



## RVM para Cápsulas de Café: Desenvolvimento e Experiência de Utilização de um Protótipo

## Ficha Técnica

### **Título:**

RVM para Cápsulas de Café: Desenvolvimento e Experiência de Utilização de um Protótipo

### **Autores:**

Maria Eduarda Fernandes  
CARME, ESTG, Instituto Politécnico de Leiria  
ORCID: 0000-0001-6584-0412

Carlos Gomes da Silva  
ESTG, Instituto Politécnico de Leiria e INESC Coimbra  
ORCID: 0000-0002-7405-9502

Alcina Gaspar Ferreira  
CARME, ESTG, Instituto Politécnico de Leiria  
ORCID: 0000-0002-5119-5827

Lígia Febra  
ESTG, Instituto Politécnico de Leiria  
ORCID: 0000-0002-4643-6980

João Maurício C.  
CARME, ESTG, Instituto Politécnico de Leiria  
ORCID: 0000-0002-5895-4240

**Edição:** CARME, Instituto Politécnico de Leiria

**Tipo de documento:** Relatório técnico

**Data:** novembro 2025

### **Projeto:**

Embalagem do Futuro®, Agenda Verde para a Inovação Empresarial, projeto de investimento n.º 59, financiado pelo PRR, NextGenerationEU

### **Direitos de Autor:**

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição de que sejam mencionados os autores e feita referência ao documento.

## 1. Desenvolvimento do Protótipo

No âmbito da PPS08 do projeto Embalagem do Futuro®, inserido na Agenda Mobilizadora do Plano de Recuperação e Resiliência (PRR) de Portugal, foi desenvolvido um protótipo de uma RVM (Reverse Vending Machine) dedicada a cápsulas de café. O desenvolvimento deste protótipo (RVM - ID 1101) foi feito pela empresa Vangest, em parceria com a Dib4t, Rotovedras e VOID.

O protótipo da RVM para cápsulas de café foi desenvolvido para facilitar a recolha e reciclagem de cápsulas de café. Independentemente da marca permite a separação e valorização das cápsulas de café, quer as de plástico quer as de alumínio, contribuindo para o desenvolvimento da economia circular e para uma gestão mais sustentável dos resíduos. Este equipamento pretende ser uma solução prática e acessível, proporcionando aos utilizadores uma recompensa pela entrega de materiais recicláveis. O protótipo desenvolvido é apresentado na Figura 1.



Visão exterior



Visão interior

Figura 1 — Protótipo da RVM para Cápsulas de Café  
(desenvolvido pela Vangest, Dib4t, Rotovedras e Void)

A utilização deste equipamento com vista à obtenção da premiação, envolve uma sequência de etapas, apresentadas abaixo, iniciando-se com o registo do utilizador numa aplicação móvel, ilustrado na Figura 2. No entanto, este equipamento também pode ser utilizado sem registo, não havendo neste caso premiação dos depósitos. O processo de utilização do protótipo e a APP, criada para o efeito e que pode ser descarregada em Android e IOS (Figura 3), foram desenvolvidos pela Vangest, Dib4t, Rotovedras e Void.

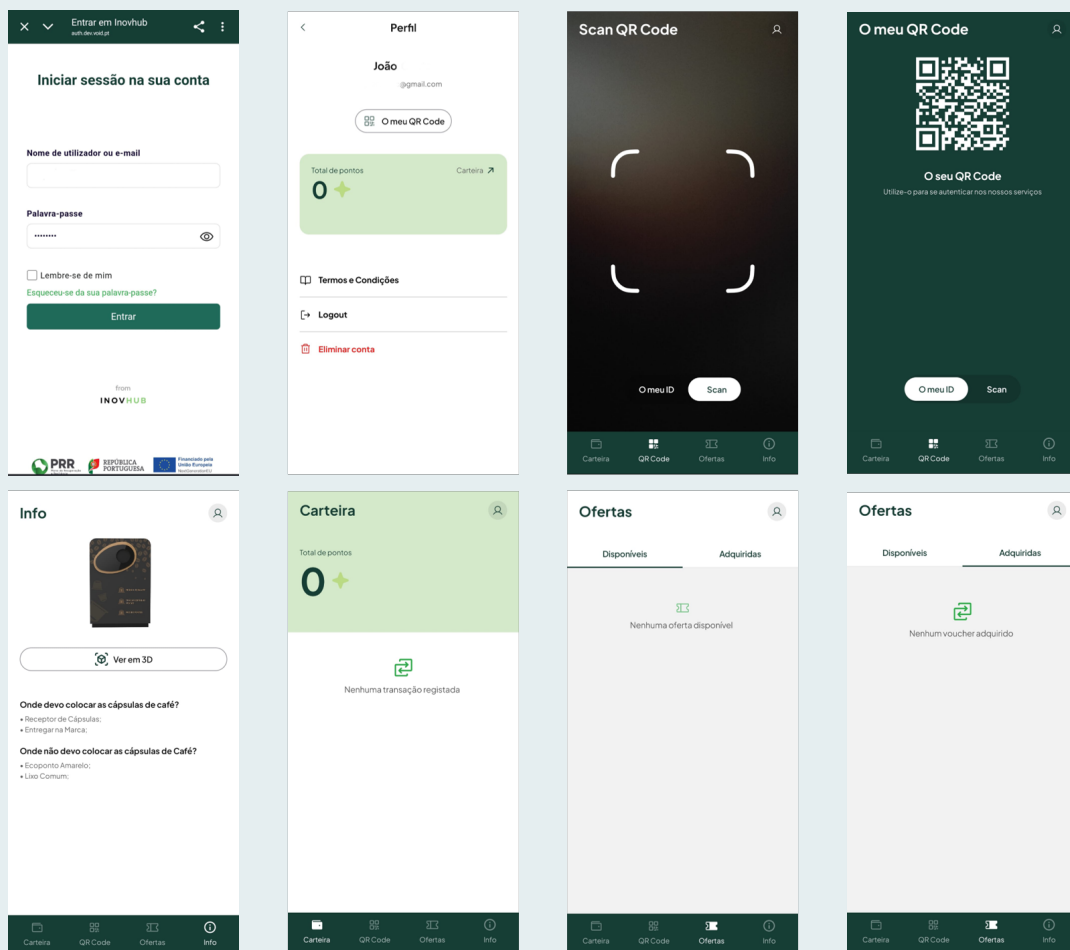


Figura 2 — Interface da aplicação móvel



Figura 3 — QR Codes e links para download da aplicação, para sistemas IOS e Android

- 1 Registo na *APP*
- 2 Iniciar através de leitura de *QRCode* presente na *APP*
- 3 Abertura da porta de acesso
- 4 Introdução de cápsulas na máquina (saco)
- 5 Seleção esquerda ou direita
- 6 Permissão para seleção
- 7 Pesagem do conteúdo com informação exibida no *display*
- 8 Detecção de presença pela máquina
- 9 Verificação de ausência de obstáculo na porta de acesso
- 10 Fecho da porta

No desenvolvimento do protótipo foram realizados testes de engenharia abrangendo a verificação e validação dos seus subsistemas, software e integração global do sistema (Figura 4). Os testes confirmaram o correto funcionamento do equipamento, com todos os subsistemas, software e integrações a operarem dentro dos parâmetros definidos e sem falhas críticas. Foram introduzidos pequenos melhoramentos na deteção de materiais em lotes mistos e na introdução manual de códigos em dispositivos com ecrãs danificados.

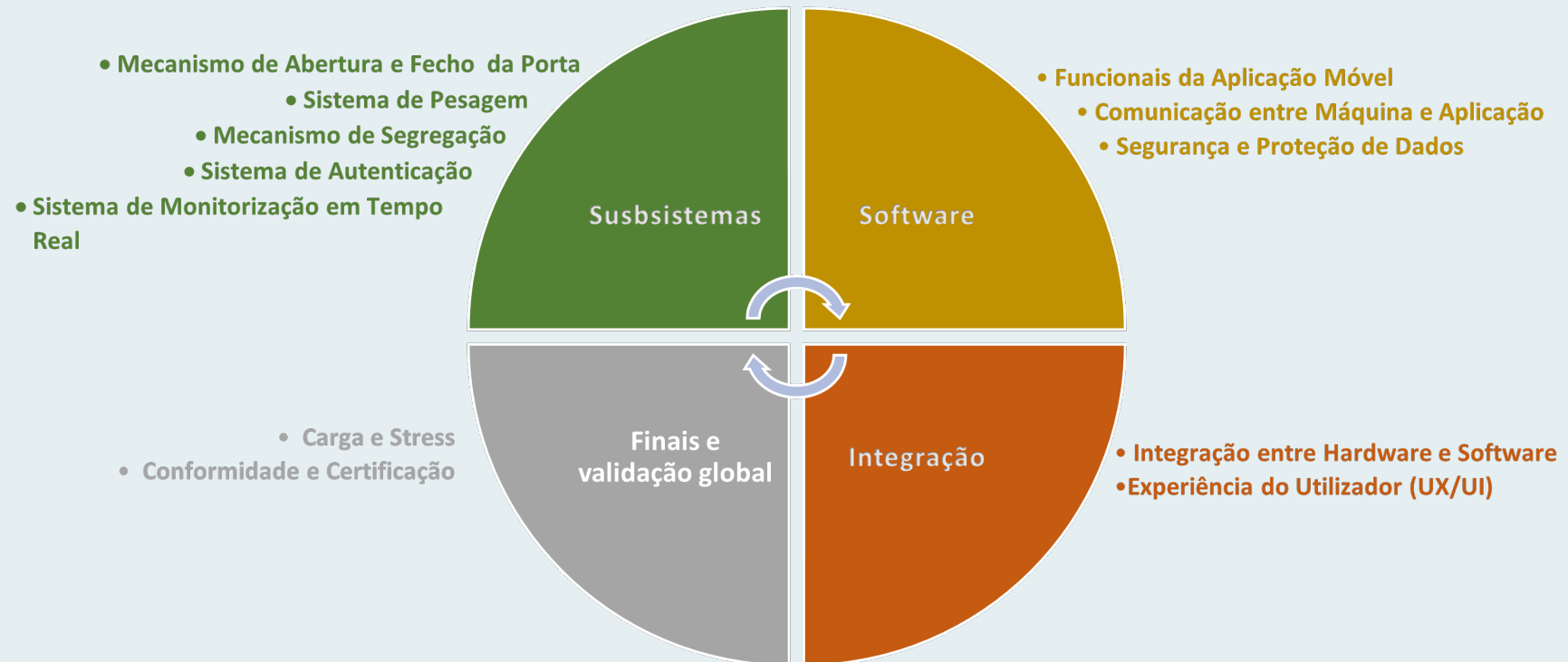


Figura 4 — Testes ao protótipo (realizados pela Vangest)

## 2. Experiência de Utilização do Protótipo

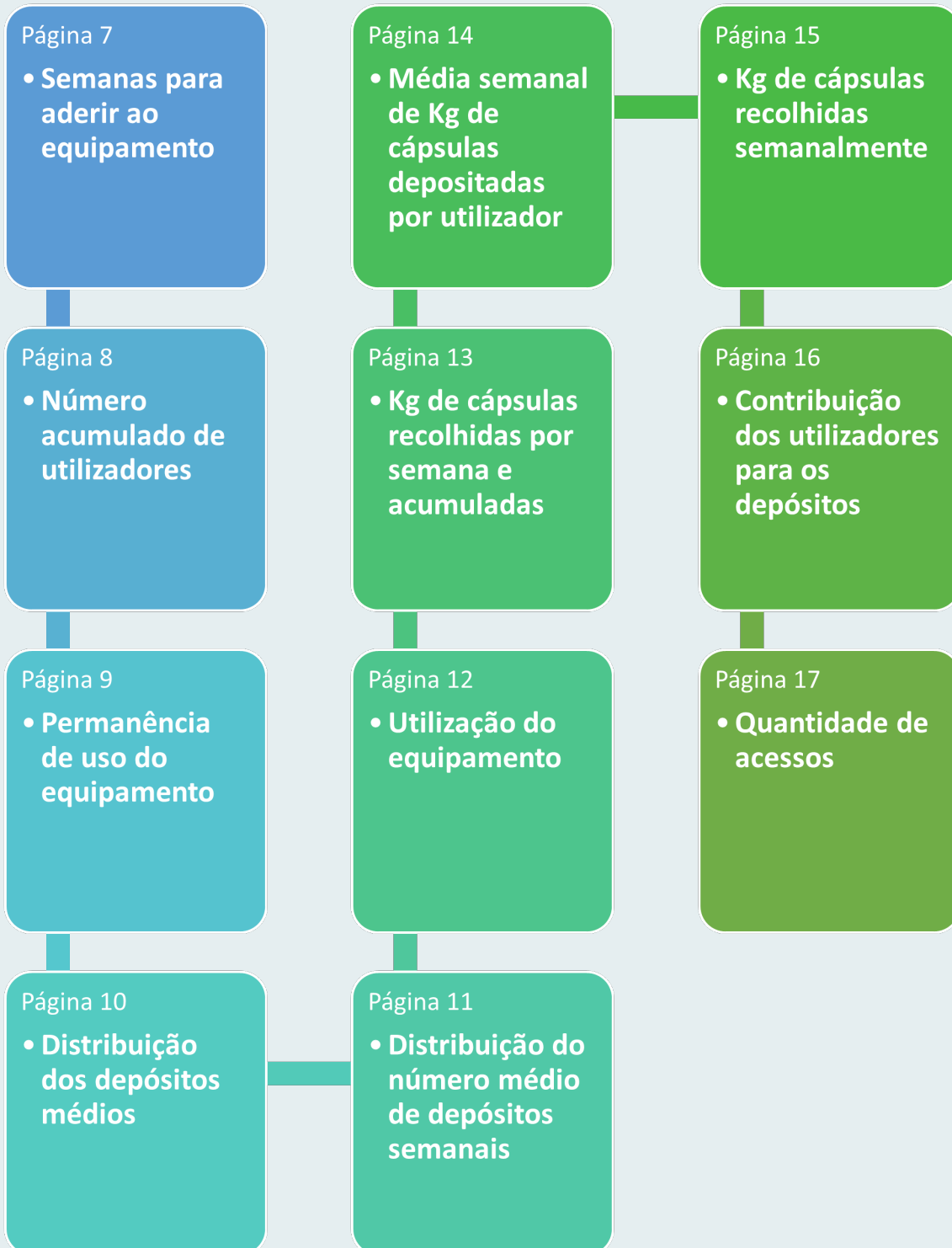
O protótipo da RVM para cápsulas de café foi colocado para teste de utilização, entre as semanas 16 e 27 de 2025 (de 14 de abril a 6 de julho), nas instalações da Vangest. Os cerca de 300 colaboradores da empresa foram informados, por canais internos, da presença do protótipo nas instalações (receção) da fábrica<sup>1</sup>, e do início do ensaio.

A Vangest definiu como premiação para a utilização do protótipo a doação de 1,00€ por cada quilograma de cápsulas de café depositadas a uma instituição solidária ou projeto de apoio social, escolhida pelo colaborador com mais cápsulas entregues, que também recebia 100 cápsulas de café. A comunicação desta premiação ocorreu na semana 23.

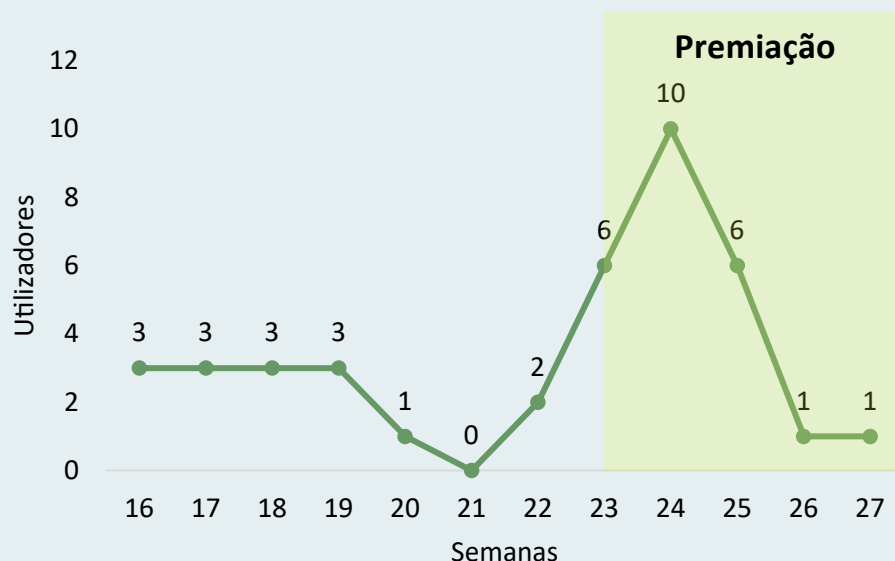
A Vangest recolheu os seguintes dados: identificação do utilizador, semana de utilização, tipo de cápsulas, peso (em gramas) e total de utilizações. Trinta e nove colaboradores aderiram ao ensaio, representado 13% do total de colaboradores da Vangest, tendo sido registadas 253 utilizações no período experimental. No total, foram recolhidos 224,3 kg de cápsulas, dos quais 156,6 kg de plástico (69,2%) e 67,7 kg de alumínio (30,8%).

O tratamento e a análise dos dados recolhidos foram realizados pela equipa do IPEiria associada à PPS08. Os principais indicadores considerados encontram-se descritos abaixo e permitem compreender a adesão dos colaboradores, os padrões de utilização do protótipo e o volume de cápsulas recolhidas. Entre os aspetos analisados incluem-se o tempo até à primeira utilização, a evolução do número de utilizadores, a permanência e frequência de uso, a distribuição dos depósitos médios, a quantidade de cápsulas recolhidas semanalmente e no total, a contribuição individual dos utilizadores e o número de acessos ao equipamento. Os dados originais utilizados para esta análise encontram-se disponíveis na Tabela A1 no Anexo. Em conjunto, estes parâmetros possibilitam avaliar o desempenho do protótipo, o envolvimento dos utilizadores e o impacto global do ensaio. A página seguinte apresenta um roteiro visual que orienta a leitura dos indicadores analisados ao longo do relatório.

<sup>1</sup> Receção do edifício 2, localizado em Complexo Industrial Vangest, R. de Leiria 210 Edifício 2, 2430-091 Marinha Grande



## Semanas para aderir ao equipamento



A introdução da recompensa na oitava semana após o início do ensaio fez com que o número de adesões ao equipamento mais do que duplicasse face aos números das semanas anteriores.

A novidade trazida pela premiação gerou algum interesse, que perdurou **3 semanas**.

**39** utilizadores registados no total:

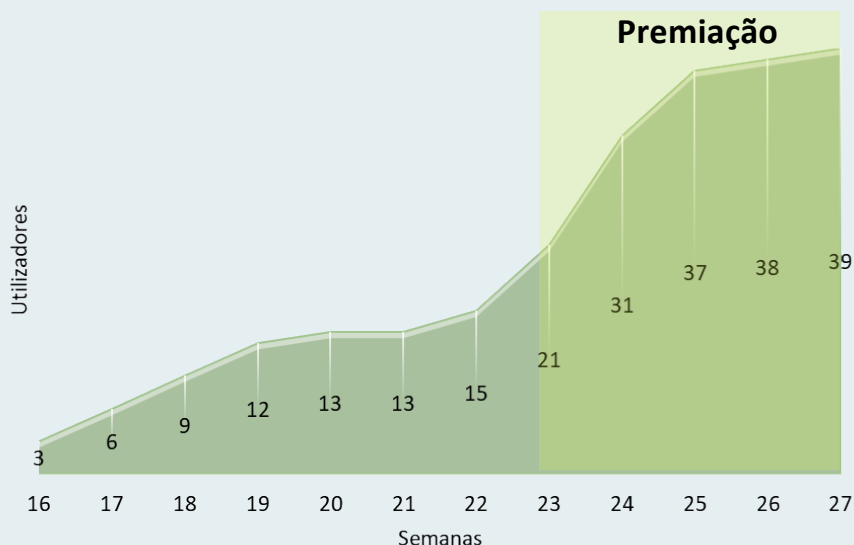
- **9** dos 15 utilizadores iniciais mantiveram-se ativos até ao final do ensaio
- **6** deixaram de usar o equipamento após a introdução do incentivo
- **24** novos utilizadores aderiram após o início da premiação

### Utilizadores ativos

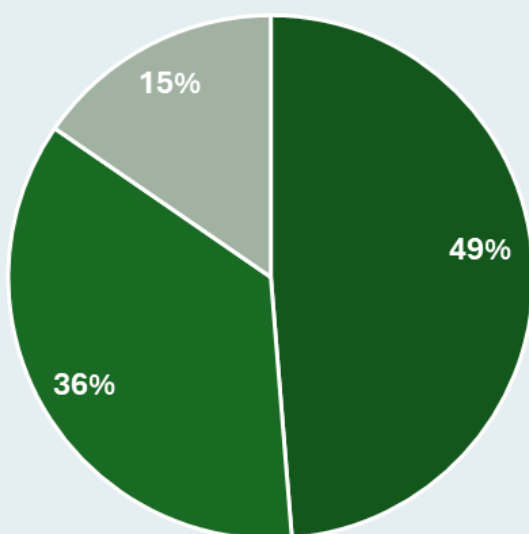


## Número acumulado de utilizadores

O número de utilizadores acumulado do equipamento segue um comportamento habitualmente traduzido pela conhecida curva S, tantas vezes observada em fenómenos económicos e também neste equipamento.



Verifica-se um progresso com crescimento lento no início, seguido de uma fase de aceleração e uma de estabilização no final.

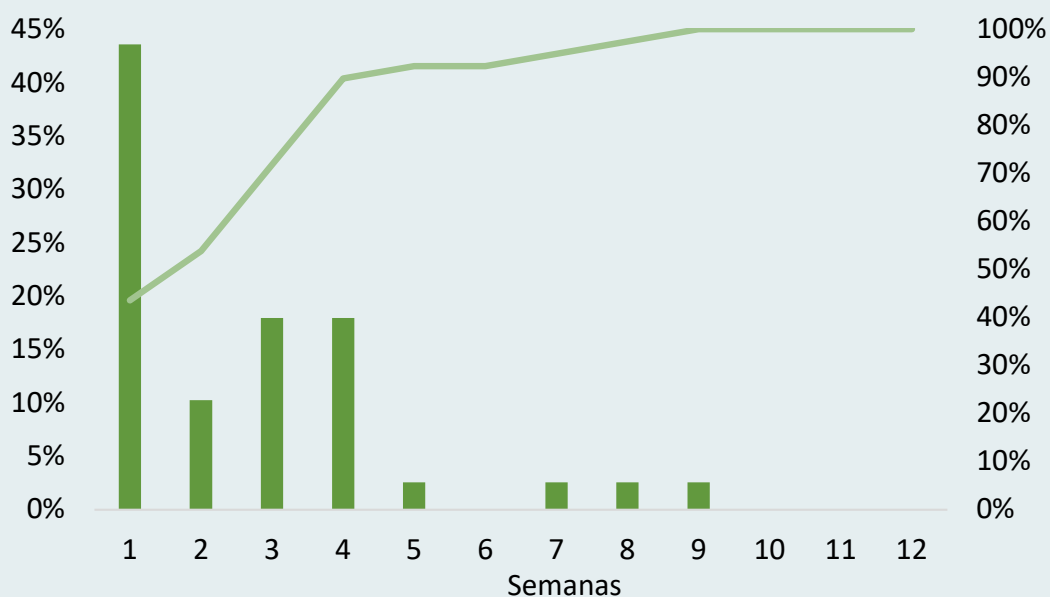


Dos **39 utilizadores** registados no ensaio:

- **19 (49%) depositaram cápsulas de plástico e de alumínio**
- **14 (36%) apenas cápsulas de plástico**
- **6 (15%) apenas cápsulas de alumínio**

■ Plástico e alumínio    ■ Plástico    ■ Alumínio

## Permanência de uso do equipamento



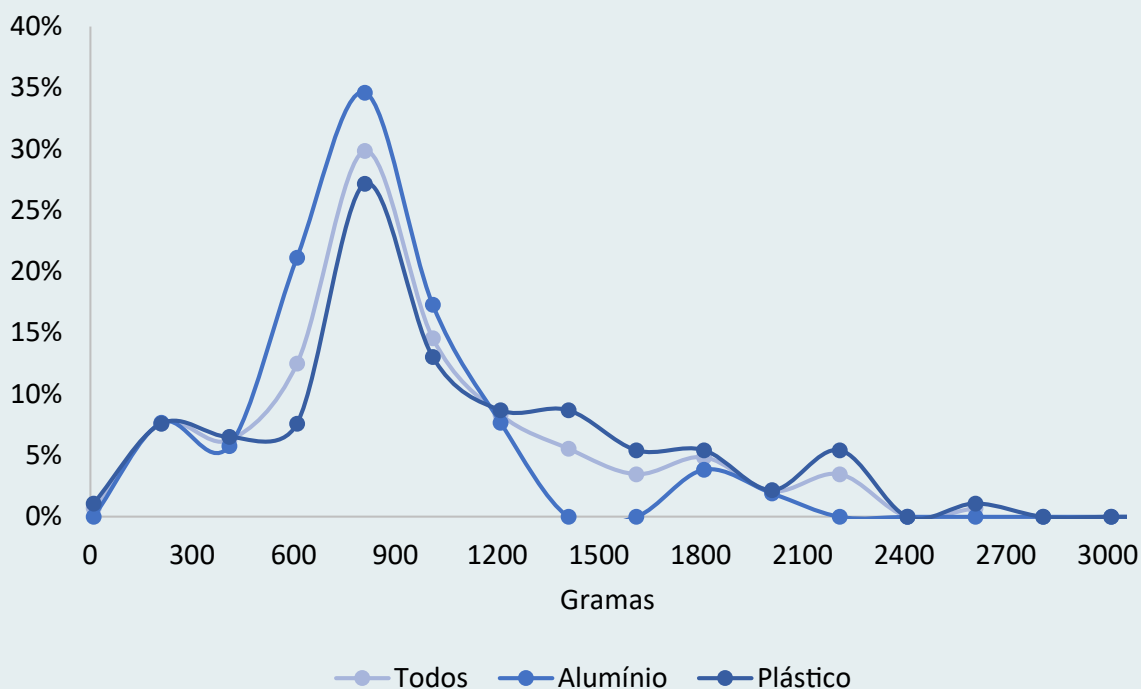
Mais de **40%** dos utilizadores acedeu ao equipamento uma única semana.

O equipamento gerou curiosidade de utilização, mas evidenciou uma baixa capacidade de retenção.

Após a 1ª utilização:

- **18%** utilizaram durante as restantes semanas do ensaio
- A **média geral de utilização** foi de **49%** do período máximo disponível
- Apenas **43%** dos utilizadores usaram o equipamento em **mais de metade das semanas** possíveis

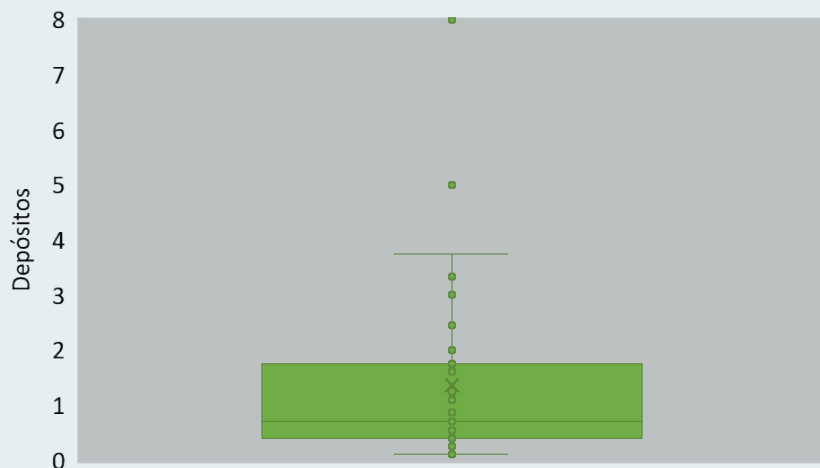
## Distribuição dos depósitos médios



**51,9%** dos depósitos de cápsulas de alumínio situa-se entre **810 g e 1 010 g**.

**56,5%** dos depósitos de cápsulas de plástico ocorre entre **610 g e 1 210 g**.

## Distribuição do número médio de depósitos semanais



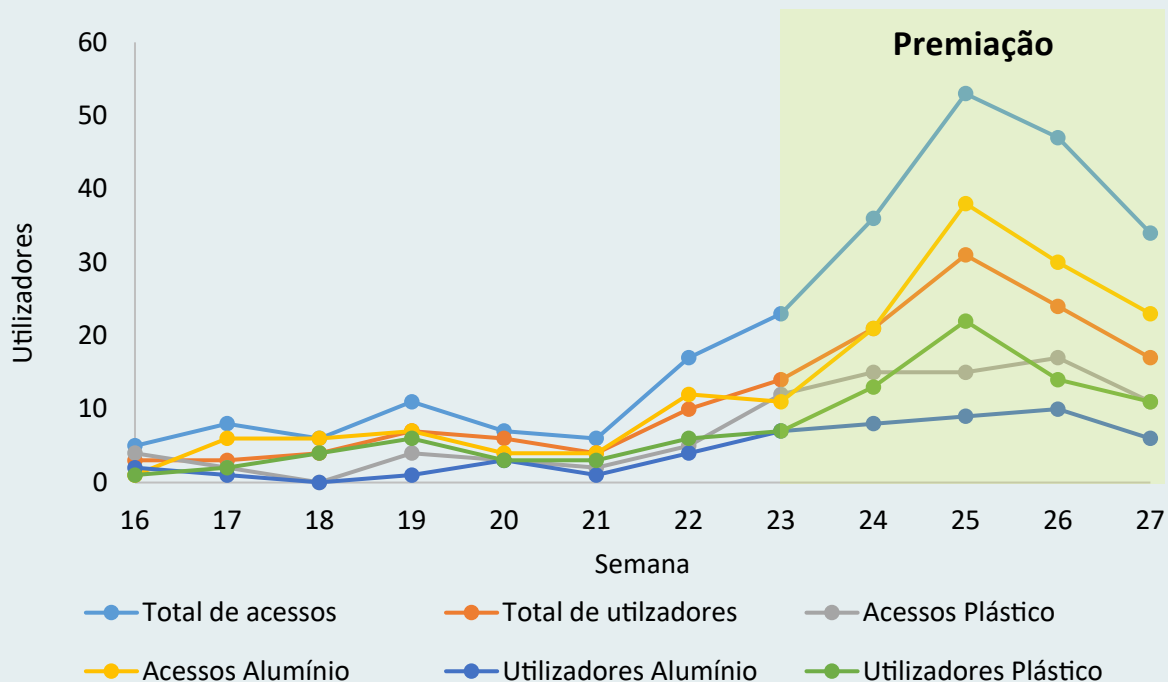
A zona verde do gráfico diz respeito a 50% dos utilizadores, mostrando que a média de depósitos semanais, por utilizador (tendo em conta as semanas que utilizou o equipamento), situa-se entre 0,41 e 1,68.

**25%** dos utilizadores tiveram uma **média inferior** a **0,41** depósitos.

**25%** dos utilizadores tiveram uma **média acima** de **1,68** depósitos.

As médias de acesso por utilizador, **antes e após a premiação** não são muito distintas (**1,29 e 1,36** respetivamente).

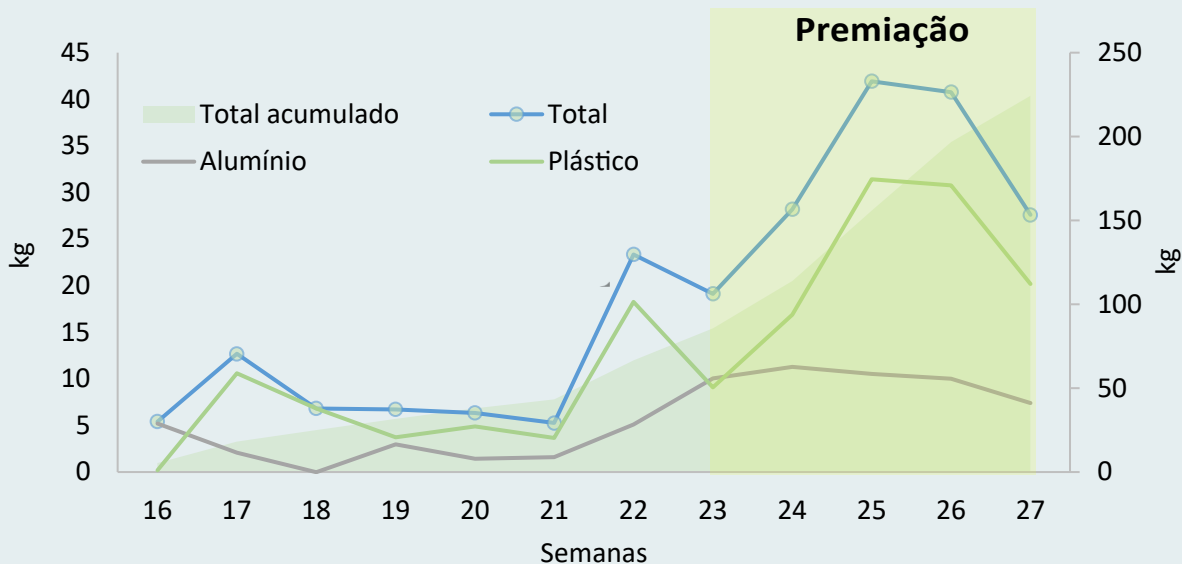
## Utilização do equipamento



No total das **12 semanas de ensaio**, registaram-se **253 acessos ao equipamento**. Destes, **163 (64%)** foram para depósito de **cápsulas de plástico** e **90 (36%)** para depósito de **cápsulas de alumínio**.

**Após a introdução da premiação** (zona sombreada) verificou-se uma **maior utilização**. A média de acessos e de utilizadores até à semana 23 foi de 8,6 e 5,3, respetivamente e 38,6 e 21,4 após essa data.

## Kg de cápsulas recolhidas por semana e acumuladas



O total de quilos acumulados de cápsulas recolhidos semanalmente também segue uma distribuição em S.

### Antes da premiação

**66,7 kg** de cápsulas recolhidas (**30%**):

- 48,2 kg de plástico (32%)
- 18,4 de alumínio (27%)

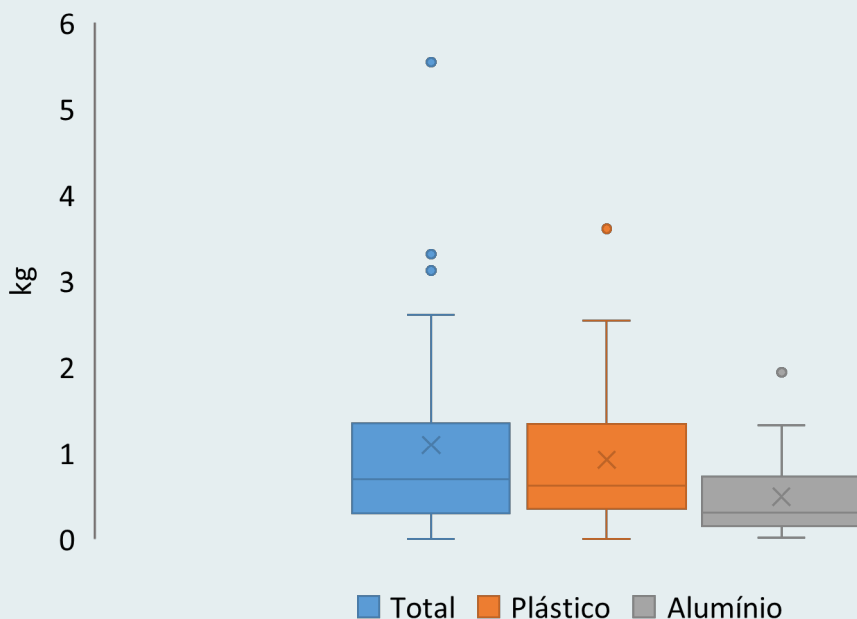
VS

### Após premiação

**157,6 kg** de cápsulas recolhidas (**70%**):

- 108,4 kg de plástico (68%)
- 49,3 de alumínio (63%)

## Média semanal de Kg de cápsulas depositadas por utilizador



Em **média** foram depositados **1,1 kg de cápsulas** por utilizador (considerando as semanas de acesso de cada utilizador).

As **médias** por depósito de cápsulas de **plástico** e de **alumínio** são **0,9 Kg** e **0,5 Kg**, respetivamente.

**50%** dos utilizadores depositaram até **0,7 kg**

### Alumínio



- Média 0,5 kg
- Mediana 0,3 kg

### Plástico



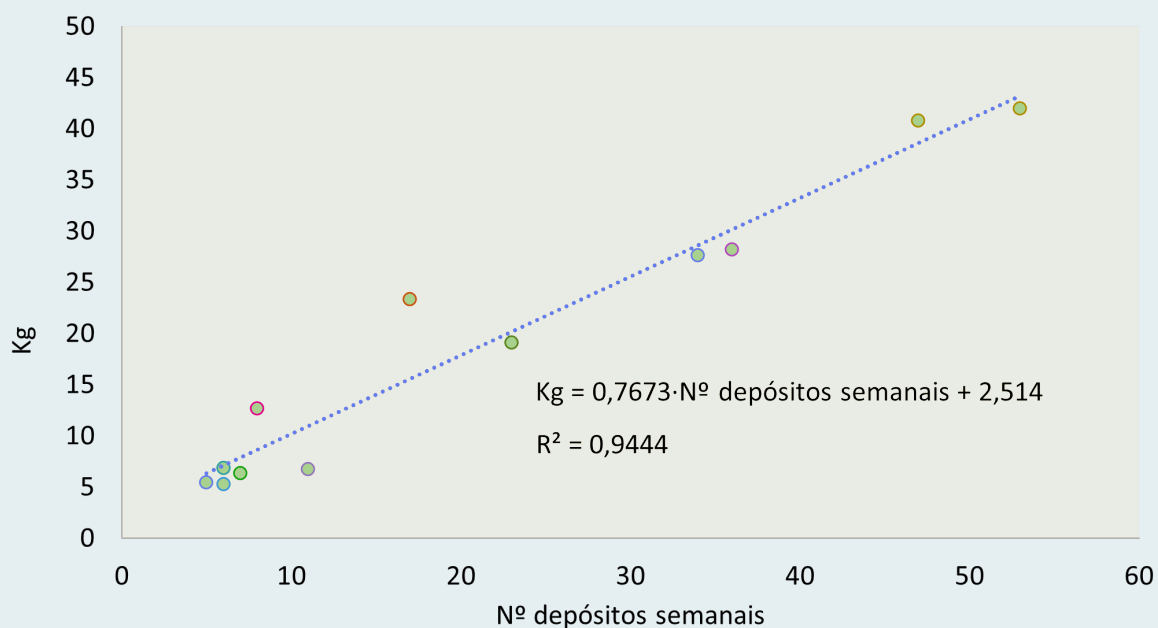
- Média 0,9 kg
- Mediana 0,6 kg

**Antes da premiação** **1,5 Kg**

**Média de depósito por utilizador por semana**

**Após premiação** **1,3 Kg**

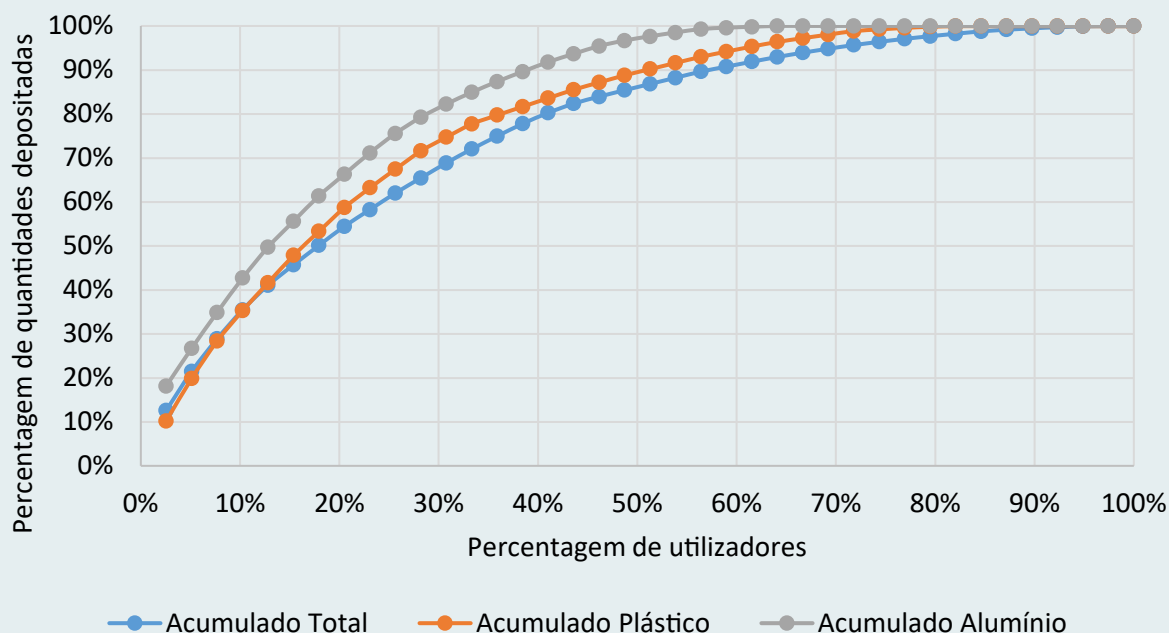
## Kg de cápsulas recolhidas semanalmente



Verifica-se uma relação linear muito forte entre o número de depósitos semanais e os kg de cápsulas recolhidos.

Em média, cada depósito adicional representa 767 g de cápsulas adicionais.

## Contribuição dos utilizadores para os depósitos

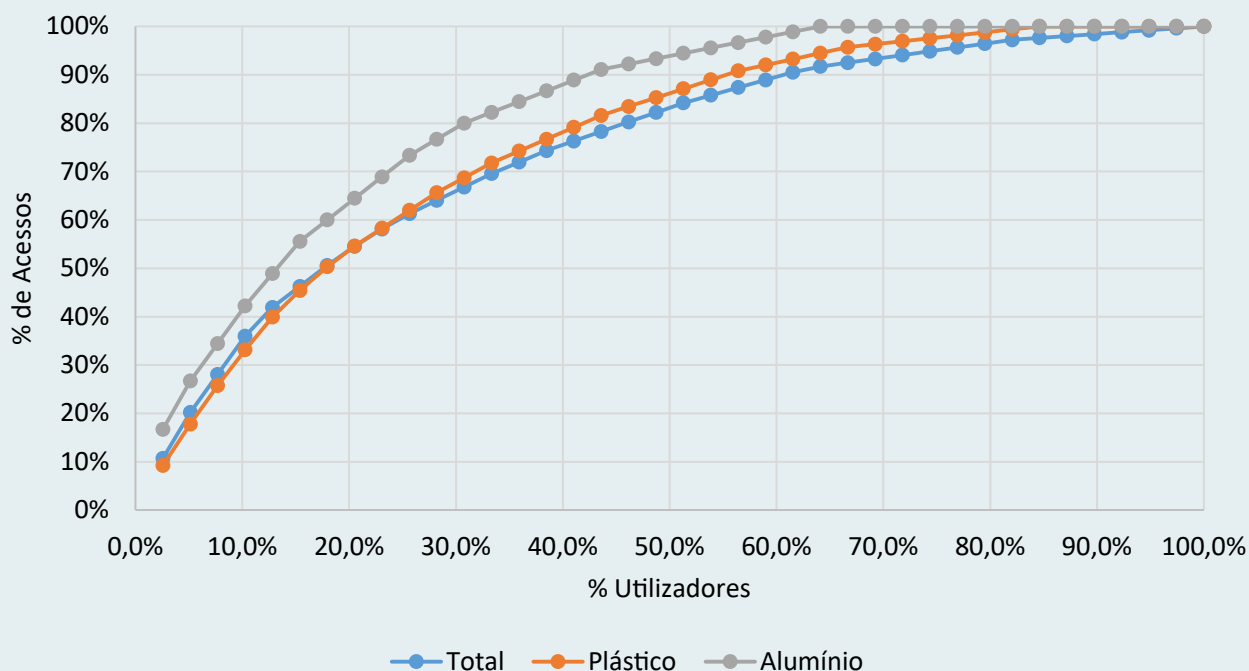


**20%** dos utilizadores são responsáveis por mais de **50%** dos depósitos.

**80%** do total das quantidades depositadas, são efetuadas por menos de **50%** dos utilizadores.

A concentração de depósitos em alguns utilizadores é maior nas embalagens de alumínio.

## Quantidade de acessos



Também na quantidade de acessos se verifica um comportamento concentrado por parte dos utilizadores.

Cerca de **20% dos utilizadores** são responsáveis por **mais de 50%** do número de depósitos. Bastam **46% de utilizadores** para atingir **mais de 80%** do número de depósitos.

### 3. Síntese

A Tabela 1 apresenta os dados mais relevantes relativos ao período anterior e posterior à comunicação da premiação, que ocorreu na semana 23, permitindo comparar a evolução da utilização do protótipo nas duas fases do ensaio.

Tabela 1 — Síntese dos principais indicadores antes e após a premiação

	Antes*	Após**
Semanas do ensaio	7	5
Número acumulado de novos utilizadores	15	24
Utilizadores ativos	15	33
<b>Utilização do equipamento</b>		
Acessos	60	193
Acessos Cápsulas de Plástico	20	70
Acessos Cápsulas de Alumínio	40	123
Média de acessos totais semanais	8,6	38,6
Número médio de depósitos semanais	1,3	1,4
<b>Cápsulas recolhidas (Kg)</b>		
Total	66,7	157,6
Plástico	48,2	108,4
Alumínio	18,4	49,3
<b>Média de cápsulas depositadas por utilizador (Kg)</b>		
Total	4,4	4,8
Plástico	3,4	4
Alumínio	2	2,3
<b>Média semanal de kg cápsulas recolhidas pelo protótipo</b>		
Total	9,5	31,5
Plástico	6,9	21,7
Alumínio	2,6	9,9
<b>Média semanal de Kg de cápsulas depositadas por utilizador</b>		
Total	1,5	1,3
Plástico	1,4	1,2
Alumínio	0,7	0,7
*Antes da premiação (Semanas 16 a 22)		
**Após premiação (semanas 23 a 27)		

## 4. Anexos

Tabela A1 — Dados originais do ensaio do recetor de cápsulas

Semana	Utilizador	Tipo de cápsula	Quantidade (gramas)	Utilizações
16	1410	Cápsulas de Plástico	197	1
16	1418	Cápsulas de Alumínio	1 940	2
16	1425	Cápsulas de Alumínio	3 280	2
17	1432	Cápsulas de Plástico	7 684	4
17	1435	Cápsulas de Plástico	2 935	2
17	1447	Cápsulas de Alumínio	2 069	2
18	1435	Cápsulas de Plástico	1 469	1
18	1601	Cápsulas de Plástico	1 253	1
18	1450	Cápsulas de Plástico	3 941	3
18	1419	Cápsulas de Plástico	173	1
19	1435	Cápsulas de Plástico	1 147	1
19	1410	Cápsulas de Alumínio	2 983	4
19	1801	Cápsulas de Plástico	217	1
19	1151	Cápsulas de Plástico	10	1
19	1447	Cápsulas de Plástico	1 70	1
19	1420	Cápsulas de Plástico	1 769	1
19	1419	Cápsulas de Plástico	436	2
20	1419	Cápsulas de Plástico	1 355	2
20	1438	Cápsulas de Alumínio	937	1
20	1435	Cápsulas de Alumínio	362	1
20	1438	Cápsulas de Plástico	2 083	1
20	1435	Cápsulas de Plástico	1 478	1
20	1801	Cápsulas de Alumínio	143	1
21	1419	Cápsulas de Plástico	1 215	1
21	1432	Cápsulas de Plástico	2 270	2
21	1801	Cápsulas de Plástico	168	1
21	1447	Cápsulas de Alumínio	1 614	2
22	1447	Cápsulas de Plástico	1 663	1
22	1803	Cápsulas de Plástico	8 276	7
22	1435	Cápsulas de Alumínio	874	1
22	1805	Cápsulas de Plástico	2 183	1
22	1420	Cápsulas de Alumínio	1 813	1
22	1450	Cápsulas de Plástico	1 921	1
22	1447	Cápsulas de Alumínio	489	1
22	1418	Cápsulas de Plástico	2 191	1
22	1435	Cápsulas de Plástico	2 030	1
22	1803	Cápsulas de Alumínio	1 920	2
23	1435	Cápsulas de Alumínio	235	1

Semana	Utilizador	Tipo de cápsula	Quantidade (gramas)	Utilizações
23	1450	Cápsulas de Plástico	1289	1
23	1438	Cápsulas de Alumínio	852	1
23	1447	Cápsulas de Plástico	183	1
23	1419	Cápsulas de Plástico	1 707	2
23	1435	Cápsulas de Plástico	1 800	1
23	1447	Cápsulas de Alumínio	2 713	3
23	1820	Cápsulas de Plástico	1 255	2
23	1809	Cápsulas de Alumínio	2 021	2
23	1818	Cápsulas de Alumínio	2 100	2
23	1865	Cápsulas de Alumínio	590	1
23	1865	Cápsulas de Plástico	2 452	3
23	1867	Cápsulas de Alumínio	1 530	2
23	1885	Cápsulas de Plástico	400	1
24	1418	Cápsulas de Alumínio	3 578	2
24	1447	Cápsulas de Plástico	256	1
24	1419	Cápsulas de Plástico	1 392	1
24	1447	Cápsulas de Alumínio	597	1
24	1819	Cápsulas de Plástico	2 021	2
24	1892	Cápsulas de Alumínio	1 202	2
24	1810	Cápsulas de Plástico	3 023	3
24	1818	Cápsulas de Alumínio	1 232	2
24	1850	Cápsulas de Plástico	2 653	2
24	1819	Cápsulas de Plástico	352	1
24	1835	Cápsulas de Plástico	1 263	2
24	1810	Cápsulas de Plástico	1 686	2
24	1832	Cápsulas de Plástico	569	1
24	1832	Cápsulas de Alumínio	1 563	2
24	1835	Cápsulas de Alumínio	2 152	4
24	1887	Cápsulas de Plástico	960	1
24	1835	Cápsulas de Plástico	1 254	2
24	1875	Cápsulas de Alumínio	125	1
24	1865	Cápsulas de Plástico	123	1
24	1876	Cápsulas de Plástico	1 350	2
24	1879	Cápsulas de Alumínio	850	1
25	1435	Cápsulas de Plástico	2 447	1
25	1447	Cápsulas de Alumínio	2 069	2
25	1803	Cápsulas de Alumínio	2 042	3
25	1419	Cápsulas de Plástico	1 031	1
25	1447	Cápsulas de Plástico	3 006	2
25	1450	Cápsulas de Plástico	1 416	1
25	1825	Cápsulas de Plástico	1 643	2
25	1832	Cápsulas de Alumínio	1 523	2
25	1835	Cápsulas de Alumínio	1 243	2
25	1847	Cápsulas de Plástico	1 235	2

Semana	Utilizador	Tipo de cápsula	Quantidade (gramas)	Utilizações
25	1835	Cápsulas de Plástico	1 243	2
25	1832	Cápsulas de Alumínio	953	1
25	1847	Cápsulas de Plástico	1 952	2
25	1820	Cápsulas de Plástico	1 223	2
25	1819	Cápsulas de Plástico	1 325	2
25	1819	Cápsulas de Plástico	1 235	2
25	1838	Cápsulas de Plástico	1 352	2
25	1835	Cápsulas de Plástico	522	1
25	1818	Cápsulas de Plástico	1 220	2
25	1850	Cápsulas de Alumínio	648	1
25	1838	Cápsulas de Alumínio	425	1
25	1847	Cápsulas de Plástico	1 450	2
25	1819	Cápsulas de Alumínio	1 423	2
25	1835	Cápsulas de Plástico	1 522	2
25	1847	Cápsulas de Plástico	1 453	2
25	1820	Cápsulas de Plástico	540	1
25	1890	Cápsulas de Plástico	1 860	2
25	1830	Cápsulas de Plástico	1 520	2
25	1830	Cápsulas de Plástico	1 620	2
25	1873	Cápsulas de Plástico	590	1
25	1887	Cápsulas de Alumínio	210	1
26	1803	Cápsulas de Alumínio	791	1
26	1801	Cápsulas de Plástico	167	1
26	1450	Cápsulas de Plástico	1 162	1
26	1420	Cápsulas de Plástico	4 885	3
26	1438	Cápsulas de Alumínio	554	1
26	1447	Cápsulas de Alumínio	1 994	3
26	1803	Cápsulas de Plástico	3 736	4
26	1438	Cápsulas de Plástico	604	1
26	1419	Cápsulas de Plástico	1 149	1
26	1447	Cápsulas de Plástico	8 588	5
26	1838	Cápsulas de Alumínio	1 235	2
26	1835	Cápsulas de Alumínio	512	1
26	1832	Cápsulas de Plástico	1 233	2
26	1819	Cápsulas de Plástico	1 522	2
26	1832	Cápsulas de Alumínio	1 253	2
26	1836	Cápsulas de Plástico	1 252	2
26	1850	Cápsulas de Plástico	1 902	2
26	1847	Cápsulas de Alumínio	254	1
26	1818	Cápsulas de Plástico	1 789	2
26	1847	Cápsulas de Alumínio	1 125	2
26	1819	Cápsulas de Alumínio	1 252	2
26	1847	Cápsulas de Plástico	1 252	2
26	1835	Cápsulas de Plástico	1 523	2

Semana	Utilizador	Tipo de cápsula	Quantidade (gramas)	Utilizações
26	1847	Cápsulas de Alumínio	1 034	2
27	1438	Cápsulas de Plástico	357	1
27	1447	Cápsulas de Plástico	2 188	1
27	1438	Cápsulas de Alumínio	156	1
27	1803	Cápsulas de Plástico	3 107	3
27	1447	Cápsulas de Alumínio	759	1
27	1847	Cápsulas de Plástico	1 952	3
27	1847	Cápsulas de Plástico	1 522	2
27	1836	Cápsulas de Alumínio	1 253	2
27	1835	Cápsulas de Plástico	1 253	2
27	1887	Cápsulas de Plástico	1 252	2
27	1820	Cápsulas de Alumínio	525	1
27	1838	Cápsulas de Plástico	1 056	2
27	1819	Cápsulas de Alumínio	1 304	2
27	1847	Cápsulas de Alumínio	3 400	4
27	1850	Cápsulas de Plástico	2 450	2
27	1838	Cápsulas de Plástico	2 522	2
27	1889	Cápsulas de Plástico	2 543	3



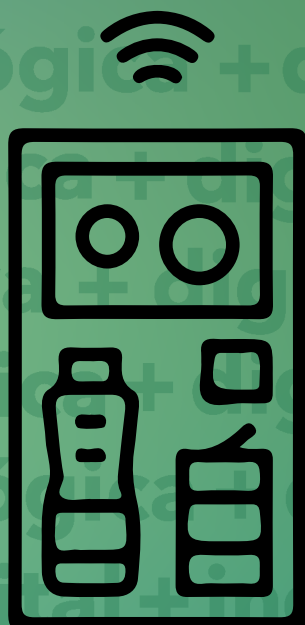
EMBALAGEM DO  
**FUTURO**  
+ ECOLÓGICA + DIGITAL + INCLUSIVA

# Embalagem do Futuro®

+ ecológica + digital + inclusiva

## Agenda Verde para a Inovação Empresarial

Transformar o setor da embalagem em prol de um futuro mais ecológico, mais digital e mais inclusivo.



PPS08

Recuperação de resíduos  
com elevado grau de pureza.

Quer saber mais sobre o projeto?

Visite o nosso website

[www.embalagemdofuturo.pt](http://www.embalagemdofuturo.pt)

