultar o número de vezes que cada destino foi alcançado com sucesso. Os destinos ainda não percorridos aparecem como *pending*. É possível cancelar uma seleção errada a qualquer momento.

Aceder à Câmara

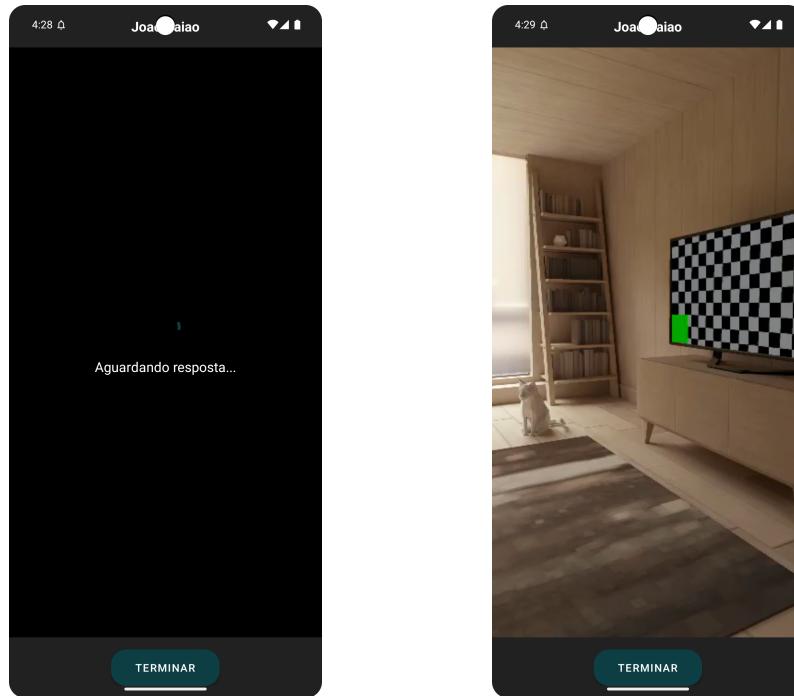


Fig. 21 Monitorização da câmara

Ao selecionar a opção de monitorizar a câmara do cuidado, o cuidador ficará a aguardar a resposta do mesmo, podendo interromper a transmissão a qualquer momento. Caso o cuidado aceite o pedido, a imagem da sua câmara será apresentada no ecrã do cuidador. Durante a transmissão, estará visível um botão que permite ao cuidador terminar a sessão a qualquer momento.

Histórico de Localizações

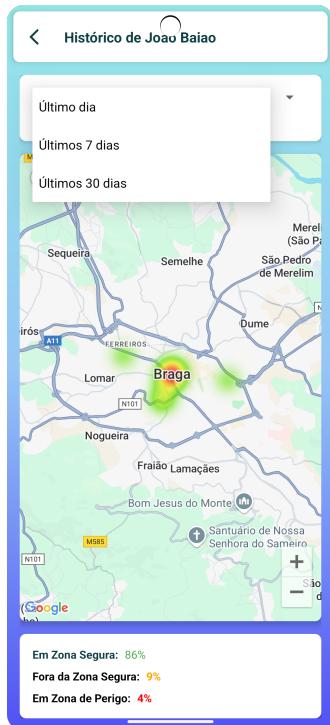


Fig. 22 Histórico de localizações

Após selecionar a opção de visualizar o histórico de localizações, o cuidador tem acesso a um mapa de calor que representa as zonas onde o cuidado esteve com maior frequência. É possível selecionar o período a analisar (último dia, últimos 7 dias ou últimos 30 dias) e consultar a percentagem de tempo que o cuidado permaneceu em cada tipo de zona (segura, perigosa ou fora das zonas definidas).

Histórico de Percursos / Gamification



Fig. 23 Histórico de percursos com ludificação

Após cada percurso concluído, ou sempre que a barra de ludificação chega a zero (tanto na navegação como na *geofencing*), é registada uma entrada no histórico do cuidador. No caso da navegação, os registos incluem a distância percorrida, o nome do destino, a hora de conclusão e a pontuação final. A cor de fundo da entrada varia conforme essa pontuação. No caso da barra de *geofencing* atingir zero, o histórico exibe um alerta destacado com a data e hora do evento, indicando que o cuidado esteve em situação de risco prolongado.

4.1.3 Interfaces do Cuidado

Página principal

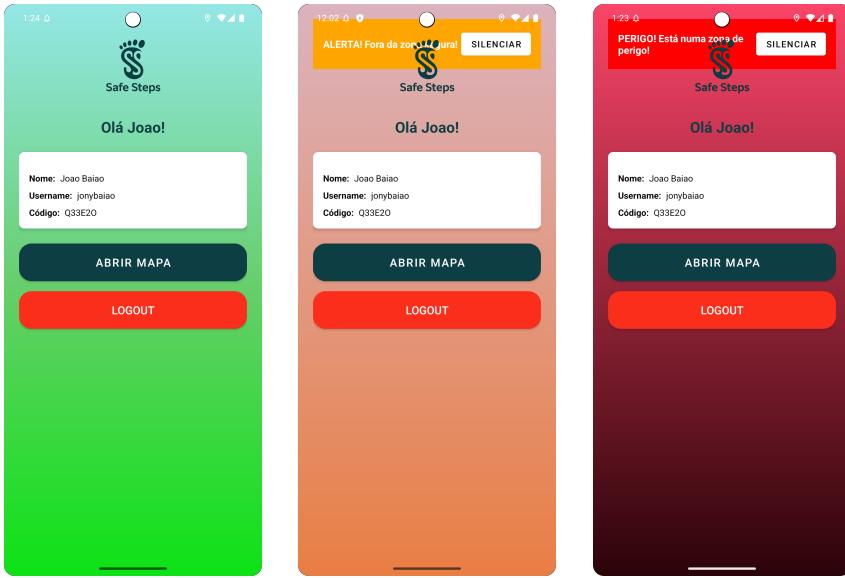


Fig. 24 Página principal do cuidado nos vários estados de alerta

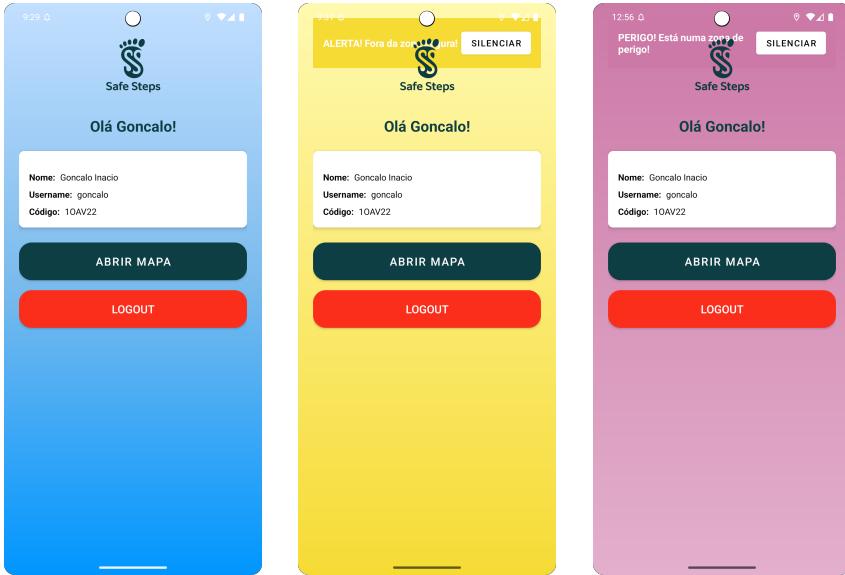


Fig. 25 Página principal do cuidado com cores adaptadas para deuteranopia

A interface do cuidado é mais simples e intuitiva. Apresenta um botão para aceder ao mapa e um fundo colorido que varia consoante a sua localização:

- **Verde:** Dentro da Zona Segura;
- **Amarelo:** Fora da Zona Segura;
- **Vermelho:** Dentro da Zona Perigosa;

Em situações de alerta, surge uma notificação acompanhada por um som contínuo, que pode ser silenciado através de um botão dedicado.

Para utilizadores com daltonismo, o esquema de cores é adaptado de acordo com o tipo de deficiência visual (ex.: deuteranopia), promovendo acessibilidade.

Mapa

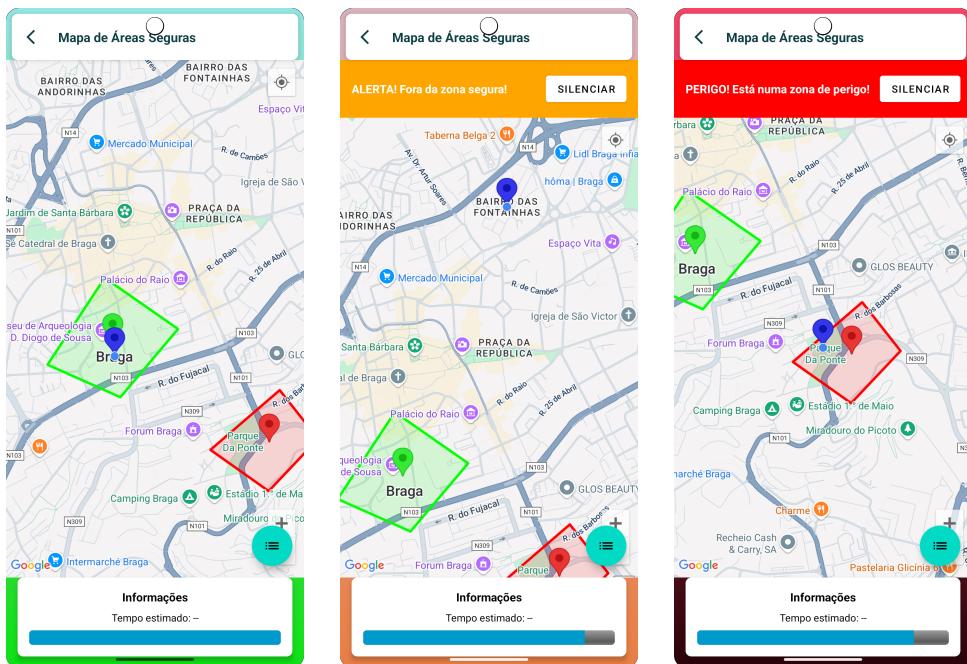


Fig. 26 Visualizar o mapa

No mapa, o cuidado pode visualizar a sua posição atual, as zonas seguras e perigosas, bem como a sua barra de ludificação (barra azul). Esta barra diminui quando o utilizador permanece fora das zonas seguras ou dentro de zonas perigosas, e aumenta quando regressa a zonas seguras. Alertas sonoros e visuais acompanham cada evento relevante para reforçar a orientação e segurança.

Selecionar Destino

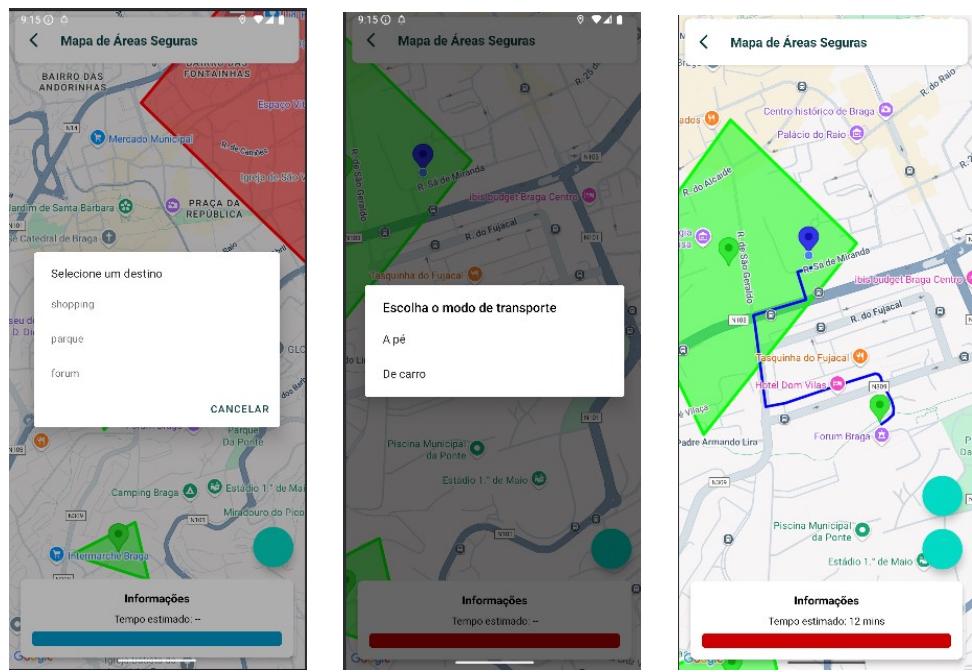


Fig. 27 Selecionar Destino

Ao clicar no botão verde acima da barra de ludificação, o cuidado pode iniciar a navegação até um destino definido pelo cuidador. Após a seleção do destino, o utilizador escolhe se pretende seguir o percurso a pé ou de carro. Um caminho é então traçado (linha azul) entre a sua posição atual (pin azul) e o destino (pin verde). Neste modo, a ludificação do *geofencing* é temporariamente suspensa, sendo substituída pela barra vermelha, que avalia a performance da navegação.

Navegação

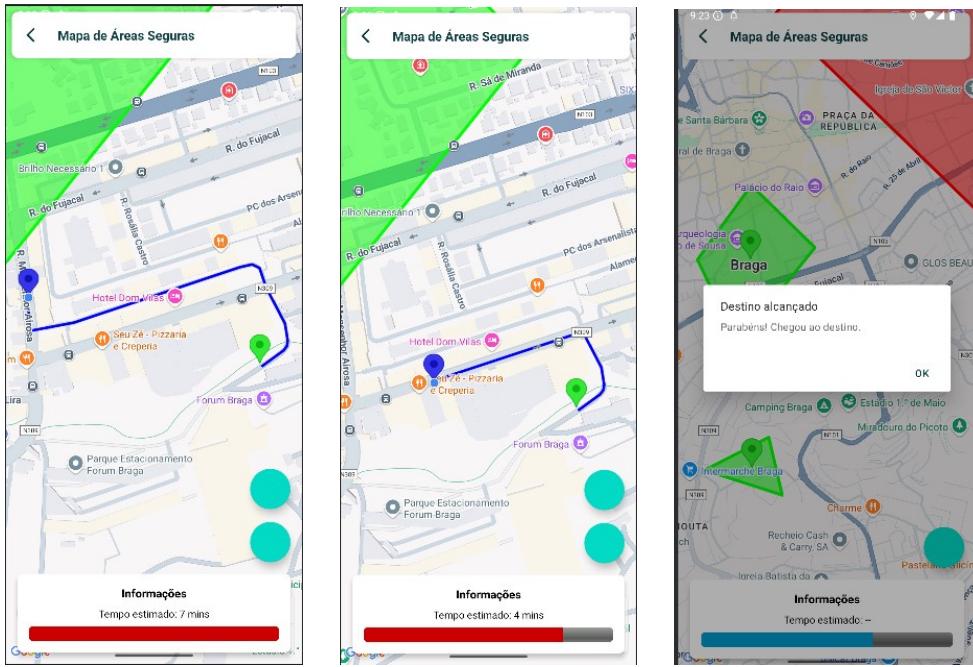


Fig. 28 Processo de Navegação

Durante a navegação, o percurso é constantemente atualizado com base na posição do cuidado. Caso este se desvie, um novo caminho é calculado, mas a barra vermelha perde pontos. Quando o cuidado se aproxima a menos de 20 metros do destino, o percurso é considerado concluído e a barra azul é reativada, voltando a ser aplicada a ludificação associada ao *geofencing*.

Câmara

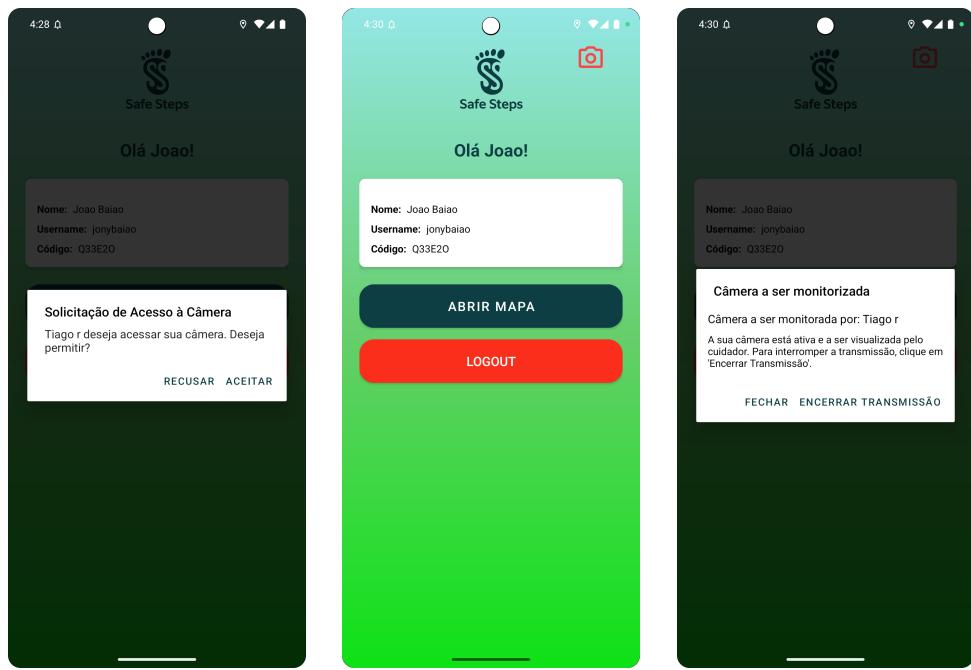


Fig. 29 Monitorização da câmara na aplicação do cuidado

Quando o cuidador solicita o acesso à câmara do cuidado, surge na página do cuidado um pop-up para aceitar ou recusar o pedido. Se o cuidado aceitar, fica visível um ícone de câmara no ecrã. Ao clicar nesse ícone, é mostrada a informação do cuidador que está a visualizar a transmissão, bem como a opção para terminar a transmissão.

4.2 Ética, Privacidade e Uso de Dados

Na *SafeSteps*, a recolha e utilização de dados são efetuadas com base nas necessidades específicas de funcionamento da aplicação, evitando o armazenamento de informações irrelevantes para o sistema. Embora alguns dados, como a idade dos utilizadores (cuidados), não sejam atualmente utilizados de forma direta nas funcionalidades disponíveis, continuam a ser essenciais para o processo de análise e melhoria contínua do produto. Estes dados permitem segmentar o público-alvo, identificar perfis de utilização e, com base nesses perfis, desenvolver novas funcionalidades e analisar a adesão, por exemplo, por faixa etária. Este tipo de análise é fundamental para otimizar a experiência do utilizador e orientar a evolução futura da aplicação, quer através da introdução de novas funcionalidades, quer na adaptação do produto a novos segmentos de mercado.

Apesar de a aplicação lidar com dados sensíveis, como a localização em tempo real e informações pessoais, é feita uma gestão criteriosa da recolha desses dados, limitando-a apenas ao estritamente necessário para o funcionamento básico do sistema. A aplicação recorre ao *Firebase*, uma plataforma que assegura armazenamento e processamento de dados com níveis adequados de segurança.

Relativamente a dados de terceiros, a aplicação integra serviços de entidades externas, como a Google (*Google Maps* e *Firebase*) e a Agora IO (para chamadas de vídeo). Foi feita uma análise dos termos de utilização destes fornecedores, com o objetivo de garantir que as respetivas políticas estão alinhadas com as diretrizes de privacidade e segurança adotadas. Esta avaliação assegura que os dados dos utilizadores são tratados de forma responsável, conforme os requisitos legais e regulamentares aplicáveis.

A privacidade dos dados dos utilizadores é uma prioridade. No entanto, na fase atual do projeto, não foi implementada encriptação de dados, uma vez que o foco principal esteve centrado no desenvolvimento das funcionalidades no âmbito da unidade curricular de Sensorização e Ambiente. Embora a encriptação de dados seja uma prática indispensável numa solução orientada para o mercado, no contexto académico considerou-se mais relevante concentrar esforços na utilização de sensores e no processamento de dados em tempo real. Ainda assim, reconhecemos que, numa aplicação destinada a contextos industriais ou comerciais, a encriptação é imprescindível para proteger informações sensíveis.

A ausência de encriptação pode tornar os dados mais vulneráveis a ataques e exposições, representando riscos que devem ser ponderados. Uma funcionalidade como a definição de zonas seguras pode ser corrompida para um alvo onde se encontra uma pessoa vulnerável. Este equilíbrio entre funcionalidade e segurança foi uma das decisões mais críticas do projeto, tendo sido dada prioridade ao desenvolvimento de funcionalidades que respondem diretamente às necessidades de monitorização, em detrimento da implementação de medidas de segurança mais avançadas. A plataforma *Firebase*, selecionada para o armazenamento de dados, oferece um nível robusto de segurança, sendo amplamente reconhecida pelas suas boas práticas nesta área. Apesar desta camada de proteção, a responsabilidade pela utilização segura dos dados também recai sobre os utilizadores, que devem estar cientes dos riscos associados ao uso da aplicação.

Importa ainda sublinhar que, no desenvolvimento de soluções para grupos vulneráveis, como crianças, idosos e pessoas com deficiência, a privacidade dos dados

assume um carácter particularmente sensível. O projeto foi concebido para garantir que os dados recolhidos são utilizados unicamente para os fins previstos, como a definição de zonas seguras. Esta abordagem minimiza a recolha de dados pessoais e respeita a privacidade dos utilizadores.

A *SafeSteps* adota ainda uma abordagem ética no tratamento dos dados dos utilizadores, alinhando-se com os princípios da minimização da recolha de dados, da transparência e da proteção de grupos vulneráveis. A recolha de dados é realizada de forma consciente, para melhorar a experiência e segurança do utilizador sem expor informações desnecessárias ou excessivas.

Adicionalmente, o projeto segue uma política de transparência, assegurando que os utilizadores estão devidamente informados sobre os dados que estão a ser recolhidos e como serão utilizados. Todos os dados são acompanhados de termos de utilização, que devem ser aceites pelo utilizador antes de iniciar a utilização da aplicação. Este procedimento garante o consentimento informado do tratamento dos seus dados.

Outro princípio adotado é o respeito pela privacidade dos grupos em situação de vulnerabilidade. Desde a fase de conceção da aplicação, foi tida em consideração a natureza do público-alvo, que inclui, maioritariamente, crianças, idosos e pessoas com deficiência. A recolha e o tratamento de dados devem ser sempre efetuados de forma responsável, respeitando a integridade e a segurança dos utilizadores. A aplicação também inclui mecanismos para evitar práticas de vigilância excessiva ou invasiva, permitindo que os cuidadores exerçam uma supervisão adequada sem comprometer o direito à privacidade dos cuidados.

No que respeita ao uso de sensores, como a geolocalização e as notificações em tempo real, a aplicação garante que cada utilizador tem controlo total sobre as funcionalidades pretendidas, ativar ou desativar. A aceitação da utilização de sensores é realizada de forma explícita, seguindo os moldes comuns das aplicações *Android*.

5 Trabalhos Futuros

Apesar das várias funcionalidades implementadas na *SafeSteps*, há ainda um conjunto de melhorias e extensões que foram idealizadas durante o desenvolvimento, mas que não chegaram a ser concretizadas. Estas propostas representam oportunidades relevantes para o futuro da aplicação, tanto a nível técnico como funcional.

Uma das funcionalidades previstas seria a introdução de um modelo de monetização baseado em subscrição. Neste sistema, apenas o cuidador necessitaria de um plano pago, com um custo mensal de 2,50 €, que garantiria acesso ilimitado a todas as funcionalidades da aplicação, incluindo a monitorização de múltiplos cuidados e o acesso completo ao histórico de trajetos. Paralelamente, seria mantido um plano gratuito com funcionalidades básicas, permitindo monitorizar apenas um cuidado, sendo suportado por publicidade da *Google Store*. Este modelo híbrido, que combina subscrição *premium* com um plano gratuito suportado por anúncios, visa assegurar a sustentabilidade financeira da aplicação, sem comprometer a acessibilidade. A sua implementação exigiria a integração com um sistema de faturação (como o *Google Play Billing*) e uma gestão eficaz das permissões de acesso conforme o plano subscrito.

Outra funcionalidade com grande potencial seria a introdução de *rankings* globais como parte do sistema de *gamificação*. Esta funcionalidade permitiria posicionar os cuidados num *ranking* semanal ou geral, com base no seu desempenho: número de percursos concluídos, pontuação média da barra de vida, tempo passado dentro de zonas seguras e frequência com que evitaram violações. A comparação poderia ser feita de forma anónima ou entre grupos específicos, definidos pelos cuidadores. Esta abordagem aumentaria o envolvimento e a motivação dos cuidados, promovendo o cumprimento das regras definidas. A nível técnico, seria necessário definir critérios justos de avaliação e normalizar as pontuações, além de armazenar e atualizar os dados periodicamente no *Firebase*. Visualmente, a aplicação poderia apresentar medalhas, emblemas ou distinções, reforçando o reconhecimento do bom desempenho.

Em termos de infraestrutura, a possibilidade de implementar um servidor próprio foi também considerada. Embora o *Firebase* tenha sido essencial para acelerar o desenvolvimento da aplicação, a dependência de uma infraestrutura externa traz algumas limitações, como menor controlo sobre os dados, custos escaláveis e restrições de personalização. Um servidor próprio permitiria maior flexibilidade, controlo total sobre a base de dados (com tecnologias como *PostgreSQL* ou *MongoDB*), e a definição de uma API personalizada. Esta mudança permitiria também escalar o sistema com mais eficiência, reforçar a privacidade dos dados e integrar serviços externos, como painéis administrativos ou sistemas institucionais. No entanto, esta abordagem exigiria maior responsabilidade em termos de segurança, manutenção e infraestrutura técnica.

Por fim, uma melhoria prática que beneficiaria diretamente a experiência do cuidador seria a introdução de uma barra de pesquisa na funcionalidade de navegação. Atualmente, o cuidador precisa de clicar diretamente no mapa para definir destinos, o que pode ser impreciso ou moroso. A inclusão de uma barra de pesquisa permitiria localizar rapidamente moradas ou locais de interesse, recorrendo à API de geocodificação da Google. Esta adição tornaria o processo de definição de rotas mais rápido, intuitivo e alinhado com os padrões de usabilidade comuns em aplicações modernas de mapas.

6 Conclusão

O desenvolvimento da aplicação *SafeSteps* permitiu explorar de forma prática e crítica o potencial das tecnologias móveis aplicadas à segurança pessoal de indivíduos em situação de vulnerabilidade, como crianças, idosos ou pessoas com deficiência. Através da integração de funcionalidades como *geofencing*, navegação assistida, comunicação por vídeo e ludificação, a aplicação demonstrou ser uma solução abrangente e acessível para cuidadores que necessitam de acompanhar e proteger os seus cuidados em tempo real.

A arquitetura modular, suportada pela plataforma *Firebase*, revelou-se eficaz na sincronização de dados e comunicação entre os utilizadores. A utilização de sensores móveis e APIs como o *Google Maps* e *Directions* proporcionou uma experiência interativa e fiável, enquanto o sistema de *gamificação* introduziu um elemento motivacional relevante tanto para a navegação como para a permanência em zonas seguras.

Apesar da implementação de várias funcionalidades essenciais, o projeto identifica ainda espaço para crescimento, nomeadamente com a introdução de um modelo de monetização, *rankings* globais e a possibilidade de adotar um servidor próprio, que garanta maior controlo sobre os dados e escalabilidade futura.

Para além das questões técnicas, o relatório também abordou com seriedade os desafios éticos e de privacidade inerentes à monitorização em tempo real. Ainda que algumas limitações, como a ausência de encriptação, se devam ao contexto académico do projeto, estas foram reconhecidas como pontos a melhorar numa eventual transição para uma solução comercial.

Em suma, a *SafeSteps* representa uma aplicação funcional, com impacto social claro, que alia segurança, acessibilidade e inovação. O projeto cumpriu os seus principais objetivos, demonstrando a viabilidade de utilizar tecnologias móveis e geoespaciais para melhorar o bem-estar e autonomia de pessoas vulneráveis, ao mesmo tempo que se oferece uma ferramenta útil e de fácil utilização para os seus cuidadores.

Referencias

- [1] European Court of Auditors: Segurança Rodoviária – Ações da UE contribuíram apenas de forma limitada para a melhoria da segurança dos utilizadores da estrada vulneráveis. Relatório Especial 04/2024 (2024). https://www.eca.europa.eu/ECAPublications/SR-2024-04/SR-2024-04_PT.pdf