



ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA E GESTÃO

APP MÓVEL DE MONITORIZAÇÃO DE SEPARAÇÃO DE RESÍDUOS DA COMUNIDADE IPBEJA

Ângelo Teresa, Carlos Freitas, Denis Cicau

RELATÓRIO FINAL



Beja, Fevereiro 2026

INSTITUTO POLITÉCNICO DE BEJA
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA E GESTÃO

APP MÓVEL DE MONITORIZAÇÃO DE SEPARAÇÃO DE RESÍDUOS DA COMUNIDADE IPBEJA

Ângelo Teresa, Carlos Freitas, Denis Cicau

RELATÓRIO FINAL

ORIENTAÇÃO

Doutor Luís Bruno e Doutora Elsa Rodrigues

Beja, Fevereiro 2026

ÍNDICE

| | |
|--|-----------|
| ÍNDICE | 3 |
| ÍNDICE DE FIGURAS | 4 |
| 1 Introdução | 6 |
| 2 Análise de trabalhos dos anos anteriores | 7 |
| 2.1 Ano Letivo 2021/2022 | 7 |
| 2.2 Ano Letivo 2023/2024 | 15 |
| 2.3 Ano Letivo 2024/2025 | 19 |
| 2.4 Testes e Avaliação Funcional da Aplicação | 22 |
| 2.5 Conclusões Finais - Comparação entre Versões | 27 |
| 3 Estudos de Campo | 28 |
| 3.1 Metodologia e Dinâmica do Estudo | 28 |
| 3.2 Questionário Pré-teste: Diagnóstico e Expectativas do Utilizador | 29 |
| 3.3 Questionário Pós-teste: Avaliação de Experiência e Aceitação | 30 |
| 3.4 Interpretação dos Resultados dos Questionários | 31 |
| 4 Refinamentos na Aplicação | 37 |
| 4.1 Alteração de nome e conceito da aplicação | 38 |
| 4.2 Sistema de Monitorização dos Pedidos do Utilizador | 39 |
| 4.3 Sistema de Localização | 40 |
| 4.4 Gráfico de Comparação | 41 |
| 4.5 Conclusões Finais dos Refinamentos | 43 |
| 5 Conclusões Finais | 44 |
| Referências bibliográficas | 45 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|------------------|---|----|
| Figura 1 | Não reconhecimento do código de barras | 11 |
| Figura 2 | Sugestão de código de barras. | 11 |
| Figura 3 | Responsividade melhorada. | 12 |
| Figura 4 | Interface percentagem de reciclagem das escolas | 13 |
| Figura 5 | Documentos de testes. | 14 |
| Figura 6 | Interface de validação de códigos de barras sugeridos pelo reciclador | 17 |
| Figura 7 | Interface de estatísticas do administrador com filtros personalizados | 18 |
| Figura 8 | Interface de registo de reciclagem | 20 |
| Figura 9 | Interface da página principal do reciclador | 21 |
| Figura 10 | Página inicial do administrador - versão 2022/2023 | 23 |
| Figura 11 | Página inicial do administrador - versão 2023/2024. | 24 |
| Figura 12 | Página inicial do reciclador - versão 2023/2024. | 25 |
| Figura 13 | Página inicial do reciclador - versão 2024/2025. | 26 |
| Figura 14 | Dashboard do Power BI utilizada para a análise dos resultados do pré-teste. . . | 33 |
| Figura 15 | Dashboard do Power BI focada na experiência dos utilizadores com aplica- ções. | 34 |

| | | |
|------------------|--|----|
| Figura 16 | Registo de inconsistências observadas pelos utilizadores no pós-teste. | 35 |
| Figura 17 | Indicadores de facilidade de utilização das aplicações pelos utilizadores. | 36 |
| Figura 18 | Aceitação de código de barras - Administrador | 39 |
| Figura 19 | Escolha da Localização da Separação | 40 |
| Figura 20 | Página de Estatísticas do Administrador | 41 |

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

O principal objetivo do projeto “EcoSepara” é incentivar a participação na reciclagem na comunidade do IPBeja, monitorizando a reciclagem através de uma aplicação móvel e disponibilizando dados estatísticos sobre o impacto ambiental na sociedade. Esta aplicação tem como objetivo educar e facilitar a reciclagem dos alunos, docentes e funcionários do IPBeja. Além disso, procura fornecer uma forma fácil de registar a reciclagem efetuada e observar o progresso da comunidade. A análise inicial centra-se na revisão do trabalho realizado em projetos anteriores e na identificação de limitações e áreas para uma possível melhoria. Encontraram-se problemas de usabilidade no sistema de reconhecimento de objetos, como botões extra e erros gramaticais. A interface também possui limitações no acesso às estatísticas de poupança e na gestão de códigos de barras, que foram resolvidas no pedido de melhoria.

CAPÍTULO 2

ANÁLISE DE TRABALHOS DOS ANOS ANTERIORES

2.1 ANO LETIVO 2021/2022

2.1.1 ANÁLISE INICIAL DO PROJETO ANTERIOR (21/22)

Foi realizado pelo grupo de alunos a avaliação da continuidade do projeto, começando pela análise detalhada do relatório e da aplicação do ano (21/22). Com a consequente validação, passaram para a fase de migração, aprimoramento e implementação de novas funcionalidades e melhorias de interface.

2.1.2 MIGRAÇÃO TECNOLÓGICA

O código apresentado no relatório anterior constatava que o projeto (21/22) havia sido realizado na linguagem Java, e os alunos decidiram migrar para a linguagem Kotlin devido às suas vantagens, como a simplificação do código e a obtenção de uma estrutura mais simples e eficiente. A migração foi realizada com o auxílio do Android Studio, que possui uma ferramenta integrada para converter código Java em Kotlin. Após essa tentativa inicial de conversão, foi necessário realizar ajustes manuais para garantir que o código convertido funcionasse corretamente, incluindo

a criação de fragmentos para cada interface e a diferenciação entre as classes de interface para utilizadores comuns e administradores.

2.1.3 ALTERAÇÕES NA BASE DE DADOS

O grupo teve que realizar uma nova ligação à base de dados Firebase (Google) e foi decidido manter a base de dados do projeto anterior devido à facilidade de integrações entre a Firebase e Android, bem como a quantidade de dados já existentes relativos aos códigos de barras. A estrutura da base de dados foi mantida, mas não foram utilizadas algumas coleções e foram adicionadas novas coleções para suportar as novas funcionalidades da aplicação.

2.1.4 ALTERAÇÕES IMPLEMENTADAS

Foram implementadas algumas alterações e melhorias na aplicação, nomeadamente:

A. RECONHECIMENTO AUTOMÁTICO DE OBJETOS

O grupo verificou que o reconhecimento de objetos apresentava alguns problemas, pois a aplicação não conseguia identificar corretamente certos objetos. Isso acontecia porque o sistema processava o código de barras apenas após a fotografia ser tirada, o que, por vezes, levava à necessidade de tirar várias fotos. Para resolver esse problema, foi implementado o sistema de ML Kit da Google, que permite o reconhecimento automático de objetos em tempo real através da câmara do telemóvel, utilizando a API `CameraView`. Para implementar essa API, foi utilizado um sistema de processamento de *frames*, possibilitando o uso do *scanner* em todos os *frames* capturados pela câmara.

B. ADIÇÃO DE CÓDIGOS DE BARRAS

No início do processo, o grupo optou por manter a funcionalidade de adicionar códigos de barras pelos utilizadores, mas verificou-se que o sistema ficaria suscetível a erros que estes poderiam cometer, como a inserção de dados incorretos relativos ao objeto. Com a sugestão dos docentes orientadores, o grupo decidiu implementar um sistema de validação por parte do administrador, onde os utilizadores poderiam adicionar os dados referentes ao código de barras e o administrador teria a possibilidade de validar ou rejeitar o código. Para isso, foi criada uma *flag* na base de dados chamada `isActive`, que por defeito é falsa, passando a verdadeira quando o administrador valida o código de barras.



Figura 1
Não reconhecimento do código de barras

A screenshot of the 'Sugerir Código de Barras' screen in the IPB Recicla App. The screen has a light green header with the app name and a 'VOLTAR ATRÁS' button. Below the header, the title 'Sugerir Código de Barras' is followed by an information icon and a prompt: 'Confirme o código de barras e insira as características desse mesmo objeto.' There are four input sections: 1. 'Código de Barras' with a barcode icon and the text '5601151241554'. 2. 'Tipo de Material' with a recycling icon and the text 'Seleccione o tipo de Reciclagem'. 3. 'Objeto a Reciclar' with a trash icon and the text 'Nome do Objeto'. 4. 'Capacidade' with two options: 'Seleccione uma capacidade' and 'Litros'. At the bottom is a green 'CONFIRMAR' button.

Figura 2
Sugestão de código de barras

C. RESPONSABILIDADE DO MENU E INTERFACES

O grupo tentou resolver alguns problemas de responsividade que existiam em alguns ecrãs mais pequenos e baixas resoluções; alguma parte das interfaces ficava cortada ou desajustada. Foram usados alguns métodos dos *layouts* do Android, como a *vertical* e *horizontal chain*, para melhorar a responsividade da aplicação.

Foram realizadas novas melhorias, incluindo a adição da contextualização para o utilizador conseguir entender melhor a sua reciclagem. Também foi melhorada a interface que exibe a percentagem de reciclagem de cada escola, apresentando métricas como a quantidade de objetos reciclados, energia poupada e mais indicadores relevantes. Foram também alterados os textos informativos sobre os tipos de reciclagem e alguns botões da página inicial para melhorar a experiência do utilizador.



Figura 3
Responsividade melhorada



Figura 4
Interface percentagem de reciclagem das escolas

Exemplos de responsividade e interfaces melhoradas:

2.1.5 TESTES E VALIDAÇÃO

Foram realizados testes funcionais e de usabilidade para validar as alterações implementadas.

Testes de Utilizadores
Projeto Integrado - IPBeja Recicla App

Tarefas a realizar:

1ª Tarefa: Iniciar sessão na aplicação com as seguintes credenciais:
E-mail: 17646@stu.ipbeja.pt
Palavra-passe: 1234567

2ª Tarefa: Indique quantos milhões de garrafas de plástico são consumidas anualmente em Portugal?
Resposta: _____
Voltar ao menu inicial

3ª Tarefa: Registe a reciclagem de uma garrafa de água de 1,5lt.

4ª Tarefa: Registrar uma nova reciclagem de 2 garrafas de água de 1,5lt.

5ª Tarefa: Qual a quantidade de energia poupada pelo impacto das reciclagens na Escola Superior de Educação?
Resposta: _____

Figura 5
Documentos de testes

Documentos das tarefas a realizar: O grupo concluiu que a aplicação está funcional e pronta para ser utilizada pelos utilizadores, tendo a aplicação sido bem recebida pelos utilizadores durante os testes de usabilidade.

2.1.6 TRABALHOS FUTUROS

O grupo sugere que futuros trabalhos possam focar-se na implementação da funcionalidade da parte do administrador, que permita a gestão dos códigos de barras sugeridos pelos utilizadores, podendo ainda ser melhorado o sistema de reconhecimento de objetos.

2.2 ANO LETIVO 2023/2024

2.2.1 ANÁLISE INICIAL DO PROJETO ANTERIOR (22/23)

O grupo de alunos iniciou o trabalho com a análise do relatório e da aplicação desenvolvida no ano letivo anterior (2022/2023). Após uma avaliação detalhada, foram verificadas limitações e erros estruturais. O sistema contemplava dois tipos de utilizadores: o **reciclador** (que incluía estudantes, docentes e funcionários do IPBeja) e o **administrador**, responsável pela gestão da aplicação, embora com funcionalidades limitadas. Durante esta fase, foram identificados e mapeados os casos de uso para ambos os perfis.

A. LIMITAÇÕES DO SISTEMA

O sistema apresentava várias lacunas técnicas. As estatísticas geradas eram ineficazes, uma vez que se baseavam apenas no tipo de material reciclado e não no seu volume — por exemplo, um garrafão era contabilizado da mesma forma que uma pequena garrafa de plástico. Além disso, o painel de administração não permitia gerir os códigos de barras sugeridos pelos utilizadores.

Na área administrativa, a página de estatísticas não permitia a aplicação de filtros parciais ou em branco para visualizar dados de categorias específicas. Verificou-se ainda que o sistema de reconhecimento de objetos apresentava uma taxa de sucesso reduzida; não detetava o volume dos objetos e, ocasionalmente, classificava objetos de plástico como sendo de vidro. Foram identificadas redundâncias na interface e uma carência de personalização nos dados de reciclagem apresentados.

B. SUGESTÕES DE MELHORIA

Foi realizada uma análise comparativa com sistemas de mercado, nomeadamente a aplicação *”Acerta e Recicla”*. Com base neste *benchmarking*, propuseram-se melhorias como: a alteração da designação do botão *”A que equivalem”* para *”Referências”*; a remoção de controlos de navegação redundantes; e a implementação de uma interface de gestão de códigos de barras para o administrador. Sugeriu-se ainda a transição do reconhecimento de objetos para processamento de vídeo e a conceção de um sistema de recompensas.

C. CRIAÇÃO DE NOVOS CASOS DE USO

O grupo desenvolveu novos casos de uso, incluindo a visualização e consulta detalhada de recompensas, a partilha de conquistas em redes sociais, e funcionalidades administrativas para a validação de novos códigos de barras e consulta de totais de reciclagem.

D. ANÁLISE DA BASE DE DADOS PARA RECONHECIMENTO DE CÓDIGOS DE BARRAS

Para expandir o inventário de códigos de barras, o grupo analisou diversos *datasets* públicos. Optou-se por manter o reconhecimento baseado em *frames* devido a restrições de tempo e recursos. Foram definidos critérios como a associação inequívoca do código ao objeto, descrição e material. Como resultado, foi selecionada a plataforma **OpenFoodFacts**, que conta com mais de um milhão de produtos registados.

2.2.2 IMPLEMENTAÇÃO

A fase de implementação envolveu a refatoração de código e a utilização de ferramentas externas para a gestão de dados. O desenvolvimento foi realizado em **Android Studio**, utilizando o **GitHub** para controlo de versões. O **Node.js** foi utilizado para *backups*, enquanto o **Excel** e *scripts* em **Python** foram fundamentais para a limpeza de dados do OpenFoodFacts.

A. CARREGAMENTO EM LOTE DA BASE DE DADOS DE CÓDIGOS DE BARRAS

Através da API do OpenFoodFacts, foram filtrados exclusivamente produtos do mercado português. Os dados foram exportados para Excel para limpeza, onde um *script* em Python corrigiu erros e eliminou colunas irrelevantes. Posteriormente, utilizou-se o Node.js para o *backup* e a ferramenta **FireFoo** para o carregamento em lote (*bulk upload*).

B. MELHORIAS NA INTERFACE

Foram introduzidas melhorias na experiência do utilizador (UX). Na interface do reciclador, eliminou-se a redundância de navegação. No painel do administrador, as pesquisas estatísticas foram redesenhadas para oferecer filtros dinâmicos. Foi também desenvolvida uma *homepage* exclusiva para o administrador e uma interface dedicada à gestão de códigos de barras.

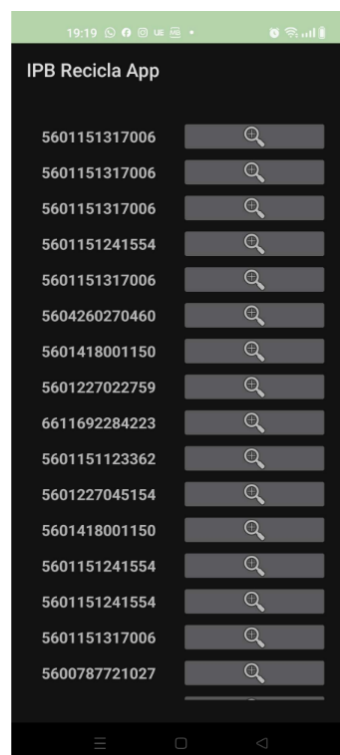
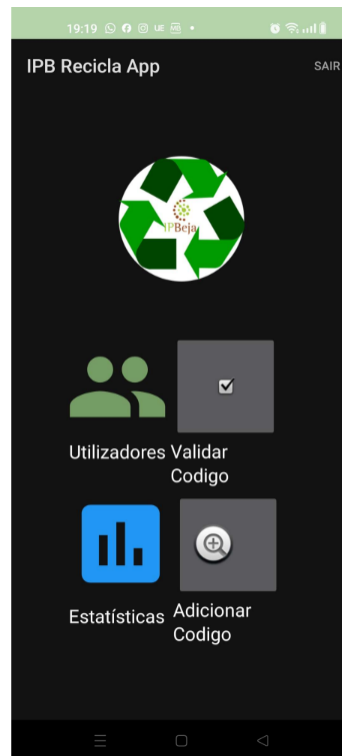


Figura 6

Interface de validação de códigos de barras sugeridos pelo reciclador

**Figura 7**

Interface de estatísticas do administrador com filtros personalizados

2.2.3 CONCLUSÃO E TRABALHO FUTURO

As modificações planeadas foram implementadas com sucesso, cumprindo a maioria dos objetivos propostos. O sistema de recompensas foi a única funcionalidade pendente, devido à sua complexidade técnica face ao cronograma disponível.

Para desenvolvimentos futuros, recomenda-se a integração com redes sociais e a implementação de um sistema de atualização automática para a lista de códigos de barras na interface de validação.

2.3 ANO LETIVO 2024/2025

2.3.1 ANÁLISE DO PROJETO ANTERIOR (23/24)

Os alunos iniciaram o ciclo com a análise do relatório e da aplicação desenvolvida no ano letivo anterior (2023/2024). Foram revistos os casos de uso implementados, a estrutura da base de dados e a fluidez das interfaces. Concluiu-se que, apesar das bases sólidas, as interfaces careciam de melhorias significativas ao nível da usabilidade e da experiência do utilizador (UX), apresentando fluxos que poderiam ser simplificados.

2.3.2 SUGESTÕES DE MELHORIA E IMPLEMENTAÇÃO

Com base na análise prévia, foram propostas e executadas diversas melhorias técnicas. Destacam-se a otimização da base de dados Cloud Firestore, o desenvolvimento de *scripts* para enriquecimento de dados e a reestruturação do sistema de navegação para tornar a aplicação mais intuitiva. Foram também refinados os algoritmos de cálculo de emissões e energia poupada.

A. NOVA IMPLEMENTAÇÃO NA BASE DE DADOS FIRESTORE

Na arquitetura anterior (23/24), as imagens dos produtos eram armazenadas individualmente em cada registo de reciclagem, gerando redundância e consumo desnecessário de armazenamento. Para resolver este problema, foi criada uma nova coleção dedicada exclusivamente aos produtos. Agora, a imagem está associada ao código de barras e não ao evento de reciclagem, garantindo a integridade dos dados e que cada produto possua apenas uma referência visual.

Complementarmente, foi desenvolvido um *script* em **Python** que consome a API da plataforma **OpenFoodFacts**. Este *script* filtra produtos do mercado português e automatiza a recolha de imagens, permitindo uma expansão robusta e fidedigna do catálogo da aplicação.

B. ALTERAÇÕES NOS VALORES DE EMISSÕES

Durante a análise, verificou-se que os coeficientes de emissão para cada material reciclado não estavam devidamente documentados no relatório anterior. Assim, os valores foram atualizados

recorrendo a fontes científicas e organizações ambientais fidedignas. Para aumentar a precisão, passou-se a utilizar valores médios ponderados, mitigando a variabilidade de peso em objetos com a mesma capacidade (ex: diferentes gramagens em garrafas de PET de 1,5 litros).

C. MELHORIAS NA INTERFACE E NAVEGAÇÃO

A interface de registo de reciclagem foi simplificada para melhorar a confiança nos dados. Optou-se por remover o reconhecimento automático de objetos, que apresentava margens de erro elevadas, substituindo-o por um fluxo manual: o utilizador capta a fotografia do produto e insere o código de barras, conforme ilustrado na Figura 8.



IPBeja Recicla

Código de Barras não encontrado

Sugerir Código de Barras

Capturar fotografia do produto



Código de Barras

4036113821030

Tipo de Material

 Selecione o tipo de Reciclagem

Objeto a Reciclar

 Nome do Objeto

Capacidade

Capacidade Litros

CONFIRMAR

Figura 8
Interface de registo de reciclagem

A página principal sofreu uma reestruturação profunda. O ecrã intermédio de navegação foi eliminado para reduzir o número de cliques. Após o *login*, o reciclador acede diretamente ao seu histórico e totais de poupança (Figura 9), enquanto o administrador é redirecionado para a gestão de pedidos de novos códigos de barras.

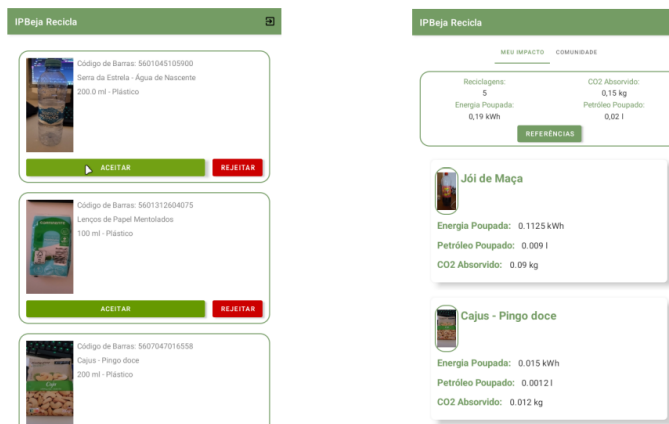


Figura 9
Interface da página principal do reciclador

A introdução de um menu inferior (*Bottom Navigation Bar*) consolidou as funcionalidades principais, tornando o percurso do utilizador mais fluido. O *design* foi uniformizado para o tema claro (*light theme*) e foram adicionadas funcionalidades de conveniência, como a opção de visualizar a palavra-passe no ecrã de autenticação.

2.3.3 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

O trabalho realizado permitiu consolidar a estrutura da base de dados Firestore e elevar o patamar de usabilidade da aplicação. A atualização dos coeficientes ambientais conferiu maior rigor científico aos resultados apresentados aos utilizadores.

Como trabalhos futuros, sugere-se a inclusão de métricas de peso e volume mais granulares (kg, ml, l), a implementação efetiva do sistema de gamificação/recompensas e a unificação das páginas de registo. Propõe-se ainda a exploração de novas ferramentas de visão computacional para tentar reintroduzir o reconhecimento automático com maior taxa de acerto.

2.4 TESTES E AVALIAÇÃO FUNCIONAL DA APLICAÇÃO

2.4.1 AVALIAÇÃO FUNCIONAL DAS VERSÕES DA APLICAÇÃO

Foram avaliadas as três versões da aplicação (2022/2023, 2023/2024 e 2024/2025). Na comparação inicial entre as iterações de 2022/2023 e 2023/2024, verificou-se que a versão de 2023/2024 apresenta uma interface mais eficiente nas funcionalidades de administração, bem como melhorias incrementais na interface do utilizador. Estas conclusões resultam tanto dos testes empíricos realizados como da análise apresentada nos capítulos precedentes.

Posteriormente, procedeu-se à comparação entre a versão de 2023/2024 e a de 2024/2025, constatando-se uma evolução substantiva nesta última. A versão 2024/2025 revelou-se notavelmente mais robusta, destacando-se como a mais completa e estável. Nesta iteração, a interface gráfica e o sistema de navegação foram profundamente otimizados, o processo de inserção de objetos na base de dados foi aperfeiçoado e registou-se uma redução drástica de falhas técnicas durante a utilização.

2.4.2 ANÁLISE COMPARATIVA: VERSÕES 2022/2023 E 2023/2024

Não se verificaram alterações disruptivas ao nível da interface gráfica entre estas duas versões, sendo as modificações mais relevantes focadas no *backend*. Na versão de 2023/2024, destaca-se a introdução de duas novas funcionalidades na página inicial do administrador:

A. PÁGINA INICIAL DO ADMINISTRADOR

A Figura 10 ilustra a página inicial do administrador da versão 2022/2023, com um conjunto de funções mais restrito.

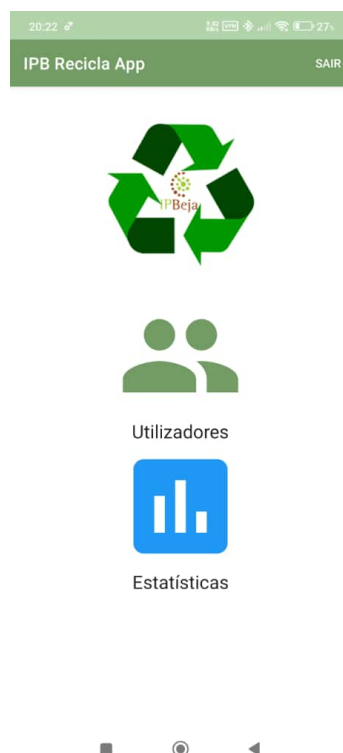


Figura 10

Página inicial do administrador - versão 2022/2023

Em contrapartida, a Figura 11 apresenta a interface da versão 2023/2024, onde são visíveis as novas opções: **”Validar Código”**, que gere a lista de códigos submetidos para aprovação, e **”Adicionar Código”**, que permite a inserção manual direta de novos itens na base de dados pelo administrador.



Figura 11

Página inicial do administrador - versão 2023/2024

2.4.3 ANÁLISE COMPARATIVA: VERSÕES 2023/2024 E 2024/2025

Na versão de 2024/2025, observam-se melhorias estruturais na interface gráfica e na lógica de navegação. Além da nova arquitetura de base de dados — que agora associa imagens reais aos objetos — a interface integra um menu de navegação persistente e diversas otimizações funcionais.

A. PÁGINA INICIAL E MENU DE NAVEGAÇÃO

A página inicial foi substituída por *dashboards* contextuais. O reciclador visualiza agora diretamente o seu histórico e impacto ambiental, enquanto o administrador acede de imediato à página de validação de produtos. A transição entre secções passou a ser gerida por um menu inferior (*Bottom Navigation Bar*).



Figura 12

Página inicial do reciclador - versão 2023/2024



Figura 13
Página inicial do reciclador - versão 2024/2025

B. INTRODUÇÃO DE RECICLAGEM PELO RECICLADOR

No módulo de registo de reciclagem, foi removida a funcionalidade de reconhecimento automático de objetos devido à instabilidade reportada em versões anteriores, que frequentemente causava o encerramento inesperado (*crash*) da aplicação.

2.5 CONCLUSÕES FINAIS - COMPARAÇÃO ENTRE VERSÕES

Ao longo dos três anos letivos, o projeto IPB Recicla evoluiu de forma significativa, passando de uma aplicação funcional básica para uma plataforma robusta, com uma estrutura de dados otimizada, cálculos ambientais validados e uma interface moderna. Cada ciclo de desenvolvimento contribuiu com avanços técnicos e funcionais, consolidando a aplicação como uma ferramenta educativa e ambiental de relevância para a comunidade do IPBeja.

O passo seguinte consistiu na realização de estudos de campo com a aplicação. Com base na análise comparativa entre as diferentes versões, a versão correspondente ao ano letivo de 2024/2025 revelou-se a mais completa e estável. Esta versão destacou-se pela otimização da interface gráfica e do sistema de navegação, pelo aperfeiçoamento e por uma redução significativa de falhas técnicas durante a utilização. Por estes motivos, esta versão foi selecionada para a realização dos estudos de campo.

CAPÍTULO 3

ESTUDOS DE CAMPO

3.1 METODOLOGIA E DINÂMICA DO ESTUDO

Este capítulo descreve a componente prática e experimental do projeto, focada na interação direta com os utilizadores finais da aplicação. O principal objetivo do estudo de campo foi validar a utilidade da solução desenvolvida, medir a evolução da experiência do utilizador e avaliar o impacto real das melhorias implementadas na versão 2024/2025 em comparação com as iterações anteriores.

Para garantir a fiabilidade dos resultados e compreender a evolução da perceção dos utilizadores, a metodologia de investigação assentou na realização de dois momentos distintos de auscultação:

- **Questionário Pré-teste:** Aplicado antes da interação prolongada com a versão atual, com o intuito de aferir as expectativas, hábitos de reciclagem e identificar problemas recorrentes baseados em experiências anteriores com o sistema;
- **Questionário Pós-teste:** Realizado após a fase de experimentação ativa, focado na avaliação da usabilidade, na satisfação geral e na eficácia das novas funcionalidades introduzidas nesta última versão.

Para o tratamento e análise dos resultados, recorreu-se ao **PowerBI**, onde foi concebida uma *dashboard* interativa. Esta solução permitiu otimizar a visualização dos dados e fundamentar a

análise crítica das métricas de usabilidade e satisfação.

3.2 QUESTIONÁRIO PRÉ-TESTE: DIAGNÓSTICO E EXPECTATIVAS DO UTILIZADOR

Este capítulo descreve o instrumento de inquérito aplicado na fase inicial do ensaio de campo da *ReciclaApp*. Sendo um **Questionário Pré-teste**, o seu propósito é estabelecer uma linha de base (*baseline*) sobre os comportamentos de reciclagem da comunidade académica e as suas expectativas em relação à solução tecnológica proposta.

3.2.1 OBJETIVOS

O principal objetivo deste inquérito é avaliar o perfil e o nível de prontidão dos utilizadores da *ReciclaApp* — abrangendo docentes, estudantes e funcionários do IPBeja. Através deste diagnóstico, pretende-se compreender até que ponto a aplicação antecipa as necessidades dos utilizadores e identificar, precocemente, aspetos críticos que requerem atenção no desenvolvimento.

3.2.2 INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO E ESCALAS

Para garantir a validade estatística e a comparabilidade dos dados, foram adotados dois instrumentos principais de medição:

A. ESCALA DE RESPOSTA LIKERT

A maior parte das questões de opinião utiliza uma escala **Likert de 5 pontos**, permitindo quantificar o grau de concordância dos participantes:

- 1 Discordo totalmente
- 2 Discordo
- 3 Nem concordo nem discordo

4 Concordo

5 Concordo totalmente

B. SYSTEM USABILITY SCALE (SUS)

Como complemento, foi aplicado o *System Usability Scale* (SUS) Grier et al., 2013. Este instrumento é composto por 10 afirmações respondidas numa escala de 1 a 5. A pontuação final do SUS é posteriormente convertida para uma escala de 0 a 100, seguindo a metodologia padrão da indústria para avaliar a perceção de usabilidade global de um sistema.

3.2.3 ACESSO AO QUESTIONÁRIO

O questionário de diagnóstico foi disponibilizado através da plataforma *Google Forms*, podendo ser consultado na íntegra através da seguinte ligação:

URL (Pré-teste): <https://forms.gle/2bKXGUvXgRwZpfGE9>

3.3 QUESTIONÁRIO PÓS-TESTE: AVALIAÇÃO DE EXPERIÊNCIA E ACEITAÇÃO

Este capítulo detalha o instrumento de colheita de dados final, designado por **Questionário Pós-teste**, aplicado após o período de experimentação da *ReciclaApp*. Ao contrário do diagnóstico inicial, este questionário foca-se na experiência real e vivida pelos utilizadores com a versão 2024/2025.

3.3.1 OBJETIVOS E VALIDAÇÃO DE USO

O principal objetivo deste questionário é compreender como os docentes e funcionários do IPBeja avaliaram a aplicação após a sua utilização efetiva. Interessa-nos validar se a *ReciclaApp* demonstrou utilidade prática no quotidiano, se a navegação foi considerada intuitiva e se o sistema de registo manual de objetos se revelou mais fiável do que as soluções automáticas anteriores.

3.3.2 ENQUADRAMENTO TEÓRICO (UTAUT₂)

Para garantir o rigor científico, o questionário foi estruturado em dimensões que medem a aceitação tecnológica real, com base no modelo **UTAUT₂** Fithriya et al., 2019.

Nesta fase de pós-teste, as métricas focam-se em:

- **Hábito:** A facilidade com que a reciclagem via app se tornou uma rotina;
- **Valor de Preço/Esforço:** Se os benefícios de utilizar a app superam o esforço de registo;
- **Intenção Comportamental:** A probabilidade real de o utilizador continuar a usar a *EcoSepara* no futuro.

3.3.3 ACESSO AO QUESTIONÁRIO PÓS-TESTE

Para garantir a integridade dos dados e facilitar a sua posterior análise na *dashboard* de **PowerBI**, o questionário foi disponibilizado digitalmente:

URL (Pós-teste): <https://forms.gle/SC8j9m1sgmhuotR8A>

3.4 INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS DOS QUESTIONÁRIOS

Após a fase de recolha e submissão dos questionários, procedeu-se a uma análise detalhada das respostas obtidas. Este processo foi fundamental para converter dados brutos em informação relevante para a avaliação do projeto. Para assegurar o rigor analítico, recorreu-se à metodologia **ETL** (*Extract, Transform, Load*), permitindo que os dados provenientes do *Google Forms* fossem processados de forma sistemática.

Os dados foram inicialmente exportados em formato *Comma-Separated Values* (CSV) e, posteriormente, sujeitos a procedimentos de tratamento e modelação, garantindo a sua integridade, consistência e adequação para a fase de interpretação estatística.

3.4.1 PROCESSO ETL

O fluxo de processamento de dados foi segmentado em três etapas principais, garantindo que a análise final refletisse com precisão o *feedback* dos utilizadores:

- **Extract (Extração):** Nesta fase inicial, os dados brutos foram extraídos da plataforma *Google Forms* e exportados para um ficheiro de suporte (CSV), servindo como repositório primário para o processamento subsequente.
- **Transform (Transformação):** Considerada a etapa crítica para a qualidade da informação, os dados foram sujeitos a uma limpeza profunda. Este procedimento incluiu a remoção de registos duplicados, a retificação de erros de preenchimento e a normalização de formatos, assegurando que as variáveis estivessem prontas para a aplicação de modelos analíticos.
- **Load (Carregamento):** Os dados devidamente tratados foram carregados no ambiente de análise (Power BI). Nesta etapa, realizaram-se os testes estatísticos e a geração de métricas descritivas que fundamentam a interpretação dos resultados e as conclusões do estudo.

3.4.2 RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO PRÉ-TESTE: SEPARAÇÃO DE RESÍDUOS

Os resultados do questionário pré-teste foram fundamentais para compreender o contexto inicial dos utilizadores e as suas expectativas em relação à aplicação *EcoSepara*. A análise das respostas permitiu identificar áreas de melhoria e ajustar a abordagem do projeto antes da implementação.

Os principais resultados incluem:

- **Perfil dos Utilizadores:** A maioria dos participantes identificou-se como utilizadores frequentes de aplicações nos seus dispositivos móveis e demonstraram uma predisposição para a utilização de soluções digitais.
- **Expectativas:** Os utilizadores esperam que a aplicação facilite o processo de reciclagem, tornando-o mais intuitivo e acessível.

- **Preocupações:** Foram levantadas preocupações quanto à complexidade do registo e à necessidade de suporte contínuo durante a utilização da aplicação.

Principais destaques da primeira dashboard Observa-se que a maioria dos inquiridos refere separar resíduos diariamente. A faixa etária predominante situa-se entre os **18 e 25 anos**, evidenciando maior participação dos utilizadores mais jovens. Quanto aos materiais, o **plástico e embalagens de metal** (ecoponto amarelo) surge como o fluxo de resíduos **mais reciclado** pelos participantes.



Figura 14

Dashboard do Power BI utilizada para a análise dos resultados do pré-teste.

3.4.3 RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO PRÉ-TESTE: EXPERIÊNCIA COM APLICAÇÕES

Esta segunda *dashboard* foca-se na experiência dos utilizadores com aplicações móveis, incluindo familiaridade com apps de sustentabilidade, frequência de uso, perceção de facilidade de utilização e satisfação geral.

Principais destaques da segunda dashboard Consta-se que a maior parte dos utilizadores sente-se **confortável** ao usar aplicações novas e **costuma utilizar apps no smartphone** com regularidade, indicando elevada literacia digital e predisposição para adoção de novas soluções.

Os principais indicadores visualizados incluem:

- **Familiaridade com Apps:** Nível de contacto prévio com aplicações semelhantes.
- **Frequência de Uso:** Periodicidade de uso no quotidiano académico/profissional.
- **Facilidade de Utilização:** Avaliação de navegação, clareza de interface e esforço cognitivo.
- **Satisfação Geral:** Sentimento global face à experiência com a versão atual.

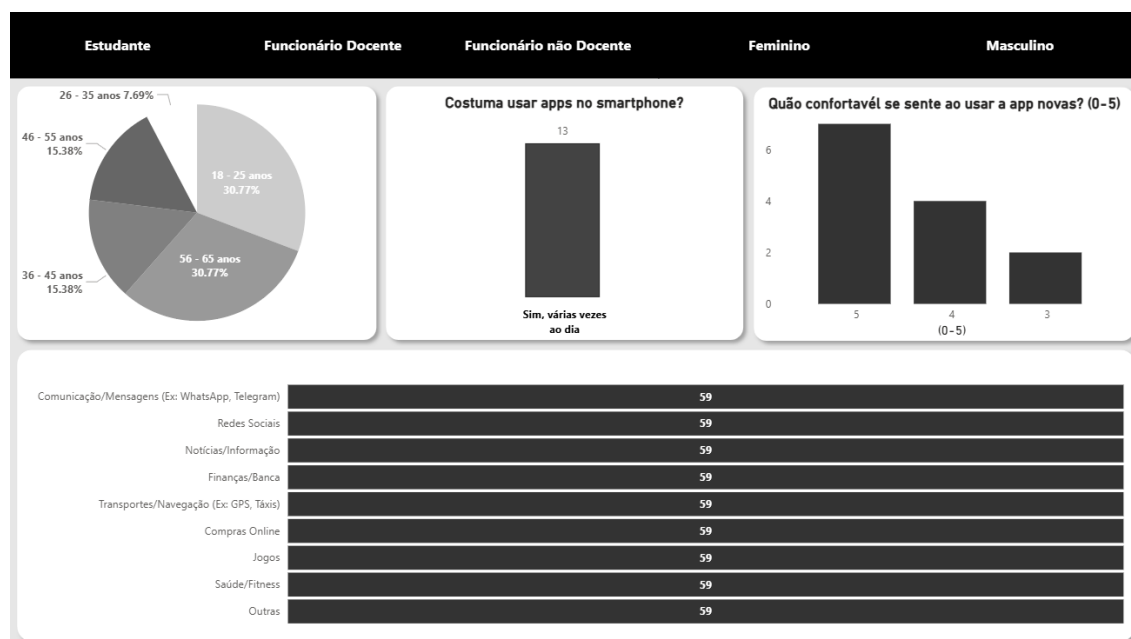


Figura 15

Dashboard do Power BI focada na experiência dos utilizadores com aplicações.

3.4.4 INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO

PÓS-TESTE

A análise do pós-teste evidencia melhorias na perceção de utilidade e na usabilidade da *ReciclaApp* após a fase de experimentação. Em geral, os participantes reportaram que:

- **Utilidade Percebida:** A aplicação facilitou o registo e a separação de resíduos no quotidiano, com ganhos de eficiência face a versões anteriores.
- **Usabilidade:** A navegação foi considerada mais intuitiva, com menor esforço cognitivo e menor incidência de erros durante o registo.
- **Confiabilidade do Registo Manual:** O método manual mostrou-se mais fiável e transparente do que as soluções automáticas previamente testadas.
- **Hábito e Continuidade:** Observou-se tendência de incorporação da app na rotina, com **alta intenção de uso futuro**.

Inconsistências observadas Apesar dos ganhos reportados, alguns utilizadores assinalaram **inconsistências** pontuais na aplicação (p. ex., comportamento inesperado em certos fluxos de registo e discrepâncias de feedback), sugerindo necessidade de correções incrementais.

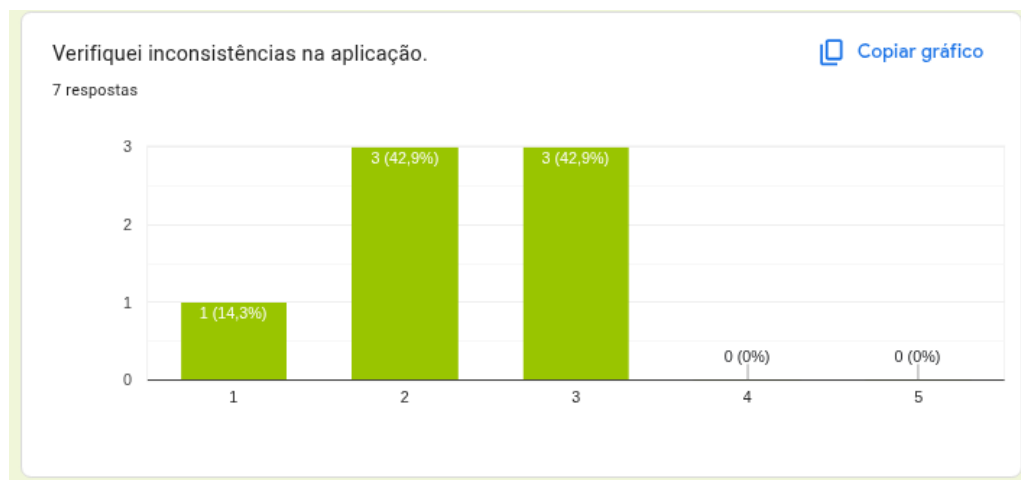


Figura 16

Registo de inconsistências observadas pelos utilizadores no pós-teste.

No conjunto, os resultados do pós-teste validam a evolução da versão 2024/2025, sustentando a sua adoção contínua e apontando oportunidades incrementais de melhoria (p. ex., simplificação adicional de fluxos de registo e feedback contextual).

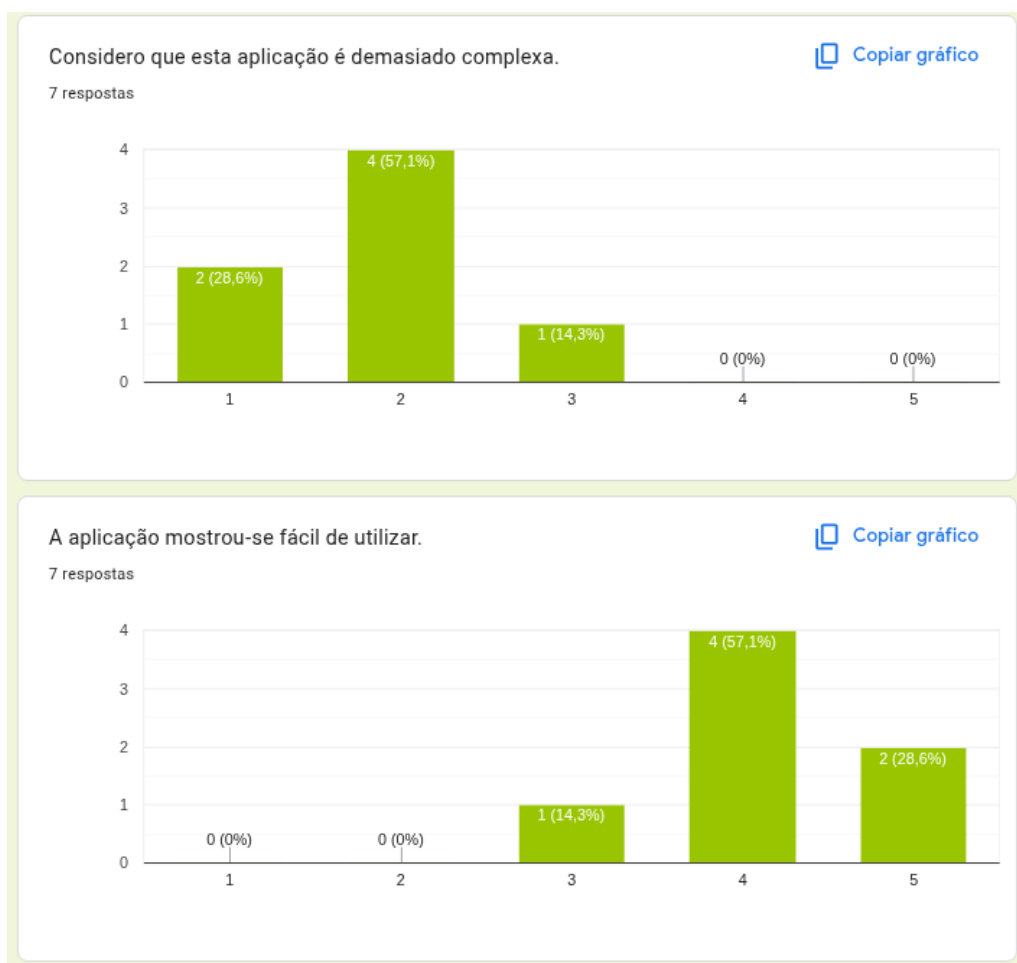


Figura 17

Indicadores de facilidade de utilização das aplicações pelos utilizadores.

CAPÍTULO 4

REFINAMENTOS NA APLICAÇÃO

Após a realização do estudo de campo com utilizadores reais, foi possível recolher feedback direto sobre a utilização da aplicação em contexto prático. A análise das interações, dificuldades identificadas e sugestões apresentadas pelos utilizadores permitiu identificar oportunidades claras de melhoria. Com base nesse feedback, foram implementados diversos refinamentos com o objetivo de tornar a aplicação mais próxima do objetivo que ela representa, eficaz e alinhada com as necessidades reais dos seus utilizadores.

4.1 ALTERAÇÃO DE NOME E CONCEITO DA APLICAÇÃO

4.1.1 OBJETIVO

Alterar o nome e a conceito da aplicação para refletir de forma mais adequada a sua finalidade, passando do conceito de reciclagem para o de separação de resíduos.

4.1.2 ALTERAÇÕES REALIZADAS

O nome da aplicação foi alterado de *ReciclaApp* para *EcoSepara*, bem como toda a terminologia associada, substituindo os termos e expressões onde se usava o conceito de *reciclagem* pelo conceito de *separação de resíduos*, transitando de uma abordagem generalista à reciclagem para uma abordagem específica e orientada à separação de resíduos.

Adicionalmente, foram introduzidos campos na **tabela de reciclagens** da base de dados para garantir rastreabilidade e contexto:

- **user_id**: Identificador do utilizador autenticado que submeteu o código de barras/registo da separação.
- **localizacao**: Indicação da localização onde a separação foi realizada, com valores “*dentro_ipbeja*” ou “*fora_ipbeja*”.

Deste modo, sempre que um utilizador insere um código de barras, o registo passa a incluir o **id do utilizador** e a **localização** (fora ou dentro do IPBeja), permitindo auditoria e análises mais precisas.

4.1.3 BENEFÍCIOS

Estas alterações resultam num nome mais intuitivo e alinhado com os objetivos da aplicação, reforçando o foco na ação direta do utilizador na separação de resíduos e não no processo de reciclagem.

4.2 SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO DOS PEDIDOS DO UTILIZADOR

4.2.1 OBJETIVO

Permitir a identificação do utilizador que submeteu cada pedido de adição de novo código de barras para introdução na base de dados, de modo a haver rastreabilidade dos pedidos dos utilizadores.

4.2.2 IMPLEMENTAÇÃO

Foram adicionados campos de identificação do utilizador ao modelo de dados, capturada automaticamente a informação do utilizador autenticado no momento da submissão do pedido de adição de código de barras e apresentada essa informação, em cada código de barras a aceitar na interface do administrador, como se vê na figura seguinte.



Figura 18

Aceitação de código de barras - Administrador

4.2.3 BENEFÍCIOS

Este sistema garante rastreabilidade completa dos pedidos, sabendo quem fez o pedido e mantém compatibilidade retroativa com os dados já existentes na base de dados.

4.3 SISTEMA DE LOCALIZAÇÃO

4.3.1 OBJETIVO

Registrar o local onde a separação foi realizada, distinguindo entre ações efetuadas dentro e fora do IPBEJA.

4.3.2 IMPLEMENTAÇÃO

Foi introduzido um mecanismo de seleção obrigatória da localização no momento do registo da separação, com validação e armazenamento da informação na base de dados.

The screenshot displays the IPBEJA EcoSepara mobile application interface. At the top, there is a status bar with the time 16:15 and various icons. Below it, the app's header shows the title 'IPBEJA EcoSepara' and a small image of a recycling bin. The main form consists of several input fields: 'Código de Barras' (Barcode) with the value '432523423423423', 'Objeto a Separar' (Object to be separated) with the value 'Teste', 'Capacidade' (Capacity) with the value '1000.0 g/l 0 ml', and 'Tipo de Material' (Material type) with the value 'Plástico'. The 'Localização' (Location) field is currently selected, and a dropdown menu is open, showing two options: 'No IPBeja' and 'Fora do IPBeja'. At the bottom of the form, there is a green button labeled 'FINALIZAR SEPARAÇÃO'.

Figura 19
Escolha da Localização da Separação

4.3.3 BENEFÍCIOS

A distinção clara entre a escola do utilizador e o local da separação permite análises geográficas mais precisas e evita o registo de dados incompletos.

4.4 GRÁFICO DE COMPARAÇÃO

4.4.1 OBJETIVO

Visualizar graficamente a distribuição das separações realizadas dentro e fora do IPBeja, na página de estatísticas do administrador.

4.4.2 IMPLEMENTAÇÃO

Foi desenvolvido um gráfico comparativo com barras de progresso com indicação de percentagens e valores absolutos, como se pode observar na seguinte figura.

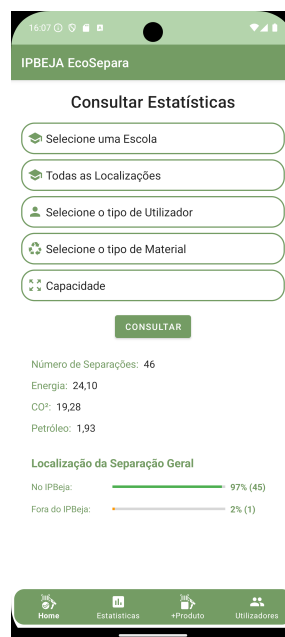


Figura 20
Página de Estatísticas do Administrador

4.4.3 BENEFÍCIOS

A visualização imediata facilita a interpretação dos dados globais e mantém compatibilidade com registos antigos.

4.4.4 SEPARAÇÃO CONCEPTUAL: ESCOLA VS LOCALIZAÇÃO

A. CONCEITOS DISTINTOS

O campo *escola* identifica a escola de origem do utilizador e é fixo no perfil, enquanto o campo *localização* indica onde a separação foi realizada e varia em cada registo.

B. BENEFÍCIOS

Esta separação conceptual aumenta a flexibilidade analítica e permite identificar padrões de comportamento por escola e por local.

4.5 CONCLUSÕES FINAIS DOS REFINAMENTOS

Todas as funcionalidades foram implementadas e devidamente testadas. O rebranding da aplicação, o sistema de tracking de utilizadores, o registo de localização, os filtros estatísticos e os gráficos comparativos encontram-se totalmente funcionais na nova versão da aplicação.

Os refinamentos introduzidos melhoram significativamente a qualidade dos dados, a experiência do utilizador e a capacidade de análise, mantendo total compatibilidade retroativa e estabilidade da aplicação.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES FINAIS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Fithriya, Z., Benny, A. M., Margo, P., Ria, A., Anang, M., Tety, H., Danang, N., & Budiana, R. (2019). User behaviour intention using UTAUT2 model: A systematic literature review. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*, 92(8), 265–273 (citado na página 31).
- Grier, R. A., Bangor, A., Kortum, P., & Peres, S. C. (2013). The system usability scale: Beyond standard usability testing. *Proceedings of the human factors and ergonomics society annual meeting*, 57(1), 187–191 (citado na página 30).