



Instituto Superior de Engenharia de Lisboa  
Licenciatura Engenharia Informática e Multimédia

Ano letivo 2025/2026

## **Interação Pessoa-Máquina**

Trabalho Prático nº3

Turma 52D

Miguel Azenha, A47708  
Maria Luísa Sampaio, A50799

Dezembro de 2025

# Índice

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>1</b>
1.1	Definição do Problema . . . . .	1
1.2	Objetivos da Avaliação . . . . .	1
1.3	Sistemas em Comparação e Metodologia . . . . .	2
<b>2</b>	<b>Metodologia de Avaliação</b>	<b>3</b>
2.1	Participantes e Ética . . . . .	3
2.2	Desenho Experimental . . . . .	3
2.3	Variável Independente . . . . .	3
2.4	Variáveis Dependentes . . . . .	3
2.5	System Usability Scale (SUS) . . . . .	4
2.5.1	Estrutura e Escala . . . . .	4
2.5.2	Cálculo da Pontuação . . . . .	4
2.6	Tarefas e Procedimento . . . . .	5
2.6.1	Procedimento . . . . .	5
<b>3</b>	<b>Perfil dos Participantes</b>	<b>6</b>
3.1	Critérios de Amostragem e Recrutamento . . . . .	6
3.2	Caracterização da Amostra . . . . .	6
<b>4</b>	<b>Análise de Resultados</b>	<b>8</b>
4.1	Análise de Descritiva . . . . .	8
4.1.1	Satisfação SUS . . . . .	8
4.1.2	Teste de Hipótese . . . . .	9
<b>5</b>	<b>Avaliações</b>	<b>12</b>
<b>6</b>	<b>Protótipo de Alta Fidelidade</b>	<b>13</b>
<b>7</b>	<b>Conclusões</b>	<b>16</b>

## Índice de figuras

1	Adicionar/Comprar . . . . .	6
2	Adicionar/Comprar . . . . .	7
3	Opções da <i>bottom navigation bar</i> . . . . .	13
4	Opções da <i>Interface de compra/leitura</i> . . . . .	14
5	Interfaces de compra de bilhete e informação de passe . . . . .	15

# 1 Introdução

A presente avaliação experimental e formal é realizada no âmbito da Unidade Curricular de Interação Pessoa-Máquina e constitui o 3º Trabalho Prático. Este trabalho dá continuidade às fases de investigação e design centradas no utilizador executadas nos trabalhos práticos anteriores.

## 1.1 Definição do Problema

O foco central deste trabalho insere-se na análise e superação da fricção induzida pela dependência do cartão físico do passe Navegante no quotidiano dos utilizadores de transportes públicos. A fase inicial de investigação identificou que a gestão do título de transporte físico cria múltiplos pontos de fricção no fluxo diário. Estes constrangimentos incluem:

1. **Esquecimento:** A dependência do cartão físico é uma fonte significativa de frustração, levando a situações recorrentes de esquecimento do passe em casa.
2. **Ineficiência na Validação:** A necessidade de procurar o cartão na mala ou no bolso resulta em tempos médios de procura observados entre 12 a 35 segundos, ou em alguns casos superiores caso o cartão esteja dentro de uma mochila ou mala. Esta fricção causa filas, stress e pequenos atrasos acumulados na entrada dos transportes, especialmente nos autocarros. Adicionalmente, os validadores nos autocarros falham frequentemente a leitura à primeira tentativa, exigindo que o utilizador volte a tentar.
3. **Complexidade no Carregamento:** O processo de renovação do passe, efetuado maioritariamente em máquinas automáticas, Multibanco ou espaços Navegante, gera filas de espera e frustração, especialmente no início do mês ou em casos de avaria das máquinas.
4. **Falta de Integração Digital:** Existe frustração por parte dos utilizadores devido à ausência de uma versão digital completa do passe e à falta de integração com sistemas de carteira móvel amplamente utilizados, como a *Apple Wallet* ou *Google Wallet*.

Estes fatores de frustração e ineficiência representam um desafio significativo no fluxo quotidiano, com os participantes a valorizarem soluções digitais que eliminem a dependência do cartão físico e que permitam a validação direta através do telemóvel. A solução proposta consiste num protótipo de alta fidelidade que visa digitalizar o passe e integrar funcionalidades essenciais, como carregamento automático e notificações de saldo baixo.

## 1.2 Objetivos da Avaliação

O presente estudo visa realizar uma avaliação rigorosa do protótipo desenvolvido. A metodologia adotada segue o formato de uma avaliação experimental e formal, comparando o protótipo com um sistema semelhante que atua como *baseline*.

Os objetivos específicos desta avaliação são:

1. **Avaliar a Usabilidade e a Experiência do Utilizador:** Mensurar o nível de eficácia, eficiência e satisfação, recorrendo a métricas ordinais e contínuas, durante a execução de tarefas-chave no protótipo de alta fidelidade.
2. **Comparação com o Sistema *Baseline*:** Determinar se o protótipo digital oferece uma melhoria estatisticamente significativa no desempenho do utilizador em comparação com a solução de referência existente ou com um sistema semelhante que realize a mesma tarefa.

3. **Validação dos Requisitos de Design:** Verificar se as funcionalidades implementadas, como a integração digital do passe ou o fluxo de carregamento, satisfazem os requisitos identificados durante a fase de investigação.

### **1.3 Sistemas em Comparação e Metodologia**

O sistema avaliado consiste num protótipo de alta fidelidade de uma aplicação móvel para gestão e validação do passe Navegante, desenvolvido em Figma. Este sistema será comparado com um sistema de controlo que permita realizar a mesma tarefa principal de gestão e validação de títulos de transporte.

A avaliação será conduzida através de uma metodologia experimental rigorosa, incluindo a definição de variáveis dependentes (métricas ordinais e contínuas), o recrutamento de 10 a 16 participantes e a análise estatística dos resultados, conforme detalhado no capítulo seguinte.

## 2 Metodologia de Avaliação

A metodologia de avaliação foi delineada para conduzir um estudo experimental e formal, conforme as diretrizes do enunciado do trabalho prático. O principal objetivo foi medir e comparar o desempenho dos utilizadores e a satisfação subjetiva ao executar tarefas essenciais no protótipo de alta fidelidade desenvolvido em comparação com um sistema *baseline* já existente.

### 2.1 Participantes e Ética

O estudo incluiu um total de 10 participantes, satisfazendo o requisito de ter entre 10 e 16 indivíduos. O perfil dos participantes foi selecionado para ser representativo dos utilizadores-alvo do sistema, consistindo em utilizadores frequentes de transportes públicos em Lisboa que possuem o Passe Navegante.

Todos os participantes foram informados sobre os objetivos e o procedimento da avaliação e confirmaram a sua participação de forma voluntária, assinando um formulário de consentimento informado. O tratamento dos dados seguiu princípios éticos, garantindo a confidencialidade das respostas. O perfil detalhado de cada participante (idade, frequência de uso de transportes, etc.) será reportado no capítulo de Resultados.

### 2.2 Desenho Experimental

Foi adotado um *Desenho Experimental Intra-Sujeitos* (*Within-Subjects*). Neste desenho, cada participante foi exposto a ambas as condições de teste (Protótipo vs. Controlo), o que permitiu que o próprio indivíduo atuasse como seu controlo. Este desenho é inerentemente mais eficiente do ponto de vista estatístico, uma vez que controla as diferenças de variabilidade interindividual.

Para mitigar o efeito de aprendizagem, que ocorre quando a exposição a uma condição afeta o desempenho na condição seguinte, o estudo utilizou a técnica de balanceamento através da rotação das condições. Metade dos participantes iniciou as tarefas com o Protótipo e depois passou para o sistema *baseline*, enquanto a outra metade seguiu a ordem inversa.

### 2.3 Variável Independente

A *Variável Independente* (o fator manipulado) foi o Sistema em Avaliação, com dois níveis:

1. **Condição A (Protótipo):** O protótipo de alta fidelidade da aplicação Navegante (T2).
2. **Condição B (Controlo/Baseline):** Um sistema semelhante que permite a realização da mesma tarefa de gestão/validação, simulando o processo atual (ex: a aplicação existente Navegante ou o uso do cartão físico).

### 2.4 Variáveis Dependentes

As *Variáveis Dependentes* (as métricas de avaliação) foram selecionadas para medir a eficácia, a eficiência e a satisfação do utilizador, e incluíram obrigatoriamente dados ordinais (escalas de Likert) e dados intervalares contínuos:

#### 1. Métricas Contínuas

- **Tempo de Execução (Task Completion Time):** Tempo em segundos gasto para completar cada tarefa. Estas medições foram efetuadas manualmente pelo avaliador, cronometrando o tempo desde o início da tarefa até à sua conclusão.

- **Taxa de Erros:** Contagem do número de erros cometidos pelos participantes durante a execução de cada tarefa. O número de erros é calculado pelo número de cliques feitos pelo participante a subtrair pelo número mínimo de cliques para completar a tarefa.

## 2. Métrica Ordinal

- **Satisfação Subjetiva :** Avaliada através da System Usability Scale (SUS).

### 2.5 System Usability Scale (SUS)

O *System Usability Scale* (SUS) é um instrumento amplamente utilizado para a avaliação da usabilidade de uma vasta gama de produtos e interfaces de utilizador .

O principal valor do SUS consiste em fornecer um único objetivo de referência que representa a percepção subjetiva dos participantes relativamente à usabilidade de um produto ou serviço. É considerado uma ferramenta económica e eficaz, aplicável a uma vasta gama de tecnologias, sendo independente da tecnologia avaliada.

#### 2.5.1 Estrutura e Escala

O SUS é um questionário auto-administrado composto por 10 afirmações, classificadas numa escala de Likert de 5 pontos (de 1 a 5).

As afirmações alternam entre formulações positivas e negativas. Esta alternância foi implementada para reduzir o viés de resposta e garantir que os inquiridos leem cada afirmação de forma cuidadosa.

O questionário pode ser dividido em duas subescalas:

- **Usable:** composta por 8 itens;
- **Learnable (Aprendizagem):** composta pelos itens 4 e 10.

#### 2.5.2 Cálculo da Pontuação

A pontuação final do SUS varia entre 0 e 100. O método de cálculo da pontuação é descrito da seguinte forma:

- Para os itens ímpares (1, 3, 5, 7 e 9), a contribuição da pontuação corresponde ao valor selecionado na escala menos 1.
- Para os itens pares (2, 4, 6, 8 e 10), a contribuição corresponde a 5 menos o valor selecionado na escala.
- A contribuição individual de cada item varia entre 0 e 4.
- A soma das contribuições de todos os itens é multiplicada por 2.5, resultando na pontuação final do SUS.

Uma pontuação SUS superior a 68 é geralmente interpretada como estando acima da média em termos de usabilidade.

## 2.6 Tarefas e Procedimento

As tarefas foram selecionadas para cobrir os pontos de fricção identificados, focando-se na aquisição e validação de títulos de transporte:

- **Tarefa 1: Carregar o Passe:** Simular a aquisição ou recarregamento de um título de transporte mensal.
- **Tarefa 2: Validar o Passe:** Simular o processo de validação de uma viagem.
- **Tarefa 3: Ver Perfil/Informação do Passe:** Simular a consulta de informações pessoais e do estado do cartão.

### 2.6.1 Procedimento

A avaliação foi realizada em sessões individuais, seguindo os seguintes passos:

1. **Introdução:** O participante assinou o consentimento informado, preencheu um breve questionário de perfil e recebeu instruções gerais sobre o teste, incluindo a explicação do método *pensar alto* (verbalização de pensamentos e sentimentos durante a interação).
2. **Execução das Tarefas:** O participante executou as três tarefas sequencialmente.
3. **Recolha de Dados Contínuos:** O avaliador registou manualmente o Tempo de Execução e a Taxa de Erros para cada tarefa e condição.
4. **Recolha de Dados Ordinais:** Após a conclusão de todas as tarefas em cada sistema, o participante preencheu o questionário SUS relativo à sua experiência com essa condição.
5. **Conclusão:** Os participantes foram sumariamente informados sobre os objetivos específicos do estudo (*debriefing*).



### 3 Perfil dos Participantes

Com base nas informações recolhidas ao longo do estudo, foi elaborado o perfil dos participantes, que inclui a descrição da amostra (características demográficas e padrões de uso).

#### 3.1 Critérios de Amostragem e Recrutamento

Os participantes foram recrutados com base em critérios de inclusão que visavam garantir a relevância da amostra para o contexto do estudo, nomeadamente serem utilizadores habituais do passe Navegante e demonstrarem motivação para cooperar e participar voluntariamente na experiência.

A recolha de dados foi realizada mediante o preenchimento de um formulário de consentimento informado (anexado no final deste documento) por todos os participantes. Este procedimento ético assegurou a participação voluntária e garantiu que os indivíduos tinham conhecimento prévio dos objetivos e dos procedimentos do estudo.

#### 3.2 Caracterização da Amostra

Tabela 1: Caracterização geral da amostra

Característica	Descrição
Tamanho da Amostra	N = 10 (total de participantes)
Frequência de Uso	Maioria dos participantes eram utilizadores frequentes do passe Navegante.
Faixa Etária	Idades compreendidas entre os 17 e os 48 anos.
Uso da Aplicação Original	A perceção geral dos participantes indicou que a adoção da aplicação oficial <i>Navegante</i> é reduzida, embora esta seja considerada funcional.

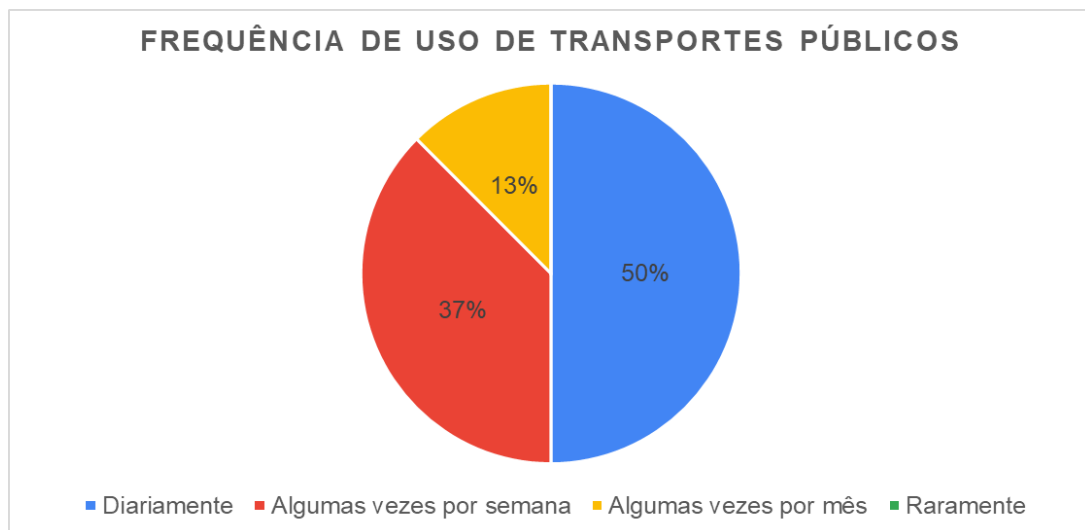


Figura 1: Adicionar/Comprar

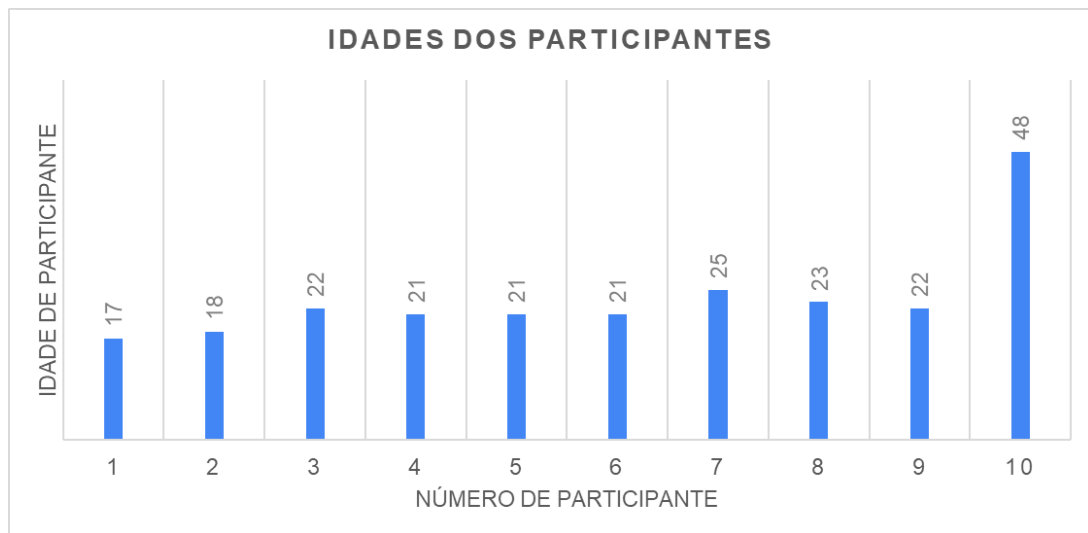


Figura 2: Adicionar/Comprar

## 4 Análise de Resultados

### 4.1 Análise de Descritiva

As perguntas feitas seguiram o seguinte formato: [martins2015european]

#### 4.1.1 Satisfação SUS

**Fórmula para o SUS** Para cada um dos 10 participantes, calcula-se uma pontuação individual:

1. **Perguntas Ímpares:** Subtrair 1 à resposta do utilizador.  $(R - 1)$
2. **Perguntas Pares:** Subtrair à resposta do utilizador 5.  $(5 - R)$
3. **Soma Total:** Somar os resultados dos passos 1 e 2.
4. **Multiplicador:** Multiplicar a soma por 2.5 para obter a escala de 0-100.

Os participantes responderam as mesmas perguntas tanto para a aplicação atual como para o protótipo demonstrado.

#### Resultados App Atual

**Participante nº1** *Respostas: 3, 2, 2, 1, 3, 3, 5, 1, 4, 1*

#### Perguntas Ímpares

$$3 - 1 = 2$$

$$2 - 1 = 1$$

$$3 - 1 = 2$$

$$5 - 1 = 4$$

$$4 - 1 = 3$$

$$\Sigma = 2 + 1 + 2 + 4 + 3 = 12$$

#### Perguntas Pares

$$5 - 2 = 3$$

$$5 - 1 = 4$$

$$5 - 3 = 2$$

$$5 - 1 = 4$$

$$5 - 1 = 4$$

$$\Sigma = 3 + 4 + 2 + 4 + 4 = 17$$

#### Cálculo Final

- Soma Total =  $12 + 17 = 29$
- Pontuação SUS =  $29 * 2.5 = 72.5$

Fazendo estes cálculos para todos os participantes, obtiveram-se os seguintes resultados:

Part.	Ímpares	Pares	Soma	SUS
1	12	17	29	72,5
2	12	17	29	72,5
3	13	20	33	82,5
4	15	20	35	87,5
5	14	17	31	77,5
6	16	19	35	87,5
7	14	17	31	77,5
8	4	7	11	27,5
9	9	11	20	50
10	10	9	19	47,5

Tabela 2: Tabela de Pontuação dos Participantes para a Aplicação Atual

$$\text{Média: } M = \frac{\Sigma x}{N} = \frac{682,5}{10} = 68,5$$

### Resultados Protótipo

Seguindo os mesmos cálculos feitos acima:

Part.	Ímpares	Pares	Soma	SUS
1	18	18	36	90
2	20	18	38	95
3	18	19	37	92,5
4	19	20	39	97,5
5	18	20	38	95
6	20	20	40	100
7	16	18	34	85
8	14	16	30	75
9	17	16	33	82,5
10	16	15	31	77,5

Tabela 3: Tabela de Pontuação dos Participantes para a Aplicação Atual

$$\text{Média: } M = \frac{\Sigma x}{N} = \frac{890}{10} = 89$$

#### 4.1.2 Teste de Hipótese

Para provar estatisticamente que a melhoria não foi "sorte", calcula-se o **Paired T-Test**

#### Fórmula

$$t = \frac{\bar{d}}{s_d/\sqrt{n}}$$

Onde:

- $\bar{d}$  = Média das diferenças entre os dois sistemas
- $s_d$  = Desvio padrão das diferenças.
- $n$  = Número de Participantes (10).

Começa-se por calcular a diferença SUS para cada participante:

Part.	App Atual	Protótipo	Diferença
1	72,5	90	+17,5
2	72,5	95	+22,5
3	82,5	92,5	+10,0
4	87,5	97,5	+10,0
5	77,5	95	+17,5
6	87,5	100	+12,5
7	77,5	85	+7,5
8	27,5	75	+47,5
9	50	82,5	+32,5
10	47,5	77,5	+30,0
<b>Média</b>	<b>68,3</b>	<b>89,0</b>	<b>+20,75</b>

Tabela 4: Comparação de pontuação SUS entre a Aplicação Atual e o Protótipo

De seguida, calcula-se o Desvio Padrão ( $s_d$ ):

$$s_d = \sqrt{\frac{\sum (d_i - \bar{d})^2}{n - 1}}$$

$$\begin{aligned}
P1: (17,5 - 20,75)^2 &= (-3,25)^2 &= 10,56 \\
P2: (22,5 - 20,75)^2 &= (1,75)^2 &= 3,06 \\
P3: (10,0 - 20,75)^2 &= (-10,75)^2 &= 115,56 \\
P4: (10,0 - 20,75)^2 &= (-10,75)^2 &= 115,56 \\
P5: (17,5 - 20,75)^2 &= (-3,25)^2 &= 10,56 \\
P6: (12,5 - 20,75)^2 &= (-8,25)^2 &= 68,06 \\
P7: (7,5 - 20,75)^2 &= (-13,25)^2 &= 175,56 \\
P8: (47,5 - 20,75)^2 &= (26,75)^2 &= 715,56 \\
P9: (32,5 - 20,75)^2 &= (-11,75)^2 &= 138,06 \\
P10: (30,0 - 20,75)^2 &= (9,25)^2 &= 85,56 \\
\Sigma &= 1438,125
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Variância}(s^2) &= \frac{1438,125}{10-1} && \approx 159,79 \\ s_d &= \sqrt{159,79} && \approx 12,64\end{aligned}$$

O desvio padrão de 12,64 indica que existe uma variabilidade considerável na forma como as pessoas reagiram à mudança.

Depois, calcula-se o Erro Padrão ( $SE$ ):

$$SE = \frac{s_d}{\sqrt{n}} = \frac{12,64}{\sqrt{10}} = \frac{12,64}{3,162} \approx 4,00$$

Calcula-se agora o Valor T ( $t$ -value)

$$t = \frac{\bar{d}}{SE} = \frac{20,75}{4,00} \approx 5,19$$

Por fim, calcula-se o valor P ( $p$ -value)

Para encontrar o  $p$ -value, tem que se consultar a Tabela de Distribuição T com:

1. **Graus de Liberdade** ( $df$ ) :  $n - 1 = 9$
2. **Valor T**: 5,19

Analisando na tabela T para  $df = 9$ :

- Para  $p = 0.05$ , o  $t$  crítico é **1,833**.
- Para  $p = 0.001$ , o  $t$  crítico é **4,297**

Como o valor  $t$  é Superior a 4,297, o  $p$ -value é menor do que 0.001.

## 5 Avaliações

## 6 Protótipo de Alta Fidelidade

Aós a realização dos testes de usabilidade e a análise das observações dos utilizadores sobre o protótipo de baixa fidelidade, foi desenvolvido um protótipo de alta fidelidade no Figma, incorporando as melhorias identificadas. Este protótipo representa uma versão mais polida, interativa e visualmente consistente da aplicação original, matendo o foco na simplicidade e clareza das interações.

O protótipo foi desenvolvido com o Figma, utilizando recursos de componentes reutilizáveis, auto layout, estilos de texto e cor, e interações animadas entre ecrãs.

Começámos por recriar as interfaces do protótipo de baixa fidelidade, iniciando pela *bottom navigation bar*, elemento que garante uma navegação simples, previsível e coerente entre as diferentes secções da aplicação.

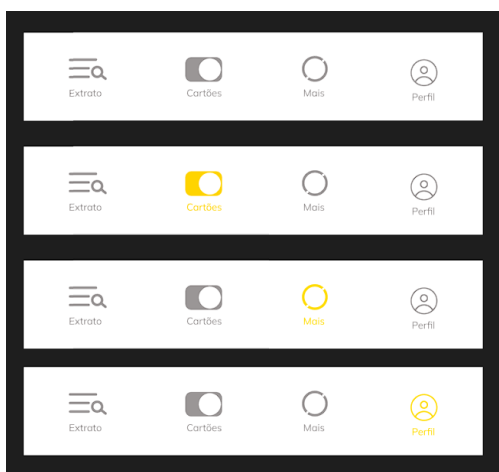


Figura 3: Opções da *bottom navigation bar*

A *bottom navigation bar* apresenta quatro opções principais, permitindo ao utilizador deslocar-se facilmente entre as funcionalidades centrais da aplicação:

- Extrato – opção já existente na aplicação Navegante original, que apresenta o histórico de transações e carregamentos efetuados pelo utilizador;
- Cartões – funciona como o ecrã inicial da aplicação, exibindo todos os passes e bilhetes ativos e permitindo selecionar rapidamente o título a utilizar;
- Mais – agrega funcionalidades adicionais, como definições, ajuda e contacto com o suporte técnico;
- Perfil – direciona o utilizador para a interface de gestão de conta e dados pessoais.

De seguida realizámos a interface principal e as interfaces de compra de cartão ou bilhetes, mudando a cor dos botões de compra e leitura de cartão para diferenciar as diferentes opções e não induzir o utilizador a erro.



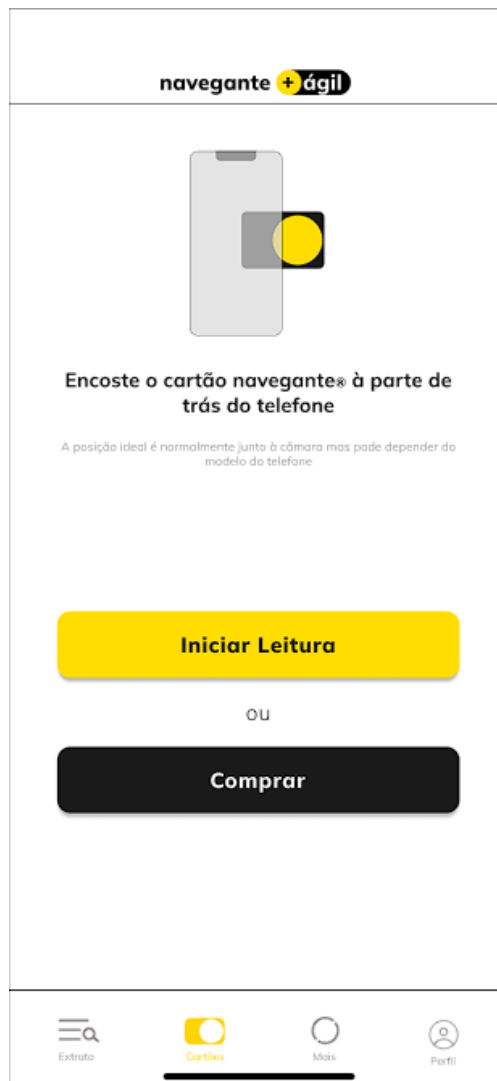


Figura 4: Opções da *Interface de compra/leitura*

A interface de compra de bilhete tem a opção de selecionar o número de quantidade de bilhetes desejados e mostra a validade do bilhete. Ao carregar num passe na interface principal somo rederecionados para a interface com toda a informação do bilhete mostrando também as viagens que foram feitas e a que horas.



Figura 5: Interfaces de compra de bilhete e informação de passe

As restantes interfaces mantêm-se inalteradas em relação ao protótipo de baixa fidelidade, uma vez que não foram identificadas necessidades de modificação significativas. No entanto, apresenta-se abaixo o link de acesso ao protótipo de alta fidelidade desenvolvido no Figma, que permite navegar entre os diferentes ecrãs e interações da aplicação:

<https://www.figma.com/design/rDV9pUVSpSOLzFoTXjj0P/IPM?node-id=0-1&p=f&t=qCBJRD2fHeHu0ayR-0>

Nesta fase desenvolvemos o protótipo com a principal preocupação em mente de resolver os problemas de navegação, apesar de poucos, que foram encontrados diferenciando os botões por cores e tornando as interfaces mais percetivas.

## 7 Conclusões

A realização deste segundo trabalho prático permitiu dar continuidade ao estudo iniciado na primeira fase, passando da análise do problema e das necessidades dos utilizadores para a geração de soluções concretas e a sua materialização através da ideação e da prototipagem de baixa fidelidade.

A solução proposta procura eliminar a dependência do cartão físico, simplificando tarefas quotidianas como o carregamento e a validação do passe. Este conceito demonstra não só um potencial de melhoria da experiência do utilizador, como também um alinhamento com as tendências atuais de mobilidade digital e integração tecnológica nos transportes públicos.

O protótipo de baixa fidelidade revelou-se uma ferramenta essencial para comunicar ideias, testar fluxos de interação e identificar pontos de melhoria sem necessidade de recorrer a soluções técnicas complexas. O seu carácter flexível e iterativo contribuiu para um design mais centrado no utilizador e preparado para evoluir com base em futuros testes.

A transição do protótipo de baixa para alta fidelidade permitiu transformar um conceito funcional num produto visualmente apelativo e tecnicamente coerente. As melhorias aplicadas reforçaram a intuitividade, eficiência e acessibilidade da aplicação, refletindo o contributo direto dos testes com utilizadores.

O protótipo de alta fidelidade constitui, assim, a base para um futuro desenvolvimento real da aplicação Navegante Digital, alinhado com as práticas de design centrado no utilizador.